
POSSIBILITIES OF DIGESTATE UTILIZATION FROM BIOGAS PLANT IN ŽDĀR NAD SÁZAVOU

MOŽNOSTI VYUŽITÍ DIGESTÁTU Z BIOPLYNOVÉ STANICE VE ŽDĀŘE NAD SÁZAVOU

Petráková V., Kotovicová J.

Department of Applied and Landscape Ecology, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: xpetrakl@mendelu.cz

ABSTRACT

Our objective was to evaluate the legislative environment and legislative support of digestate use, inventarization of technical and technological possibilities of the utilization, its assessment as a fertilizer or as a fuel. Further the evaluations of energetic demands of digestate treatment, economical and ecological contribution to different ways to its use are solved. The result is the proposal of optimal way of digestate use in the biogas plant in Žďár nad Sázavou. According to the beneficial nutrient content and sublimit content of heavy metals, the author proposed the use of digestate as fertilizer, which, by its physico – chemical properties will not only improve soil conditions and supply the plants with the necessary nutrients, but also will replace the part of used industrial fertilizers.

Key words: Biomass, digestate, fertilizer, fuel, biogas plant, dry anaerobic fermentation

Acknowledgments: Many thanks to my thesis supervisor, Mrs. doc. RNDr. Jana Kotovicová, Ph.D., for her professional guidance and willing cooperation. I would also like to thank the company ODAS ODPADY a. s., namely Mr. Jan Svoboda, for providing a valuable advices and materials. I also thank Mr. Ing. Miroslav Florián, Ph.D., Mr. doc. Ing. Eduard Pokorný, Ph.D. and Mr. Ing. Martin Fajman, Ph.D., for their valuable advices a helpful hand and willing cooperation. My big thank belongs to my family and friends, who afforded me fulltime comfort, support and background during the realization of this thesis.

ÚVOD

Využívání obnovitelných zdrojů energie je v současné době stále častěji diskutovaným tématem, na které díky jeho mnohovrstevnatosti nelze pohlížet zcela jednoznačně. Střet pohledů a názorů ať už politických, ekonomických, sociálních či ekologických vede v diferenciaci společnosti na odpůrce a zastánce. Jedním z problémů, kdy dochází ke konfrontaci různých pohledů (např. ekonomický vs. ekologický) je i využití sekundárních produktů (digestát při výrobě bioplynu). Jedním ze subjektů, který řeší otázku následného využití digestátu, je i bioplynová stanice ve Žďáře nad Sázavou.

I když je digestát odpadem po fermentačním procesu, může se dále využít buď jako hnojivo díky obsahu minerálních látek nebo jako palivo po nezbytném vysušení. Ačkoliv oba tyto způsoby nabízejí slibné možnosti a vyhlídky na úplné využití použitého bioodpadu s možností buď obohacení půdy o chybějící látky, nebo produkce další energie, přesto existuje mnoho důvodů a problémů, které ať jedno nebo druhé využití příliš nepodporují a přináší mnohá úskalí. Pokud budeme o digestátu uvažovat jako o možném hnojivu, nabízí se zde otázka, jaké jsou jeho hnojivé schopnosti, zda by se do půdy touto cestou nedostaly škodlivé látky, jaké jsou vůbec požadavky dané půdy na hnojení a zda mají zemědělci o toto hnojivo zájem, jak z hlediska jeho složení, tak i jejich potřeby hnojit půdu. Bude – li digestát dále použit jako palivo ve spalovací jednotce a vzniklá energie bude v kogenerační jednotce převedena na teplo elektrickou energií, je nutné vzniklý digestát po fermentačním procesu vysušit. Navíc na usušení digestátu je potřeba energie, která může představovat zvýšení finančních nákladů. Stejně tak i výhřevnost materiálu musí být dostatečná a to v případě digestátu, který při fermentaci „ztratil“ převážnou část uhlíku, který je obsažen právě v požadovaném plynu, je nízká. V této diplomové práci jsou výše vyjmenované problémy řešeny a výsledkem je návrh optimálního využití, respektive návrh, zda je lepší využít digestát jako hnojivo, či jako palivo.

