

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupných  
makroprvků stanovitelných výluhem CAT**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Kateřina Siváková**

**Vedoucí práce: Ing. Martin Kulhánek, Ph.D.**

© 2013 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupných makroprvků stanovitelných výluhem CAT" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.4.2013

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce Ing. Martinu Kulhánkovi, Ph.D. za milou spolupráci, odborné rady a podklady. Byl velmi trpělivý, s vřelým přístupem i smyslem pro humor, se kterým šla práce mnohem lépe. Děkuji za jeho veškerou péči a denní i pozdní noční čas, který mi při zpracování této práce věnoval.

Velké poděkování patří i mé rodině a nejbližším přátelům za jejich povzbuzení, trpělivost a toleranci. Děkuji za jejich víru v to, že tuto práci jednou dokončím a za čas, po který mi byli opravdovou (nejenom morální) oporou.

# Využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupných makroprvků stanovitelných výluhem CAT

---

## Using of non-separated digestate as a source of bioavailable macronutrients estimated using CAT extractant

### Souhrn

Často se stává, že nová technologie má pozitivní vliv z jednoho hlediska, ale v dalším aspektu má vliv negativní. V bioplynových stanicích se zpracovává velké množství biologicky rozložitelných materiálů, včetně odpadů – na druhou stranu se z jejich provozu hromadí velké množství odpadních produktů, především digestátu. Místo hledání způsobu využití biologicky rozložitelných odpadů se ve velkém pěstuje biomasa za účelem co nejvyšší výtěžnosti bioplynu. Intenzifikací pěstebních postupů přitom dochází k degradaci půdy, úbytku organické hmoty, snížení přirozené úrodnosti. Pro udržení výnosů se zvyšují výrobní náklady, používají se průmyslová hnojiva, zvyšují se emise CO<sub>2</sub>. Není snadné v těchto situacích najít patřičný kompromis.

V našem experimentu jsme se pokusili zhodnotit aktuální možnosti jednoho ze způsobů využití digestátu, a to neseparovaného digestátu ze zemědělské bioplynové stanice ZD Krásná Hora nad Vltavou jako komponentu pěstebních substrátů. Klíčovou částí pokusu bylo testování možnosti využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupného N, P, K a Mg stanovených ve výluhu CAT. Rostliny *Gazania rigens* (L.), *Ocimum basilicum* a *Mentha piperita* (L.) byly vysazeny do rašeliny s různým přídatkem ND a pro srovnání i do běžných pěstebních substrátů.

Z výsledků je zřejmé, že aplikace digestátu k rašelině zpravidla způsobila nárůst obsahu přístupných živin, zejména N-NH<sub>4</sub> a K ve vzniklém substrátu. To se pozitivně projevilo i na celkovém obsahu zejména N a K v nadzemní hmotě rostlin. Naopak bylo s největší pravděpodobností prokázáno antagonistické působení nadměrného množství amonného iontu ve velkých dávkách digestátu na příjem hořečnatého kationtu.

**Klíčová slova:** neseparovaný digestát, N, P, K, Mg, pěstební substrát, makroprvky, metoda CAT

## Summary

Many times happens, that new technology has a positive impact from one aspect, but has a negative impact in another one. In the biogas stations are processed large amounts of biodegradable materials, including waste - on the other side a large amount of waste products accumulate during their operation, especially digestate. Instead of searching for ways use of biodegradable waste, biomass is growing in the large dimensions, only to get higher biogas production. Intensification of cultivation practices causes soil degradation, loss of organic matter, reducing natural fertility. For maintain biogas production are the costs increased, fertilizers are used, CO<sub>2</sub> emissions are increased. It isn't easy in these situations to find an appropriate compromise.

In our experiments we tried to evaluate the possibilities of one of the current ways of using non-separated digestate from agricultural biogas station ZD Krásná Hora nad Vltavou as a component of growing substrates. A key part of the experiment was to test the possibilities of using non-separated digestate as an accessible source of N, P, K and Mg in the extract set out with CAT method. Plants *Gazania rigens* (L.), *Ocimum basilicum* and *Mentha piperita* (L.) were planted in peat with the various addition of non-separated digestate and for comparison plants were planted also in mainstream growing substrates.

From the results is clear, that digestate application to the peat usually increased the bioavailable nutrients (especially N-NH<sub>4</sub> and K) content, in formed substrate. It positively influenced the total content of macronutrients (especially N and K) in plant above ground biomass. On the contrary, with the high probability was shown the antagonism between ammonium and magnesium ions in the substrates, where the high dose of digestate was added.

**Keywords:** non-separated digestate, N, P, K, Mg, growing substrate, macronutrients, CAT method

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Cíle práce .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Literární přehled.....</b>	<b>10</b>
4.1	Počátky vývoje bioplynových stanic.....	10
4.1.1	Bioplyn.....	11
4.2	Anaerobní proces .....	12
4.3	Rozdělení bioplynových stanic .....	16
4.3.1	Dělení podle zpracovávaného substrátu .....	16
4.3.2	Dělení podle stupňů procesů .....	17
4.3.3	Dělení podle konzistence vstupního substrátu .....	18
4.3.4	Dělení podle typu fermentace .....	18
4.3.5	Dělení podle způsobu plnění.....	19
4.4	Vstupní substráty pro anaerobní fermentaci .....	20
4.5	Digestát a jeho využití.....	22
<b>5</b>	<b>Metodika a materiál.....</b>	<b>26</b>
5.1	Provedené analýzy .....	27
5.1.1	Stanovení obsahu makroprvků extrakcí CAT.....	27
5.1.2	Stanovení hodnoty pH substrátu .....	28
5.1.3	Obsah dusíku v nadzemní hmotě rostlin.....	28
5.1.4	Obsah ostatních makroprvků v nadzemní hmotě rostlin .....	28
5.2	Vyhodnocení výsledků.....	28
<b>6</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>29</b>
6.1	Rozbory vstupních substrátů .....	29
6.2	Rozbory substrátů po sklizni.....	33
6.3	Rozbory nadzemní hmoty rostlin .....	39
<b>7</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>57</b>

# 1 Úvod

V centru zájmu odborné i laické veřejnosti jsou stále se zvyšující požadavky na ochranu životního prostředí, na zvýšení podílu obnovitelné energie na celkové spotřebě energií a snahy rozvíjet možnosti obnovitelných zdrojů. V současnosti je jedním z nejvýznamnějších zdrojů obnovitelné energie biomasa. Biomasa je z energetického hlediska v podstatě akumulovaná energie slunečního záření a z pohledu emisí CO<sub>2</sub> je považována za neutrální. Jednou z technologií využívajících tohoto obnovitelného zdroje energie jsou i zemědělské bioplynové stanice.

Bioplynové stanice zpracovávají nejenom biomasu, ale celou škálu biologicky rozložitelných materiálů, kterých je na celém světě vyprodukováno velké množství. Jsou to i odpady, pocházející z mnoha zdrojů (chovy hospodářských zvířat, potravinářský průmysl, zemědělství, domácnosti). Tyto biologicky rozložitelné materiály je potřeba zpracovat co nejvhodnějšími způsoby. Proces anaerobní fermentace umožňuje využít energii v nich vázanou, a to využitím tepla uvolněného při anaerobním rozkladu a vzniklého bioplynu, především jako paliva v kogeneračních jednotkách. Přírozený proces anaerobního rozkladu těchto materiálů je v bioplynových stanicích technologicky řízen s cílem získat co nejvyšší možný výtěžek kvalitního bioplynu.

Kromě bioplynu je dalším konečným produktem anaerobní digesce fermentační zbytek, tzv. digestát. Zatímco v případě bioplynu je jeho použití v celku jasné, v případě digestátu je více možností jeho využití, které jsou do velké míry určeny typem použitého vstupního substrátu. Upravený digestát lze aplikovat na zemědělských a nezemědělských půdách, přímo využít jako hnojivo, separovat jej, tuhou frakci kompostovat a odpadní vodu použít buď jako hnojivo nebo zvláště zpracovat na čistírnách odpadních vod, aj.

Nejen v ČR počet bioplynových stanic stále stoupá. Trh s bioplynem se v posledních přibližně deseti letech dostává do popředí zájmu a získává na významnosti. Nicméně udržitelnost výroby bioplynu touto cestou do značné míry závisí na vhodném využití digestátu. Je potřeba najít takový způsob nakládání s digestátem, aby se zabránilo negativnímu vlivu na životní prostředí. Všechny tyto důvody vedou mnoho autorů k hledání způsobu, jak využít s co největším efektem všech jeho pozitivních vlastností.

## **2 Vědecká hypotéza**

Práce je založena na předpokladu, že samotná rašelina, která je nejčastěji používanou základní složkou pěstebních substrátů, je chudá na živiny a má nízké pH (kolem hodnoty 4,0). Neseparovaný digestát je naopak dobrým zdrojem živin a má pH zpravidla vyšší než 7,0. Přídavkem digestátu do rašeliny by měl vzniknout vhodný pěstební substrát využitelný pro většinu běžně pěstovaných zahradních plodin.



### **3 Cíle práce**

Cílem práce je zhodnotit aktuální možnosti využití neseparovaného digestátu ze zemědělské bioplynové stanice ZD Krásná Hora nad Vltavou jako komponentu pěstebních substrátů. Klíčovou částí pokusu je testování možnosti využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupného N, P, K a Mg stanovených ve výluhu CAT.

## 4 Literární přehled

### 4.1 Počátky vývoje bioplynových stanic

Historické mezníky a údaje týkající se vývoje bioplynových stanic (dále jen BPS) a bioplynu jsou omezené, tvoří jen nepatrnou část z historických dat o vývoji světového plynárenství a využívání hořlavých plynů (STRAKA et al., 2006). Technicky zajímavé zprávy o využití bioplynu pocházejí z 18. století, kdy první systematické výzkumy bioplynu provedl italský přírodovědec a fyzik Alessandro Volta v roce 1770 (někdy uváděn r. 1777). Jímál bahenní plyn ze sedimentu hornoitalských jezer a konal pokusy s jeho spalováním. Michael Farraday se rovněž věnoval experimentování s bahenním plynem, Louis Pasteur prováděl pokusy s bioplynem, který získával z hnoje a navrhl využít koňský hnůj z pařížských povozů k výrobě plynu pro pouliční osvětlení. Roku 1821 Amedeo Avogadro formuloval chemický vzorec metanu (EDER et SCHULZ, 2004).

Roku 1897 v anglickém městě Exeter začali v procesu čištění odpadních vod využívat anaerobní způsob zpracování kalů (v uzavřených septicích), což se rychle rozšířilo v Evropě i v USA. Vznikající bioplyn byl jímán a využíván k vytápění a ke svícení na čistírně odpadních vod (STRAKA et al., 2006).

Kolem roku 1905 německý inženýr Karl Imhoff vyvinul dvouprostorovou nádrž s odděleným usazovacím a vyhnívacím prostorem (patentováno roku 1907). Principem těchto nádrží je oddělení toků kalu a vody, kdy zachycené kaly jsou zadrženy, sedimentují a přitom podléhají anaerobní fermentaci. Tyto nádrže se nazývají „emšerské nádrže“ (Emscher je řeka, která odváděla vodu z bažinaté oblasti Emscherbruch, dříve nejznečištěnější tok Německa) (EDER et SCHULZ, 2004). První skutečně samostatné zařízení pro anaerobní vyhnívání bylo uvedeno do provozu roku 1910 v anglickém Birminghamu. V roce 1924 byl navržen a vybudován na čistírně odpadních vod (dále jen ČOV) v Essen-Rellinghausenu reaktor pro anaerobní stabilizaci kalů z čistírny odpadních vod, tvořený nádrží vyhřívanou pomocí vznikajícího bioplynu. Díky ohřevu nádrže se zintenzivnil proces rozkladu (STRAKA et al., 2006).

Dodnes má každá větší ČOV anaerobní stupeň a vznikající kalový plyn se využívá pro ohřev fermentorů nebo pro kogeneraci tepla a elektrického proudu. Před a během druhé světové války, kdy byl bioplyn (tehdy nazývaný kalový plyn) využíván k pohonu elektrických motorogenerátorů a k pohonu vozidel, byly prováděny pokusy na zvýšení produkce plynu v ČOV přidáním organických odpadních materiálů (kofermentace). Jako první přísada

s dobrým výsledkem, podle použitých zdrojů, byl tuk z lapačů tuku. Následovaly další pokusy s přidáním odpadů ze sladkého dřeva, obsah bacheru přežvýkavců, lignin, rostlinný a obilný odpad - s různými výsledky a různou dobou působení. V 60. - 70. letech byla v souvislosti s vývojem reaktorových technologií pro anaerobní fermentaci organických odpadů rozpoznána rovněž nebezpečí plynoucí ze samovolné tvorby bioplynu ve skládkách komunálního odpadu. V poválečné době se začala využívat chlévská mrva, neboť se zjistilo, že z chlévské mrvy od jediné krávy lze vyrobit stokrát více plynu než z usazenin odpadních vod vyprodukovaných jedním obyvatelem města. Princip bioplynového zařízení, tzv. systému Darmstadt, bylo vyvinuto na technické univerzitě v Darmstadtu r. 1947 pro menší zemědělské provozy s horizontálním fermentorem. Na tomto principu byla postavena BPS v Hohensteinu (Württenbersko), která je po různých zlepšeních v provozu dodnes. V roce 1955 se zvedla tzv. ropná vlna, začal se využívat topný olej a v masovém měřítku byla využívána minerální hnojiva, což znamenalo zastavení provozu téměř všech BPS. Ty se dočkaly své renesance při celosvětovém úsilí hledání alternativních zdrojů energie po ropné krizi v letech 1972-1973. V tomto období se především přizpůsobovaly a využívaly dosud vyvinuté techniky na zpracování kejdy pro potřeby BPS, v souvislosti s např. změnou konzistence bioodpadu spojené s počátky ustájení bez podestýlky na mřížových roštích a šterbinových podlahách (EDER et SCHULZ, 2004).

Od 70. let se kromě technologie reaktorové anaerobní fermentace na využití biologicky rozložitelných odpadů (dále jen BRO), využívá i biologické zplynění záměrně pěstované biomasy. Prakticky celá druhá polovina 20. století je obdobím rozvoje reaktorových procesů. Toto poslední období zájmu o využití bioplynu souvisí s rozvojem hospodaření na bázi recyklace a obnovitelnosti na vzestupu dodnes. V ČR je nejdéle fungující BPS v Třeboni, postavena r. 1974 (STRAKA et al., 2006). Svým provozem je světově unikátním zařízením pro svou kombinovanou technologii aerobní ČOV, anaerobní zpracování kalů z této ČOV a velkovýkrmny prasat (STRAKA et al., 2010).

#### **4.1.1 Bioplyn**

Termín bioplyn zobecněl v posledních letech 20. století, stal se běžně rozšířeným termínem mezi technickou odbornou veřejností, ale ani mezi ní není jeho definice zcela jednoznačná. Laická veřejnost vnímá bioplyn jako produkt vznikající v živých organismech či při rozkladných procesech, na jedné straně páchnoucí, na druhé užitečný a ekologický (STRAKA et al., 2006).

Ve výkladovém slovníku je heslo bioplyn definováno jako směs plynů (především metanu a oxidu uhličitého) vznikající při anaerobním odbouráváním látek (např. samovolně v bažinách, záměrně v zemědělských odpadech), která se využívá jako palivo (KRAUS et al., 2007).

Termín bioplyn do povědomí všech vnesla široká praxe anaerobních postupů pro čištění odpadních vod (od první čtvrtiny 20. století). Jako první název pro takto vznikající plyn byl termín kalový nebo čistírenský plyn. I tzv. bahenní plyn, což je plyn vznikající v anaerobních prostředích hlubších partií rybníků, slatin a močálů, se díky vysokému obsahu biologicky vytvořeného metanu řadí mezi bioplyny. Zjednodušeně lze tedy říct, že termín bioplyn je výlučně plynný produkt anaerobní fermentace (STRAKA et al., 2010).

Majoritní složka bioplynu je tvořena pouze metanem a oxidem uhličitým, jejich procentuální zastoupení se poměrně liší v závislosti na tom, o jaký bioplyn se jedná. Obsah metanu se v literatuře uvádí zpravidla od 50 do 85 % obj., zbývající objem (s výhradou velmi malého zlomku pro minoritní příměsi) je tvořen oxidem uhličitým (STRAKA et al., 2010). Poměrem metanu a CO<sub>2</sub> (hořlavý vs. nehořlavý plyn) je dána kvalita bioplynu, obsah metanu v bioplynu závisí především na průběhu procesu, skladbě živin v substrátu, teplotě substrátu atd. (EDER et SCHULZ, 2004).

