

PŮDA A ORGANICKÁ HMOTA

Toto číslo je věnováno organické hmotě, jejíž dostatek je základním předpokladem úrodnosti půdy. Zaměřili jsme se především na digestát, slámu, kaly z čistíren odpadních vod, jejich problematiku i související legislativu. Přinášíme také výsledky výzkumu ze Žlutic, který testoval nejrůznější varianty zpracování a aplikace digestátu a závěrem nahlédneme využití digestátu v zemích třetího světa.

Proč je důležitá organická hmota v půdě

Půdní organická hmota se skládá z odumřelých organických látek rostlinného a živočišného původu, které se nachází v různém stupni rozkladu. Tento humusotvorný materiál podléhá přeměnám, jako je mineralizace, humifikace, karbonizace a ulmifikace (proces rašelinění). Část přechází v sekundární nové humusové látky tvořící humus, který patří k nekomplexnějším a nejstabilnějším organickým složkám půdy. Humusových látek je však v půdě podstatně méně než látek minerálních, a tak je potřeba se podílet na jejich navrácení zpět do půdy.

Organická hmota vytváří organominerální komplexy s neživou složkou půdy a svými vlastnostmi ovlivňuje mnohé fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Půda spolu s organickou hmotou potom slouží jako tzv. výkonná „biologická továrna“, protože v půdě látky vznikají, jsou rozkládány i transformovány.

Kvalitní organická hmota pozitivně ovlivňuje půdní strukturu (soudržnost půdy a půdní agregáty) a současně tak má vliv na retenční schopnost půdy (zdravá půda dokáže zadržet až 400 L.m⁻³), voda je v půdě zároveň filtrována a čištěna. Organická hmota má vliv i na vzdušný a tepelný režim půdy a v neposlední řadě detoxifikuje a váže některé škodlivé látky.

Humusové látky a jejich přítomnost potom vedou k vysokému poutání živin, které je 6 až 7 x vyšší než například u jílových minerálů (ty se vyznačují velkým povrchem, který dokáže vázat významné množství živin a dalších látek), a mají tak přímý stimulační vliv na růst rostlin. Kromě humusových látek je až 30 % organické hmoty tvořeno polysacharidy (které převládají a hrají důležitou roli při tvorbě půdních agregátů), organickými kyselinami a látkami bílkovinné povahy.

- Půdní organická hmota představuje největší světový zdroj uhlíku na souši
- Humus je tvořen z 58 % uhlíkem
- Obsah organického uhlíku se v našich zemědělských půdách pohybuje od 1,5 do 7 %, (průměrně 2–3 %)
- Zásoba humusu v půdním profilu se pohybuje v rozmezí 50–800 t.ha⁻¹ (průměrně 100–200 t.ha⁻¹)

Úbytek půdní organické hmoty

K úbytku organické hmoty v půdě, tzv. dehumifikaci dochází, pokud její ztráty výrazně převyšují vstupy. Organická hmota, která se dostává do půdy, je během rozkladu v půdě akumulována jen z 10 až 30 % ve formě organického uhlíku. Zbytek uhlíku je mineralizován¹ a uvolňován ve formě CO₂ do ovzduší. Dehumifikace může být zapříčiněna mnoha faktory. Zvýšené kypření a provzdušňování (aerace) půdy spolu s hlubším prooráváním spodin během intenzivního způsobu kultivace zpomaluje proces humifikace organických zbytků a zrychluje proces mineralizace. Nadměrnou aerací a následnou zvýšenou mineralizací organické hmoty trpí i rozorané louky a pastviny.

Vliv na degradaci organické hmoty má i pěstování monokultur, nedostatečný přírůstek organických hnojiv a posklizňových zbytků a jejich následná rychlá mineralizace. Hlavním problémem vedoucím k dehumifikaci českých polí je nedostatečný přísun klasického organického hnojiva ve formě hnoje a kejdy nebo digestátu či kompostu, který je způsoben především poklesem chovu hospodářských zvířat po roce 1989. Díky zvýšení počtu bioplynových stanic se podařilo tento trend mírně zvrátit.

Ke zvýšení obsahu humusu naopak dochází na zatravněných půdách, které jsou bohatě dotovány organickými látkami z kořenového systému trav. Dalším významným zdrojem organické hmoty mohou být recyklované bioodpady ve formě kompostů. Pokud se plně rozvine třídění bioodpadů, může se jednat o množství dosahující až milionu tun organického hnojiva.

Mezi další faktory negativně ovlivňující obsah humusu v půdě jsou změny hydrotermického režimu (odvodnění, ale i závlaha) a změna využití půdy (land-use).

¹ Při mineralizaci dochází k rozkladu organické hmoty za přístupu vzduchu na základní sloučeniny: H₂O, CO₂, NO₂⁻, NO₃⁻, N₂, NH₃, S, přičemž dochází k uvolňování energie.

Ke ztrátám dochází i během vodní a větrné eroze, která je druhým nejvýraznějším nebezpečím pro půdy v ČR.

Mezi důsledky degradace organické hmoty v půdě patří zhoršení stability půdní struktury, kdy je půda degradována utužením, a tím je omezen i biologický život v půdě. Snížena je tak retenční a infiltrační schopnost půdy, což má za následek, že srážky jsou využity pouze z části. Pomalejší infiltrace do půdy podporuje povrchový odtok a rozvoj vodní a větrné eroze a půda nemá dostatek vláhy pro překonání period sucha. S tím souvisí následné zhoršení poutání živin, zvýšení obsahu dusičnanů v půdě a v neposlední řadě snížená produkční schopnost půdy. Degradovaná půda nedokáže odolávat extrémním výkyvům počasí, které přitom mají být s probíhajícími změnami klimatu stále častější.

Naopak optimální obsah a kvalita² organické hmoty v půdě vedou k lepšímu koloběhu prvků, jejich sorpci a uvolňování živin do půdního roztoku. Je podpořena biologická činnost a zlepšuje se fyzikální stav půdy (infiltrace a retence vody, ale i provzdušnění).

Optimalizace obsahu půdní organické hmoty

K optimálnímu obsahu organické hmoty v půdě vedou tři hlavní procesy:

1. pravidelné organické hnojení,
2. zaorávání rostlinných zbytků po sklizni hlavních plodin,
3. cílené pěstování meziplodin za účelem zvýšení podílu organické hmoty v půdě.

Organickými hnojivy jsou obecně taková hnojiva, která obsahují živiny v organické formě. Patří k nim kompost, digestát, separát a fugát digestátu, výpalky apod. Statkovými hnojivy jsou potom taková hnojiva, která vznikají jako vedlejší produkt při chovu hospodářských zvířat nebo jako produkt při pěstování kulturních rostlin, a která nejsou dále upravována (za úpravu se nepovažují přirozené procesy přeměn, ke kterým dochází při skladování, mechanická separace kejdy a přidávky látek snižujících ztráty živin nebo zlepšujících účinnost živin). Mezi statková hnojiva patří rostlinné zbytky jako je sláma, chrást a zelené hnojení a potom hnůj, kejda (i separát a fugát) apod.

² Kvalitu organické hmoty lze hodnotit dle poměru huminových kyselin a fulvokyselin (HK:FK), poměru obsahu uhlíku k dusíku (C:N), dle stupně polymerace a dalšími.



Ilustrační foto: Phil McIver@Flickr.com_Steaming manure

DIGESTÁT

Využití digestátu jako hnojiva

Aplikace digestátu jako hnojiva je jednoznačně nejvhodnějším způsobem jeho využití, protože spolu s ním jsou do půdy navraceny snadno přístupné živiny pro rostliny a mikroorganismy. Kvalita digestátu jako hnojiva jde přitom ruku v ruce s kvalitou vstupních surovin, které jsou v bioplynových stanicích zpracovávány. Při aplikaci digestátu na pole je kladen důraz nejen na jeho nutriční hodnoty, ale i na jeho nezávadnost. Jako hnojivo nesmí být kontaminován chemickými polutanty, nežádoucími materiály, odpadem ani patogeny. Kladené nároky na kvalitu digestátu jsou v současné době v řadě zemí s rozvinutým sektorem bioplynu, jako např. v Německu, Dánsku, Rakousku, Švédsku, Velké Británii i v České republice, již zaneseny do legislativy. Hnojivé účinky digestátu velmi často předčí v testech minerální hnojiva, ale třeba i kejdu.

Rozvoj bioplynových stanic (BPS) je v souvislosti s přechodem na životnímu prostředí šetrnější způsoby výroby energie nepostradatelným článkem. Stále nové technologie zvyšují energickou účinnost a výtěžnost zpracováváných bio-materiálů a v případě dobrého managementu dodávek surovin, odběru energie a bioplynu, ale i digestátu, je životní prostředí zatíženo jen velmi málo.