MATERIÁL A METODIKA

Předmětem práce bylo zhodnocení využití digestátu jako hnojiva, nebo jako paliva. V obou případech byl digestát podroben analýze. Jednotlivé analýzy jsou následovně popsány. S výzkumnou částí, kde je digestát posuzován jako hnojivo, souvisí i průzkum půd a zemědělské činnosti v okolí Žďáru nad Sázavou. Z průzkumu jsem zjišťovala, jaké půdy se zde nacházejí a jaké plodiny se na nich převážně pěstují. U jednotlivých plodin jsem zjišťovala, jaká je jejich potřeba přísunu živin a tedy z jaké části by digestát jako hnojivo mohl nahradit průmyslová hnojiva.

Pro hodnocení digestátu jako hnojiva byla provedena analýza v laboratořích Zemědělského výzkumného ústavu v Kroměříži. Pro laboratorní zkoušku bylo odebráno 6 vzorků digestátu. Pověřeným pracovníkem BPS byl pokaždé odebrán průměrný vzorek o hmotnosti cca 0,3 kg. 1. odběr proběhl 12. 1. 2012 a další vzorky byly odebrány v termínech: 20. 1., 24. 1., 26. 1., 31. 1. a 2. 2. 2012. Termíny odběru se odvíjely od termínu vyvážky materiálu z reaktoru. Vzorky byly následně uloženy do chladicího zařízení do doby transportu. Laboratorní analýza probíhala od 10. 2. 2012 do 2. 3. 2012. Nejprve byly vzorky analyzovány v původním stavu (s původním obsahem vody), poté byly vzorky vysušeny na bezvodý stav a opět analyzovány. U obou byl zjištěn obsah N, N – NH₄, P, K, Ca, Mg a Na. U všech vzorků s původním obsahem vody byla změřena hodnota pH, u všech vzorků v bezvodém stavu byl zjištěn obsah organických látek. Z jednotlivých hodnot byl vypočítán aritmetický průměr, který sloužil jako reprezentativní hodnota.

Tab. 1 Výsledky analýzy fermentátu v původní sušině

označení vzorku zákazníka	datum odběru	sušina %	Hodnoty jsou uvedeny v původní sušině							pH
			N %	N-NH ₄ %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	
F č.1	12.1.2012	31,54	0,55	0,189	0,101	0,91	0,603	0,159	0,086	9,12
F č.2	20.1.2012	24,25	0,48	0,187	0,035	1,07	0,423	0,119	0,084	9,15
F č.3	24.1.2012	28,57	0,50	0,165	0,090	0,95	0,675	0,168	0,084	9,03
F č.4	26.1.2012	31,75	0,46	0,187	0,074	0,99	0,607	0,128	0,066	9,15
F č.5	31.1.2012	31,67	0,56	0,183	0,139	0,84	0,521	0,183	0,064	9,20
F č.6	2.2.2012	29,06	0,52	0,178	0,092	0,86	0,571	0,154	0,060	9,13
	PRŮMĚR	29,47	0,512	0,181	0,089	0,935	0,567	0,152	0,074	9,13

Pro posouzení vhodnosti využití digestátu jako hnojiva byla dále laboratorní analýzou zjištěna přítomnost těžkých kovů. Odběr vzorků proběhl 22. 2. 2012 pověřeným pracovníkem BPS. Celkem bylo odebráno 8 litrů fugátů do 6 PET lahví (2 x 1 a 4 x 1,5 l). Jednotlivé lahve se vzorky byly po odběru uloženy do chladicího zařízení a poté transportovány do Národní referenční laboratoře ÚKZUZ, konkrétně do regionální pobočky v Plzni. Zde byly vzorky analyzovány metodou absorpční spektrometrie