Minoritní složka bioplynu je tvořena nejméně o jeden řád nižším procentuálním zastoupením různých sloučenin (u kvalitních bioplynů úroveň nejvýše desetin procenta), ale jedná se o velice pestrou skladbu. Bioplyn tedy obsahuje především elementární dusík, oxid dusný, sulfan, vodík, v případě skládkových plynů i argon a nezreagovaný kyslík a dále velkou skupinu uhlovodíků (alifatické, alicyklické, aromatické), alkoholy i thioly, aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny, estery, ethery, aminy, sulfidy, disulfidy atd., počet těchto látek je v současnosti odhadován na 400-500 (STRAKA et al., 2010).

## **4.2 Anaerobní proces**

Anaerobní fermentace je látková výměna metanových bakterií při rozkladu organické hmoty. Je to soubor na sebe navazujících procesů, při nichž různé druhy bakterií postupně rozkládají organické látky. Anaerobní rozklad vyžaduje koordinovanou metabolickou součinnost různých mikrobiálních skupin, podle níž lze celý proces rozdělit do 4 fází (Tab. 4-1). V případě BPS je vstupní substrát tvořen kaly, odpadními vodami, BRO, biomasou, kejdou, podestýlkou atp. Konečnými produkty anaerobní fermentace jsou fermentační zbytek, tzv. digestát, a bioplyn (STRAKA et al., 2006). Fáze anaerobního rozkladu jsou sice následné,

ale v systému BPS probíhají zpravidla současně. Při rozběhu BPS, u dávkových procesů nebo u vícestupňových BPS tyto fáze probíhají odděleně, proto u těchto procesů trvá i několik týdnů než nastane čtvrtá fáze (EDER et SCHULZ, 2004).

Tab. 4-1: **Fáze procesu vyhnívání** (EDER et SCHULZ, 2004)

Fáze procesu vyhnívání	Bakterie podílející se na fázi procesu	Výsledné látky
hydrolýza	fakultativně anaerobní bakterie	jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny
acidogeneze (okyselení)	kyselinotvorné (acidofilní) bakterie	organické kyseliny, oxid uhličitý, vodík
acetogeneze (tvorba kyseliny octové)	octotvorné bakterie	kyselina octová, oxid uhličitý, vodík
metanogeneze (tvorba metanu)	metanové bakterie	metan, oxid uhličitý, voda

**Hydrolýza** – první fáze anaerobního rozkladu organické hmoty (lipidy, proteiny, polysacharidy) činností fakultativních a později i čistě anaerobních bakterií v kyselinotvorné (acidogenní) fázi, začíná často ještě v přítomnosti kyslíku. Vznikají nižší rozpustné organické sloučeniny jako jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny, voda.

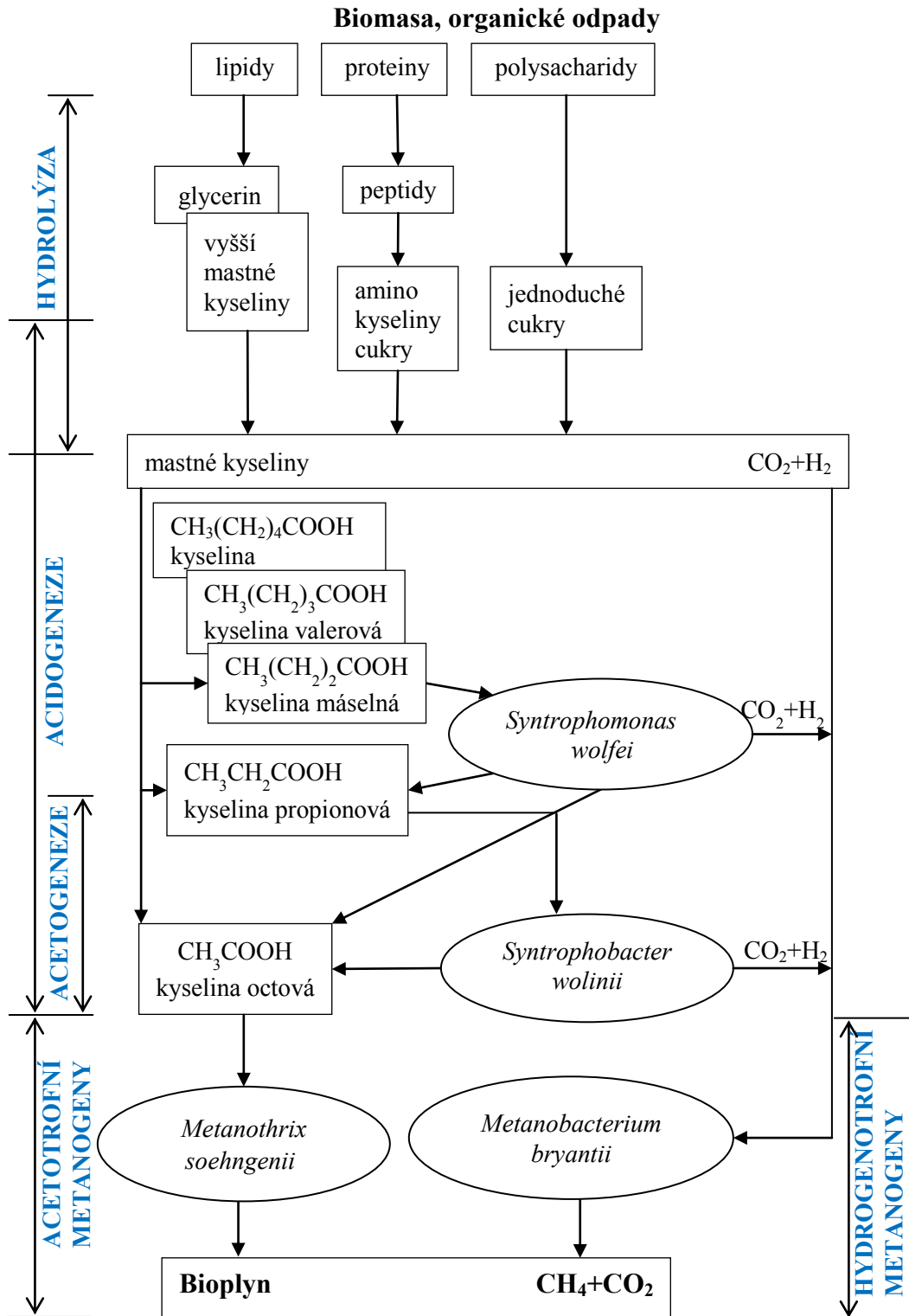
**Acidogeneze (okyselení)** – druhá fáze; rozklad produktů hydrolýzy acidofilními bakteriemi na organické kyseliny, oxid uhličitý, sulfan, čpavek. Probíhá často vedle hydrolýzy. Fakultativní anaerobní mikroorganismy (hydrolytické, acidogenní) svou činností zařídí v poměrně krátkém čase plně anaerobní prostředí. Acidogenní a acetogenní mikroorganismy svojí metabolickou činností vytvářejí 2 hlavní složky substrátu pro vznik metanu.

**Acetogeneze (tvorba kyseliny octové)** – třetí fáze; rozklad produktů acidogeneze octotvornými bakteriemi na acetáty (především kyselina octová) a směs oxidu uhličitého a vodíku. Acetogeneze je zvláštní případ acidogeneze.

**Metanogeneze** – čtvrtá fáze; tato fáze je striktně anaerobní. Metanogenní a hydrogentrofní bakterie v alkalickém prostředí vytváří metan, oxid uhličitý, vodu. Metanogenní mikroorganismy zpracovávají především kyselinu octovou, hydrogentrofní mikroorganismy směs  $H_2$  a  $CO_2$ . Při dosažení stadia stabilizované metanogeneze jde o dlouhodobě udržovanou rovnováhu mezi navazujícími procesy. Probíhající metanogeneze je charakterizována nárůstem pH (do 6,0-7,0, některé druhy metanogenních bakterií jsou aktivní i v pH 8-9) (STRAKA et al., 2006).

Vzájemná vazba procesů a produktů je přehledně znázorněna v následujícím schématu (Obr. 4-1).

Obr. 4-1: Schéma vzniku bioplynu z BRO (STRAKA et al., 2010)



Tvorba bioplynu je rovnovážným procesem, kde trvale spolupracují acidogenní a metanogenní organismy. V důsledku toho je vznikající bioplyn vždy směsí plynů – metanu, CO<sub>2</sub>, obsah metanu se pohybuje v rozmezí od 50-85 % obj. Kvalitní bioplyn obsahuje jen zlomky procent dusíku, méně než desetiny procenta vodíku a žádný kyslík (STRAKA et al., 2010).

Proces anaerobní fermentace probíhá ve fermentorech za vhodných podmínek (teplota, pH). Podle optimální teploty pro anaerobní proces dělíme metanogenní bakterie na psychrofilní (5-20°C), mezofilní (20-45°C) a termofilní (45-60°C). Psychrofilní bakterie jsou v systémech BPS jen málo významné z důvodu nízké produkční rychlosti. Většina reaktorových procesů se uskutečňuje v pásmu středních teplot a to i přes to, že nejproduktivnějšími bakteriemi z hlediska vzniku metanu jsou bakterie termofilní. Termofilní procesy dosahují vysoké účinnosti rozkladu substrátu a díky hluboké destrukci patogenů dosahují vysokého stupně hygienizace, ale nevýhodami termofilních procesů jsou především vysoké náklady na ohřev fermentorů (popř. na jejich izolaci), vyšší koncentrace těkavých alifatických karboxylových kyselin ve fugátu a vyšší transfer volného amoniaku a sulfanu do fugátu (STRAKA et al., 2010).

Teplotní režim je důležitý pro ekonomickou kalkulaci, neboť část energie z kogenerační jednotky se využívá pro ohřev fermentorů. V zimě by se na výrobu tepla pro ohřev spotřebovalo až 30 % vyrobeného bioplynu, v případě špatně provedené izolace se může spotřebovat až 80 % produkce bioplynu (BROŽ et ŠOUREK, 2003).

Dalším důležitým parametrem, který může limitovat proces anaerobní fermentace, je pH. Metanogenní mikroorganismy většinou vyžadují pH v neutrální oblasti 6,5-7,5, v prostředí s pH pod 6,0 a nad 8,0 je činnost těchto organismů silně inhibována. K výkyvům v pH dochází i během anaerobní fermentace a nejčastější příčinou je přetížení reaktoru. Přetížením dochází k tomu, že mikroorganismy z první a druhé fáze produkují více kyselin, než je jejich spotřeba v následujících fázích a kyseliny se akumulují v reaktoru. Je třeba udržovat dostatečnou neutralizační kapacitu substrátu přidávkem alkalizačních činidel. Rozhodující je vždy pH v reaktoru a pro jeho stabilitu je rozhodující neutralizační – pufrací kapacita reakční směsi. HAVLÍČOVÁ et al. (2008) uvádí, že substráty na bázi fytomasy mají v porovnání s odpady ze živočišné výroby řádově nižší pufrací kapacitu. Pufrací kapacita je závislá na druhu rostlin, klesá se stářím rostlin a snižujícím se dusíkatým hnojením (kapacita je ovlivněna poměrem C:N, kdy větší poměr C dává nižší pufrací kapacitu). Okyselování je možné zabránit přidávkem zásad, recyklací perkolátu, případně kofermentací se substrátem s vysokou pufrací kapacitou (kejsa) (HAVLÍČKOVÁ et al., 2008).

### 4.3 Rozdělení bioplynových stanic

BPS jsou zařízení založená na principu anaerobní fermentace, tedy anaerobního rozkladu organické hmoty metabolickou činností metanogenních bakterií, které navazují na metabolické dráhy jiných mikrobiálních společenstev. S využitím technologie řídicí tento proces je možné vznikající bioplyn jímat, upravit a využít nejčastěji jako palivo kogeneračních jednotek, které vyrábí elektrickou energii a teplo (HABART, 2009).

Způsob dělení BPS není nijak taxativně vymezen, podle různých autorů lze tedy najít odlišná kritéria dělení BPS, např. podle typu zpracovávaného substrátu, podle typu fermentace, podle procesní teploty, podle konzistence substrátu, podle způsobu plnění aj.

#### 4.3.1 Dělení podle zpracovávaného substrátu

Podle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí - sekce ochrany klimatu a ovzduší a sekce technické ochrany ŽP k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu (dále jen Metodický pokyn MŽP), lze obecně BPS rozdělit podle zpracovávaného substrátu na BPS zemědělské, čistírenské a ostatní.

**Zemědělské BPS** jsou takové, které zpracovávají vstupní substrát rostlinného charakteru (sláma všech typů obilovin i olejnin, plevy a odpad z čištění obilovin, bramborová nať vč. slupek z brambor, kukuřičná sláma i jádro kukuřice, travní senáže, siláže, obiloviny, kukuřice atd.) a charakteru statkových hnojiv (kejda prasat a skotu, hnůj prasat a skotu se stelivem, drůbeží exkrementy vč. steliva, stelivo z chovu koní, atd.). Co není u tohoto typu BPS dovoleno, je zpracování odpadů podle zákona č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon o odpadech) ani jiné další materiály, které spadají pod nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1774/2002, o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu (dále jen Nařízení EPaR č. 1774/2002), které nejsou určeny pro lidskou spotřebu. Na rozdíl od čistírenských a ostatních BPS jsou zemědělské BPS charakteristické nižší produkcí pachových látek a to nejenom při zpracování vstupních surovin, ale i ve výsledném digestátu.

**Čistírenské BPS**, jak už název napovídá, zpracovávají kaly pouze z ČOV, žump, septiků a odpadní vody. Tento typ BPS bývá součástí ČOV, které anaerobní proces využívají za účelem stabilizace kalu vznikajícího při čištění odpadních vod. Technologie čistírenských BPS nejsou určeny ke zpracování BRO ani jiných materiálů. V případě, že by do fermentoru



byly přidávány jiné BRO či materiály, jež spadají do definice odpadů podle zákona o odpadech, jednalo by se o ostatní BPS.

**Ostatní BPS** jsou zbývající BPS, které zpracovávají jak kaly z ČOV, tak veškerý vstupní materiál ze zemědělských BPS a navíc materiály uvedené v příloze č. 2 k Metodickému pokynu MŽP, jako např. suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (prošlé a zkažené potraviny), odpady z výroby a zpracování masa, odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů, odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky, zkažená krmiva, zkažená nemořená osiva, atd. V případě zpracování vedlejších živočišných produktů spadají tyto BPS pod Nařízení EPaR č. 1774/2002 a v tomto případě mají povinnost plnit podmínky stanovené tímto nařízením. Mimo jiné to znamená, že musí být vybaveny buď pasterizačně/sanitační jednotkou pro zajištění dostatečné hygienizace vedlejších živočišných produktů nebo tyto materiály musí být podrobeny tepelnému zpracování při teplotě nejméně 133°C po dobu nejméně 20 minut bez přerušení, při absolutním tlaku nejméně 3 bary. Je rovněž nutné zajistit čištění a dezinfekci dopravních prostředků, kontejnerů a přepravních nádob před výjezdem dopravních prostředků či kontrolovat parametry technologického procesu a sledovat předepsané ukazatele výstupů. S ohledem na charakter většiny zpracovávaného materiálu a potřebě procesu hygienizace, jsou tyto BPS zdrojem zápachu. Je tedy potřeba příjem vstupních surovin a manipulaci s nimi, stejně jako proces hygienizace či nakládání s digestátem zabezpečit proti úniku pachových látek (MŽP, 2009).

#### **4.3.2 Dělení podle stupňů procesu**

Dělení BPS podle stupňů procesu je na jednostupňové a vícestupňové BPS. Bioplynová zařízení jednostupňová jsou taková, kde všechny čtyři fáze procesu vyhnívání (hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze, metanogeneze) probíhají buď v jednom fermentoru, nebo paralelním fermentoru (více nádrží napojených na plynojem, v každé probíhá celý anaerobní proces). U vícestupňových bioplynových zařízení, jak již název napovídá, probíhají jednotlivé fáze ve více stupních, zpravidla ve dvou. V prvním stupni probíhá hydrolýza a acidogeneze, které ale mohou probíhat i odděleně. Pro syntrofický vztah octotvorných a metanových bakterií není možné acetogenezi úplně oddělit od metanogeneze, a proto tyto fáze procesu anaerobního rozkladu probíhají vždy v jednom stupni. V těchto systémech se buď používá více nádrží, nebo se vyhnívací prostor rozdělí. Tyto systémy jsou cenově nákladnější a jejich

další nevýhodou jsou časté problémy u procesů s tuhými substráty z důvodu obtížné zpracovatelnosti a neskladnosti při dopravě do vyhnívací nádrže (EDER a SCHULZ, 2004).

