
RESEARCH INTO THE USE OF BIODEGRADABLE WASTE

Mrkvica M.

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

E-mail: xmrkvica@node.mendelu.cz, michal.mrkvica@sita.cz

ABSTRACT

A topic of biodegradable wastes is becoming very discussed in this time. The reason is changes in legislation EU, which indicates direction of the end of biological waste storage to a dump in last years. At waste treatment there are more possibilities of utilisation of biodegradable wastes. Decision depends on many factors. The most important are financial possibilities of a waste author and a type of biodegradable waste. After the most suitable technology determination it is necessary to apply the right process and keep to the terms. Correctly biodegradable waste utilize can be found in effective combination of two or more different technologies.

Key words: biodegradable waste, waste, composting, biogas, biogas plant, biomass combustion

ÚVOD

ZÁKLADNÍ POJMY TÝKAJÍCÍ SE BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ

Téma biologicky rozložitelných odpadů se stává v poslední době značně diskutovatelným. Je to zejména díky nově vydané legislativě EU která v posledních letech udává směr konce ukládání odpadů biologického charakteru na skládku.

Biologicky rozložitelný odpad (BRO)

Biologicky rozložitelné odpady se označují zkratkou „BRO“ a §33a zákona o odpadech BRO definuje jako jakýkoli odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu.

Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO)

Biologicky rozložitelný odpad, který je obsažen v komunálním odpadu. Mezi tyto odpady patří separovaný odpad z domácností a zahrad, dále odpady z veřejné zeleně, z tržišť a odpady z kuchyní a stravoven. (1)

Kompostování

Aerobní proces, při němž se činností mikro a makro organismů za přístupu vzduchu přeměňuje využitelný bioodpad na stabilizovaný výstup – kompost.

Anaerobní digesce

Řízený a kontrolovatelný mikrobiální mezofilní nebo termofilní rozklad organických látek bez přístupu vzduchu v zařízení bioplynové stanice za vzniku bioplynu, digestátu nebo rekultivačního digestátu.

Vytříděný kuchyňský odpad z kuchyní, jídelen a stravoven

Odpad pouze rostlinného charakteru (například zbytky zeleniny a ovoce), který nepřišel do kontaktu se surovinami živočišného původu (například se syrovým masem, syrovými produkty rybolovu, syrovými vejci nebo syrovým mlékem). (2)

MATERIÁL A METODIKA

MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ

Při zpracování bioodpadu se nabízí několik možností více či méně efektivního využití. Rozhodnutí závisí na mnoha faktorech. Nejdůležitější jsou finanční možnosti původce odpadu a druh bioodpadu. Správné využití bioodpadu se může mnohdy nacházet v efektivní kombinaci dvou nebo více různých technologií.

1) Energetické využití spalováním

Tato možnost v sobě skrývá zcela jistě mnoho výhod. Vytápění objektů biomasou začíná v poslední době silný rozvoj. Při použití moderních kotlů se spalováním dřevoplynu lze tuto technologii

považovat za ekologickou, při využití peletek lze dokonce hovořit o plně automatickém provozu. V neposlední řadě je to jedna z nejlevnějších možností vytápění. Přes tyto nesporné výhody je technologie spalování biomasy ovlivněna mnoha negativními faktory. Je to především výběr vhodného typu biomasy. Omezuje se na materiály s vysokým obsahem sušiny a nízkým obsahem škodlivin (například síry). Přímé spalování je vhodné u materiálů s obsahem sušiny od 70 do 100 %. Spalováním však vznikají jednak skleníkové plyny (CO_2 , NO_x), jednak popel, jenž vyžaduje další likvidaci. (3)

Z hlediska energetického využití jde v podmínkách České republiky většinou o dřevo (či jeho odpad), slámu a jiné zemědělské zbytky a exkrementy užitkových zvířat, či o energeticky využitelný komunální odpad nebo plynné produkty odpadající při provozu čistíren odpadních vod.

V zásadě existují dva typy základních procesů:

- suché procesy
- mokré procesy

Nejčastěji přicházejí v úvahu přímé spalovací procesy vlastní primární biomasy (např. spalování dřeva), nebo spalování produktů mokrých nebo suchých procesů (bioplyn, dřevoplyn). Může se jednat o širokou škálu konkrétních zařízení, jako jsou např.:

- kotle na přímé spalování biomasy (v jakékoliv formě) na výrobu teplé nebo horké vody
- kotle na výrobu páry v eventuelní kombinaci s parní turbínou
- zplyňovací zařízení v kombinaci s kotlem nebo kogenerační jednotkou (spalovací motor nebo turbína)
- kogenerační jednotka (spalovací motor nebo turbína) na využití bioplynu
- a podobně, vč. různých kombinací.(3)

2) Kompostování

Kompostování je technologií nabízející zpracování odpadní biomasy nejjednodušší a nejlevnější cestou. K jejím hlavním nevýhodám patří absence jakéhokoliv přímého energetického zhodnocení.