Tab. 2 Obsah jednotlivých těžkých kovů v digestátu

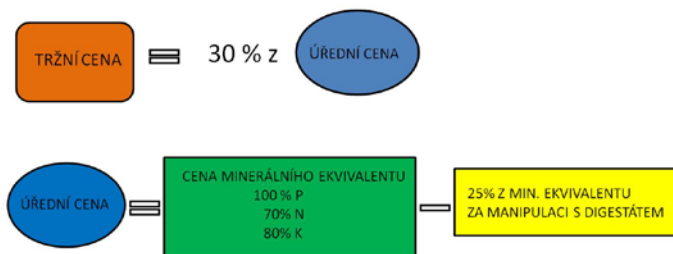
Prvek	Kadmium (Cd) v sušině	Olovo (Pb) v sušině	Rtuť (Hg) v sušině	Arsen (As) v sušině	Chrom (Cr) v sušině	Měď (Cu) v sušině	Molybden (Mo) v sušině	Nikl (Ni) v sušině	Zinek (Zn) v sušině
Množství	0,4916	15,26	0,06006	4,781	21,53	24,23	9,784	15,91	126,5
Limit	2	100	1	10	100	100	5	50	300

V rámci výzkumu byla provedena zkouška výhřevnosti fermentátu, kterou vypracovala společnost TŮV NORD Czech s.r.o., Laboratoře a zkušebny v Brně. Analýza byla realizována v laboratořích analytické a energetické chemie v Brně.

Tab.3 Výsledky zkoušky výhřevnosti digestátu

Stanoveno	Vzorek v dodaném	Vzorek bezvodý	Hořlavina vzorku
Voda hrubá (%)	-	-	-
Voda zbytková (%)	-	-	-
Voda celková (%)	43,80	-	-
Popel při 550°C (%)	13,30	23,42	-
Hořlavina (%)	43,59	76,58	100,00
Spalné teplo při 25°C	8694	15 274	19 945
Výhřevnost při 25°C	7 021	14 193	18 534
Prchavá hořlavina (%)	-	-	-
Neprchavá hořl. (%)	-	-	-
Vodík (%)	2,81	4,93	6,44
Uhlík (%)	-	-	-
Dusík (%)	0,98	1,73	2,26
Kyslík (%)	-	-	-
Síra prchavá (%)	0,25	0,43	0,56
Síra v popelu (%)	0,07	0,13	-
Síra veškerá (%)	0,32	0,56	-

Po vyhodnocení množství živin v digestátu jsem pomocí vzorce výpočtu tržní ceny digestátu vypočítala finanční částku, za kterou by měla být prodávána jedna tuna.

Obr. 1 Výpočet tržní ceny digestátů^[8]

Poté jsem porovnávala ceny při prodeji digestátů jako hnojiva a jako paliva.

Tab. 4 Předpokládané a průměrné předpokládané ceny hnojiv pro jaro 2012

UKAZATEL	CENA v Kč/kg	PRŮMĚRNÁ CENA v Kč/kg
N	22 – 25	23,5
P ₂ O ₅	22 – 23	22,5
K ₂ O	17 - 18	17,7