### **4.3.3 Dělení podle konzistence vstupního substrátu**

Dělení podle konzistence vstupního substrátu je opět velmi jednoduché dělení BPS, resp. reaktorů BPS - na tuhý a tekutý substrát. Reaktory na tekutý substrát, v nichž je biomasa mikroorganismů nesena na reagujícím substrátu, mají míchadla, topné systémy a různé usměrňovací vestavby. Nemají žádnou výplň, na rozdíl od reaktorů, kde je biomasa fixována na zařízení (náplň, vestavba reaktoru). Reaktory zpracovávající velmi hustý substrát (nad 15 % hm. sušiny) jsou vždy mechanicky promíchávány. Reaktory na tuhý substrát jsou dále děleny na zvonové nebo komorové (garážové). Zvonové reaktory byly vyvinuty na fermentaci slamnatého substrátu (slamnaté hnoje, stelivo, samotná sláma apod.). Substrát je navržen do velkých drátěných košů, poté překlopen plynotěsným zvonem a ponechán fermentaci. Nevýhoda je především v tom, že fermentace probíhá pomaleji a reaktory nelze prakticky účinně otáčet. Komorové fermentory (též garážové) mají podobný systém jako zvonové, jen substrát není plněn do košů, ale do komor, z nichž je vznikající bioplyn odváděn do plynojemu (STRAKA et al., 2010).

### **4.3.4 Dělení podle typu fermentace**

Dělení podle typu fermentace je na BPS s mokřým nebo suchým procesem. Rozdíl mezi těmito procesy je ve vlastnostech vstupního substrátu a z toho se odvíjející technologie BPS. Vstupní substrát s obsahem sušiny 4-14 % se využívá v BPS s mokřým procesem, tento obsah sušiny je na hranici míchatelnosti substrátu. Pro BPS se suchým procesem jsou vhodné substráty s obsahem sušiny 20-50 % (POSPÍŠIL, 2010).

Vstupní substrát s obsahem sušiny menším než 3 % není vhodné zpracovávat anaerobní fermentací z důvodu negativní energetické bilance. Anaerobní proces je udržován v provozní teplotě pouze s dodávkou doplňkového tepla (KÁRA et al., 2007).

Vývoj BPS se suchým procesem byl dán snahou snížit energetickou bilanci oproti BPS s mokřým procesem. Vyšší energetická náročnost na provoz BPS s mokřým procesem je dána potřebou úpravy vstupního substrátu, použitím míchadel a čerpadel atd. Mezi výhody BPS se suchým procesem kromě nižší energetické náročnosti (vstupní substrát není potřeba nijak upravovat řezáním, zkapalňováním, rozmělnováním, separací velkých částí apod.) patří i řada dalších, např. vyšší spolehlivost zařízení (minimum točivých elektrických zařízení), menší

nebo žádná spotřeba vody, nižší vlastní spotřeba tepla, širší spektrum zpracovávané biomasy, minimální náklady na upravení fermentačního zbytku (HAVLÍČKOVÁ et al., 2008). BPS se suchým procesem mají i rychlý start fermentace - zpravidla do tří dnů. Nevýhodami BPS se suchým procesem jsou především vyšší pořizovací náklady, nerovnoměrná tvorba bioplynu, kdy pro zajištění vyrovnané produkce bioplynu je nutné mít nejméně 4 fermentory. Dále tento typ BPS není vhodný pro materiály vyžadující hygienizaci (např. kuchyňské odpady, jateční odpady). Provoz těchto BPS je možný pouze v mezofilním režimu, na rozdíl od procesu mokré fermentace, kde lze využít mezofilní a termofilní režim (POSPÍŠIL, 2010).

#### 4.3.5 Dělení podle způsobu plnění

Dělení podle způsobu plnění reaktoru je rozděleno na dávkový způsob plnění a průtokový způsob plnění.

**Dávkový postup plnění** – u dávkového postupu plnění se fermentor plní jednotlivou dávkou substrátu, který se po skončení doby kontaktu naráz vyprázdní (zpravidla se ponechává cca. 5-10 % vyhnílého kalu pro naočkování nového substrátu). V průběhu celého procesu vyhívání se další substrát nepřidává. Nevýhodou systému jsou ztráty na dusíku a metanu, které jsou způsobeny dlouhou dobou mezi přesunem substrátu z přípravné nádrže do fermentoru (už v přípravné nádrži probíhá proces rozkladu). Produkce bioplynu je nerovnoměrná, toto lze vyrovnat použitím dvou menších fermentorů, které se střídavě plní a vyprazdňují vždy v polovině doby vyhívání. Dávkové systémy se v praxi často nevyužívají, ale s touto metodou se pracuje při laboratorních pokusech (optimální z hygienického hlediska – nedochází k míšení staršího a nového substrátu).

Další metodou dávkového způsobu je **metoda střídání nádrží**. K této metodě se využívá dvou vyhívacích nádrží, přípravné a skladovací nádrže. Z přípravné nádrže se pomalu, rovnoměrně plní prázdná vyhívací nádrž, zatímco v druhé probíhá vyhívací proces. Po naplnění první nádrže se obsah druhé nádrže (s již proběhlým vyhívacím procesem) naráz přesune do skladovací nádrže a pomalu se opět začne z přípravné nádrže rovnoměrně plnit. Výhodami tohoto procesu je rovnoměrná výroba bioplynu a dobrý hygienizační účinek, protože během celého vyhívacího procesu není doplňován čerstvý substrát. Nevýhodou (stejně jako u dávkového systému) jsou vysoké pořizovací náklady a vyšší tepelné ztráty (ve srovnání se systémem s jedním fermentorem).

**Průtokový způsob plnění** je používán u většiny BPS ve světě, v čisté formě nebo v kombinaci se zásobníkovým způsobem. Fermentor je stále naplněn, celkové vyprázdnění se

provádí pouze z důvodu údržby či oprav. Většinou se z malé přípravné nádrže 1-2 krát denně dodává čerstvý substrát do vyhnívací nádrže, ze které současně a automaticky přepadem odchází odpovídající množství vyhnílého substrátu do skladovací nádrže. Výhodou je opět rovnoměrná výroba bioplynu a díky kompaktní konstrukci nízké tepelné ztráty. Zásadou dobrého vytížení vyhnívacího prostoru je tento typ BPS cenově příznivější. Nevýhodou je především znehodnocení hygienizačního efektu (z důvodu možného promíchání čerstvého substrátu s odcházejícím vyhnílejším materiálem).

**Kombinovaná průtokovo-zásobníková metoda** je v současnosti představitelem nejvyššího stupně technologie BPS. K průtokovému fermentoru jsou připojeny skladovací nádrže, které jsou opatřené fóliovým poklopem nebo pevným krytem (pro snížení ztrát dusíku a získání dodatečného bioplynu) (EDER et SCHULZ, 2004).

#### **4.4 Vstupní substráty pro anaerobní fermentaci**

Původně se předpokládala velmi pestrá paleta látek, z nichž by bylo možné produkovat metan cestou anaerobní fermentace, ale výzkumy ukazují, že bakterie jsou ve výběru značně specializované. Hlavními zdroji metanu jsou polysacharidy, lipidy a proteiny, i když existuje několik případů, kdy polysacharidy nejsou hlavním zdrojem metanu. Jedná se o zpracování některých druhů odpadních vod a zpracování průmyslových odpadů (např. jateční výroba). U BRO, rostlinné biomasy a např. u skládkových plynů jsou hlavním zdrojem vzniku metanu především polysacharidy (především celulózy a hemicelulózy). Rostlinná biomasa, navíc kromě celulózy a hemicelulózy, obsahuje další velmi významnou skupinu polysacharidů – škrob. Další hlavní složka rostlinné biomasy je lignin, jehož chemická struktura je zcela odlišná od polysacharidových systémů celulózy a hemicelulózy. Jeho fenolická polymerní struktura je biologicky rozložitelná velmi obtížně až vůbec, a proto je lignin vysoce odolný i vůči biometanizačním rozkladům (STRAKA et al., 2010). Nevýhodou substrátů s dominantním obsahem sacharidů (substráty z rostlinné biomasy) je nižší obsah metanu ve vznikajícím bioplynu (rozmezí 50-55 %). Na druhou stranu výhodou použití rostlinné biomasy je nízká koncentrace sulfanu v bioplynu, řádově v desítkách mg/m<sup>3</sup> bioplynu. Pro srovnání koncentrace sulfanu v bioplynu pocházejícího z anaerobní fermentace kejdy prasat je v rozmezí 2000-5000 mg/m<sup>3</sup> bioplynu (HAVLÍČKOVÁ et al., 2008). MÄNHERT et al. (2005) se zabývali porovnáním výtěžnosti bioplynu z různých typů travních porostů. Pro testy použili čerstvou biomasu jednotlivých druhů, připravenou siláž jednotlivých druhů a směs

čerstvé biomasy a siláže. Chemické analýzy biomasy neprokázaly výrazné rozdíly mezi jednotlivými druhy jak v podobě čerstvé biomasy, tak u siláže.

Lipidy jsou rovněž zdrojem vysoké výtěžnosti bioplynu, ale ty zpravidla nejsou v substrátu většinou zastoupeny. Patří sem především triglyceridy vyšších mastných kyselin, estery vyšších mastných kyselin, které jsou rovněž součástí rostlinných a živočišných tkání. STRAKA et al. (2010) uvádí, že i když na skupinu lipidů nesmíme nahlížet jako na jednoduchou směs, je většinové zastoupení triglyceridů v extraktech skutečností, která poněkud zjednodušuje technologický pohled na lipidy, jako na jeden ze zdrojů látek konvertovatelných na bioplyn s vysokými měrnými výtěžky (STRAKA et al., 2010).

Z hlediska produkce bioplynu jsou substráty s vysokým obsahem lipidů jednoznačně nejvýhodnější (HAVLÍČKOVÁ et al., 2008). Podle AMONA et al. (2000, 2001) a AMON et BOXBEGER (2000) výroba bioplynu kofermentací substrátu z kejdy, hnoje a energetických plodin významně přispívá k ochraně klimatu. Využitím tohoto technologického postupu se sníží roční emise skleníkových plynů o více než 5 milionů tun ekvivalentu CO<sub>2</sub> (AMON et al., 2000, 2001a, 2001b, AMON et BOXBEGER, 2000).

U proteinů je zásadním problémem obsah síry a dusíku. Organicky vázaný dusík je součástí tzv. peptidických vazeb (-C-NH-). Proteiny jsou vysokomolekulární polymery  $\alpha$ -aminokyselin, které jsou vzájemně řetězeny těmito peptidickými vazbami. Síra je v proteinech také nepostradatelnou složkou, tvoří tzv. cysteinové můstky (-S-S-), díky kterým jsou vytvářeny cyklické a propojené struktury aminokyselin. Obsah organicky vázané síry se množstevně nedá srovnat s organicky vázaným dusíkem. Síra se do bioplynu dostává především ve formě sulfanu. Organicky vázaný dusík působí ještě větší problémy než síra, ve značném množství reaguje za vzniku amoniakových solí. Pak při zvýšení koncentrace amoniakových iontů nebo pH může dojít ke zpomalení fermentačních pochodů (STRAKA et al., 2010).

Významný parametr vstupního substrátu pro anaerobní fermentaci je **poměr uhlikatých a dusíkatých látek**. Vysoký obsah dusíkatých látek se může projevit negativně na složení bioplynu, především v obsahu amoniaku a oxidu dusného. Za optimum C:N se považuje poměr 30:1, kterého se v praxi dosahuje míšením různých materiálů (PASTOREK et al., 2004).

Neméně důležitým faktorem je i volba vhodné plodiny pro BPS. GONZÁLEZ-GARCÍA, et al. (2013) však zdůrazňují, že by při volbě plodiny měl být rozhodující zejména dopad pěstované plodiny na životní prostředí (GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2013).

Důležitým atributem při posuzování efektivity výroby bioplynu je i energetická výkonnost BPS – ta závisí na mnoha faktorech. Jako jedny ze základních uvádějí PÖSCHL et

al. (2010) energetické vstupy do zpracování surovin pro BPS. Zatímco např. stájová hnojiva mají téměř nulové energetické vstupy, energetické rostliny pro výrobu bioplynu musí být nejdříve zpracovány (nařezání, silážování). Dalším důležitým faktorem pro efektivitu je pak i transportní vzdálenost vstupů do bioplynových stanic (PÖSCHL et al., 2010).

#### **4.5 Digestát a jeho využití**

Anaerobní fermentací se přemění surová organická hmota na bioplyn a biologicky stabilizovaný substrát, tzv. digestát. Digestát kromě biologicky stabilizované organické hmoty obsahuje i narostlou biomasu mikroorganismů účastnících se fermentace (MUŽÍK et SLEJŠKA, 2003).

Doba zdržení substrátu ve fermentoru ovlivňuje pouze rozsah odbourání organické hmoty, koncentrace dusíku, fosforu, draslíku a dalších hnojivových prvků zůstává prakticky stejná (HAVLÍČKOVÁ et al., 2008). Řízená anaerobní fermentace je tedy bioenergetická transformace organických látek, při které nedochází ke snížení jejich hnojivé hodnoty, což v případě zpracování substrátu ze zemědělských BRO dává možnost využít digestát přímou aplikací na zemědělské půdy (MUŽÍK et SLEJŠKA, 2003).

Jak je zřejmé i z dalších pokusů, digestát z BPS je díky anaerobní fermentaci dobrým zdrojem přístupných živin (N, P, K). Proto se jeví jako vhodná alternativa minerálních hnojiv (TAMBONE et al., 2010).

Oproti přímé aplikaci surového materiálu (např. prasečí kejdy) má digestát řadu výhod. Nejjednodušší způsob využití substrátu s vysokým hnojivým účinkem je jeho přímá aplikace na zemědělskou půdu, substrát je biologicky stabilizovaný a homogenizovaný. Využitelnost živin oproti surovému materiálu je vyšší, digestát má nižší obsah patogenů a semen plevelů, neopomenutelnou výhodou je i snížení zápachu v porovnání se surovou kejdou (MUŽÍK et SLEJŠKA, 2003). Hnojivými vlastnostmi digestátu ve srovnání s čistírenskými kaly a komposty se zabývali kromě jiných i TAMBONE et al. (2010). Z jejich výsledků vyplývá, že digestát měl v porovnání s uvedenými hnojivy výrazně nejvyšší podíly celkového dusíku, amonného dusíku, fosforu i draslíku (TAMBONE et al., 2010).

ALBURQUERQUE et al. (2012) publikovali studii o možnostech využití dvanácti druhů zemědělských i průmyslových digestátů v zemědělství. Prokázali, že digestát může být velmi vhodným hnojivem, zejména díky vysokému obsahu amonného dusíku. Zároveň však upozorňují na to, že musí být brán ohled na různé rizikové faktory, jako jsou obsahy Cu a Zn, zasolenost, biodegradabilita, fytoxicita a hygienické vlastnosti některých typů digestátů.

Proto je důležité brát ohled již na vstupní substráty s návazností na další využití vzniklého digestátu (ALBURQUERQUE et al., 2012a).

Ne všechny typy digestátů jsou ale vhodné pro přímou aplikaci na zemědělskou půdu. ALBURQUERQUE et al. (2012) v experimentu srovnávali 6 různých digestátů, jejich základem byla kejda skotu a prasat. Zaměřili se na možnost přímé využitelnosti pro zemědělství ve vztahu k obsahu zbylé lehce rozložitelné organické hmoty. V případě vysokého podílu lehce rozložitelné organické hmoty docházelo vzhledem k nevhodnému poměru C:N k imobilizaci dusíku ve vzniklých substrátech. Přímá aplikace digestátu na zemědělskou půdu tedy záleží na stabilitě organické hmoty digestátu. Tak můžeme rozlišovat digestát přímo aplikovatelný na zemědělskou půdu (velmi stabilní) od digestátů, kde je aplikace možná až po vyzrání (mírně stabilní) nebo až po aerobní stabilizaci (velmi nestabilní) (ALBURQUERQUE et al., 2012b).

