Zahušťování digestátu z bioplynových stanic pomocí vakuového odpařování

Marek Vondra, Michal Touš, Vítězslav Máša, *Ústav procesního inženýrství a NETME centre, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně,* ***m.vondra@vut.cz***

Souhrn

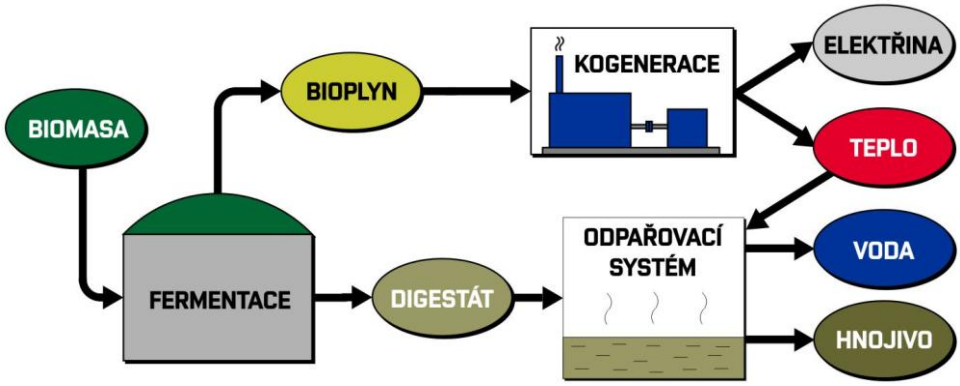
Produkce bioplynu je velice slibnou cestou k zelené energii v rámci cirkulární ekonomiky. S produkcí bioplynu je spojena vysoká produkce digestátu. Digestát má obdobné složení jako typické zemědělské odpadní vody, tedy nízká koncentrace sušiny s vysokým obsahem dusíku a dalších živin. Skladování a doprava digestátu představuje významnou zátěž pro provozovatele bioplynových stanic, zejména v oblastech s intenzivní zemědělskou výrobou, kdy je často nutné digestát dopravovat na delší vzdálenosti. Vakuové odpařování je technologie umožňující efektivní snížení objemu digestátu. Předností vakuového odpařování je jednoduchost, provozní spolehlivost a možnost využití odpadního tepla. Návrh integrace odparky do bioplynové stanice musí zohledňovat konkrétní provozní podmínky a zároveň musí být provedeno technicko-ekonomické zhodnocení pro zdůvodnění investice. V příspěvku jsou představeny zkušenosti z experimentálního provozu vakuové odparky pro zahušťování digestátu a dále citlivost výhodnosti integrace na různé parametry.

Klíčová slova: *digestát, bioplynová stanice, zahušťování, vakuová odparka*

Úvod

Zvýšená produkce digestátu je spojena s rozmachem bioplynových stanic v posledních letech. Digestát je vedlejší produkt při výrobě bioplynu, který se skládá z vody a zbytků biologického materiálu, který se během anaerobního procesu nerozložil. Digestát ze zemědělských bioplynových stanic se obvykle dopravuje na pole a aplikuje se jako organické hnojivo. Ačkoli je digestát dobrým hnojivem, koncentrace hlavních živin (N, P, K) je ve srovnání s minerálními hnojivy nízká. Polní aplikace digestátu vyžaduje vícenásobný průjezd aplikační techniky, čímž se zvyšuje cena paliva a náklady na údržbu stroje, nemluvě o možném poškození struktury půdy (CZBA, 2014). Problémy s používáním digestátu se vyskytují zejména v oblastech se zvýšenou intenzitou zemědělské produkce, které jsou typické pro vysoké koncentrace hnojiv v půdě a podzemních vodách (Auburger et al., 2015). V těchto oblastech může být nedostatek zemědělské půdy vhodný pro aplikaci digestátu. Řešením je pouze extrémně nákladná přeprava digestátu do odlehlých oblastí, kde již tak vysoké koncentrace nejsou.