Vhodnost využití digestátů jako hnojiva

Současné výsledky průzkumu zemědělské půdy v ČR poukazují na její zhoršující se stav. Při porovnávání výsledků agrochemických zkoušek s rozmezím 10 – ti let od roku 1999 do roku 2008 bylo zjištěno, že dochází k okyselování půd, snížení obsahu přístupného draslíku, fosforu a vápníku^[6]. Za poklesem makroprvků v půdě může stát nárůst cen minerálních hnojiv a pokles chovu hospodářských zvířat, kterým se snižuje možnost aplikace organických látek na půdu, které jsou obsaženy ve statkových hnojivech. Z hlediska množství statkových hnojiv by v ideálním případě měla připadnout 1 dobytčí jednotka na 1 ha zemědělské půdy v ČR. Ve skutečnosti však připadá na 1 ha pouze 0,3 dobytčí jednotky a to se projevuje na ztrátě půdní síly (Dostál, Rychter, 2008). Podle výzkumného úkolu Interní grantové agentury MENDELU se používáním digestátů jako hnojiva do půdy dostávají potřebné makro- i mikroživiny. Problémem je však pokles obsahu uhlíkatých látek, jelikož převážná část uhlíku byla právě v procesu anaerobní fermentace přeměněna na žádaný metan a oxid uhličitý (bioplyn) a to na poloviční i nižší hodnotu. Tím se poměr C:N v digestátu snižuje. Dalším problémem je, že dusík je v digestátu obsažen ve formě amonné a při aplikaci hrozí jeho uvolňování do atmosféry^[2,4] Obsah uhlíku a tím i hnojivý účinek digestátu zle zvýšit přidáním posklizňových zbytků (slámy). Digestát je tedy za předpokladu úpravy poměru C:N hnojivem, které může pomoci k udržení současné úrovně půdní úrodnosti. Podle zprávy pana prof. Stanislava Kužela o efektivním využití digestátů pro časopis energie 21 je „Stabilní organická hmota pevné fáze digestátů výborným, pomalu se rozkládajícím prostředkem pro zlehčení půd a úpravu jejich

vlastností. Zvýšení provzdušenosti takových půd může mít větší výnosový efekt, než intenzivní hnojení půdy se špatnými fyzikálními vlastnostmi.“^[5]

Popis a hodnocení digestátů jako paliva

Digestát po procesu anaerobního vyhnívání obsahuje už jen špatně rozložitelnou, stabilní organickou hmotu. Míra stability, hloubka degradace organické hmoty a tím i výtěžek bioplynu závisí na teplotě procesu. V bioplynových stanicích s mezofilním režimem vzniká digestát s mnohem horší kvalitou organické hmoty. (Ve starším typu bioplynových stanic, které využívaly psychrofilní režim, vznikala z hlediska kvality organické hmoty lepší digestát. Tyto bioplynové stanice však převážně zpracovávaly kanalizační kaly.) A právě tato velmi stabilní, špatně rozložitelná hmota může být dále využita pro výrobu energie spalováním.^[50] Při vylišování nebo částečném vysušení digestátu se odstraní nežádoucí voda. Na typu materiálu i na obsahu vody závisí výhřevnost materiálu. Dá se říct, že čím více bioplynu při anaerobní digestaci vznikne, tj. čím více uhlíku se uvolní ve formě sloučenin metanu a oxidu uhličitého, tím méně uhlíku zůstane na proces hoření a tím méně tepla při spalování vznikne. Voda obsažená v digestátu snižuje jeho výhřevnost, protože se materiál musí nejprve vysušit a až teprve potom začne hořet a uvolňovat požadované teplo.^[5]

Nejčastějším způsobem úpravy digestátů jako paliva je výroba pelet, tedy granulí, které jsou vyráběny na potlačovaných matricových lisech pod vysokým tlakem, což způsobuje jejich vysokou hustotu důležitou pro minimalizaci objemu paliva na jednotku energetického obsahu.^[2] Spalováním digestátů se ale do ovzduší dostávají látky jako chlór v iontové formě a při spalovacích teplotách od 350 – 700 °C z nich mohou vznikat jedovaté a karcinogenní polychlorované dioxiny a dibenzofurany. Při obsahu draslíku, síry nebo sodíku vznikají spalováním silně korozivní spaliny a teplota tání popela se rapidně snižuje.^[1]

V článku Termické využití separátu po anaerobní fermentaci biologicky rozložitelných odpadů od ing. Romana Koutného se diskutuje o tom, že *“digestát (kal s 25% sušiny) ani separát samotný či v příměsi s biomasou není zrovna ideální palivo a rozhodně není šetrný k životnímu prostředí.“* Stejně tak jako autor článku i společnost EUROFERN s.r.o., která se zabývá výstavbou a provozem technologií zpracování odvodněných čistírenských kalů doporučuje *“spalovat digestát v zařízeních, která jsou vybavena čištěním i monitoringem spalin, aby nedocházelo k vypouštění škodlivých látek do ovzduší”* (Koutný 2010).