Po separaci tuhé frakce digestátu lze tuto frakci použít samostatně jako komponent pěstebních substrátů. Např. DUBSKÝ et al. (2012) ve svém experimentu porovnali 3 vzorky separovaného digestátu (separát) – 2 ze zemědělských BPS a 1 z BPS zpracovávajících i kaly z ČOV. Z jejich závěru vyplývá, že pro použití separovaného digestátu při přípravě pěstebních substrátů jsou nejvhodnější právě separáty ze zemědělských BPS a to především díky obsahu nerozložené frakce organických látek vláknité povahy. U vlhkého separátu se jeho vysušením docílilo výrazného poklesu amonného kationtu a bylo možné použít většího podílu (20-40 %) tohoto separátu v přípravě rašelinových substrátů (DUBSKÝ et al., 2012).

Další možností jak lze dále nakládat s digestátem po separaci tuhé frakce je kompostování. Kompostováním dochází ke snížení hodnoty pH až k hodnotám blízkým neutrálnímu. BUSTAMANTE et al. (2012) se zabývali vlivem kompostování digestátu na hnojivé účinky vzniklých kompostů. Testovali možnosti kompostování samotného digestátu, ale i digestátu s různými přídávky (10 a 20 %) odpadu z prořezávky vinné révy. Z jejich výsledků vyplývá, že přírůstek z prořezávky redukoval vodivost a ztráty dusíku a proto vznikl lepší výsledný kompost. Všechny vzniklé komposty však byly vhodné k použití jako pěstební substráty (BUSTAMANTE et al., 2012).

Tuhou frakci lze také dosušovat a lisovat s přídatným materiálem (dřevní štěpka, sláma apod.) do briket nebo pelet a využívat jako biopalivo. Separace tuhé frakce probíhá zpravidla lisováním (kalolis), sedimentací, odstředováním (odstředivka) atp. Zbylou tekutou frakci s vyšším obsahem živin lze rovněž aplikovat přímo jako hnojivo nebo je možné ji aerobně dočistit jako odpadní vodu a vypustit do vodoteče. Následné dočištění odpadní vody opět

výrazně zvýší investiční i provozní náklady celé technologické linky (MUŽÍK et SLEJŠKA, 2003).

REHL et al. (2011) provedli porovnání sedmi způsobů nakládání s digestátem z hlediska dopadu na životní prostředí. Porovnali konvenční nakládání s digestátem (skladování a použití neupraveného digestátu na zemědělské půdě), proces stabilizace (kompostování), tři možnosti sušení (pásové, bubnové, solární sušička), použití tepelného vypařování (koncentrace) a nakonec fyzikálně-chemickou úpravu (kombinace separace, ultra-filtrace, reverzní osmózy a iontového výměníku). Pásové sušení digestátu ukázalo nejvyšší dodávku primární energie, největší potenciál globálního oteplování (GWP) a potenciál acidifikace (AP). Nejlepší volbou v tomto hodnocení bylo solární sušení digestátu. Obecně platí, že solární sušení, kompostování a fyzikálně-chemická úprava byly nejvhodnější pro snížení využívání dalších zdrojů energie a dopadů na životní prostředí (REHL et al., 2011).

Mnozí pěstitelé rostlin, zejména pak ekologičtí zemědělci, se obávají toho, že aplikací digestátu na zemědělskou půdu může vést z důvodu nevhodného poměru C:N (malý obsah lehce rozložitelného uhlíku a vysoký obsah minerálního dusíku) k negativnímu dopadu na půdní mikroflóru a zvýšení emisí CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>O do vzduchu. Proto se JOHANSEN et al. (2013) ve své práci zabývali vlivem aplikace různých typů digestátů (z kejdy skotu a kukuřičné siláže, kejdy a jetelotrávy) na obsahy C a N v půdě, emise CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>O a mikrobiální aktivitu. Jako srovnávací varianty použili zalévání vodou, aplikaci samotné kejdy skotu a aplikaci samotné jetelotrávy. Vzorky pro analýzy odebírali po 1, 3 a 9 dnech inkubace. Aplikace digestátů vedla k 30-40% navýšení obsahu nitrátového dusíku ve srovnání s variantou kejda. K největším změnám z hlediska skladby mikroorganismů a emisí skleníkových plynů došlo při aplikaci samotné jetelotrávy. Zde byla po 9 dnech inkubace zjištěna 4x vyšší koncentrace lehce rozložitelné organické hmoty - to vedlo k výraznému zvýšení mikrobiální aktivity a následnému ochuzení půdy o dusík. Zároveň zde byla naměřena přibližně 10x vyšší emise skleníkových plynů ve srovnání s aplikací kejdy a obou typů digestátů. Vzájemné srovnání aplikace kejdy a digestátů vedlo pouze ke zjištění neprůkazných rozdílů ve skladbě mikroorganismů a v emisích skleníkových plynů (JOHANSEN et al., 2013).

ABUBAKER et al. (2012) testovali jako hnojivo 4 různé digestáty, jejichž základem byl vytríděný bioodpad z domácností (zpracovaný pouze fermentací nebo silážovaný), dále pak odpad z jatek a odpad z lihovaru. V nádobových experimentech pěstovali pšenici jarní a jako srovnávací varianty využívali NPK dodané v průmyslových hnojivech a kejdu prasat. Dávky byly založeny na množství amonného dusíku dodaného do substrátu (35 - 140 kg NH<sub>4</sub>-N/ha), což způsobilo výrazně vyšší vstupy celkového C, P, K, Mg a Zn při hnojení kejdou ve



srovnání s digestáty. To spolu s nejvyšší mineralizační kapacitou dusíku pravděpodobně způsobilo, že výnosy pšenice byly na variantách hnojených kejdou nejvyšší, zatímco výnosy variant hnojených NPK a digestáty byly srovnatelné. Autoři dále sledovali intenzitu nitrifikace, která byla u kejdy a většiny použitých digestátů srovnatelná (ABUBAKER et al., 2012).

BOUGNOM et al. (2012) testovali různé odpady ze zdrojů obnovitelné energie včetně digestátu jako hnojivo pro pastviny. Po aplikaci digestátu a popele (2 oddělené varianty) dosáhli průkazně vyšších výnosů píce ve srovnání s variantou hnojenou hnojem. Zároveň však zdůrazňují, že se jedná pouze o jednoleté výsledky a pro důkaz dlouhodobé efektivity je nutné i dlouhodobé opakování pokusu (BOUGNOM et al., 2012).

## 5 Metodika a materiál

Metodika navazuje na pokusy s bazalkou a gazániami (HOLEČKOVÁ, 2012), které byly pěstovány v substrátech vzniklých kombinací rašeliny (AGRO CS) a neseparovaného digestátu (dále jen ND) z BPS ZD Krásná Hora nad Vltavou. Pokusy byly realizovány v roce 2011 a 2012.

Hodnoceny byly varianty uvedené v následující tabulce (5-1). Dále byl realizován pokus s mátou, který byl založen pouze v roce 2012, a to pouze s variantami S1a, S2 - S5.

Tab. 5-1: **Varianty pokusu s neseparovaným digestátem**

varianta	substrát
S1a	pěstební substrát B
S1b	Baltica
S2	Gramoflor
S3	rašelina + 5 % neseparovaného digestátu (namícháno objemově)
S4	rašelina + 10 % neseparovaného digestátu (namícháno objemově)
S5	rašelina + 15 % neseparovaného digestátu (namícháno objemově)
S6	rašelina + 20 % neseparovaného digestátu (namícháno objemově)
S7	rašelina + 25 % neseparovaného digestátu (namícháno objemově)

Jako kontrolní varianty pěstebních substrátů byly použity běžné typy pěstebních substrátů. Varianta S1a byl pěstební substrát B (dále jen pěstební substrát B) od firmy Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR, varianta S2 byl Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (dále jen Gramoflor) od firmy Gramoflor GmbH & Co. KG, Vechta, Německo. Pouze u gazání v roce 2011 byl použit místo Pěstebního substrátu B substrát Baltisches Substrat, fa. HAWITA GRUPPE GmbH, Vechta, Německo (dále jen Baltica), značeno jako varianta S1b. Na namíchání pěstebních substrátů s digestátem byla použita rašelina od firmy Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR. ND byl dodán z BPS ZD Krásná Hora nad Vltavou, a.s., Středočeský kraj, okres Příbram.

Zemědělská BPS ZD Krásná Hora nad Vltavou je BPS s výkonem 526 kW, do provozu byla uvedena v roce 2008. Vstupním substrátem BPS je kejda skotu, kukuřičná siláž a travní senáž, výstupní surovinou je digestát, separát a fugát (BIOM, 2013; ZDKH, 2013).

Všechny pokusy byly provedeny s rostlinami *Gazania rigens* (L.) (dále jen gazánie), *Ocimum basilicum* (L.) (dále jen bazalky) a *Mentha piperita* (L.) (dále jen máta). Rostliny byly vždy zasazeny do nádob se substrátem o objemu 1,5 l a to v následujících počtech

rostlin: gazanie - 1 rostlina, máta - 1 sazenice, bazalka - 4 rostliny. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních. Pokusy byly dle potřeby zalévány. Termíny založení a sklizně pokusů jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5-2).

Tab. 5-2: **Termíny založení a sklizně pokusů**

rostliny	2011		2012	
	založeno	sklizeno	založeno	sklizeno
gazanie	6.4.2011	15.5.2011	5.4.2012	18.6.2012
bazalky	20.7.2011	31.8.2011	26.4.2012	11.6.2012
máta	-	-	5.6.2012	10.7.2012

V roce 2011 byly realizovány pokusy s gazániami a s bazalkou. V pokusech s gazániami byly jako kontrolní využity substráty Gramoflor a Baltica, v pokusech s bazalkou substráty Gramoflor a Pěstební substrát B. Další varianty substrátů tvořily shodně rašelina + 5, 10 a 15 % ND (namícháno objemově).

V roce 2012 proběhly pokusy s gazániami, bazalkou a mátou. Kontrolní substráty byly u všech rostlin shodné (Gramoflor a Pěstební substrát B). U bazalek a gazání byly testovány varianty rašelina + 10, 20 a 25 % ND, u máty pak rašelina + 5, 10, 15 % ND.

## 5.1 Provedené analýzy

U všech pokusů byly jako základní analýzy provedeny následující:

- stanovení objemové hmotnosti substrátů před i po sklizni
- podíl sušiny substrátů před i po sklizni
- hmotnost čerstvé nadzemní hmoty sklizených rostlin (u gazání i počet květů)
- podíl sušiny nadzemní hmoty sklizených rostlin

### 5.1.1 Stanovení obsahu makroprvků extrakcí CAT

Dostupnost či obsah vybraných půdních živin a prvků se stanovuje dle normy EN 13651. Tato evropská norma popisuje extrakční metodu pro stanovení živin a prvky extrahovatelné s chloridem vápenatým / DTPA (diethylentriaminpentaacetát). Norma není vhodná pro stanovení vápníku. Zkušební vzorek se extrahuje při pokojové teplotě s roztokem 0,01 mol/l CaCl<sub>2</sub> a 0,002 mol/l DTPA v poměru 1:5 (objemově). Tato norma se používá v několika evropských zemích, aby prověřila dostupnost makroprvků v druhotných surovinách, biologickém odpadu, půdě či pěstebních substrátech. Obsah amonného

a nitrátového dusíku v substrátech byl měřen fotometricky přístrojem SKALAR SAN<sup>++</sup> SYSTEM, obsah fosforu rovněž fotometricky přístrojem SKALAR SAN<sup>++</sup> SYSTEM a obsahy K a Mg pomocí atomového absorpčního spektrometru (AAS VARIAN VISTA<sup>PRO</sup>).

### **5.1.2 Stanovení hodnoty pH substrátu**

Pro stanovení hodnoty pH bylo naváženo 10 g suchého substrátu (< 2 mm) a přidáno 50 ml roztoku CaCl<sub>2</sub> (c=0,01 mol/l). Vzorky reagovaly s roztokem po dobu 2 hod. (1 hod. třepání, 1 hod. ustálení). Po ustálení proběhlo měření výměnného pH přístrojem „HANNA Instruments, HI 991 300“ přímo v roztoku. Metoda adaptovaná dle RAYMENT et LYONS (2011) a je běžně používaná Ústředním a kontrolním ústavem zemědělství (RAYMENT et al., 2011).

### **5.1.3 Obsah dusíku v nadzemní hmotě rostlin**

Obsah dusíku byl stanoven po rozkladu koncentrovanou kyselinou sírovou dle Kjeldahla (ČSN 46 1011-18). Pro extrakci bylo naváženo 0,500 g suchého, jemně namletého materiálu. Toto množství bylo mineralizováno 10 ml koncentrované kyseliny sírové, za přítomnosti selenového katalyzátoru po dobu 1 hod při teplotě 400° C. Mineralizovaný materiál byl následně měřen přístrojem Gerhardt Vapodest 50s (Český normalizační institut, 2003).

### **5.1.4 Obsah ostatních makroprvků v nadzemní hmotě rostlin**

Bylo naváženo 0,15 g (± 0,005g) namletého materiálu. Ten byl rozložen pomocí mikrovlnného rozkladu (Ethos 1, Advanced Microwave Digestion System) v prostředí koncentrované kyseliny dusičné a peroxidu vodíku. Získaný vzorek byl poté naředěn a analyzován optickým emisním spektrometrem s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) pro změření obsahu celkového P a rovněž pomocí AAS pro získání hodnoty celkového obsahu K a Mg.

## **5.2 Vyhodnocení výsledků**

Pro základní popisné charakteristiky byl použit software Excel (2010). K podrobnější statistické analýze (ANOVA) byl využit program Statistica (StatSoft, 2009).

## 6 Výsledky

Pokus vycházel z předpokladu, že samotná rašelina, která je nejčastěji používanou základní složkou pěstebních substrátů, je chudá na živiny a má nízké pH (kolem hodnoty 4,0) a ND je naopak dobrým zdrojem živin s pH zpravidla vyšším než 7,0. Přídavkem ND do rašeliny by měl vzniknout vhodný pěstební substrát využitelný pro většinu běžně pěstovaných zahradních plodin.

### 6.1 Rozbory vstupních substrátů

V tabulce (Tab. 6-1) jsou uvedeny výsledky rozborů vstupních substrátů použitých k založení pokusu, rašeliny a ND. Nejvyšší obsah sušiny měla varianta S1a, tedy pěstební substrát B a to 48,7 %, S1b (Baltica) měl obsah sušiny 45,3 %. I další běžný pěstební substrát S2 (Gramoflor) měl podobný výsledek (43,3 %). Hodnoty obsahu sušiny s narůstajícím podílem ND v substrátu klesaly. Varianta S3 měla v průměru 34,9 % a varianta s největším podílem ND (25 %) měla obsah sušiny 18,5 %. Důvodem je fakt, že ND má velmi malý obsah sušiny kolem 5 %.

U objemové hmotnosti (OH) byly nejnižší hodnoty zaznamenány u S2 (gramoflor) a to 342 g/l. Pěstební substrát S1a vykazoval hodnotu vyšší o více než 110 g/l, substrát S1b o dalších 11 g/l více. U namíchaných variant se stoupajícím podílem ND stoupala i objemová hmotnost a to od 491 g/l u S3 až po 690 g/l u S7. Nejvyšší hodnotu OH měl samotný ND, a to 980 g/l, proto se zvyšujícím se podílem ND zákonitě stoupala i hodnota OH u namíchaných substrátů.

U obsahu makroprvků se potvrdil předpoklad, že ND je dobrým zdrojem těchto makroprvků. Čistá rašelina měla velmi nízké hodnoty u téměř všech makroprvků. Nejnižší hodnoty byly u draslíku (1,5 mg/l) a fosforu (5,9 mg/l). U obou těchto makroprvků byl trend obsahů v namíchaných variantách velmi podobný. V běžných pěstebních substrátech byla hodnota K vyšší než u rašeliny, ale pořád byla nejméně 1,2x nižší, než u varianty S3 (5 % ND) s obsahem K 46,3 mg/l. S narůstajícím podílem ND v substrátu se obsah K zvyšoval, u varianty S7 byl obsah K nejméně 8x vyšší než u běžných pěstebních substrátů (298 mg/l). Podobně tomu bylo i u fosforu, běžné pěstební substráty obsahovaly 49,7 mg/l (pěstební substrát B), 93,1 mg/l (Gramoflor) a 166,7 mg/l (Baltica). Podobnou hodnotu obsahu P jako u Gramofloru měla varianta S3 (5 % ND) a to 115,6 mg/l, pak už se hodnota P se stoupajícím podílem ND zvyšovala. Variantě S1b se přiblížil S4 (10 % ND) s hodnotou 159 mg/l.