Spolu s hnojem a kejdou, zpracovávanými na BPS, je vstupní substrát doplňován dalšími zdroji, jako jsou energetické plodiny, bioodpad, gastroodpad nebo čistírenské kaly. Lze tedy říci, že s digestátem vstupuje na pole v podobě hnojiva v podstatě více živin a organické hmoty, než by tomu bylo při využití samotného hnoje.

Digestát vzniklý bez kofermentace s hnojem či kejdou, z důvodu jejich absence v dostupné vzdálenosti, je pak v takové lokalitě často jediným statkovým i jediným dodatečným organickým hnojivem aplikovaným na půdu.

Jako o dostatečné je možné uvažovat o produkci organické hmoty od 1 až 2 DJ (dobytčích jednotek) na ha, přičemž v ČR je aktuální stav 0,3 až 0,4 DJ. V současné době je v České republice prodáváno

cca 7,5 mil tun digestátu za rok a nárůst v roce 2030 je odhadován na přibližně 11 mil tun. Dalo by se tedy říci, že produkce digestátu z BPS zvyšuje potřebnou produkci organické hmoty orientačně o 0,1 DJ na ha. Dle plánovaného růstu výroby bioplynu by mohla produkce digestátu v roce 2030 odpovídat 0,13 DJ na ha. To výrazně navyšuje současnou produkci statkových hnojiv od hospodářských zvířat, kterých je s ohledem na hnojení organickými hnojivy nedostatek.

Digestát

Digestát je zbylý materiál, který prošel anaerobní fermentací při výrobě bioplynu (směs majoritních složek metanu CH_4 , oxidu uhličitého CO_2 , vody a stopových množství sirovodíku, amoniaku NH_3 a dalších sloučenin) v bioplynových stanicích. Proces anaerobní fermentace je považován za jednu z nejvíce energeticky účinných technologií výroby bioenergie a vzhledem k jeho příznivému vlivu na životní prostředí má být v budoucnosti stále významnějším zdrojem obnovitelné energie.

Samotný digestát lze rozdělit na separát (oddělenou tuhou část digestátu) a fugát

Závěr

Je jasné, že správný management organické hmoty v půdě je zásadní nejen pro udržitelný rozvoj zemědělství, které má za úkol uživit čím dál tím více se rozrůstající populaci, ale pomocí ukládání uhlíku zpět do půdy v podobě organické hmoty může napomoci i zmírnění klimatických změn. Proto je důležité využití co nejvhodnějších způsobů její recyklace, jako je například kompostování či aplikace digestátu. -JJ-

Vypracováno v rámci řešení projektu a Ministry of Education, Youth and Sports of the CR (project n. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000845).

(oddělenou kapalnou část) v poměru cca 4–5:1, respektive 80–84% fugátu a 16–20% separátu. Tyto složky mají rozdílné účinky na půdu a plodiny. Aplikace fugátu dosahuje srovnatelných výnosů jako při využití minerálních hnojiv, zatímco separát dodává půdě organické látky, podobnější účinkům hnoje. Separát také oproti digestátu dodává do půdy dvakrát více fosforu a hořčíku. Navíc jej lze využít jako podestýlku, nebo pro výrobu kompostu a dalších substrátů.

Digestát a fugát jsou hnojivem s rychle uvolnitelným dusíkem (až z 60 % využitelný), s poměrem $\text{C} : \text{N} < 10$. Separát je naopak hnojivem s pomalu uvolnitelným dusíkem (z cca 30 % využitelný) a poměrem $\text{C} : \text{N} > 10$. Ve srovnání s klasickými statkovými hnojivy má tak digestát vzhledem k použitým surovinám poměrně vysoký celkový obsah dusíku (0,2–1 %), vyšší pH (7–8), nižší obsah uhlíku a sušinu pohybující se v rozmezí od 2 do 13 %. Protože složení digestátu představuje vyšší riziko ztrát dusíku, který se zde z větší části nachází v plynné amoniakální formě (NH_4^+), je zapravení fugátu a digestátu do půdy nutné provést do

„Dobře aplikovaný digestát nemá negativní účinky na půdní vlastnosti ani plodiny.“

(Duffková & Mühlbachová, 2017)



Ver De Terre Organicos@Flickr.com_Hands in compost



Ilustrační foto: Aneta Ležáková@Flickr.com_Aplikace digestátu

24 hodin po aplikaci (s výjimkou použití hadicových aplikátorů a injektáží) a zapravení separátu potom do 48 hodin po aplikaci. Nicméně zde platí pravidlo „čím dříve, tím lépe“.

Mezi neodmyslitelné výhody zpracování digestátu jako hnojiva patří: snížení zápachu, redukce patogenů, omezení klíčivosti semen plevelů, snížení žíravého účinku surové kejdy na plodiny, zachování žádoucích forem organického uhlíku (prekursorů humusových látek) a živin (P, K, N).

Aby bylo dosaženo vyšší hnojivé hodnoty digestátu a současně byly omezeny emise (zejména amoniaku), jsou prováděna tato opatření:

- použití zakrytých skladovacích nádrží nebo zamezení přímému účinku větru na hladinu digestátu, např. ochranným prostorem u jímky,
- vlévání digestátu do skladovacích jímek pod hladinou tekutiny,
- nerozrušování přirozeně plovoucí vrstvy ve skladovacích nádržích,
- použití vhodných separátorů pro kvalitní odvodnění s možností recyklace fugátu,
- digestát aplikován pouze na počátku vegetativního růstu rostlin,

- dodržení optimálních povětrnostních podmínek pro aplikaci digestátu, jako jsou vysoká vlhkost (ne přílišný déšť) a bezvětří. Naopak suché, slunečné a větrné počasí zvyšuje odpařování a snižuje účinnost dusíku,
- mírné míchání digestátu před aplikací,
- aplikace pouze chlazeného digestátu,
- použití potrubí, hadic s dosahem až k zemi nebo přímého vstřikování do půdy (lepší a rychlejší vsakování digestátu do půdy, výrazné snížení emisí dusíku a zápachu),
- při aplikaci na povrch půdy je digestát okamžitě zapracován.

Pro určování potřeby množství digestátu se potom vychází:

- z potřeby živin porostu pro předpokládaný výnos a kvalitu produkce,
- z množství přístupných živin v půdě a stanovištních podmínek (zejména vlivu klimatu, půdního druhu a typu),
- z půdní reakce (pH), poměru důležitých kationtů (vápníku, hořčíku a draslíku) a množství půdní organické hmoty (humusu),
- z pěstitelských podmínek ovlivňujících přístupnost živin (předplodina, zpracování půdy, závlaha).

Požadavky BPS na vstupní suroviny jsou známy tím, že ovlivňují skladbu a výměru osevních postupů, a to především snahou

„Používání digestátu ke hnojení znamená pro zemědělce finanční úsporu z hlediska náhrady minerálních hnojiv, a to zejména dusíku. Obsah snadno rozložitelného uhlíku je sice redukován, ale digestát obsahuje žádoucí prekursor huminových látek. Aplikace digestátu má výrazně pozitivní vliv na úrodnost půdy a je jedním z důvodů, proč budování BPS posiluje udržitelnost zemědělství a venkova.“

(Marada a kol. 2008)

zvýšit produkci kukuřice na siláž. Ta v případě anaerobní fermentace zásadně zvyšuje produktivitu bioplynu a tvoří tak významný podíl vstupních surovin. Širokořádkové plodiny však mohou přispívat ke zvýšenému riziku eroze. V takových případech je nutné zavádět opatření na pěstebních plochách a dle možností využít ochranných osevních postupů, jako jsou meziploidy, krycí plodiny a ozimé předplodiny, a zvýšit tak



Ilustrační foto: Oregon Department of Agriculture@Flickr.com_Manure digester

pokrytí půdy vegetací. Současně je také dobré zvýšit podíl biomasy z travních porostů.

Vliv digestátu na půdní organickou hmotu

Při aplikaci se dostává do půdy přibližně 3 až 6 % organických látek v případě fugátu a digestátu, a až 19 % v případě separátu. Toto množství je srovnatelné s obsahem organických látek v kejďe a hnoji. V digestátu jsou však tyto látky více stabilizované (s vyšším stupněm aromaticity), mineralizované. Těkavé mastné kyseliny, hemicelulóza a celulóza jsou z více než 50 % rozloženy během anaerobní digesce, zatímco lignin není rozložen vůbec.

Mnohé studie přesto neshledávají výrazné nebo dokonce žádné rozdíly mezi aplikací digestátu z kejdy a samotnou kejdou, co se týče obsahu organického uhlíku, ale i celkového dusíku. Zdá se tedy, že úbytek uhlíku, ke kterému dochází během anaerobní fermentace, je kompenzován nižší degradací uhlíku v půdě po aplikaci digestátu ve srovnání s kejdou. Vliv anaerobní fermentace na půdní organickou hmotu je tak z dlouhodobého hlediska pravděpodobně zanedbatelný. Některé studie dokonce neshledávají rozdíl v dynamice půdní organické hmoty po aplikaci digestátu

na půdu ani co se týče vlivu složení vstupního substrátu, když akumulace organického uhlíku v půdě po aplikaci digestátu z jetelotravy, byla stejná jako po aplikaci digestátu z kukuřice.