VÝSLEDKY A DISKUSE

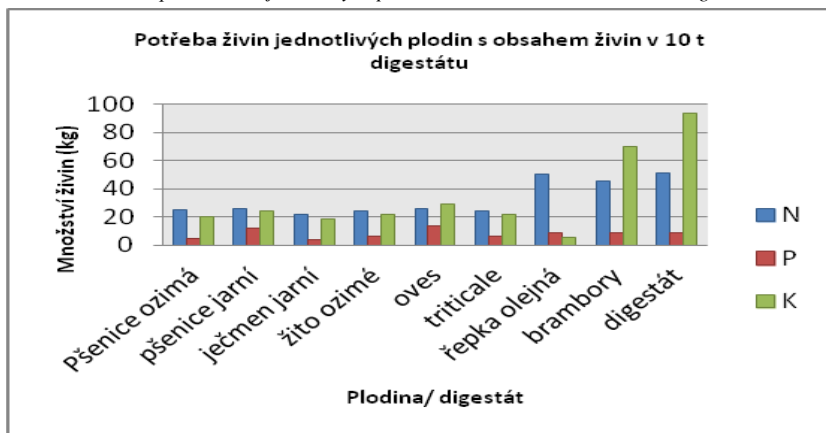
Žďár nad Sázavou se nachází v bramborářské výrobní oblasti s hnědými slabě kyselými až kyselými půdami s převážně dobrým až vysokým obsahem fosforu, vyhovujícím až dobrým obsahem draslíku, hořčíku a vápníku. Při pěstování plodin je třeba do půdy dopravit takové množství živin, které pěstované plodiny vyžadují. Převážně se zde pěstují obilniny, brambory a řepka olejná.

V této diplomové práci jsme zjistila, jaký je obsah základních živin v digestátu a tedy, z jaké části by mohl nahradit průmyslová hnojiva. Z výsledků laboratorní zkoušky vyplývá, že pH digestátu je zásadité o průměrné hodnotě 9,13. Obsah organických látek dosahuje téměř 57%. V jedné tuně digestátu je obsaženo 5,12 kg N, 0,89 kg P, 9,35 kg K, 5,67 Ca a 1,52 kg Mg.

Z těchto hodnot jsem stanovila poměry C: N, K : Mg a N : P : K. Poměr C: N roven 19,1: 1. Vysoký obsah organických látek (téměř 57%) je způsoben příměsí dřevní štěpky do procesu anaerobní fermentace, při kterém se dřevní hmota nerozkládá a z uhlíku v ní obsaženém nevzniká bioplyn. Vysoký obsah organických látek by vzhledem ke snižující se hodnotě v zemědělských půdách mohl být přínosný. Poměr K: Mg je roven 6,15 : 1. Draslík a hořčík působí ve výživě rostlin jako antagonisté a proto by jejich optimální poměr měl být roven 1. Jelikož je obsah draslíku 6,15 – krát vyšší, než obsah hořčíku a to by se mohlo při hnojení negativně projevit. Proto by v případě využití digestátu jako hnojiva bylo vhodné doplnit množství hořčíku dávkou přibližně 7,8 kg na 1 t

hnojiva. Poměr zastoupení živin N : P : K je 5,75 : 1 : 10,5. Z obrázku č. 2 je patrné, jakou část NPK hnojiv, které jednotlivé plodiny potřebují, by digestát mohl pokrýt na produkci 1 t zrna, hlíz atd. Pro vysoký obsah draslíku by digestát mohl být použit na hnojení brambor, které mají oproti ostatním plodinám na přísun draslíku vyšší nároky.

Obr. 2 Porovnání potřeb živin jednotlivých plodin s obsahem živin v 10 tunách digestátu



Chemickou zkouškou byla zjištěna v analyzovaném vzorku digestátu dvojnásobná hodnota molybdenu, než je dovolený limit. Tato limitní hodnota byla po odevzdání mé diplomové práce navýšena z 5 mg na 20 mg /kg a proto již nepředstavuje z hlediska posouzení toxicity žádný problém.