U hořčičku byly stanoveny nejvyšší hodnoty u čistého ND a to 231 mg/l. U substrátů S3-S7 byly téměř u všech hodnoty Mg vyšší než u tří běžných pěstebních substrátů, u S2 (Gramoflor) byla hodnota Mg dokonce nižší než u čisté rašeliny. Nejvyšší, téměř shodné hodnoty, byly stanoveny u S7 a S6 (přes 53 mg/l). Pokud srovnáme pouze substráty namíchané s ND (S3-S7), tak zde se opět potvrdilo, že hodnota Mg vzrůstá se stoupajícím obsahem ND v substrátu.

Tab. 6-1: **Rozbory vstupních substrátů, rašeliny a ND**

Varianta substrátu	sušina	objemová hm. (OH)	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	pH
	%	g/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	CaCl <sub>2</sub>
<b>S1a</b>	48,7	452	22,34	0,33	49,7	22,9	32,3	4,9
<b>S1b</b>	45,3	463	5,54	2,80	167	37,3	28,3	5,8
<b>S2</b>	43,3	342	2,82	25,8	93,1	9,8	10,1	5,1
<b>S3</b>	34,9	491	0,14	38,6	116	46,3	26,3	4,3
<b>S4</b>	29,9	552	0,39	69,6	159	104	33,5	4,8
<b>S5</b>	26,8	581	0,58	86,5	177	132	39,6	5,3
<b>S6</b>	22,1	645	0,89	143	188	235	53,4	5,7
<b>S7</b>	18,5	689	0,88	169	181	298	53,7	6,0
<b>rašelina</b>	39,6	426	0,08	7,25	5,9	1,5	16,3	3,8
<b>ND</b>	5,3	980	20,00	1412	98,2	2143,6	230	7,7

V případě amonného dusíku se opět potvrdil předpoklad a hodnoty stanovené u všech namíchaných substrátů byly vyšší, než u běžných pěstebních substrátů. Pro srovnání - nejvyšší hodnota běžného substrátu byla zjištěna u S2 (Gramoflor) 25,8 mg/l N-NH<sub>4</sub>, naproti tomu u S7 (25 % ND) činila hodnota 169 mg/l. V případě nitratového dusíku byly hodnoty v namíchaných substrátech nižší, než hodnoty zjištěné v běžných pěstebních substrátech, kde byly hodnoty stanoveny od 2,80 (S2) – 22,34 mg/l (S1a). Hodnota S1a dokonce převýšila i obsah N-NO<sub>3</sub> u ND (20,0 mg/l). I když hodnoty N-NO<sub>3</sub> byly u S3-S7 řádově nižší, než stanovené hodnoty v běžných pěstebních substrátech, jejich hodnota se stoupajícím obsahem ND opět narůstala od 0,14 (S3) – 0,88 (S7). Nižší obsah nitratového dusíku není překážkou pro využití ND při výrobě pěstebních substrátů, neboť můžeme předpokládat, že amonný dusík bude postupně mineralizovat na nitratový.

Z rozboru vstupních substrátů je tedy zřejmé, že ND je zdrojem makroprvků, především N-NH<sub>4</sub>, P, K a Mg.

Náš experiment rovněž potvrdil předpoklad zvýšení hodnoty pH přidavkem ND do rašeliny. Nejnižší hodnotu pH vykazuje čistá rašelina. Hodnota pH s narůstajícím přidavkem ND stoupala, nejbližší k pH běžného pěstebního substrátu byla v substrátu S4 a S5 (10 % ND,

15 % ND), rozdíl mezi hodnotou pH běžného pěstebního substrátu a těchto dvou variant byl  $\pm 0,5$ .

Všechny stanovené hodnoty a jejich vzájemné vztahy jsou přehledně graficky znázorněny v Obr. 6-1.

Obr. 6-1: Grafické znázornění poměrů jednotlivých vlastností a prvků vstupních substrátů, rašeliny a ND





## 6.2 Rozbory substrátů po sklizni

U všech substrátů odebraných po sklizni rostlin byly stanoveny obsahy vybraných makroprvků nitrátového a amonného dusíku, P, K a Mg metodou CAT. Pro srovnání jsou obsahy sledovaných makroprvků přepočteny na mg/l čerstvé hmoty substrátu.

Hodnoty nitrátového dusíku v běžných substrátech činily 22,34 mg/l (S1a), 5,54 mg/l (S1b) a 2,82 mg/l (S2). Nahlédnutím do níže uvedených tabulek (Tab. 6-2 až Tab. 6-6) je zřejmé, že obsah nitrátového N u běžných substrátů vykazoval průkazné změny téměř u všech provedených pokusů, pouze u pokusu s gazániami (2011) nebyly rozdíly statisticky významné. U běžných pěstebních substrátů došlo ve většině případů k výraznému snížení obsahu nitrátového N, pouze u pokusu s bazalkami (2011) došlo dokonce k vysokému nárůstu obsahu u substrátu S2 (13,8 mg/l). U substrátů s přidavkem ND (S3-S7) byly ve vstupních substrátech hodnoty nitrátového N řádově nižší, než stanovené hodnoty v běžných pěstebních substrátech, přesto jejich hodnota se stoupajícím obsahem ND opět narůstala od 0,14 (S3) – 0,88 (S7). Obsah nitrátového N u těchto substrátů opět vykazoval průkazné změny téměř u všech provedených pokusů, s výjimkou pokusu s gazániami (2011), kde rozdíly nebyly statisticky významné. Téměř ve všech pokusech došlo k nárůstu obsahu nitrátového N s přidavkem ND. Pouze v pokusu s mátou (2012) byly stanoveny hodnoty nitrátového N u substrátů S3-S5 nižší, než v substrátu před zahájením pokusu.

Pokles obsahu nitrátového N v substrátech po sklizni je třeba připsat částečně odběru rostlinami a denitrifikaci (nitrátový N je při nižším pH pohyblivější forma dusíku). Nárůst obsahu nitrátového N je naopak možné vysvětlit stále probíhající mineralizací amonného N lehce rozložitelných organických látek v substrátu.

V případě amonného dusíku došlo ve srovnání se vstupními hodnotami u všech substrátů k poklesu obsahů. Stejně jako u substrátů před zahájením pokusů byly v substrátech po sklizni stanoveny průkazně vyšší obsahy v substrátech s přidavkem ND. Byla zde zřetelná tendence zvyšování obsahu amonného N se stoupajícím přidavkem ND, ačkoliv toto se nepotvrdilo ve všech případech. Jedním z důvodů snížení obsahů amonného N byl jeho příjem rostlinami a postupná mineralizace amonného N na nitrátový.

Při sledování obsahu fosforu byly zaznamenány průkazné změny u všech provedených pokusů. Nejnížší hodnoty P stanovené v jednotlivých pokusech byly stanoveny většinou u běžných pěstebních substrátů a u všech substrátů S3, S4 z pokusů s bazalkami (2012) a mátou (2012). Podobný trend lze sledovat i v případě obsahu draslíku. I v tomto případě byly zaznamenány průkazné změny u všech provedených pokusů. Nejnížší hodnoty K se

v podstatě rovnaly trendu obsahu P v jednotlivých pokusech a byly stanoveny u běžných pěstebních substrátů, u všech substrátů S3, S4 v pokusu s bazalkami (2012) a mátou (2012). V případě obsahu hořčíku nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi variantami ani v jednom z pokusů.

Tab. 6-2: Obsah vybraných makroprvků v substrátu po sklizni, pokus s gazániami, rok 2011

Průměrné hodnoty	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
S1b	0,29	2,7 <sup>a</sup>	79,5 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	77,8
S2	0,04	18,8 <sup>b</sup>	18,2 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	16,5
S3	0,03	4,8 <sup>a</sup>	28,9 <sup>a</sup>	24,6 <sup>a</sup>	26,3
S4	0,06	1,7 <sup>a</sup>	80,9 <sup>a</sup>	111,3 <sup>b</sup>	58,2
S5	0,56	44,6 <sup>c</sup>	176,9 <sup>b</sup>	156,8 <sup>b</sup>	48,3
F test	1,25	20,73	12,70	20,49	2,88
hladina významnosti	ns	0,01	0,01	0,01	ns

Tab. 6-3: Obsah vybraných makroprvků v substrátu po sklizni, pokus s gazániami, rok 2012

Průměrné hodnoty	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
S1a	0,11 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	35,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	43,0
S2	1,6 <sup>ab</sup>	0,53 <sup>a</sup>	22,2 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	21,4
S4	13,0 <sup>ab</sup>	2,05 <sup>c</sup>	84,0 <sup>ab</sup>	22,8 <sup>b</sup>	37,5
S6	62,9 <sup>c</sup>	1,26 <sup>b</sup>	134,4 <sup>b</sup>	80,7 <sup>b</sup>	53,4
S7	17,9 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	230,1 <sup>c</sup>	23,5 <sup>c</sup>	14,8
F test	21,55	26,08	18,15	35,46	2,87
hladina významnosti	0,01	0,01	0,01	0,01	ns

Tab. 6-4: Obsah vybraných makroprvků v substrátu po sklizni, pokus s bazalkami, rok 2011

Průměrné hodnoty	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
S1a	14,3 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>	41,0 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	31,0
S2	13,8 <sup>b</sup>	0,40 <sup>a</sup>	41,8 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	22,4
S3	3,97 <sup>a</sup>	29,7 <sup>b</sup>	25,7 <sup>a</sup>	32,8 <sup>b</sup>	31,6
S4	0,71 <sup>a</sup>	32,2 <sup>b</sup>	64,0 <sup>a</sup>	45,9 <sup>bc</sup>	27,9
S5	0,71 <sup>a</sup>	33,5 <sup>b</sup>	216,1 <sup>b</sup>	53,2 <sup>c</sup>	19,5
F test	4,68	4,49	39,00	8,64	0,72
hladina významnosti	0,01	0,05	0,01	0,01	ns

Tab. 6-5: Obsah vybraných makroprvků v substrátu po sklizni, pokus s bazalkami, rok 2012

Průměrné hodnoty	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
S1a	10,4 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	28,4 <sup>a</sup>	13,3 <sup>a</sup>	46,2
S2	1,1 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	22,6 <sup>a</sup>	4,7 <sup>a</sup>	25,5
S4	4,9 <sup>a</sup>	21,6 <sup>b</sup>	20,1 <sup>a</sup>	37,8 <sup>b</sup>	43,2
S6	51,4 <sup>b</sup>	42,8 <sup>c</sup>	114,4 <sup>b</sup>	111,0 <sup>c</sup>	44,7
S7	65,5 <sup>c</sup>	37,9 <sup>c</sup>	158,5 <sup>c</sup>	117,4 <sup>c</sup>	41,6
<b>F test</b>	<b>81,73</b>	<b>31,16</b>	<b>49,40</b>	<b>56,17</b>	<b>1,81</b>
<b>hladina významnosti</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>ns</b>

Tab. 6-6: Obsah vybraných makroprvků v substrátu po sklizni, pokus s mátou, rok 2012

Průměrné hodnoty	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
S1a	1,62 <sup>a</sup>	0,40	22,8 <sup>a</sup>	14,3 <sup>a</sup>	47,7
S2	0,46 <sup>a</sup>	0,43	27,7 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	26,7
S3	0,03 <sup>a</sup>	1,00	22,1 <sup>a</sup>	13,4 <sup>a</sup>	51,8
S4	0,11 <sup>b</sup>	2,05	17,6 <sup>a</sup>	24,7 <sup>ab</sup>	57,4
S5	0,13 <sup>c</sup>	4,28	73,4 <sup>b</sup>	51,0 <sup>b</sup>	44,5
<b>F test</b>	<b>36,94</b>	<b>1,72</b>	<b>18,70</b>	<b>3,37</b>	<b>2,04</b>
<b>hladina významnosti</b>	<b>0,01</b>	<b>ns</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>ns</b>

V následujících tabulkách (Tab. 6-7 až Tab. 6-9) jsou uvedeny další základní charakteristiky substrátů po sklizni - obsah sušiny (%), objemová hmotnost (g/l) a pH.

U výsledků obsahu sušiny i objemové hmotnosti v jednotlivých substrátech jsou zaznamenané hodnoty značně proměnlivé. Z tohoto důvodu nebyly u obsahu sušiny stanoveny statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. V případě OH byly statisticky průkazné rozdíly stanoveny v substrátech z jediného pokusu, a to s gazániami (2011).

Ve všech substrátech po sklizni došlo ke změně hodnoty pH. U běžného pěstební substrátu S1a (Pěstební substrát B) došlo dokonce ke zvýšení hodnoty pH, nejvíce o 0,2 (máta 2012). U všech ostatních substrátů došlo k poklesu hodnoty pH. K nejvýraznějším poklesům došlo u substrátů s největším přídatkem ND, u substrátu S6 o 1,6 a u substrátu S7 nejvíce o 1,7. Pokles pH u všech zbývajících substrátů byl více méně velmi podobný, v rozsahu 0,6-1,0.

Tab. 6-7: Rozbory substrátů po sklizni (obsah sušiny a objemová hmotnost), pokus s gazániami, rok 2011 a 2012

průměrné hodnoty		sušina	OH	pH
		%	g/l	CaCl <sub>2</sub>
2011	S1b	34,4	658 <sup>c</sup>	4,9 <sup>c</sup>
	S2	45,2	364 <sup>a</sup>	4,5 <sup>ab</sup>
	S3	38,8	432 <sup>a</sup>	3,8 <sup>ab</sup>
	S4	28,2	576 <sup>bc</sup>	4,3 <sup>b</sup>
	S5	31,5	482 <sup>ab</sup>	4,5 <sup>ab</sup>
F test		-	<b>5,88</b>	<b>7,70</b>
hladina významnosti		-	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
2012	S1a	41,9	528	5,0 <sup>c</sup>
	S2	36,7	477	4,5 <sup>b</sup>
	S4	38,0	473	4,0 <sup>a</sup>
	S6	27,7	536	4,1 <sup>a</sup>
	S7	46,4	286	4,4 <sup>b</sup>
F test		-	<b>1,97</b>	<b>50,59</b>
hladina významnosti		-	<b>ns</b>	<b>0,01</b>

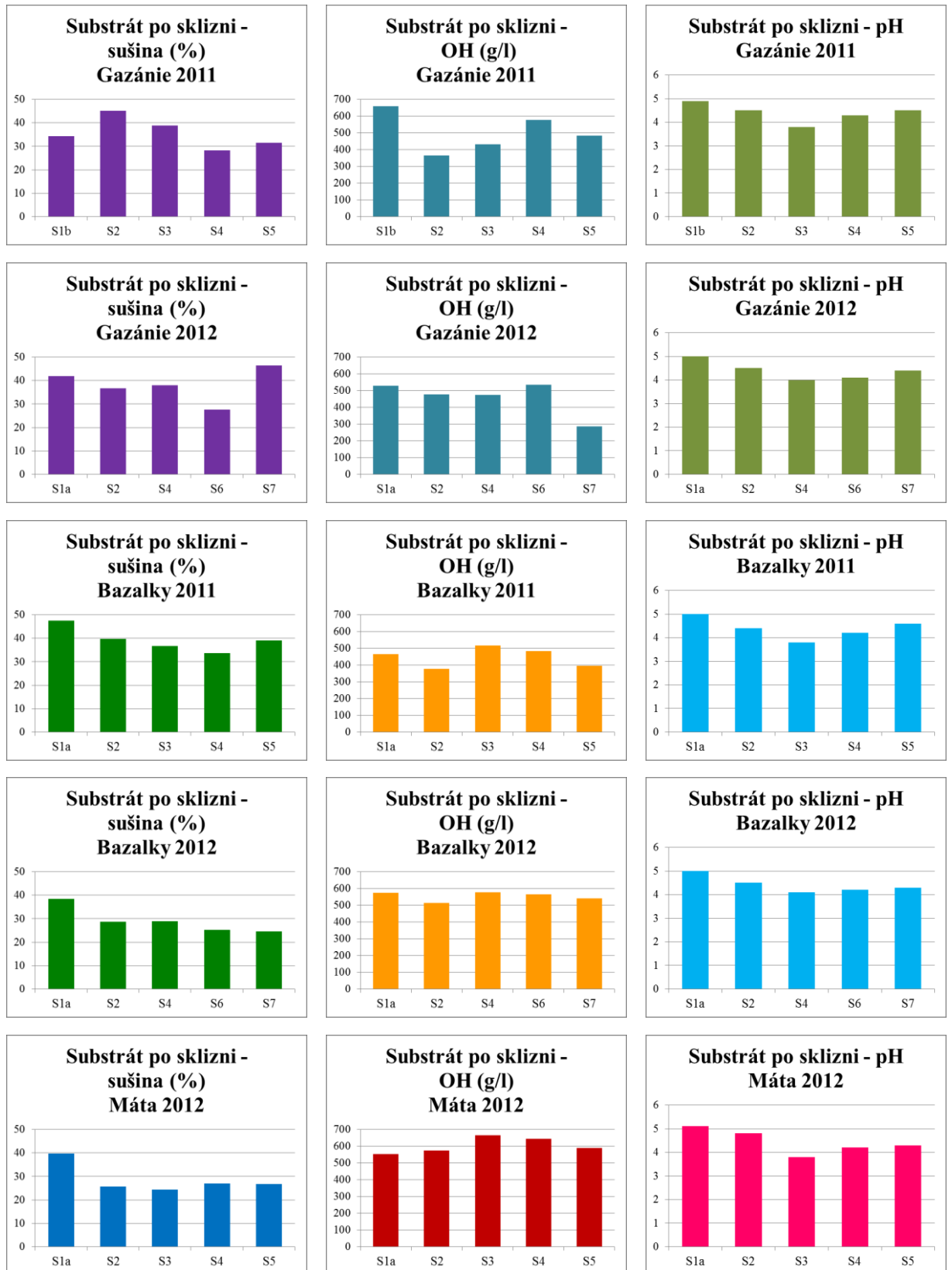
Tab. 6-8: Rozbory substrátů po sklizni (obsah sušiny a objemová hmotnost), pokus s bazalkami, rok 2011 a 2012

průměrné hodnoty		sušina	OH	pH
		%	g/l	CaCl <sub>2</sub>
2011	S1a	47,5	464	5,0 <sup>e</sup>
	S2	39,8	377	4,4 <sup>c</sup>
	S3	36,8	516	3,8 <sup>a</sup>
	S4	33,6	483	4,2 <sup>b</sup>
	S5	39,1	394	4,6 <sup>d</sup>
F test		-	<b>1,18</b>	<b>169,39</b>
hladina významnosti		-	<b>ns</b>	<b>0,01</b>
2012	S1a	38,4	575	5,0 <sup>c</sup>
	S2	28,7	515	4,5 <sup>b</sup>
	S4	28,8	577	4,1 <sup>a</sup>
	S6	25,3	564	4,2 <sup>a</sup>
	S7	24,5	540	4,3 <sup>ab</sup>
F test		-	<b>0,44</b>	<b>25,61</b>
hladina významnosti		-	<b>ns</b>	<b>0,01</b>