Akumulace uhlíku v půdě může být významně ovlivněna změnami v osevních postupech a výměrách plodin, tj. pěstováním nových energetických plodin, změnami termíny sklizně a využitím mezplodin a posklizňových zbytků jako vstupních surovin do fermentoru.

Závěr

Je zřejmé, že pokud chceme, aby nám digestát v půdě dobře sloužil, je potřeba odborně zvládnout management jeho výroby a aplikace. Stejně jako jakékoliv jiné půdní přídatky je vždy nutné posuzovat možnosti aplikace pro konkrétní lokalitu s ohledem na všechny půdní vlastnosti a způsob využití. Pokud si na tomto dáme záležet, potom si můžeme být jisti, že v tomto případě si z přírody sice něco bereme, ale v podobě digestátu jako hnojiva v kvalitní a regenerativní formě za odměnu opět navracíme.

-JJ-

Vypracováno v rámci řešení projektu a Ministry of Education, Youth and Sports of the CR (project n. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000845).

Zdroje

- Abubaker, J., Risberg, K., Pell, M. (2010). Biogas residues as fertilisers – Effects on wheat growth and soil microbial activities. *Applied Energy* 99, 126-134
- Abubaker, J., Risberg, K., Jönsson, E., Dahlin, S., Cederlund, H., Pell, M. (2015). Short-term effects of biogas digestates and pig slurry application on soil microbial activity. *Applied and Environmental Soil Science* 2015, Article ID 658542
- Al Seadi, T., Drosch, B., Fuchs, W., RUTZ, D., JANSSEN, R. (2013). *The Biogas Handbook: Biogas digestate quality and utilization*. Woodhead Publishing Limited. DOI: 10.1533/9780857097415.2.267
- Badalíková, B., Novotná, J. Změny fyzikálních vlastností půdy po aplikaci digestátu [online]. 2018-01-29 [cit. 2018-10-09]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/zmeny-fyzikalnich-vlastnosti-pudy-po-aplikaci-digestatu>.
- Bolzonella, D., Fatone, F., Gottardo, M., Frison, N. (2018). Nutrients recovery from anaerobic digestate of agro-waste: Techno-economic assessment of full scale applications. *Journal of Environmental Management*. 216, 111-119.
- CZ Biom (2015). Nakládání s digestátem, možnost využití jako kvalitní hnojivo. *Biom.cz* [online]. 2015-09-11 [cit. 2018-10-09]. Dostupné z: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-digestatem-moznost-vyuziti-jako-kvalitni-hnojivo>>. ISSN: 1801-2655.
- Dennehy, C., Lawlor, P.G., McCabe, M.S., Cormican, P., Sheahan, J., Jiang, Y., Zhan, X., Gardiner, G.E. (2018). Anaerobic co-digestion of pig manure and food waste; effects on digestate biosafety, dewaterability, and microbial community dynamics. *Waste Management*. 71, 532-541.
- Duffková, R., Mühlbachová, G., a kol. (2016). *Metodický postup pro efektivní užití digestátu ze zemědělských bioplynových stanic. Certifikovaná metodika*.
- Marada, P., Večeřová, V., Kamarád, L., Dundálková, P., Mareček, J., (2008). *Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Institut celoživotního vzdělávání ve spolupráci s Ústavem zemědělské, potravinářské a environmentální techniky.
- Risberg, K., Sun, L., Levén, L., Horn, S.J., Schnürer, A. (2013). Biogas production from wheat straw and manure – Impact of pretreatment and process operating parameters. *Bioresource and Technology* 149, 232-237.
- Smatanová, M. (2012). Digestát jako organické hnojivo. *Rostlinná výroba. Zemědělec* 18, 21-22.

Co se zbytkovou slámou z polí?

Čeští zemědělci se stále více starají o svoji půdu. Chrání ji před erozí, pečují o život v ornici a recyklaci důležitých živin. Přitom se také poohlíží po nových odvětvích, včetně zpracování vlastní produkce, agroturistiky nebo energetiky. Na venkově vznikají bioplynové stanice a zemědělské podniky dodávají suroviny pro výrobu tepla. Zemědělci však čelí dilematu: co se zbytkovou slámou z polí? Měli by ji zaorávat do půdy, nebo raději prodávat na místní výrobu tepla?

Zbytkovou slámu z obilných a řepkových polí po celých balících spalují někteří velcí výrobci, jako například teplárny v Kutné Hoře, Jindřichově Hradci, Třebíči a Žluticích nebo elektrárna v Mostku, které dodávají teplo a elektřinu stovkám tisíc domácností. Větší městské zdroje spotřebují řádově tisíce až desítky tisíc tun paliva ročně a stejně tak se sláma využívá k výrobě pelet pro vytápění v rodinných domech. Sláma má nespornou výhodu: spalováním odpadu z farem získáváme bioenergie, aniž bychom museli zabírat jakoukoli novou půdu k jejímu vypěstování. Česká ekonomika v roce 2016 vyráběla necelých 122 milionů gigajoulů bioenergie.

Z toho na slámu a další tzv. neaglomerovanou rostlinnou biomasu připadal jen zhruba jeden milion; slámy přepracované na peletky dělalo dalších několik set tisíc gigajoulů. Přitom oficiální *Akční plán pro biomasu* odhaduje, že by šlo zpracovat podstatně více slámy. Nicméně sláma dodává do ornice organickou hmotu, která slouží jako pojivo mezi půdními částicemi, a brání tak erozi. Pomáhá také zadržovat vodu, udržovat stabilní teplotu nebo dodává uhlík a živiny půdní fauně, která je životně důležitá pro úrodnost půdy. Větší množství organické hmoty v půdě měřitelně vylepšuje výnosy, a tak ji farmáři musí na pole recyklovat.

Organickou hmotu lze tedy do půdy vracet právě zaoráváním slámy. Proto někteří farmáři mají obavy, že použití zbytků po sklizni v bioenergetice sníží úrodnost polí. České polní pokusy však potvrdily, že organickou hmotu lze zajistit i jiným způsobem a část slámy energeticky využít.

Výsledky jsou přesvědčivé. Půda bez jakéhokoli hnojení v pokusu obsahovala 1,17 % celkového uhlíku, kterým se obsah organické hmoty v půdě měří. Přidání samotné slámy nebo samotných NPK hnojiv zvýšilo bilanci shodně na 1,29 %. Plochy, na kterých byla použita sláma v kombinaci s NPK hnojivy, na tom byly ještě o něco lépe (1,31 %). Sláma tedy podstatně vylepšuje obsah organické hmoty v půdě. Nejvýraznější zlepšení však nastalo tam, kde byl na půdu aplikován hnůj s NPK hnojivy, obsah uhlíku pak činil 1,56 %.

Lze tedy čerpat slámu k výrobě energie a přitom pečovat o zdravou, úrodnou půdu?

Důkladným řešením by samozřejmě byl dostatek hnoje, což by uvolnilo slámu pro energetické využití. Proto by bioenergetice určitě pomohlo, kdyby opět stouply stavy skotu, které v Česku jsou o 40 % nižší než v roce 1990. Nejlépe, kdyby farmy opět začaly více kombinovat rostlinnou a živočišnou výrobu. Čeští zemědělci však o obnovu chovu skotu usilují už léta a bez valného úspěchu, částečně tuto roli nahrazují bioplynové stanice. Proto zatím nezbyde než hledat řešení, která současné farmaření kombinují s udržitelnou měrou odebírání slámy.

Možnosti patrně jsou i při současně nabídce a poptávce. Čerpání slámy z polí nesporně má své meze. Řada expertů se však shoduje na tom, že 10 % z produkce slámy lze pro energetiku využít bez rizika ztráty kvality půdy. Mělo by však jít o vysoce účinné zpracování, které neplýtvá palivem. V úvahu by rozhodně nemělo připadat spalování v nízkoučinných kondenzačních zdrojích. Především bude potřeba nové projekty cílevědomě soustředit na menší zdroje tepla, jejichž spotřeba rozumně odpovídá dostupným možnostem v regionu. Větší koncentrované poptávky by podkopávaly trh, překážely smysluplným záměrům a hlavně bránily oboustranně prospěšnému soužití péče o ornou půdu s bioenergetikou.