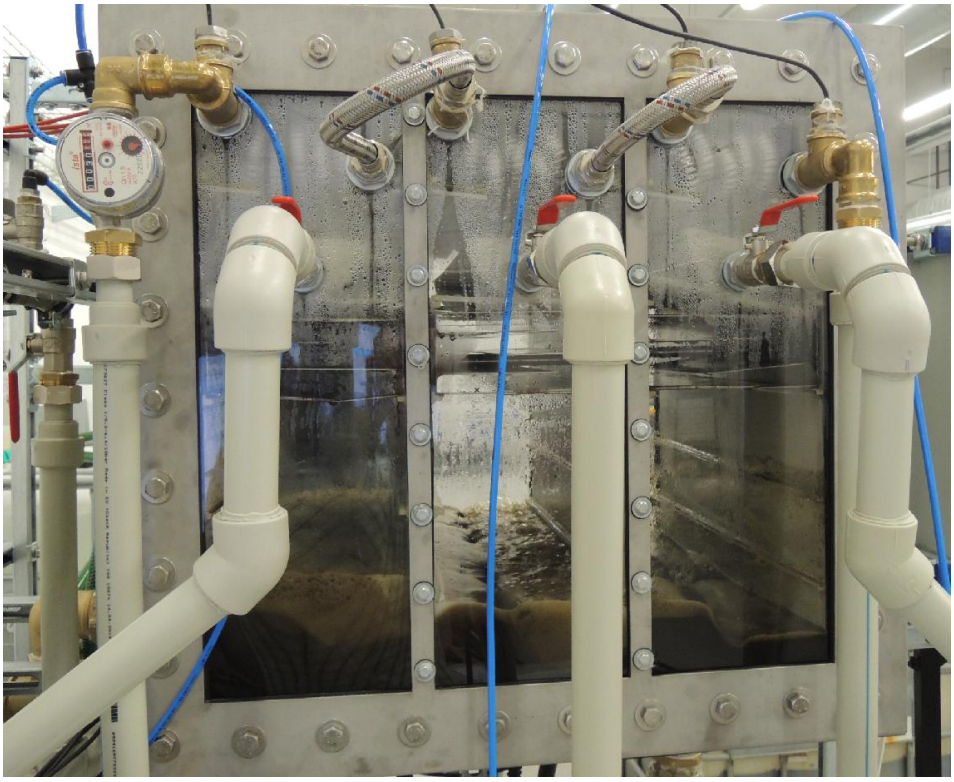
Vakuové odpařování je osvědčená technologie pro zahušťování digestátu s výhodou jednoduché konstrukce, robustního provozu a využití odpadního tepla (Vondra et al., 2018). Díky vakuovému provozu jsou dostačující teploty pro zahuštění mezi 40 °C až 80 °C. Proces zahušťování je znázorněn na obrázku 1. Tento příspěvek je zaměřen na potenciál z technického i ekonomického hlediska.