Tab. 6-9: **Rozbory substrátů po sklizni (obsah sušiny a objemová hmotnost), pokus s mátou, rok 2012**

průměrné hodnoty		sušina	OH	pH
		%	g/l	CaCl <sub>2</sub>
2012	S1a	39,7	554	5,1 <sup>d</sup>
	S2	25,7	573	4,8 <sup>c</sup>
	S3	24,4	666	3,8 <sup>a</sup>
	S4	26,9	643	4,2 <sup>b</sup>
	S5	26,7	591	4,3 <sup>b</sup>
F test		-	<b>0,89</b>	<b>54,58</b>
hladina významnosti		-	<b>ns</b>	<b>0,01</b>

Obr. 6-2: Grafické znázornění obsahu sušiny, objemové hmotnosti a pH substrátů po sklizni, stanoveno metodou CAT



### 6.3 Rozbory nadzemní hmoty rostlin

V následujících tabulkách (Tab. 6-10 až Tab. 6-12) jsou uvedeny charakteristiky sledované v nadzemní hmotě rostlin v pokusech provedených v roce 2011 a 2012 s gazániami, bazalkami a mátou.

Mezi hmotnostmi nadzemní hmoty všech pokusných rostlin se nevyskytly statisticky průkazné rozdíly, pouze u S3 (bazalky 2011) a u S6 a S7 (bazalky 2012) byly hmotnosti nadzemní hmoty statisticky průkazně nižší. Lze tedy usoudit, že z tohoto hlediska jsou substráty s přidavkem ND srovnatelné s běžně používanými substráty.

U substrátů s přidavkem ND (S3-S5) je průměrný obsah sušiny nižší ve srovnání s běžnými pěstebními substráty. U S6 a S7 je tato hodnota nižší jen nepatrně, popř. se rovná hodnotě běžných pěstebních substrátů. Pravděpodobně je toto ovlivněno nevyrovnanou výživou a nadměrným obsahem dusíku v substrátech, který podporuje příjem vody. Statistická průkaznost je ovšem slabá, takže na to nelze jednoznačně usuzovat.

U pokusu s gazániami byl sledován také počet květů (Tab. 6-2). Nejvyšší průměrný počet květů (10,3 květů) měl S7 (25 % ND). V průměru měly běžné pěstební substráty 8 květů, k této hodnotě se přiblížil S3 (8 květů), S4 (7 květů) a S5 (8 květů).

Tab. 6-10: Rozbory nadzemní hmoty rostlin (hmotnost, obsah sušiny a počet květů), pokus s gazániami, rok 2011 a 2012

Varianta substrátu		nadzemní hmota	sušina	sušina	počet květů
		g	g	%	
2011	S1b	49,3	16,0	34,4	8
	S2	37,1	14,6	45,2	5
	S3	41,3	16,0	38,8	8
	S4	61,5	17,0	28,2	7
	S5	51,9	16,3	31,5	8
<b>F test</b>		<b>2,86</b>	<b>1,88</b>	<b>1,86</b>	<b>1,07</b>
<b>hladina významnosti</b>		<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
2012	S1a	65,1	6,5 <sup>bc</sup>	10,1	8,3 <sup>ab</sup>
	S2	70,6	7,4 <sup>c</sup>	10,5	7,8 <sup>abc</sup>
	S5	52,9	5,0 <sup>a</sup>	9,6	5,0 <sup>a</sup>
	S6	59,3	5,7 <sup>ab</sup>	9,9	6,3 <sup>ab</sup>
	S7	62,3	6,2 <sup>abc</sup>	10,0	10,3 <sup>c</sup>
<b>F test</b>		<b>0,93</b>	<b>3,21</b>	<b>0,4</b>	<b>4,36</b>
<b>hladina významnosti</b>		<b>ns</b>	<b>0,05</b>	<b>ns</b>	<b>0,05</b>

Tab. 6-11: Rozbory nadzemní hmoty rostlin (hmotnost, obsah sušiny), pokus s bazalkami, rok 2011 a 2012

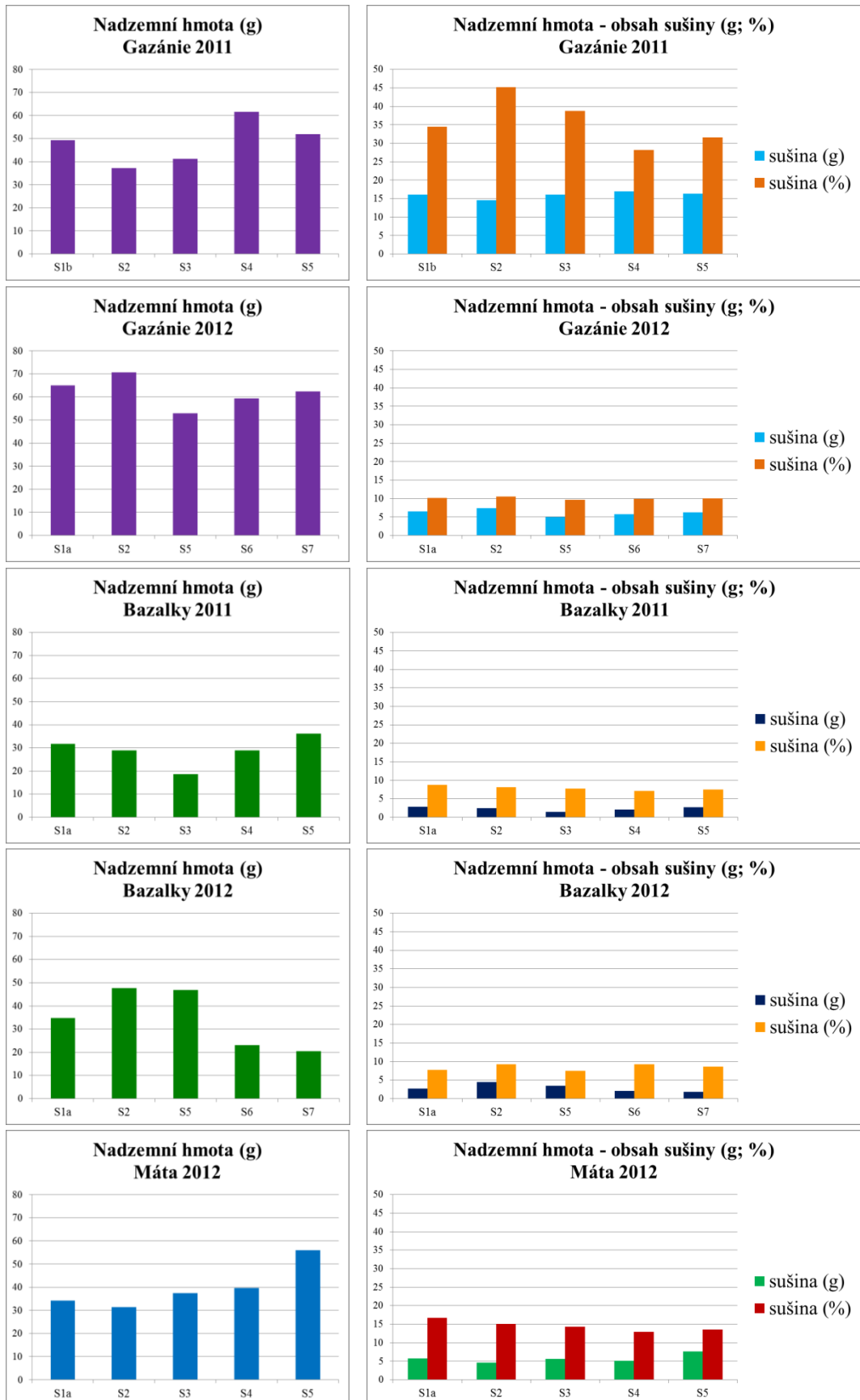
Varianta substrátu		nadzemní hmota	sušina	sušina
		g	g	%
2011	S1a	31,8 <sup>a</sup>	2,8 <sup>c</sup>	8,7 <sup>c</sup>
	S2	28,9 <sup>a</sup>	2,4 <sup>bc</sup>	8,1 <sup>bc</sup>
	S3	18,6 <sup>b</sup>	1,5 <sup>a</sup>	7,7 <sup>ab</sup>
	S4	28,9 <sup>a</sup>	2,1 <sup>ab</sup>	7,1 <sup>a</sup>
	S5	36,1 <sup>a</sup>	2,7 <sup>bc</sup>	7,5 <sup>abc</sup>
<b>F test</b>		<b>9,33</b>	<b>5,87</b>	<b>4,41</b>
<b>hladina významnosti</b>		<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>
2012	S1a	34,8 <sup>b</sup>	2,7 <sup>b</sup>	7,7 <sup>a</sup>
	S2	47,7 <sup>c</sup>	4,5 <sup>d</sup>	9,3 <sup>b</sup>
	S5	46,9 <sup>c</sup>	3,5 <sup>c</sup>	7,5 <sup>a</sup>
	S6	23,0 <sup>a</sup>	2,1 <sup>b</sup>	9,3 <sup>b</sup>
	S7	20,5 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	8,6 <sup>ab</sup>
<b>F test</b>		<b>41,50</b>	<b>41,53</b>	<b>4,29</b>
<b>hladina významnosti</b>		<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>

Tab. 6-12: Rozbory nadzemní hmoty rostlin (hmotnost, obsah sušiny), pokus s mátou, rok 2012

Varianta substrátu		nadzemní hmota	sušina	sušina
		g	g	%
2012	S1a	34,2	5,7	16,7
	S2	31,4	4,6	15,0
	S3	37,4	5,6	14,3
	S4	39,6	5,1	12,9
	S5	55,9	7,6	13,5
<b>F test</b>		<b>2,01</b>	<b>1,24</b>	<b>1,66</b>
<b>hladina významnosti</b>		<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>



Obr. 6-3: Grafické znázornění rozborů nadzemní hmoty rostlin (hmotnost, obsah sušiny)



V následujících tabulkách (Tab. 6-13 až Tab. 6-17) jsou uvedeny celkové obsahy vybraných makroprvků sledovaných v nadzemní hmotě rostlin.

U provedených pokusů byly obsahy dusíku v nadzemní hmotě téměř ve všech substrátech s ND vyšší, než v běžných pěstebních substrátech. I zde je patrná tendence k vyššímu obsahu N v nadzemní hmotě s narůstajícím přídatkem ND. Obsah N u substrátů s ND se u gazáníí pohyboval v rozmezí od 3,25-4,82 %, u bazalek 4,89-6,10 % a u máty 2,78-3,63 %. U gazáníí a bazalek byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi sledovanými variantami. V porovnání s běžnými pěstebními substráty byly zaznamenány statisticky významné rozdíly u pokusu s gazáníemi v 2011 u varianty S5 (4,82 %) a v roce 2012 u všech namíchaných substrátů S4 (3,25 %), S6 (3,38 %), S7 (3,31 %). U pokusu s bazalkami byly v porovnání s běžnými pěstebními substráty zaznamenány statisticky významné rozdíly v roce 2011 u varianty S4 (5,57 %) a S5 (5,79 %) a v roce 2012 u všech namíchaných substrátů S4 (4,89 %), S6 (6,10 %) i S7 (5,99 %). U máty statisticky průkazné rozdíly zaznamenány nebyly.

Obsah fosforu v nadzemní hmotě byl u rostlin pěstovaných ve všech substrátech s ND vyšší, než u rostlin pěstovaných v běžných pěstebních substrátech. U všech provedených pokusů byly zaznamenány statisticky významné rozdíly v porovnání běžných pěstebních substrátů a substrátů s přídatkem ND. U gazáníí byly v roce 2011 zaznamenány hodnoty P u S3 (0,80 %), S4 (0,84 %) a S5 (1,11 %), v roce 2012 S4 (3,32 %), S6 (3,33 %), S7 (3,33 %). U bazalek v roce 2011 byly zaznamenány hodnoty P u S3 (0,98 %), S4 (1,00 %) a S5 (1,00 %) a v roce 2012 u S4 (0,60 %), S6 (0,84 %), S7 (0,87 %). U máty byly zaznamenány hodnoty P u S3 (0,18 %), S4 (0,22 %) a S5 (0,24 %).

V případě obsahu draslíku v nadzemní hmotě rostlin byly u substrátů s ND zaznamenány hodnoty o málo vyšší nebo srovnatelné s běžnými pěstebními substráty, i přes to je zde patrný trend zvyšujícího se obsahu K s narůstajícím přídatkem ND. Statisticky významné rozdíly v porovnání běžných pěstebních substrátů a substrátů s přídatkem ND byly naměřeny u gazáníí v roce 2012 (S7), u bazalek v roce 2011 u všech substrátů s přídatkem ND (S3, S4, S5) a v roce 2012 (S4, S6). V případě pokusu s mátou byly statisticky významné rozdíly naměřeny u všech substrátů s přídatkem ND (S3, S4, S5).

Při sledování obsahu hořčíku bylo dosaženo zajímavých výsledků. Obsahy Mg v nadzemní hmotě rostlin byly u většiny substrátů s přídatkem ND stanoveny nižší, než u běžně užívaných substrátů. Statisticky významné rozdíly u pokusu s gazáníemi nebyly zaznamenány ani v jednom z pokusů. U bazalek (2011) byly statisticky významné rozdíly stanoveny u S3 (1,08 %), S4 (0,94 %) a S5 (0,79 %). Podíly Mg v nadzemní hmotě rostlin

u běžných pěstebních substrátů v tomto pokusu činily 2,08 % u S1a a 2,17 % u S2, což je nejméně 1,9x větší obsah Mg. V podobném trendu byly stanoveny výsledky u bazalky v roce 2012, kde byly rozdíly rovněž statisticky významné. Stanovený obsah Mg v rostlinách u běžných pěstebních substrátů S1a byl 0,66 % a S2 byl 1,10. U substrátů s přidavkem ND byly hodnoty nejméně 1,8x nižší - S4 (0,29 %), S6 (0,31 %), S7 (0,35 %). V pokusu s mátou byly ve srovnání běžných pěstebních substrátů a substrátů s přidavkem ND rovněž statisticky významné rozdíly v obsahu Mg v nadzemní hmotě rostlin. Běžné substráty S1a (0,43 %) a S2 (0,50 %) neměly hodnotu Mg stanovenou v tak výrazném rozdílu, jako u předchozích pokusů. U substrátu S5 (15 % ND) byla hodnota Mg stanovena 0,33 %, což byla nižší hodnota než u substrátu S3 (0,34 %) i S4 (0,35 %).