Topnou zkouškou byla pro vysoký obsah organických látek ve vzorku s původním obsahem vody 43,8 % stanovena výhřevnost materiálu 7 021 kJ. kg⁻¹. Vlhkost materiálu by pro jeho spalování nebyla překážkou, protože technologie úpravy paliva, kterou ve firmě ŽĐAS a.s. používají, je pro vlhký materiál vybavená dosušovacími zařízeními.

Podstatným výsledkem pro posouzení využití digestátu je cena, za kterou by byl buď jako hnojivo nebo jako palivo prodán. Tržní cenu hnojiva jsem vypočítala pomocí vzorce, ve kterém se vychází z předpokládané ceny minerálních hnojiv pro rok 2012, ztrát živin a ceny za manipulaci. Ve výpočtu se také zohledňuje uživatelské riziko hnojení digestátem, které představuje 70% snížení ceny. Cena digestátu pro hnojení je 53,25 Kč/t. Při prodeji a následním energetickém využití firmou ŽĎAS a.s. by jedna tuna stála 500 Kč/t. Při prodeji digestátu jako kompostu se cena za 1 t pohybuje okolo 400 Kč, přičemž je tato cena nezahrnuje náklady na dopravu. Z ekonomického hlediska se nejlépe jeví prodej digestátu jako paliva.

Tab. 5 Stanovení ceny živin z předpokládané ceny pomocí minerálního ekvivalentu^[9]

UKAZATEL	PRŮMĚRNÁ	KOEFICIENT	MNOŽSTVÍ	CENA
N	23,5	0,7	5,12	84,224
P ₂ O ₅	22,5	1	0,89	20,025
K ₂ O	17,7	0,8	9,35	132,396

Ačkoliv by prodej paliva znamenal nejvyšší výtěžek z 2 možných variant, je na způsob následného využití digestátu potřeba pohlížet nejen z finančního hlediska, ale také z hlediska možného přínosu pro životní prostředí. Současná vláda má na jednu stranu snahu vytvářet a zesilovat opatření na ochranu půd, ale na druhou stranu se snaží podporovat energetické využití bioodpadu, který by v problematice ochrany půd např. vodní a větrné eroze či nedostatku organické hmoty v půdách mohl sehrát nemalou roli. Jak uvádějí Dufková, Podhrázská (2005):*“ Problémem zvýšení eroze půd, způsobeným z velké části velkovýrobním způsobem hospodaření, byl u nás dříve značně podceněn a následky zrychlené eroze zemědělských půd vážně ohrožují její úrodnost”*. S klesající živočišnou výrobou klesá i přísun organických látek do půdy. Podle Nováka a Vopravila (2008) je *„ půdní organická hmota do určité míry podstatou života půdy. Je nezbytná k udržení půdní struktury, k zadržování vody, jako rezervoár živin a jako pufrací médium, vyrovnávající např. vlivy kyselých hnojiv. Je nutná k optimálnímu biologickému životu půdy.“* Množství organických látek v půdě je možno udržovat vhodnou agrotechnickou a dodáváním organických hmot do půdy.(Novák, Vopravil 2008). Snížení přísunu organické hmoty do půdy se primárně projeví na kvalitě půdy, což má přímý vliv na kvalitu rostlinné produkce. Jak uvádí Vach, Javůrek a Šimon (2008) *„ Je všeobecně známo, že nedostatečné hnojení statkovými hnojivy během několika let, zvláště na méně úrodných půdách, znamená pokles rostlinné produkce o 10 až 20 % “*.