Ilustrační foto: Leo McCourt@Flickr.com_Straw



Ilustrační foto: barockschloss@Flickr.com_Straw

Kaly z čistíren odpadních vod

Kaly z čistíren odpadních vod (ČOV) jsou již tradičně využívaným zdrojem jak energie, tak organické hmoty, ale lze je použít i jako materiál pro sanaci půdy. Takové využití kalů má řadu výhod:

- snížení emisí skleníkových plynů vlivem ukládání uhlíku v podobě organické hmoty do půdy nebo v případě využití kalů jako nízkoemisního obnovitelného zdroje energie,
- zlepšení půdních vlastností v případě využití kalů jako hnojiva,
- snížení využívání fosilních paliv v případě zpracování kalů v bioplynové stanici,
- ale i snížení množství skládkovaného odpadu.

Kal z ČOV je biologicky aktivní směs vody, organických látek, mrtvých a živých mikroorganismů (včetně patogenů) a toxických anorganických a organických kontaminantů. Surový kal obvykle obsahuje 97–98 % vody. Odvodněný splaškový kal v závislosti na stabilizačních procesech obsahuje 50–70 % organické hmoty a 30–50 % minerálních složek (včetně 1–4 % anorganického uhlíku), 3,4–5,0 % N, 0,5–4,0 % P a významné množství dalších živin.

Organická hmota z kalů z ČOV v půdě rychle mineralizuje kvůli poměrně nízkému obsahu ligninu a celulózy. Její rychlá degradace může vést k hromadění dusičnanů a znečišťujících látek v půdě. Díky vysokým obsahům dusíku a fosforu jsou však kaly při správné aplikaci hodnotným hnojivem.

Kaly mohou obsahovat větší či menší množství škodlivých anorganických (jako jsou rizikové prvky) a organických (jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky – PAH, polychlorované bifenylly – PCB) látek, pesticidů, surfaktantů, hormonů, léčiv, nanočástic a mnoha dalších. Pro kaly, které jsou dlouhodobě zatíženy rizikovými prvky, nejčastěji pocházející z průmyslových oblastí, případně pro kaly čistě průmyslové, je nejvhodnějším zpracováním jejich spálení. V takovém případě však nedochází k recyklaci živin.

Kromě znečišťujících příměsí je kal zatížen přítomností patogenních druhů živých organismů, jako jsou bakterie, viry a prvoci společně s jinými parazitárními hlísty. Z těchto důvodů je nutné kal před jeho recyklací hygienizovat. Dnes nejčastějším zpracováním kalu je jeho

anaerobní stabilizace v bioplynové stanici (BPS), kde je kal následně odvodněn (sušina 25 %). Hygienizace kalu v těchto případech však nebývá nedostatečná.

Modernizované technologie se kromě recyklace organických látek zaměřují také na snížení potenciálních rizik spojených s přítomností znečišťujících nebo patogenních příměsí. Mezi vhodné patří anaerobní stabilizace v BPS se sušením kalu a následným termálním zpracováním. Termálním zpracováním je potom spalování nebo pyrolýza kalu. V případě spalování však dochází k emisím CO₂ a vzniklý popel je velmi

obtížně recyklovatelný (nepřístupný fosfor, ztráta dusíku, významné zakoncentrování rizikových prvků).

U kalů, které splňují limity obsahu rizikových prvků, se jeví jako nejvhodnější řešení pyrolýza s následným využitím vzniklého biuhlu jako hnojiva. Dochází tak k navrácení uhlíku do půdy (snížení emisí CO₂), zlepšení zadržování vody v půdě a struktury půdy a jsou recyklovány živiny. Na rozdíl od spalování tak nedochází k emisím a ztrátám dusíku.

-JJ, -FP-

Vypracováno v rámci řešení projektu OP PIK č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/15_019/0004771 a Ministry of Education, Youth and Sports of the CR (project n. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000845).



Ilustrační foto: SuSanA Secretariat@Flickr.com_Sludge applied on the surface

Aplikace kalů z čistíren odpadních vod na zemědělské půdě a související legislativa

Zajištění dostatečného množství organické hmoty v půdě je jedním ze základních předpokladů ochrany proti erozi a podpory zvětšení schopnosti půdy zadržovat vodu. Skutečný obsah organické hmoty v půdě je závislý na dodržování pravidel správné zemědělské praxe (příprava a ochrana půdy, osevní postup) a také na doplňování organické hmoty formou organických hnojiv. Jednou z možností organického hnojení, které může doplnit nebo částečně nahradit tradiční, v České republice nedostatečné zdroje (hnůj, kejda), jsou kaly z ČOV nebo komposty vyrobené z biologicky rozložitelných odpadů.

Kaly z čistíren odpadních vod (ČOV) jsou již tradičně zdrojem organické hmoty, základních živin a mikroprvků pro zemědělské půdy. Mimo jiné obsahují významné množství fosforu, který je pro potřeby hnojení získáván s nemalými dopady na životní prostředí a z hlediska udržitelného rozvoje je vnímán jako jeden z prvků, který je třeba využívat a navracet ke spotřebě.

Vzhledem k tomu, jakým způsobem a z jakých zdrojů jsou kaly z ČOV produkovány, je nutno sledovat jejich případné zatížení těžkými kovy a rizikovými látkami. Toto bylo také zohledněno v legislativě, která nakládání s kaly při jejich aplikaci na zemědělské půdě upravuje.

K zajímavým úpravám legislativy ohledně kalů došlo v některých zemích Evropské unie. Německo v současné době přijalo legislativu, která umožňuje aplikaci kalů na zemědělské půdě pocházející z ČOV s méně než 100 000 EO (ekvivalentních obyvatel) od roku 2029. Následně od roku 2032 bude tento limit

snížen na 50 000 EO. Současně všechny ČOV musí zpracovat koncepci získávání fosforu do roku 2029 pro kaly s limitem 20 g fosforu/kg sušiny a vyšší. Také v Rakousku je zvažována podobná úprava. Jednoznačně zde však zaznívá potřeba získávání fosforu vzhledem ke snížení dopadu na životní prostředí a zavedení cirkulární ekonomiky společnosti (Agenda 2030). Platí to také v případě spalování kalů z ČOV u velkých měst, kdy by zde měla být použita technologie umožňující získávání fosforu (tzv. monospalování). Důležité je také zmínit, že jednou z řešených oblastí v okolních zemích je omezení vstupu problematických látek (např. těžké kovy, rezidua léčiv a drog atd.) do odpadních vod. Je nutné si uvědomit, že tyto látky v důsledku končí nejen v kalech, ale také ve vodě, která je vypouštěna do řek a to z důvodu, že je technologicky náročné a nákladné provést vyčištění této vody. V Rakousku byla řešena také možnost zpoplatnění uvádění těchto látek na trh s tím, že získané prostředky by byly použity

na čištění odpadních vod. Primárně by mělo být řešeno čištění odpadních vod přímo u provozů, které produkují zvláště znečištěné odpadní vody (průmyslové případně potravinářské provozy, nemocnice).

Podmínky použití kalů v České republice

V posledních pěti letech došlo k úpravě legislativy týkající se nakládání s kaly z ČOV. Jednak bylo novelizováno znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, a dále byla vyhláška č. 382/2001 Sb., o podrobnostech použití upravených kalů na zemědělské půdě, nahrazena vyhláškou č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

V České republice se kaly pro svůj vysoký podíl organických látek a minerálních složek nejčastěji kompostují anebo používají k přímé aplikaci na zemědělskou půdu. Prvním a základním předpokladem pro použití kalů k přímé aplikaci na zemědělské pozemky je jejich hygienizace. Neupravený kal není možné na zemědělské pozemky použít a je tedy nutné využít jiného způsobu úpravy nebo nakládání, např. kompostování nebo anaerobní digesce, které musí probíhat jako řízený proces se zajištěním hygienizace (případně hygienizaci provést v samostatném zařízení). Další podmínkou pro použití kalů je obsah rizikových prvků. Jejich množství ovlivňuje další využití kalů a je zásadní i pro aplikaci na zemědělskou půdu.



Ilustrační foto: SuSanA Secretariat@Flickr.com_Vehicle for application of liquid sludge

Proto byl v případě aplikace stanoven limit pro obsah rizikových prvků (mg/kg) a také množství limit pro aplikaci kalů (t/ha), který nesmí být překročen, aby bylo vyloučeno nebezpečí kontaminace orné půdy. Dále nesmí být překročena koncentrace stanovených rizikových prvků v půdě, kam mají být kaly aplikovány.

Výše uvedené úpravy byly zaměřeny zejména na některé postupy při nakládání s kaly z ČOV mířící na zemědělskou půdu s cílem zajištění dostatečné ochrany životního prostředí. Byly upřesněny zejména postupy týkající se zajištění dostatečné hygienizace kalů, předávání kalů mezi jednotlivými subjekty (ČOV, oprávněná osoba – společnost nakládající s odpady, zemědělec) a zajištění ochrany životního prostředí při skladování kalů.