Tento trend v obsahu Mg lze vysvětlit tím, že v substrátech s přidavkem ND bylo vždy nižší množství Mg ve srovnání s běžnými substráty a rovněž prokázaným antagonistickým působením mezi Mg a amonným dusíkem a Mg a K. Běžné pěstební substráty měly v porovnání se substráty s přidavkem ND vyrovnanější obsahy těchto makroprvků.

Shrnutím informací o hodnotách makroprvků v nadzemní hmotě rostlin lze potvrdit náš předpoklad, že ND je dobrým zdrojem přístupných makroprvků.

Tab. 6-13: **Obsah vybraných makroprvků v nadzemní hmotě rostlin, pokus s gazániami, rok 2011**

Průměrné hodnoty	N	P	K	Mg
	%	%	%	%
<b>S1b</b>	2,95 <sup>a</sup>	0,78 <sup>ab</sup>	3,38	0,30
<b>S2</b>	3,49 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	3,08	0,25
<b>S3</b>	3,36 <sup>a</sup>	0,80 <sup>b</sup>	3,54	0,21
<b>S4</b>	3,38 <sup>a</sup>	0,84 <sup>b</sup>	3,68	0,35
<b>S5</b>	4,82 <sup>b</sup>	1,11 <sup>c</sup>	4,05	0,22
<b>F test</b>	<b>9,24</b>	<b>11,99</b>	<b>0,80</b>	<b>2,75</b>
<b>hladina významnosti</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

Tab. 6-14: Obsah vybraných makroprvků v nadzemní hmotě rostlin, pokus s gazániami, rok 2012

Průměrné hodnoty	N	P	K	Mg
	%	%	%	%
S1a	2,25 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	5,86 <sup>b</sup>	0,39
S2	2,28 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	3,81 <sup>a</sup>	0,39
S4	3,25 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>	6,00 <sup>b</sup>	0,32
S6	3,38 <sup>b</sup>	0,33 <sup>b</sup>	6,54 <sup>b</sup>	0,29
S7	3,31 <sup>b</sup>	0,33 <sup>b</sup>	7,67 <sup>c</sup>	0,32
<b>F test</b>	<b>19,77</b>	<b>12,49</b>	<b>18,95</b>	<b>2,39</b>
<b>hladina významnosti</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>ns</b>

Tab. 6-15: Obsah vybraných makroprvků v nadzemní hmotě rostlin, pokus s bazalkami, rok 2011

Průměrné hodnoty	N	P	K	Mg
	%	%	%	%
S1a	4,64 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	2,86 <sup>b</sup>	2,08 <sup>c</sup>
S2	5,04 <sup>ab</sup>	0,78 <sup>b</sup>	2,81 <sup>a</sup>	2,17 <sup>c</sup>
S3	5,11 <sup>ab</sup>	0,98 <sup>bc</sup>	2,91 <sup>c</sup>	1,08 <sup>c</sup>
S4	5,57 <sup>bc</sup>	1,00 <sup>c</sup>	2,96 <sup>d</sup>	0,94 <sup>ab</sup>
S5	5,79 <sup>c</sup>	1,00 <sup>c</sup>	3,02 <sup>e</sup>	0,79 <sup>a</sup>
<b>F test</b>	<b>5,87</b>	<b>52,42</b>	<b>95,95</b>	<b>63,42</b>
<b>hladina významnosti</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>

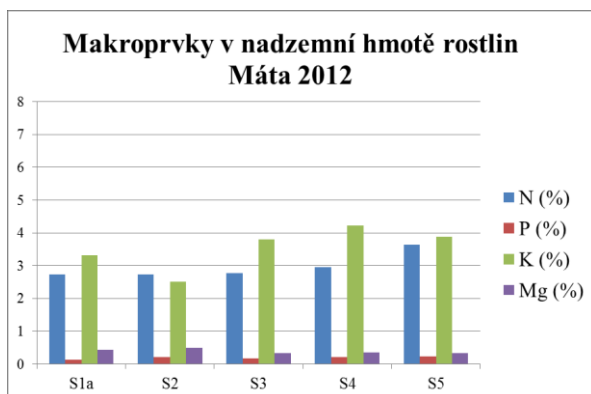
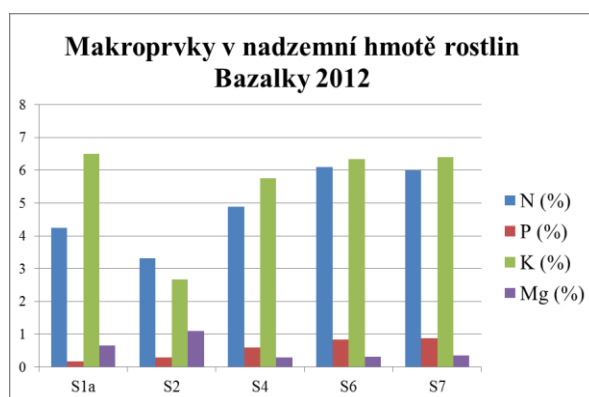
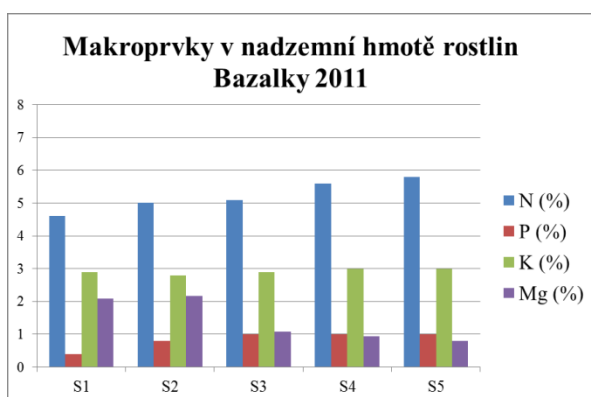
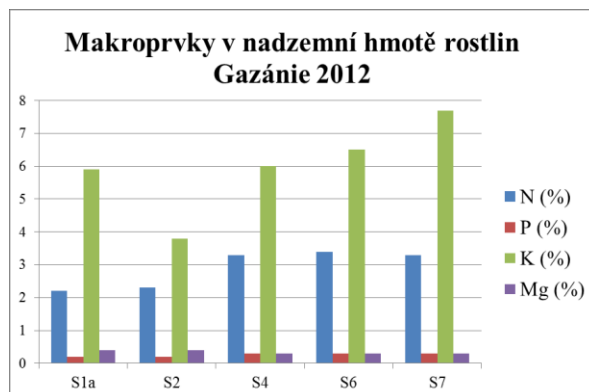
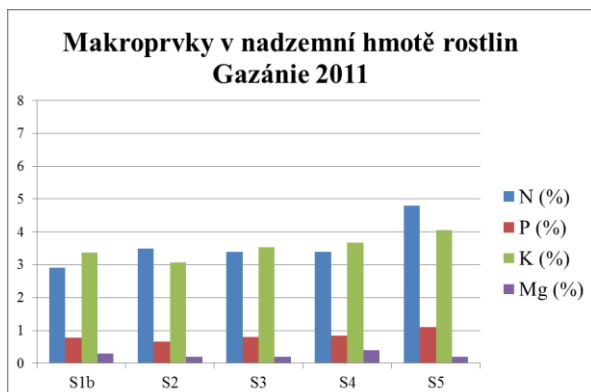
Tab. 6-16: Obsah vybraných makroprvků v nadzemní hmotě rostlin, pokus s bazalkami, rok 2012

Průměrné hodnoty	N	P	K	Mg
	%	%	%	%
S1a	4,25 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	6,50 <sup>c</sup>	0,66 <sup>c</sup>
S2	3,32 <sup>b</sup>	0,30 <sup>b</sup>	2,67 <sup>a</sup>	1,10 <sup>d</sup>
S4	4,89 <sup>c</sup>	0,60 <sup>c</sup>	5,76 <sup>b</sup>	0,29 <sup>a</sup>
S6	6,10 <sup>d</sup>	0,84 <sup>d</sup>	6,34 <sup>bc</sup>	0,31 <sup>ab</sup>
S7	5,99 <sup>d</sup>	0,87 <sup>d</sup>	6,40 <sup>c</sup>	0,35 <sup>b</sup>
<b>F test</b>	<b>52,54</b>	<b>178,33</b>	<b>62,51</b>	<b>443,82</b>
<b>hladina významnosti</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>

Tab. 6-17: **Obsah vybraných makroprvků v nadzemní hmotě rostlin, pokus s mátou, rok 2012**

Průměrné hodnoty	N	P	K	Mg
	%	%	%	%
<b>S1a</b>	2,74	0,14 <sup>a</sup>	3,31 <sup>ab</sup>	0,43 <sup>b</sup>
<b>S2</b>	2,73	0,21 <sup>bc</sup>	2,50 <sup>a</sup>	0,50 <sup>c</sup>
<b>S3</b>	2,78	0,18 <sup>ab</sup>	3,80 <sup>bc</sup>	0,34 <sup>a</sup>
<b>S4</b>	2,96	0,22 <sup>bc</sup>	4,23 <sup>bc</sup>	0,35 <sup>a</sup>
<b>S5</b>	3,63	0,24 <sup>c</sup>	3,89 <sup>c</sup>	0,33 <sup>aa</sup>
<b>F test</b>	<b>2,69</b>	<b>4,99</b>	<b>5,55</b>	<b>14,10</b>
<b>hladina významnosti</b>	<b>ns</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>

Obr. 6-4: Grafické znázornění procentického obsahu vybraných makroprvků v sušině nadzemní hmoty rostlin



## 7 Diskuse

V našem experimentu se potvrdilo, že přidavkem ND lze upravit hodnotu pH ve výsledném substrátu. Hodnota pH čisté rašeliny byla 3,9, u ND 7,7. Hodnoty pH u běžných pěstebních substrátů byly stanoveny v rozmezí 4,9 - 5,8. K těmto hodnotám byly nejbližší hodnoty pH u substrátů s přidavkem 10 % a 15 % ND. U substrátů s nejvyšším obsahem ND (20 a 25%) byla přidavkem ND hodnota pH zvýšena i nad hodnotu běžných substrátů. Právě u těchto dvou substrátů došlo k největšímu poklesu hodnoty pH a to o 1,7. Hodnota pH je důležitým faktorem, který má přímý vliv na dostupnosti živin pro rostliny. Např. VANĚK et al. (2007) uvádí, že na příjem fosforu rostlinami působí příznivě kromě dostatečné vlhkosti, dostatku organických látek, dobré biologické činnosti i příznivá hodnota pH. Ta by se měla pohybovat v rozmezí 5,5 – 7 (podle půdního druhu) (VANĚK et al., 2007). Hodnoty pH substrátů s přidavkem ND po sklizni klesly pod tuto doporučenou hodnotu (rozmezí 3,8 - 4,3). Z výše uvedeného lze tedy usoudit, že přidavek ND sice ovlivňuje zvýšení hodnoty pH, ale pouze v krátkodobém časovém horizontu. Ke změně pH dochází odčerpáním živin, na což ukazují i výsledky v našem experimentu – pH kleslo téměř u všech použitých substrátů. Jednou z možností, jak tomuto předejít, je přidavek hrubě mletého vápence – ten se pomaleji rozpouští a působí tak dlouhodobě. Řešení této problematiky ale nebylo cílem naší práce. Navíc – logicky lze predikovat, že u každého pěstebního substrátu, pokud bude používán bez doplňkového hnojení, zákonitě dojde k odčerpání živin a tedy i k poklesu pH. Z tohoto hlediska je vhodné již před vysazením rostlin rozlišit, za jakým účelem daný pěstební substrát má být využíván – zda pěstování víceletých nebo jednoletých rostlin atp.

Klíčovou částí pokusu bylo testování možnosti využití ND jako zdroje přístupného N, P, K a Mg stanovených ve výluhu CAT. Rozborem vstupních substrátů i čistého ND se u obsahu makroprvků potvrdil předpoklad, že ND je dobrým zdrojem, především N-NH<sub>4</sub>, P, K a Mg. Takřka u všech sledovaných makroprvků (N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, P, K, Mg) došlo ke zvyšování jejich obsahu s narůstajícím podílem ND v substrátu. Obsahy fosforu a draslíku u variant s menším přidavkem ND (S3, S4) odpovídaly hodnotám běžných pěstebních substrátů, u nejvyšších přidavků ND (S6, S7) dokonce několika násobně převyšovaly obsahy u běžných pěstebních substrátů. I v případě hořčíku byly stanoveny u téměř všech namíchaných substrátů hodnoty vyšší než u tří námi použitých běžných pěstebních substrátů. Pouze v případě nitrátového dusíku byly hodnoty v namíchaných substrátech nižší, než hodnoty zjištěné v běžných pěstebních substrátech. To ale není překážkou pro využití ND jako komponentu pěstebních substrátů, neboť můžeme předpokládat, že amonný dusík bude

postupně mineralizovat na nitrátový. Stanovené hodnoty amonného dusíku byly u všech namíchaných substrátů vyšší, než u běžných pěstebních substrátů.

Hnojivými vlastnostmi digestátu ve srovnání s čistírenskými kaly a komposty se zabývali např. TAMBONE et al. (2010). Z jejich výsledků vyplývá, že digestát měl v porovnání s uvedenými hnojivy výrazně nejvyšší podíly celkového dusíku, amonného dusíku, fosforu i draslíku. Průměrné obsahy amonného dusíku se v různých typech ND pohybovaly od 0,51 do 0,98 % sušiny. Poměry P a K v jejich práci korespondovaly přibližně s našimi hodnotami. Vzhledem k různým použitým metodám nebylo bližší porovnání možné (TAMBONE et al., 2010).

Také ALBURQUERQUE et al. (2012) publikovali studii o možnostech využití dvanácti druhů zemědělských i průmyslových digestátů v zemědělství. V tomto experimentu prokázali, že digestát může být velmi vhodným hnojivem, zejména díky vysokému obsahu amonného dusíku. Zároveň však upozorňují na to, že musí být brán ohled na různé rizikové faktory, jako jsou obsahy Cu a Zn, zasolenost, biodegradabilita, fytotoxicita a hygienické vlastnosti některých typů digestátů (ALBURQUERQUE et al., 2012a). Rizikové faktory nebyly v naší práci sledovány.

Antagonistické působení některých živin bylo popsáno mnoha autory (TROEH et THOMPSON, 2005, SCHEFFER et al., 2002, VANĚK et al., 2012, MARSCHNER et al. 1995 aj.).

Tito autoři rovněž shodně uvádějí, že výrazné je především antagonistické působení amonného, popř. draselného kationtu a dvojmocných kationtů  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ , kdy zpravidla větší příjem  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{K}^+$  při jejich vysoké koncentraci v substrátu omezuje příjem vápníku a hořčíku, ale i jiných kationtů. V našich pokusech bylo stanoveno vysoké množství amonného i draselného kationtu téměř v každé realizované variantě pokusu s ND. V substrátech S5 (gazanie 2011), S4 a S5 (bazalky 2011), S4, S6 a S7 (bazalky 2012), S5 (máta 2012) bylo stanoveno vysoké množství amonného iontu a v substrátech S3-S5 (gazanie 2011), S4, S6 a S7 (gazanie 2012), S3-S5 (bazalky 2011), S4, S6 a S7 (bazalky 2012), S4 a S5 (máta 2012) vysoké množství draselného kationtu. Nejvyšší obsahy jednotlivých kationtů (amonného, draselného) anebo obou kationtů zároveň byly zpravidla v substrátech s vyšším přídatkem ND (20-25 %), tedy substráty S5-S7. Obsahy Mg v nadzemní hmotě rostlin potvrzují inhibici příjmu hořčíku výše uvedenými kationty jen částečně. V některých případech se obsah Mg v nadzemní hmotě rostlin s narůstajícím podílem amonného a draselného iontu v substrátu skutečně průkazně snižoval, jako u S5 (gazanie 2011), S4, S6 a S7 (gazanie 2012), S4 a S5 (bazalky 2011), S4, S6 a S7 (bazalky 2012), S3, S4 a S5 (máta 2012). V jiných případech



byly obsahy hořčíku vyrovnané. Pouze v případě bazalek (rok 2012) došlo k průkaznému zvýšení obsahu Mg s přibývajícím podílem ND. Ve srovnání s běžnými pěstebními substráty, kde je namíchán vyrovnaný poměr živin, se však u substrátů s přidavkem ND téměř vždy vyskytly nižší obsahy Mg. Proto lze alespoň částečně usuzovat na inhibiční působení  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{K}^+$ . Naopak byl v související práci ve stejných substrátech jednoznačně prokázán antagonismus vápenatého amonného kationtu už při nízkých podílech digestátu (HOLEČKOVÁ, 2012).