ZÁVĚR

Bylo Digestát pocházející z bioplynové stanice ve Žďáře nad Sázavou je bezesporu cenným materiálem jak pro jeho vysoký obsah organické hmoty, tak pro minerální složení. Uvážím-li fakt, že jde v podstatě o odpad po procesu anaerobní fermentace, je z environmentálního hlediska jeho opětovné využití a navrácení živin zpět do přírodního koloběhu látek krokem, který by mohl přispět ke zlepšení půdní kvality. V praxi se digestát běžně aplikuje zpět na pole, protože část živin, které pěstované plodiny z půdy vyčerpají, se touto cestou navracují zpět. K tomuto způsobu využití bych se přikláběla i z toho důvodu, že zkoumaný digestát (v rámci mé diplomové práce) nemá parametry, které by zabraňovaly jeho aplikaci na půdu. Jediným problémem může být dvojnásobný obsah molybdenu ve vzorku digestátu, jelikož molybden spadá do kategorie rizikových prvků, jejichž množství v hnoјivu je limitováno. Pokud by nadlimitní množství molybdenu bylo překážkou, navrhovala bych, aby proběhla analýza, pomocí které by se dalo zjistit, co je zdrojem nadměrného množství Mo a zda je možné tento zdroj odstranit. Důležitým faktorem, který má vliv na rozhodnutí o využití digestátu, je poptávka. Pokud nebude o takové hnoјivo zájem a nebude pro něj zajištěn odbyt, nebude firma motivována k produkci hnoјiva, ale paliva, které je mimo jiné i finančně výhodnější. Primárním principem BPS není nakládání s digestátem za účelem finančního zisku, ale produkce bioplynu a jeho prodej. Digestát je pouze vedlejší produkt, který není hlavním předmětem činnosti. Jestliže by mohl následně posloužit ke zlepšení stavu půdy a tím i životního prostředí, zamyslela bych se nad tím, co je prioritou, zda ekonomický, či environmentální přínos. Vzhledem k tomu, že princip BPS vychází se snahy omezit závislost na fosilních palivech a je úzce spjat s šetrným přístupem k ŽP, navrhla bych využití digestátu jako hnoјiva.

LITERATURA

1. BROŽEK, J., 2011: *Využití reaktoru s kalovým mrakem a externím separátorem biomasy pro výrobu metanu ze substrátu pro BPS Chotýčany, zpracovaném technologii IFBB (Integrated Generation of Solid Fuel and Biogas from Biomass)*. Diplomová práce, JČU, České Budějovice, 57 s. Dostupné z: theses.cz/id/rs3kzn/Ji_Broek_diplomov_prece.pdf
2. ČUMPL, R., 2011: *Žďár nad Sázavou: Oficiální stránky města památky UNESCO*. Databáze online [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.zdarns.cz/mestsky-urad/zodboru/UAP2010/kartogramy/13.pdf>.
3. DOSTÁL, J., RICHTER, R. 2008: *Porovnání kvality kejdy s digestátem z bioplynových stanic a jejich využití ke hnoјení zemědělských plodin*. In: Kukuřice v praxi. MZLU v Brně. ISBN 978-80-7375-135-7.
4. KRATOCHVÍLOVÁ, Z., HABART, J., SLADKÝ, V., 2009: *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. CZ Biom, Praha, 155 s. ISBN 978-80-903777-5-2
5. KUŽEL, S., 2010: *Jak efektivně využít digestát?*. Energie 21., Databáze online [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Jak-efektivne-vyuzit-digestat__s303x46878.html

6. LOŠÁK, T., HLUŠEK, J., 2011: *Jak přistupovat k výživě a hnojení kukuřice při snižujících se zásobách živin v půdě?* In: Kukuřice v praxi 2011. MENDELU, Brno. ISBN 978-80-7375-477-8
7. NOVÁK, P., VOPRAVIL J.: 2008: AGRO Magazín – Pole, stáje, technika. *Degradační vývoj půdy*. 1/2008, 63 s
8. Ústní sdělení – DOSTÁL J., (AGROEKO Žamberk s.r.o.)
9. Ústní sdělení – FLORIÁN, M., (ÚKZUZ)
10. VACH, M., JAVŮREK, M., ŠIMON, J., 2008: AGRO Magazín – pole, stáje, technika. *Hlavní pěstitelská opatření v technologii polních plodin z agroekologických hledisek*. 9/2008, 63 s