Zajištění dostatečné hygienizace kalů z ČOV

Úvodem je nutno konstatovat, že cílem výše uvedených úprav nebyla v žádném případě změna v tradičním způsobu nakládání s kaly v České republice, tzn. technologií úpravy, následné aplikace kalů na zemědělskou půdu a kompostování.

Dostatečné splnění podmínek hygienizace by mělo zabezpečit využití a správné provozování stávajících technologií, zejména anaerobní digesce, která je provozována na ČOV, případně vápnění. Další technologií, kterou je možno zajistit výše uvedené je zpracování kalů z ČOV v kompostárnách. Z tohoto důvodu byla také vyhláškou č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, (dále jen vyhláška) současně novelizována vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. V České republice je v současné době vybudována dostatečná kapacita kompostáren, jejichž technologie může být využita ke zpracování kalů z ČOV na kvalitní kompost. Kaly z ČOV mohou být zpracovány také v bioplynových stanicích. V některých regionech je také úspěšně provozována hygienizace kalů technologií za použití čistého kyslíku.

Konkrétně byla novelou zákona o odpadech změněna definice upraveného kalu. Podle nové definice je upraveným kalem pouze kal, který byl podroben úpravě, jejíž účinnost byla ověřena v souladu s prováděcí vyhláškou. Za účelem splnění této povinnosti bylo stanoveno dlouhé přechodné období do konce roku 2019. Do té doby se pova-

žují všechny technologie úpravy, které před účinností vyhlášky produkovaly kaly, které mohly být použity na zemědělské půdě, za ověřené.

Vyhláška č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, také mění samotné mikrobiologické ukazatele, které musí upravený kal od roku 2020 splňovat a to tak, aby tyto odpovídaly limitům, které mají nastaveny ostatní země Evropské unie a byla tak zajištěna dostatečná ochrana lidského zdraví. Pro kaly, které budou skutečně hygienizovány, by nemělo být problematické nové ukazatele splnit.

Vyhláška zároveň zpřesnila, že kaly kategorie II mohou být do konce roku 2019 používány pouze na zemědělské půdě určené k pěstování technických plodin nebo v podzimním období na půdě určené k pěstování běžných plodin.

Důležitou změnou dotýkající se mikrobiologických ukazatelů rovněž je, že upravené kaly musí být použity nebo alespoň umístěny na půdní blok, kde budou použity do 8 měsíců ode dne jejich výstupu z technologie úpravy. Dobu 8 měsíců lze považovat za plně dostačující lhůtu pro použití upravených kalů. Pokud dojde k překročení této lhůty, musí být před použitím kaly znovu otestovány, zda mikrobiologické ukazatele stále splňují.

Předávání kalů mezi jednotlivými subjekty (ČOV, oprávněná osoba – společnost nakládající s odpady, zemědělec)

Z hlediska působnosti MŽP bylo v posledních letech předávání kalů mezi různými subjekty vyhodnoceno opakovaně jako rizikové. Dříve bylo skladování řešeno v rámci ČOV a ve zde vybudovaných kalových polích, tato byla ale při prováděných rekonstrukcích zrušena a skladovací prostory nebyly ničím nahrazeny. Dalším problémem bylo, že provozovatelé ČOV se nezabývali tím, jak je s kaly dále nakládáno, i když právě jim byla dána povinnost ve spolupráci se zemědělci zpracovat program využití kalů na ZPF (zemědělský půdní fond), který měl zaručit správnou aplikaci kalů. Kaly byly často předávány subjektům, které provádí sběr a výkup odpadů. Ve skutečnosti pak nakládání s nimi vypadalo tak, že byly předávány mezi několika těmito společnostmi a následně hromaděny i ve značném množství (z několika ČOV) na zpevněných plotech nebo silážních žlabech v zemědělských areálech nebo u zemědělských pozemků. Nakládání se tímto stávalo nepřehledným, v některých případech zemědělec například



Ilustrační foto: SA Water@Bolivar wastewater treatment@Flickr.com

neuměl zaručit, odkud a kým byly kaly dovezeny, protože místo nebylo zabezpečeno proti vstupu cizích osob. Dalším problémem byla kontrola dodržení dávek aplikovaných kalů na jednotlivé pozemky. ČIŽP byly dále šetřeny podněty občanů, kteří si stěžovali na zápach či rozplavení kalů, pokud tyto nebyly dostatečně zabezpečeny.

Zákon o odpadech dával povinnost původci kalů, tedy jednoznačně ČOV, aby prostřednictvím programu využití kalů na ZPF zajistil jejich využití. Toto však z důvodu předávání kalů mezi subjekty přestalo být funkční. Z tohoto důvodu byla provedena novela zákona o odpadech (účinnost od 1. 3. 2016) v tom smyslu, že upravené kaly k použití na ZPF je možno předávat pouze přes jednoho prostředníka (provozovatele zařízení ke sběru a skladování kalů provozovaném na základě souhlasu podle § 14 odst. 1 zákona o odpadech). Tímto by měla být zajištěna přehlednost při předávání kalů.

Ve vyhlášce bylo definováno, že použití kalů z ČOV na zemědělské půdě je nakládáním s odpady v kvalitě suroviny v zařízení dle § 14 odst. 2 zákona o odpadech (zahrnuje všechny díly půdních bloků, na kterých používá upravené kaly jedna osoba užívající zemědělskou půdu, a všechna místa, kde tato osoba dočasně ukládá upravené kaly). Tímto byla praxe nastavena tak, aby zemědělec ohlašoval použití kalů z ČOV do ISPOP (Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností) a pro kontrolu bylo zřejmé, že s kaly nakládá. Zemědělec musí rovněž podat roční hlášení o produkci a nakládání s odpady, které je vypracováno na základě vedené průběžné evidence o přijímaných kalech. Zde musí být uvedeno např. datum, množství přijatých kalů z ČOV, subjekt, od kterého byly kaly převzaty a způsob nakládání (dle vyhlášky č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady). Toto by mělo být podloženo doklady o převzetí (např. dodací listy). Je důležité, aby zemědělec měl navážení kalů z ČOV pod kontrolou a bylo zřejmé, že



Ilustrační foto: Jeff Hitchcock@Flickr.com

na určené místo bylo navezeno dohodnuté množství kalů v souladu s „Programem použití kalů“.

Výše uvedená opatření zlepší bezpečnost aplikace kalů z ČOV na zemědělské půdě zejména z hlediska dohledatelnosti jednotlivých aplikací, dodržení aplikační dávky a dalších podmínek stanovených k ochraně půdy jako např. splnění limitu rizikových prvků v kalech a půdách kam jsou aplikovány.

Program použití kalů na zemědělské půdě

Základním podkladem pro zemědělce k použití kalů na zemědělské půdě je program použití kalů zpracovaný provozovatelem čistírny odpadních vod nebo zařízením na úpravu kalů z ČOV (§ 33, odst. 2 zákona o odpadech).

Jedná se o komplexní vyhodnocení všech základních podmínek pro aplikaci kalů, kde jsou vyhodnoceny mimo jiné kvalitativní ukazatele pro konkrétní kal z ČOV a pozemky kam má být tento aplikován dle vyhlášky č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Dále je zde vyhodnoceno splnění dalších podmínek dle platné legislativy např. dodržení zákazu aplikace kalů za určitých kritérií – chráněná území přírody a krajiny, ochrana vodních zdrojů, intenzivně pěstované ovocné výsadby atd. (§ 33, odst. 3 zákona o odpadech).

Na základě splnění výše uvedeného je zde vypracován konkrétní popis použití kalů z ČOV (vždy musí být zpracováno pouze pro kal z jedné ČOV). Jsou zde uvedeny např. pozemky určené k aplikaci, dávka kalů, předpokládaná doba aplikace, místo a způsob skladování kalů.

Z výše uvedeného je zřejmé, že i když je povinnost zpracovat výše uvedený program dána provozovateli čistírny

odpadních vod nebo zařízení na úpravu kalů z ČOV, věcně je nutno, aby vše bylo dohodnuto se zemědělcem, který bude kaly aplikovat a na základě této dohody může být program zpracován, závěrečnou verzi by měl zemědělec odsouhlasit.

Zajištění ochrany životního prostředí při skladování kalů

Jak již bylo výše uvedeno, v průběhu účinnosti „staré“ legislativy, se nepříznivým způsobem vyvinulo také skladování kalů z ČOV. Kaly byly v některých případech skladovány nezabezpečené na deponiích mimo režim zákona o odpadech, důsledkem tohoto bylo v některých případech např. jejich nekontrolované navážení případně jejich „rozplavení“ do okolí, např. i do obce.