Základy kompostování

Hlavní podmínky pro urychlení celého procesu lze shrnout do následujících bodů:

- volba správného surovinového složení základky kompostu
 - výběr vstupních surovin,
 - příprava surovin do základky kompostu,

- sledováním procesních podmínek
 - měření fyzikálně-chemických vlastností (teplota, vlhkost, stupeň provzdušnění apod.)
- využívání zařízení zajišťujících vhodné procesní podmínky
 - provzdušňování a promíchávání kompostu – překopávání,
 - úprava vlhkosti kompostu,
 - přikrývání kompostu kompostovací plachtou (mikroklima v hromadě).

Při dodržování uvedených podmínek lze předpokládat, že se doba zrání kompostu při živelném průběhu (neřízeného procesu), která je 3 – 6 měsíců a o jejíž délce rozhoduje zejména surovinová skladba, homogenita surovin v hromadě a např. i roční období, výrazně urychlí. Kompostovací proces (řízený), kdy je každý zásah přesně načasován a má své opodstatnění, proběhne za dobu 6 - 8 týdnů.

Surovinová skladba základky kompostu

Jedním ze základních předpokladů pro správný průběh kompostování je vhodný výběr surovin do základky kompostu. Optimální surovinovou skladbu ovlivňuje celá řada faktorů, přičemž největší význam má správný poměr uhlíku a dusíku (poměr C:N) a počáteční vlhkost.

Poměr C:N u čerstvě založeného kompostu by se měl pohybovat v rozmezí (20 - 40) : 1 v lepším případě (30 - 35) : 1. Spolu s hodnotou poměru C:N je třeba zaručit počáteční vlhkost v rozmezí 50 - 60 %.

Příprava vstupních surovin

Aby bylo možné kompost založit podle receptury optimální surovinové skladby, musí být zpracovávány suroviny, které budou splňovat alespoň základní požadavky pro kompostování. Proto musí být věnována pozornost přípravě zakládaných surovin, případně i jejich vhodnému uskladnění před samotným založením do kompostovaných hromad.

Příprava zahrnuje procesy, které vedou k dosažení optimální velikosti částic, rovnováhy živin a obsahu vlhkosti vstupních surovin v rozmezí 50 až 60 % pro podporu mikrobiální aktivity.

Zejména dřevní biomasa, zakládaná do kompostovaných hromad, vyžaduje pro snadnější promíchání a homogenizaci kompostovaných surovin rozmělnění či rozdrčení (jemnou desintegraci).

Sledování procesních podmínek

Zabezpečení optimálních podmínek pro existenci a činnost mikroorganismů je základní podmínkou pro správný průběh kompostovacího procesu a dosažení požadované kvality výsledného produktu.

Optimální podmínky pro mikroorganismy lze zajistit monitorováním určitých fyzikálních, chemických a mikrobiologických vlastností zpracovávaných surovin a řízením celého procesu.

Aerobní mikroorganismy potřebují pro svoji činnost kromě živin i dostatek vlhkosti a vzdušného kyslíku. Zakládka kompostu proto musí splňovat předpoklady pro možnost výměny plynů mezi kompostovanými surovinami a okolím. Musí být porézní a kyprá, nesmí být ani příliš suchá, ani příliš převlhčená. Na vlhkost zakládky má vliv i složení a struktura kompostovaných surovin, zejména jejich pórovitost. (4)

Vliv teploty: Po založení kompostu dochází v krátkém čase k vzestupu teplot uvnitř zakládky, což signalizuje vhodné podmínky pro rozvoj mikroorganismů. Rozklad materiálu se rozděluje do tří fází:

1. Fáze rozkladu
2. Fáze přeměny
3. Fáze výstavby (syntézy)

ad 1) Fáze rozkladu

Tato fáze trvá asi tři až čtyři týdny, teplota stoupá podle výchozího materiálu na 50 až 70 °C. Je to činnost milionů bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny, jako jsou např. cukry, bílkoviny a škrob. Konečným produktem jsou malé "stavební kameny" - např. dušičnany, oxid uhličitý, čpavek, aminokyseliny a polysacharidy. Živiny, které jsou vázány v organické hmotě, se tak uvolňují a zčásti přecházejí až do původní minerální formy. Tento proces se proto nazývá také jako "mineralizace".