Obrázek 1: Integrace zahušťování digestátu do bioplynové stanice

Metody

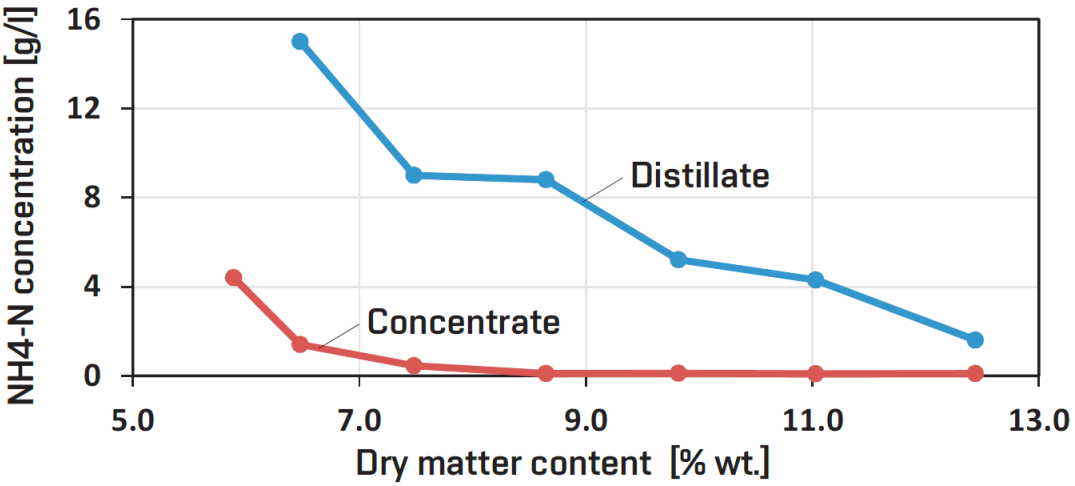
Vícestupňové odpařovací zařízení (multi-stage flash evaporator – MSF) bylo podrobeno rozsáhlému vývoji za účelem zahuštění digestátu. Důvody pro volbu odparky MSF jsou následující: nízká spotřeba energie, dobré provozní zkušenosti v oblasti odsolování, jednoduchá konstrukce, modularita a odpařování mimo teplosměnnou plochu. Tato studie představuje získané experimentální výsledky a základní techno-ekonomické hodnocení.