Z těchto důvodů byly definovány podmínky, jak mají být kaly skladovány. Na základě projednání byly stanoveny následující možné způsoby skladování kalů:

- uložení kalů v místě jejich vzniku 12 měsíců (v ČOV),
- 8 měsíců v zařízení, kde budou kaly použity (zemědělský podnik) – bez zvláštního povolení k nakládání s odpady, oddělené skladování kalů od různých dodavatelů,
- 30 dní na půdním dílu, kde budou použity,
- skladování kalů z ČOV v zařízení podle § 14 odst. 1 zákona o odpadech (maximálně 3 roky před jejich využitím).

Navržené možnosti ve značné míře akceptovaly způsoby skladování kalů, tak aby tyto vyhovovaly zemědělské praxi, současně však byly stanoveny podmínky pro ochranu životního prostředí. Konkrétně byla např. stanove-

na podmínka zajistit místo skladování proti vniku povrchových vod a zajistit kaly proti rozplavení. Určena byla také minimální vzdálenost pro uložení kalů od obytné zástavby z důvodu stíznosti na zápach. Kaly z ČOV jsou látkou závadnou vodám a je nutno při jejich skladování také vypracovat havarijný plán (platí pro všechny výše uvedené příklady). Způsob skladování musí být dále vždy také uveden v programu použití kalů z ČOV.

Závěr

V Plánu odpadového hospodářství ČR 2015–2024 jsou vymezeny základní strategické přístupy k nakládání s kaly z čistíren odpadních vod. V posledních letech proběhly legislativní úpravy, které by měly zabezpečit, aby se aplikace kalů z ČOV na zemědělskou půdu prováděla způsobem, který neohroží 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. To vše má vést ke zlepšení kvality kalů a zamezit nekalým praktikám, které způsobovaly vnos nežádoucích látek do půdy s omezenou možností dohledání skutečného viníka. Nové legislativní prostředí zajišťuje dodání organické hmoty do půdy s tím, že je zabráněno případným negativním dopadům.

*Ing. Veronika Jarolímová, odbor odpadů,
Ministerstvo životního prostředí*

Komposty na bázi separovaného digestátu a jejich aplikace na ornou půdu

Komposty aplikované do půdy mají za úkol zvýšit obsah organické hmoty a dodat potřebné živiny. Pravidelné dávky udržují stabilní obsah organické hmoty v půdě. Vlastnosti kompostu jsou ovlivněny zakládkou i vlastním kompostováním. Vyšší obsahy živin mají komposty s podílem organických hnojiv (hnůj, kejda) nebo separovaného digestátu (separátu) v zakládce. Zvýšení obsahu živin v kompostu je možné docílit i přidavkem popela ze spalování biomasy.

Modelové komposty na bázi separovaného digestátu (separátu) a popele ze spalování biomasy byly připraveny na kompostárně zemědělského podniku REGENT Plus, s.r.o. ve Žluticích v období 2015–2018. Podnik provozuje i bioplynovou stanici (BPS) s elektrickým výkonem 750 KW a s roční produkcí 12 000 t separátu a 14 600 t fugátu. Kromě separátu a zbytkové slámy (1 500 t) zpracovává kompostárna kolem 3 000 t biologicky rozložitelného odpadu (BRO) z okolních obcí. Kompostárna má k dispozici ročně minimálně 16 500 t vstupních surovin, které kompostuje v pásových hromadách v kryté hale. Aktuální množství BRO kolem 3 000 t ročně představuje cca 20 % hmotnostní podíl v celkové zakládce. Vedle organických komponentů se do zakládky používá i **popel ze spalování biomasy** (dřevní štěpky s přidavkem slámy) z centrální výtopy obce, s roční produkcí popela 200 t a se sušinou cca 96 %. Celkový obsah živin v sušině se pohybuje v rozmezí 0,9–1,2 % P, 5–7 % K, 1,3–1,9 % Mg a 8–13 % Ca. Při rovnoměrné aplikaci popela do zakládky vychází přidavek vztahený k hmotnosti zakládky cca 1,2 %. Vzhledem k sezónnosti se přidavek popela pohybuje až kolem 3 % hmotnosti organické zakládky. Roční produkce kompostu se v období 2015 až 2018 pohybovala v rozmezí 6 000 až 8 000 t. Při vysokém podílu separátu, který má vysokou vlhkost kolem 80 %, se hmotnostní ztráty v průběhu kom-

postování stanovené na základě roční bilance surovin a produkce kompostu pohybovaly v rozmezí 50–60 %. Na základě odlišného složení zakládky byly vyrobeny tři typy kompostů s různými vlastnostmi, kompost pouze s organickou zakládkou a komposty s přidavkem popela do 1,5–3 % hm., resp. 6–10 % hm. Organický kompost byl připravený z organické zakládky s výrazným podílem separátu 50–70 %, který byl doplněn 20–40 % BRO a 5–15 % slámy. Složení organické zakládky představuje hmotnostní podíl surovin s přirozenou vlhkostí. Hmotnostní přidavek popela je přepočítaný na 100 % sušinu. Podle zákona o hnojivech, č. 156/1998 Sb., prováděcí vyhlášce č. 474/2000 Sb. musí být popel pro aplikaci na zemědělskou půdu evidován v 100 % sušině a doporučená aplikace je maximálně 2 t.ha⁻¹ jednou za 3 roky. Přidavek pope-

la do zakládky kompostů do 3 % hmotnosti zakládky doporučuje ÚKZÚZ.

Vedle celkových živin (tab. 1) byl stanoven i obsah přijatelných živin podle normy ČSN EN 13651, která se pro hodnocení kompostů používá. Stanovené obsahy celkových a přijatelných živin (N, P, K a Mg) jsou v tabulce 2 přepočteny na kg živiny v jedné tuně jednotlivých organických hnojiv s přirozenou vlhkostí a je uvedeno orientační porovnání obsahu celkových a přijatelných živin. Pro srovnání jsou uvedeny obsahy celkových a přijatelných živin samotného separátu a fugátu, které je možné aplikovat přímo na zemědělskou půdu.

Organické komposty měly, vzhledem k vysokému podílu separátu v zakládce, vysoký obsah celkových (tab. 1) a přijatelných (tab. 2) živin v sušině, vyšší oproti údajům z literatury. Přidavek popela 1,5–3 % do zakládky výrazně neovlivnil obsah celkových ani přijatelných živin. Výraznější zvýšení obsahu celkového i přijatelného draslíku a dále celkového vápníku a hořčíku bylo zjištěno při vyšším přidavku popela, kdy sušina popela představuje 6–10 % hm organické zakládky.

Hodnocené organické komposty i komposty s přidavkem popela vyhovovaly z hlediska obsahu rizikových prvků zákonu o hnojivech, č. 156/1998 Sb. vyhláška č. 474/2000 Sb. i obsahu PAU stanovených podle ČSN P CEN/TS 16181.



Aplikace fugátu na TTP

Typ kompostu	Vlhkost	pH	SL	C/N	N	P	K	Mg	Ca	S	Na
	%		%		% v sušině						
Organický	55,4	8,4	59,9	9,8	3,1	1,2	3,2	0,9	2,5	0,66	0,32
Popel 1,5–3 %	54,6	8,9	54,0	10,5	2,6	1,2	3,7	1,0	4,2	0,7	0,3
Popel 6–10 %	52,3	8,9	45,3	9,2	2,3	1,4	4,5	1,3	5,4	0,7	0,4
Separát	79,0	8,8	85,3	25,9	1,7	0,8	1,6	0,5	1,3	0,4	0,1
Fugát	95,8	8,1	65,8	10,1	3,3	1,8	7,5	1,0	2,7	0,8	0,7

Tab. 1: Základní vlastnosti kompostů, separátu a fugátu, vlhkost (ČSN EN 13040), SL – spalitelné látky (ČSN EN 13039), pH – hodnota pH vodného výluhu (ČSN EN 13037), C/N – podle ČSN 46 5735, celkový N stanoven analyzátelem TruSpec CN (LECO), obsah hlavních živin a sodíku stanoven metodou ICP-OES.

Typ kompostu	Živina	N		P		K		Mg	
		kg.t ⁻¹	%	kg.t ⁻¹	%	kg.t ⁻¹	%	kg.t ⁻¹	%
Organický	celková	14,5		5,5		14,5		4,2	
	přijatelná	0,8	5,7	1,0	18,0	12,0	82,8	0,8	19,6
Popel 1,5–3 %	celková	12,6		5,5		16,6		4,7	
	přijatelná	0,9	6,7	0,6	10,1	12,8	76,9	0,6	12,6
Popel 6–10 %	celková	11,7		6,5		21,6		6,2	
	přijatelná	1,0	8,1	0,5	7,2	13,9	64,2	0,5	8,7
Separát	celková	5,2		1,7		3,4		1,0	
	přijatelná	1,7	33,3	0,5	30,2	3,4	100,0	0,6	57,4
Fugát	celková	3,4		0,7		3,1		0,4	
	přijatelná	2,0	59,6	0,1	9,6	2,8	90,7	0,2	58,1

Tab. 2: Obsah celkových a přijatelných živin v kompostech, separátu a fugátu v kg.t⁻¹ hnojiva s přirozenou vlhkostí, podíl přijatelné živiny na celkovém obsahu.