ABUBAKER et al. (2012) testovali jako hnojivo 4 různé digestáty, jejichž základem byl vytríděný bioodpad z domácností (zpracovaný pouze fermentací nebo silážovaný), dále pak odpad z jatek a odpad z lihovaru. V nádobových experimentech pěstovali pšenici jarní a jako srovnávací varianty využívali NPK dodané v průmyslových hnojivech a kejdu prasat. Dávky byly založeny na množství amonného dusíku dodaného do substrátu (35 - 140 kg  $\text{NH}_4\text{-N/ha}$ ), což způsobilo výrazně vyšší vstupy celkového C, P, K, Mg a Zn při hnojení kejdou ve srovnání s digestáty. To spolu s nejvyšší mineralizační kapacitou dusíku pravděpodobně způsobilo, že výnosy pšenice byly na variantách hnojených kejdou nejvyšší, zatímco výnosy variant hnojených NPK a digestáty byly srovnatelné. Autoři dále sledovali intenzitu nitrifikace, která byla u kejdy a většiny použitých digestátů srovnatelná (ABUBAKER et al., 2012).

KOLÁŘ et al. (2008) uvádějí, že odpady z anaerobní digesce nemají podstatně vyšší labilitu při mineralizačním procesu, proto nejsou organickým hnojivem. Jsou jen velmi zředěným hnojivem minerálním, což je z hlediska agrochemie propastný rozdíl (KOLÁŘ et al., 2008).

Je mnoho experimentů a prací, které hodnotí digestát z mnoha pohledů. Např. BATT, (2012) uvádí, že digestát nepůsobí na půdu a vegetaci příznivě jako organické hnojivo, ale jako půdní zlepšovač (půdu zlehčuje, provzdušňuje, celkově zlepšuje půdní fyzikální vlastnosti). Proto může zvýšit i mikrobiální aktivitu půdy tím, že půdním aerobům dodá potřebný kyslík. K tomu je nutná přítomnost jiného zdroje lehce rozložitelné organické hmoty. Pro praxi to znamená, že efekt hnojení digestátem můžeme očekávat tím vyšší, čím je půda těžší a čím hůře (tedy s čím menším podílem rozložené organické hmoty) anaerobní digesce probíhala (BATT, 2012).

Současné studie se zabývají zpravidla využitím jiných typů digestátů pro jiné testované plodiny. V návaznosti jsou pak používány jiné analytické metody pro stanovení obsahu živin. V našem experimentu jsme především hodnotili možnost využití ND jako komponentu pěstebních substrátů, tzn. využití jeho vlastností a složení (přístupné makroprvky) k úpravě

vlastností vstupních substrátů. Proto je tato práce zaměřena i na vyhodnocení obsahu přístupných makroprvků získaných metodou CAT, tedy jednou z nejužívanějších metod pro stanovení přístupných makro i mikroelementů v substrátech. V těchto ohledech je námi hodnocené téma poměrně nové a v dostupné literatuře tedy prozatím není provedeno mnoho srovnatelných experimentů.

## 8 Závěr

V současné době stále narůstá počet bioplynových stanic v ČR i v zahraničí. S tím vyvstává problém využití odpadu z těchto bioplynových stanic - digestátu.

Cílem práce bylo tedy zhodnocení aktuálních možností využití neseparovaného digestátu ze zemědělské bioplynové stanice ZD Krásná Hora nad Vltavou jako komponentu pěstebních substrátů. Klíčovou částí pokusu bylo testování možnosti využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupného N, P, K a Mg stanovených ve výluhu CAT.

Za tímto účelem byly porovnávány 2 běžně používané pěstební substráty se substráty vzniklými přidávkem 5, 10, 15, 20, 25 % neseparovaného digestátu do čisté rašeliny. Jako testovací rostliny byly v letech 2011 a 2012 využity bazalky, gazanie a máta. Kromě stanovení obsahu přístupného N, P, K a Mg ve vstupních substrátech a v substrátech po sklizni metodou CAT byly rovněž stanoveny celkové obsahy uvedených makroprvků v nadzemní hmotě rostlin, hodnota pH substrátů a další základní charakteristiky.

Výsledky této práce lze v závěrečné části stručně charakterizovat těmito poznatky:

- vyhodnocení obsahů makroprvků v substrátech připravených přidávkem ND do rašeliny a ve sklizené nadzemní hmotě rostlin potvrdily předpoklad, že ND je dobrým zdrojem především N a K, ale i P a Mg. N-NH<sub>4</sub>, P, K a Mg (s narůstajícím podílem ND v substrátu se jejich obsah zpravidla zvyšoval)
- nižší obsah N-NO<sub>3</sub> v těchto substrátech není překážkou pro využití ND při výrobě pěstebních substrátů (předpoklad postupné mineralizace N-NH<sub>4</sub> na N-NO<sub>3</sub>)
- experiment potvrdil předpoklad zvýšení hodnoty pH přidávkem ND do rašeliny. Po sklizni pokusů však došlo opět k výraznému poklesu hodnoty pH, zejména u substrátů s vyšším podílem digestátu
- při vysokých koncentracích digestátu v rašelině docházelo s nejvyšší pravděpodobností k inhibici příjmu hořčnatého kationtu, a to z důvodu inhibičního působení nadměrných koncentrací amonného a draselného kationtu. Hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty rostlin, podíly sušiny a v případě gazanií i počty květů rostlin pěstovaných v běžných substrátech byly zpravidla srovnatelné s výsledky dosaženými u variant s přidávkou neseparovaného digestátu.

Závěrem můžeme tedy konstatovat, že přidávkem neseparovaného digestátu z BPS ZD Krásná Hora nad Vltavou do čisté rašeliny, lze vytvořit vhodný pěstební substrát. Která

varianta přidavku rašeliny je nejvýhodnější se však nepodařilo určit. Pro další výzkum je možné doporučit variantu rašeliny s nižšími přídávky digestátu (5 % popř. 10 %), ve kterých ovšem bude nutné regulovat stále nízké pH dodatečným vápněním.

## 9 Seznam literatury

**ABUBAKER, J., RISBERG, K. a PELL, M. 2012.** *Biogas residues as fertilisers – Effects on wheat growth and soil microbial activities.* Applied Energy. Volume 99, November 2012, 2012, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), stránky 126–134.

**ALBURQUERQUE, J. A.; DE LA FUENTE, C.; FERRER-COSTA, A.; CARRASCO, L.; CEGARRA, J. et al. 2012a.** *Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues.* Biomass and Bioenergy. Volume 40, May 2012, 2012a, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), stránky 181–189.

**ALBURQUERQUE, J. A., DE LA FUENTE, C. a BERNAL, M. P. 2012b.** *Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils.* Agriculture, Ecosystems and Environment. Volume 160, October 2012, 2012b, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), stránky 15–22.

**AMON, T. a BOXBERGER, J. 2000.** *Biogas Produktion from Farmyard Manure.* Gagnano, Italy : FAO European Cooperative Research, 2000. Sv. Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN).

**AMON, T., BOXBERGER, J. a JEREMIC, D. 2000.** *Neue Entwicklungen der Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen.* Puchberg am Schneeberg, Österreich : Österreichischen Biomasse-Verbandes, 2000.

**AMON, T., JEREMIC, D. a BOXBERGER, J. 2001a.** *Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen: Potenziale und Technik.* München, Deutschland/Freising-Weihenstephan : Technische Universität München, 2001a. Sv. 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Land- und Gartenbau.

**AMON, T., JEREMIC, D. a BOXBERGER, J. 2001b.** *Neue Entwicklungen der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in Österreich.* Hohenheim, Deutschland : 5. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“, 2001b.

**BATT, J. 2012.** *Zpracování a využití kuchyňských odpadů.* České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2012.

**BIOM. 2013.** CZ Biom - České sdružení pro biomasu. [www.biom.cz](http://www.biom.cz). [Online] 2013. [Citace: 21. 2 2013.] <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/bps-krasna-hora>.

**BLUME, H. P.; BRÜMMER, G. W.; SCHWERTMANN, U.; HORN, R.; KÖGEL-KNABNER, I. et al. 2002.** *Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde.*

Stuttgart/Deutschland : Spektrum Akademischer Verlag, 2002. str. 607. ISBN: 3-8274-1324-9.

**BOUGNOM, B. P.; NIEDERKOFER, C.; KNAPP, B. A.; STIMPFL, E.; INSAM, H. 2012.** *Residues from renewable energy production: Their value for fertilizing pastures.* Biomass and Bioenergy. Volume 39, April 2012, 2012, www.sciencedirect.com, stránky 290–295.

**BROŽ, K. a ŠOUREK, B. 2003.** *Alternativní zdroje energie.* 1. vydání. Praha : vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02802-X.

**BUSTAMANTE, M. A.; ALBURQUERQUE, J. A.; RESTREPO, A. P.; DE LA FUENTE, C.; PAREDES, C. et al. 2012.** *Co-composting of the solid fraction of anaerobic digestates, to obtain added-value materials for use in agriculture.* Biomass and Bioenergy. Volume 43, August 2012, 2012, www.sciencedirect.com, stránky 26-35.

**Český normalizační institut. 2003.** *Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin - Část 18: Zkoušení obilovin - Stanovení obsahu dusíkatých látek.* místo neznámé : ČSN 46 1011-18 (461011), 2003. str. 8.

**DUBSKÝ, M., TLUSTOŠ, P. a KAPLAN, L. 2012.** *Využití pevné fáze digestátu pro přípravu pěstebních substrátů.* Praha : ČZU v Praze, 2012. stránky 53-58, Sborník z konference "Racionální použití hnojiv". ISBN 978-80-213-2331-5.

**EDER, B. a SCHULZ, H. 2004.** *Bioplyn v praxi.* [překl.] Marie Šedivá. 1. české vydání. Ostrava : Vydavatelství HEL, 2004. ISBN 80-86167-21-6.

**GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; BACENETTI, J.; NEGRI, M.; ARROJA, L. 2013.** *Comparative environmental performance of three different annual energy crops for biogas production in Northern Italy.* Journal of Cleaner Production. Volume 43, March 2013, 2013, www.sciencedirect.com, stránky 71–83.

**HABART, J. 2009.** *Možnosti nakládání s bioodpady, anaerobní technologie.* Praha : občanské sdružení Ekodomov, 2009. Sv. Sborník přednášek k seminářům "Dejte šanci bioodpadu - získejte finanční prostředky z OPŽP". ISBN/EAN 978-80-903559-6-5.

**HAVLÍČKOVÁ, K.; WEGER, J.; BOHÁČ, J.; ŠTĚRBA, Z.; HUTLA, P. et al. 2008.** *Rostlinná biomasa jako zdroj energie.* Průhonice : Výzkumný ústav Silvia Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., 2008. ISBN 978-80-85116-65-6 (VÚKOZ. Průhonice).

**HOLEČKOVÁ, Z. 2012.** *Využití neseparovaného digestátu jako součásti pěstebních substrátů.* Praha : ČZU Praha, 2012.

**JOHANSEN, A.; CARTER, M. S.; JENSEN, E. S.; HAUGGARD-NIELSEN, H.; AMBUS, P. 2013.** *Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant*

*materials on soil microbial community and emission of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O*. Applied Soil Ecology. Volume 63, January 2013, 2013, www.sciencedirect.com, stránky 36–44.

**KÁRA, J., PASTOREK, Z., PŘIBYL, E. et al. 2007.** *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., 2007. ISBN 978-80-86884-28-8.

**KOLÁŘ, L.; KUŽEL, S.; PETERKA, J.; ŠTINDL, P.; PLÁT, V. 2008.** *Agrochemical value of organic matter of fermenter wastes*. Plant, Soil and Environment - UZPI. Volume 54/Issue 8, 2008, <http://www.agriculturejournals.cz/uniqueFiles/01892.pdf>, stránky 321-328.

**KRAUS, J. a kolektiv autorů. 2007.** *Nový akademický slovník cizích slov*. [editor] Petr Dvořáček a Pokorná Dana. 1. vydání. Praha : vydavatelství Academia, 2007. ISBN 978-80-200-1351-4.

**MÄHNERT, P., HEIERMANN, M. a LINKE, B. 2005.** *Batch- and Semi-continuous Biogas Production from Different Grass Species*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, 2005. Manuscript EE 05 010. Vol. VII.

**MARSCHNER, H. 1995.** *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego CA/USA : Academic Press, 1995. str. 889. ISBN 0-12-473542-8.

**MUŽÍK, O. a SLEJŠKA, A. 2003.** *Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy*. www.biom.cz. [Online] CZ Biom, 14. 7. 2003. [Citace: 10. 12. 2012.] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>. ISSN 1801-2655.

**MŽP. 2009.** Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí - sekce ochrany klimatu a ovzduší a sekce technické ochrany ŽP. *K podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu*. místo neznámé : Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2009.

**PASTOREK, Z., KÁRA, J. a JEVIČ, P. 2004.** *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha : Vydavatelství FCC PUBLIC s.r.o., 2004. ISBN 80-86534-06-5.

**PÖSCHL, M., WARD, S. a OWENDE, P. 2010.** *Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways*. Applied Energy. Volume 87, Issue 11, 2010, www.sciencedirect.com, stránky 3305–3321.

**POSPÍŠIL, L. 2010.** *Zpracování BRO "suchou" fermentací*. Odpadové fórum. Ročník 11, 2010, Číslo 12/2010.

**RAYMENT, G. E. a LYONS, D. J. 2011.** *Soil chemical methods: Australasia*. Melbourne/Australia : CSIRO Publishing, 2011. str. 495. ISBN 06-430-6768-X.

**REHL, T. a MÜLLER, J. 2011.** *Life cycle assessment of biogas digestate processing technologies*. Resources, Conservation and Recycling. Volume 56, 2011, Sv. Issue 1, stránky 92–104.

**StatSoft. 2009.** *Statistica, ver. 9.1*. Praha : StatSoft Inc./StatSoft CR s.r.o., 2009. 1984-2010.

**STRAKA, F.; CIAHOTNÝ, K.; DOHÁNYOS, M.; JENÍČEK, P.; KAJAN, M. et al. 2010.** *Bioplyn*. III. zkrácené vydání. Praha : vydal GAS s.r.o., 2010. ISBN 978-80-7328-235-6.

**STRAKA, F.; DOHÁNYOS, M.; ZÁBRANSKÁ, J.; JENÍČEK, P.; DĚDEK, J. et al. 2006.** *Bioplyn*. 2. rozšířené a doplněné vydání. Praha : Vydavatelství GAS s.r.o., 2006. ISBN 80-7328-090-6.

**TAMBONE, F.; SCAGLIA, B.; D'IMPORZANO, G.; SCHIEVANO, A.; ORZI, V. et al. 2010.** *Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost*. Chemosphere. Volume 81, Issue 5, 2010, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.elsevier.com/locate/chemosphere), stránky 577–583.

**TROEH, F. R. a THOMPSON, L. M. 2005.** *Soils and soil fertility*. šestá. Iowa/USA : Blackwell Publishing Professional, sixth edition, 2005. str. 489. ISBN 0-8138-0955-X.

**VANĚK, V.; BALÍK, J.; ČERNÝ, J.; PAVLÍK, M.; PAVLÍKOVÁ, D. et al. 2012.** *Výživa zahradních plodin*. Praha : Academia, 2012. str. 572. ISBN 978-80-200-2147-2.

**VANĚK, V.; BALÍK, J.; PAVLÍKOVÁ, D.; TLUSTOŠ, P. 2007.** *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha : Profi Press, 2007. str. 167. ISBN 976-80-86726-25-0.

**ZDKH. 2013.** ZD Krásná Hora nad Vltavou a.s. [www.zdkh.cz](http://www.zdkh.cz). [Online] 2013. [Citace: 21. 2 2013.] <http://www.zdkh.cz/index.php/bioplynove-stanice/bioplyn-kh>.



## 10 Seznam použitých zkratek a symbolů

AP	potenciál acidifikace (Acidification Potential)
BPS	bioplynová stanice/bioplynové stanice
BRO	biologicky rozložitelné odpady
ČOV	čistírna odpadních vod
EN	normy platné v Evropské unii (EUROPÄISCHE NORM)
EU	Evropská unie
GWP	potenciál globálního oteplování (Global Warming Potential)
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ND	neseparovaný digestát