Obrázek 2: Experimentální vícestupňová vakuová odparka

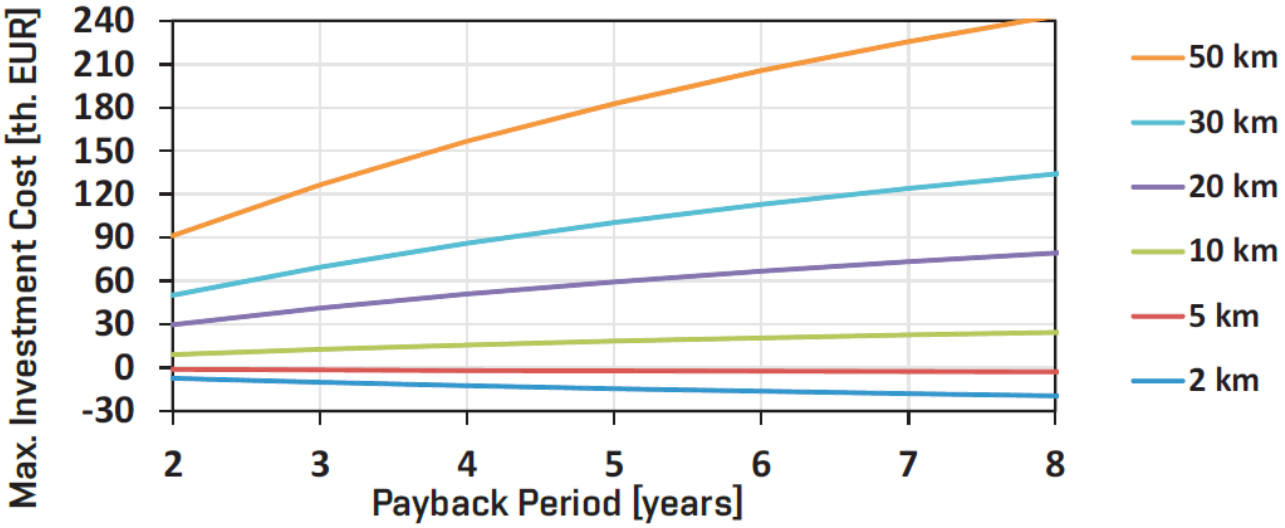
Výsledky a diskuze

Zkoumaný prototyp MSF byl schopen stabilního průtoku tekutého digestátu (0,2–0,3 m^3/h) a kontinuální produkce destilátu (cca 15 - 20 kg/h), který mohl být dále zvýšen pomocí recirkulace digestátu a úplného provedení. Při projekci v plném rozsahu by výparník měl spotřebovat cca 14 kWh_{el} a 240 kWh_{th} na m^3 vyrobeného destilátu. Konečný obsah sušiny v zahuštěném digestátu dosáhl 12,4% s možností dalšího zvýšení až na 15%. Bylo pozorováno, že amoniak (NH_4-N) je hlavní znečišťující látkou v oddělené vodě. Zpočátku zahušťování přechází z digestátu do destilátu většina NH_4-N (obrázek 3). Aby se dosáhlo požadované kvality produktu, musí být odparka MSF doplněna systémem, který zajistí přijatelné množství NH_4-N v destilátu. Toto může být provedeno více způsoby. Stripování, kyselá vypírka nebo reverzní osmóza jsou považovány za vhodné doplňkové možnosti. V důsledku regenerace amoniaku by mohl být vyráběn roztok síranu amonného a využit nebo prodáván jako cenné hnojivo. Další možností může být odplynění digestátu ještě před vstupem do odparky. Plyn bohatý na NH_4-N může pak být vrácen do digestátu po zahuštění ve sprchové koloně. Jinou variantou je upravit digestát biologickou nitrifikací, která umožňuje oxidaci významné části amoniakálního dusíku na dusičnany (Míchal et al., 2017). Díky tomu se významně redukuje množství NH_4-N přecházejícího při odpařování do destilátu.



Obrázek 3: Obsah NH4-N v koncentrátu a destilátu v závislosti na obsahu sušiny v koncentrátu během zahušťovacího experimentu

Odparky jsou tedy schopné významného odvodnění kapalného digestátu. Vysoké investiční náklady, spotřeba chemikálií a využití dotované, a tedy drahé elektřiny, jsou však hlavními překážkami jejího rozšíření v EU. Nicméně za jistých podmínek jsou investiční i provozní náklady vyváženy vysokými náklady na zpracování digestátu. Hlavním faktorem je vzdálenost, na kterou je digestát přepravován. Obrázek 4 znázorňuje závislost mezi investičními náklady, prostou dobou návratnosti a dopravní vzdáleností. Z toho je patrné, že se odparka vyplatí od delších vzdáleností. V této úvaze však není započítána úspora procesní vody díky znovupoužití destilátu. To může být významná položka v případě, že předmětná BPS je součástí zemědělského areálu s vysokou spotřebou vody.



Obrázek 4: zavilost mezi investičními náklady, prostou dobou návratnosti a vzdáleností dopravy digestátu

Závěr

Vícestupňové vakuové odpařování je díky své jednoduchosti, robustnosti a možností využití odpadního tepla vhodnou technologií pro zahušťování digestátu. Provoz byl ověřen na experimentálním prototypu třístupňové vakuové odparky. Problémem může být přítomnost NH_4-N v destilátu, což lze ale řešit několika způsoby (stripování destilátu, odplynění digestátu, biologická nitrifikace digestátu). Ekonomická rentabilita technologie zahuštění je závislá zejména na nákladech při dopravě digestátu.

Použitá literatura

Auburger, S., Wustholz, R., Petig, E., Bahrs, E. (2015) Biogas digestate and its economic impact on farms and biogas plants according to the upper limit for nitrogen spreading—the case of nutrient-burdened areas in north-west Germany. AIMS Energy, 3(4), 740–759.

CZBA – Czech Biogas Association, Strategická výzkumná agenda oboru bioplyn (2014) [online] http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/SVA_CzBA_2014_FINAL.pdf.

Vondra, M., Máša, V., Bobák, P. (2018) The energy performance of vacuum evaporators for liquid digestate treatment in biogas plants. Energy, 146, 141–155.

Míchal, P., Švehla P., Pacek L., P. Tlustoš P. Treatment of the Liquid Phase of Digestate Using Biological Nitrification and Subsequent Thermal Thickening. Waste Forum. 2017, (4), 299–309.