Vedlejší produkty z výroby bioplynu, separát a fugát, měly v průběhu čtyřletého sledování standardní vlastnosti. Separát má nízký obsah sušiny a oproti kompostům nízký obsah celkových živin v sušině. Z přijatelných živin má vysoký obsah amonného N a poměrně vysoký obsah přijatelného K i P. Podíl přijatelného N v jedné tuně separátu představuje cca 30 % celkové živiny. U K je tento podíl cca 100 %, veškerý K v separátu je pro rostliny snadno přijatelný.

Fugát má velmi nízký obsah sušiny, z přijatelných živin má vysoký obsah amonného N a K. Jejich podíl na obsa-

hu celkového N a K vychází cca 60 %, resp. 90 %. Fugát má charakter minerálního NK hnojiva s okamžitým účinkem po aplikaci.

U hodnocených kompostů byl podíl přijatelného N na celkovém velmi nízký, převážná část celkového N (přes 90 %) je vázána v organických látkách, které v půdě podléhají mineralizaci. Komposty mají vysoký obsah celkového P a přidavek popela výrazně snižuje podíl přijatelného P na celkovém. Nejvyšší podíl okamžité přístupného P pro rostliny je 18 % u organického kompostu bez přídatku popela. Na základě porovnání obsahu přijatelných a celkových živin je okamžitá dostupnost K pro rostliny nejvyšší u organického kompostu (přes 80 %). Přídavek popela, obdobně jako u P, snižuje dostupnost K i Mg v kompostech.

Aplikace kompostů je navržena pro modelový zemědělský podnik, který hospodaří v ekologickém režimu, tj. bez aplikace minerálních hnojiv na výměře 800 ha orné půdy a 900 ha trvalých travních porostů (TTP) s průměrnou nadmořskou výškou 570 m n. m.

Zemědělský podnik používá osevní postup, ve kterém se střídají jarní luskobilní směsky a ozimé obiloviny. Luskobilní směsky se používají především na produkci biomasy pro přípravu senáže pro produkci bioplynu, částečně i pro krmení skotu. Ozimé obiloviny se sklízí pro produkci zrna, částečně se používají pro přípravu senáže pro produkci bioplynu. Pro tento účel se kombinují s ozimými luskovinami, např. ozimou vikví. V tab. 3 jsou uvedeny modelové aplikace organických hnojiv v rámci 4letého osevního postupu a dodané celkové i přijatelné živiny za toto období. Doporučené jednorázové dávky organických hnojiv jsou přizpůsobeny mechanizaci pro jejich aplikaci. U kompostu je opti-

mální dávka kolem 40 t.ha⁻¹, u nekompostovaného separátu a fugátu kolem 30 t.ha⁻¹.

Modelová aplikace kompostu M1 představuje dávku 40 t.ha⁻¹ v dvouletém intervalu, kdy se kompost aplikuje na podzim při přípravě půdy pro jarní výsev luskobilné směsky. Tento model byl použit ve vegetačních pokusech, ve kterých aplikace kompostu s nízkým přídavkem popela do zákládky (1,5–3 P) zvýšila výnos i obsah přijatelných živin v půdě oproti aplikaci nekompostovaného separátu (model 4). Při sušině kompostu kolem 45 % se v tomto modelu aplikovalo cca 9 tun kompostu v sušině na hektar a rok. V literatuře se uvádí, že pravidelná aplikace 6–7 tun kompostu v sušině na hektar a rok udržuje stabilní obsah organické hmoty v půdě.

Tento model hnojení je možné aplikovat pouze na polovinu výměry orné půdy zemědělského podniku. Výběr pozemků pro aplikaci organických hnojiv a jejich dávkování je nutné volit z hlediska obsahu přijatelných živin v půdě i z hlediska využití dané kultury (biomasa pro BPS × krmivo). V jarním období je možné kompost doplnit aplikací fugátu v dávce 30 t.ha⁻¹. Fugát pro hnojení by se měl využívat přednostně pro produkci biomasy pro BPS.

Model M2 představuje rovnoměrnou aplikaci kompostů z produkce kompostárny na veškerou výměru orné půdy. Stávající roční produkce kompostu 6 600 t představuje dávku 33 t kompostu na ha orné půdy ve čtyřletém intervalu. Při navýšení produkce kompostu by bylo možné ve čtyřletém intervalu aplikovat až 40 t kompostu na ha. Model M3 představuje aplikaci kompostu se zvýšeným přídavkem popela do zákládky 6–10 % a vyšším obsahem celkových živin. Tento kompost je vhodný na půdy s nízkou hodnotou pH a nízkým



Překopávání kompostu



Kompostárna REGENT Plus, s.r.o. ve Žluticích

Modelová aplikace		Interval	Živina	Dávka hnojiva, OH a živin za 4letý cyklus									
Hnojivo	Dávka (t.ha ⁻¹)	Rok		Hnoj.	OH	N	P	K	Mg	Ca	S	Na	
				t.ha ⁻¹		kg.ha ⁻¹							
Orná půda													
M1	Kompost	40	2	celková	80	19,6	1008	440	1328	376	1544	240	112
	1,5–3 P			přijatelná			72	48	1024	48			
	Fugát	30	2	celková	60	1,68	204	42	186	24	66	18	18
				přijatelná			120	6	168	12			
M2	Kompost	40	4	celková	60	9,8	504	220	664	188	772	120	56
	1,5–3 P			přijatelná			36	24	512	24			
M3	Kompost	20	3	celková	30	6,5	351	195	648	186	771	105	54
	6–10 P			přijatelná			30	15	417	15			
M4	Separát	30	2	celková	60	10,7	312	102	204	60	168	54	18
				přijatelná			102	30	204	36			
TTP													
M5	Fugát	30	1	celková	120	3,4	408	84	372	48	132	36	36
				přijatelná			240	12	336	24			

Tab. 3: Modelové aplikace organických hnojiv v rámci 4letého osevního postupu, bilance dodané organické hmoty (OH) a jednotlivých celkových i přijatelných živin

obsahem přijatelných živin, především K, Ca a Mg. Vzhledem ke zvýšenému obsahu živin i obsahu popela se kompost doporučuje aplikovat v dávce 20 t.ha⁻¹ v 3letém intervalu. Při předpokládané výtěžnosti 60 % u tohoto typu kompostu by dávkování mělo odpovídat maximální dávce popela v 100% sušině 2 t.ha⁻¹ jednou za 3 roky.

Model M4 představuje alternativu k aplikaci kompostu, jedná se o použití nekompostovaného separátu. Vzhledem k obsahu celkových živin v separátu, se touto modelovou aplikací dodá méně živin než komposty. Aplikace separátu byla ověřena ve vegetačních pokusech a nedošlo k výraznému navýšení obsahu přijatelných živin v půdě ani k navýšení výnosu jako po aplikaci kompostů. Pokud by se separát nekompostoval, jeho roční produkci 12 000 t by bylo možné aplikovat ve tříletém intervalu v dávce 45 t.ha⁻¹ orné půdy. Obdobně jako při aplikaci kompostů je vhodné pro dodání přijatelných živin aplikaci separátu doplnit aplikací fugátu.

Model M5 představuje použití fugátu na TTP v maximálním množství, 30 t.ha⁻¹ v jednoletém intervalu. Touto aplikací se dodá poměrně vysoké množství celkových a především přijatelných živin. Tato aplikace byla odzkoušena ve vegetačních pokusech. Při rovnoměrné aplikaci fugátu na celou plochu TTP zemědělského podniku, případně i doplňkové aplikaci na ornou půdu, by se dávka fugátu 30 t.ha⁻¹ musela aplikovat ve víceletých (např. dvouletých) intervalech.

Závěr

Při použití organické zakládky s výrazným podílem separátu 50–70 %, který je doplněn BRO a slámou, lze připravit kvalitní kompost s vysokým obsahem celkových i přijatelných živin. Obsah živin v kompostu je možné výrazně zvýšit přidávkou popela ze spalování biomasy 6–10 % hmotnosti zakládky. Vlastnosti těchto kompostů jsou popsány v užitých vzorech UV 32018 a UV 32017, které jsou k dispozici v databázi Úřadu průmyslového vlastnictví (<https://upv.cz>). Příprava kompostů a jejich aplikace

je detailně popsána v certifikovaných metodikách, které jsou volně ke stažení na webových stránkách VÚZT v.v.i. (<http://www.vuzt.cz>).

Poděkování: Hodnocení kompostů bylo provedeno v rámci projektu NAZV č. QJ1510345.

Martin Dubský¹, Petr Plíva²

Autor fotografií: Petr Plíva

¹ Výzkumný ústav Sylva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.

² Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.



Aplikace kompostu na ornou půdu

Důležitá role digestátu v rozvojových zemích

Aby zemědělství v rozvojových zemích mohlo jít ruku v ruce s rozvojem ekonomiky, je nutné, aby byl kladen důraz na vyšší udržitelnost produkce a zachování, nebo i zvyšování půdní úrodnosti. Digestát, který zde vzniká jako produkt výroby bioplynu, pomáhá navracet organickou hmotu do půdy, zvyšovat poutání vody v půdě, a tím snižovat její degradaci. Celkově tak dochází k ozdravení systému místního zemědělství v souladu s principy udržitelného hospodaření. V tomto článku přinášíme příklady dvou rozvojových zemí, které již s digestátem zacházejí.

Uganda

Uganda je země bohatá na obnovitelné zdroje energie (OZE) a její celkový odhadovaný potenciál kapacity elektrické energie z těchto zdrojů dosahuje 5 300 MW. Tyto zdroje však zůstávají z velké části nevyužité. Doposud je částečně rozvinuté využití biomasy, zejména bagasy (rozmělněných stébel cukrové třtiny) a velkých vodních zdrojů podél řeky Nilu, které poskytují elektřinu do sítě. Ostatní zdroje zůstávají z větší části nevyužité, včetně bioplynu. Sektor OZE v Ugandě však v posledních 10 letech vykazuje trvalý růst.

Místní vláda využívání OZE včetně bioplynu podporuje (např. bezcelní dovozy daně) a geografie i klima v Ugandě nabízejí příznivé podmínky i pro provoz větších bioplynových stanic. V posledních osmi letech došlo v zemi k nárůstu počtu domácích bioplynových stanic z přibližně 600 (v roce 2009) na téměř 10 000 (v roce 2018) s kapacitou od 3 do 30 m³, ale i několika desítek institucionálních zařízení dosahujících kapacity 300 m³. Zatímco poslední jmenované se nacházejí hlavně na univerzitách a školách a využívají lidský trus jako hlavní vstupní zdroj (někdy s přidávkou kravského hnoje a kuchyňského odpadu ke zvýšení výtěžku bioplynu), domácí stanice jsou plněny kravským hnojem a vodou a vzniklý bioplyn je potom využíván na vaření. Typickými surovinami v Ugandě jsou hnůj skotu, koz, prasat a drůbeže, domácí organický odpad, zeleň a rostlinný odpad a lidské výkaly.

Atraktivitu využití digestátu jako hnojiva v Ugandě zapříčinily především vysoké ceny minerálních hnojiv, na které se vztahuje daňová sazba 10 % na dovážené zboží spolu s daní z přidané hodnoty (DPH), ale také fakt, že v některých oblastech mělo používání minerálních hnojiv negativní dopad přímo na půdu. Většina zemědělců provozujících zařízení na bioplyn

se tedy zaměřuje na digestát jako na zdroj organického hnojiva, spíše než na bioplyn jako zdroj energie. Digestát je zde využíván, mimo jiné, jako vynikající hnojivo pro sazenice kávy a čaje, a současně jako vysoce kalorické krmivo pro chov drůbeže, prasat a skotu a dokonce i v chovu ryb, kde se používá ke hnojení rybníků. Kapalná fáze digestátu se aplikuje na listy jako insekticid. Prodej sušeného a baleného hnojiva z digestátu má navíc potenciál zvýšit přeshraniční obchod mezi Rwandou a Keňou a může dokonce podpořit používání digestátu ve východní Africe.

Indie

V současné době je instalovaná kapacita výroby elektřiny z OZE v Indii 69 GW (2018). Zejména pro bioenergii stanovilo Ministerstvo pro novou a obnovitelnou energii cíl 10 GW do roku 2022. Podpora bioplynu je zde poskytována dotacemi pro zařízení na výrobu bioplynu v rámci různých programů, prostřednictvím daňových prázdin, stanovením podílu využití bioplynu v dopravě a energetice. Rozvoj trhu je podpořen také prostřednictvím stanovených závazků

v oblasti OZE, certifikátů a programů výzkumu a vývoje.

Institut pro provádění správné zemědělské praxe v Indii (Indian Good Agricultural Practices – INDGAP) má za úkol zajistit optimální využití pesticidů, hnojiv, vody a postupů ekologického zemědělství. Ministerstvo zemědělství vydalo nařízení o kontrole hnojiv (The Fertilizer Control Order – FCO), kterou reguluje obchod, cenu, kvalitu a distribuci hnojiv. Týká se však z organických hnojiv pouze kompostu z komunálního tuhého odpadu, bahna a vermikompostu a digestát z bioplynových stanic zatím neupravuje.

Stejně jako v Ugandě jsou však i v Indii minerální hnojiva stále dražší, kvůli jejich energeticky náročné výrobě. Navíc se významně podílí na emisích skleníkových plynů a znečištění vody ze zemědělství. Kromě toho, s vyčerpaným množstvím organického uhlíku v půdě vzniká velká potřeba snížit množství minerálních hnojiv a zlepšit nakládání s organickými odpady.

V Indii bylo provedeno mnoho studií a několik z nich pozorovalo pozitivnější přínosy používání digestátu na úrodu plodin cukrové třtiny, banánů, manga a dalších, než po aplikaci obyčejného hnoje. V současné době je proto v Indii podporována výstavba bioplynových stanic, protože použití digestátu poskytuje místním zemědělcům řadu výhod a větší flexibilitu.

-JJ-

Vypracováno v rámci řešení projektu a Ministry of Education, Youth and Sports of the CR (project n. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000845).



Ilustrační foto: Random Institute on Unsplash_Lake Bunyonyi, Uganda



NRG
FLex

Energie proudí přes nás

Máme nejširší nabídku
předizolovaných potrubí

Rádi se s Vámi setkáme na konferencích:

**VYKUROVANIE
2019**

1.–5. 4. 2019, Podbanské



**DNY
TEPLÁRENSTVÍ
A ENERGETIKY**

24.–25. 4. 2019, Hradec Králové

www.nrgflex.cz

28. května 2019**Bioplyn a legislativa 2019***Kulturní dům, Větrný Jeníkov 198,
588 42 Větrný Jeníkov*

Tradiční jarní konference pořádaná CZ Biom určená provozovatelům a majitelům bioplynových stanic a dodavatelům technologií a služeb spojených s jejich provozem.

28. května 2019**Valná hromada 2019***Kulturní dům, Větrný Jeníkov 198,
588 42 Větrný Jeníkov*

Letošní Valná hromada se uskuteční společně s konferencí Bioplyn a legislativa v Kulturním domě ve Větrném Jeníkově dne 28. 5. 2019.

**12.–13. listopadu 2019****Biomasa, bioplyn a energetika 2019***Hotel Atom, Třebíč*

Tradiční konference pořádaná CZ Biom pro členskou základnu a odbornou veřejnost se zaměřením na legislativu, ekonomiku a technologie v oblasti energetického využití biomasy a nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.

Ilustrační foto: Thomas Q on Unsplash

Odborný časopis a informační zpravodaj Českého sdružení pro biomasu CZ Biom

Redakční rada: Jan Habart, Roman Honzík, Richard Horký, Jaroslav Kára, Adam Moravec, Vlasta Petříková, Antonín Slejška, Sergej Usták, Zdeněk Valečko, Jaroslav Váňa

Šéfredaktor: Julie Jeřábková

Články do časopisu připravili:

Martin Dubský, Veronika Jarolímová, Julie Jeřábková (JJ), Vojtěch Kotecký (VK), Filip Mercl (FP), Petr Plíva

Autoři fotografií: Archiv CZ Biom, Petr Plíva, Gabriel Jimenez, Phil McIver, Aneta Ležáková, Oregon Department of Agriculture, Leo McCourt, barockschloss, SuSanA Secretariat, SA Water, Jeff Hitchcock, Random Institute, Thomas Q, Ver De Terre Organicos

Autor fotografie na titulní stránce: Pockafwye_@Flickr.com

Kontaktujte nás:

tel.: 241 730 326

e-mail: sekretariat@biom.cz

IČO: 61383929

Tento časopis najdete též na www.CZBiom.cz

Počet výtisků: 1 000 ks

Periodicita: 3x ročně

ISSN 1801-4038 (Print)

ISSN 1801-2655 (Online)

Registrační číslo: MK ČR E 16224

Tisk: UNIPRINT, s. r. o.

Novodvorská 1010/14 B

142 01 Praha 4

Grafika: |MANOFI, s.r.o.|

www.manofi.cz

Příprava a tisk časopisu byly spolufinancovány z prostředků státního rozpočtu ČR prostřednictvím Ministerstva zemědělství (Podpora nestátních neziskových organizací).



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