ad 2) Fáze přeměny

Trvá od čtvrtého až do osmého respektive desátého týdne. Teplota začíná opět klesat, mineralizované živiny jsou jako základní kameny zabudovány do "humusového komplexu". Kompost získává stejnoměrně hnědou barvu, drobtovitou strukturu.

ad 3) Fáze syntézy (zralosti)

Když je kompost ponechán ještě déle, získává stále více zemitou strukturu. "Živý humus" se přeměňuje na "trvalý humus", hnojařský účinek je slabší (živiny jsou pevněji vázány), účinnost humusu se však zvyšuje.

Většina mikroorganismů v organickém materiálu je mezofilních (optimální teplota jejich rozvoje je 20-30 °C). Avšak až při vyšších teplotách začíná převažovat skupina termofilních aerobních mikroorganismů, které jsou pro správný průběh kompostování nezbytné. Optimální výše této teploty se pohybuje v rozmezí 45-65 °C.

Tato teplota zaručuje likvidaci klíčivosti semen plevelů, patogenních mikroorganismů apod.

Poměr C:N

Tento důležitý parametr určuje pravděpodobnou rychlost rozkladu organických zbytků. Optimální hodnota tohoto poměru se pohybuje (20-30):1 u zralého kompostu (vysoká stabilita).

Při poměru menším než 15:1, bude rozklad rychlý, ale dusík se může ztrácet jako amoniak, protože množství dusíku převažuje metabolickou potřebu mikroorganismů. Hmoty s poměrem C:N nad 50:1 se rozkládají pomalu, prodlužuje se zrání kompostu. Pro čerstvě založený kompost složený z převážné části ze zbytkové biomasy je vhodný poměr C:N= (30-35):1. Vzhledem k tomu, že u travní biomasy se C:N pohybuje kolem hodnoty 20:1 je třeba materiálovou skladbu doplnit komponenty se širokým poměrem C:N (piliny, sláma).

Vlhkost a provzdušňování

S obsahem organické biomasy v kompostu zpravidla stoupá i pórovitost, a tím i požadavek na vyšší vlhkost. V průběhu zrání se snižuje pórovitost a klesá požadavek na vlhkost. Avšak vzhledem k tomu, že se v průběhu kompostování část vody odpařuje, je v některých případech nutno upravovat vlhkost v průběhu zrání přidáváním dalších tekutin.

Hodnota pH

Optimální hodnota pH u čerstvého kompostu se pohybuje v rozmezí 6-8, protože většina mikroorganismů vykazuje nejprůběžnější rozvoj a aktivitu právě v tomto rozmezí. (5)

Základní typy kompostováníDomácí kompostování

Nejjednodušší a nejlevnější zpracování bioodpadu. Odpad se zpracuje přímo u zdroje, není nutná žádná další manipulace. Zpracovatel pro svoji potřebu získává kvalitní hnojivo – kompost. Pro sběr kuchyňského odpadu a odpadu z údržby domácí okrasné zeleně je vhodný uzavřený kompostér. V uzavřeném kompostéru je kompost chráněn a lze dosáhnout kvalitní hygienizace. Musí se však hlídat, aby byl materiál v kompostéru dostatečně vlhký a provzdušněný.

Komunitní kompostování

Uplatňuje se tam, kde je určitá komunita občanů, kteří nemají možnost domácího kompostování. Při vhodné zvolené poloze kompostoviště se jedná o jednoduchý a levný způsob zpracování bioodpadu. Větší kumulace odpadu může usnadnit, urychlit a zkvalitnit kompostovací proces.

Komunální kompostování

Zpracování bioodpadu řeší obec. Způsob zpracování je dán místními podmínkami, které mají rovněž vliv na systém sběru a svoz bioodpadů. Vznikají náklady spojené s manipulací a se zpracováním bioodpadu. Tyto náklady se většinou pokryjí úsporou, která vzniká odděleným zpracováním bioodpadu. Odpadají totiž vysoké poplatky za skládkování nebo spalování. Vzniká kompost, který se využívá například pro obnovu a údržbu veřejné zeleně.

Při vermikompostování se využívá schopnosti žížal přeměňovat rostlinné zbytky na velmi kvalitní organické hnojivo - vermikompost. Tento způsob kompostování ocení lidé, kteří nemají vlastní zahradu, na které by mohli kompostovat. Vermikompostér lze umístit na balkón, na terasu, do garáže nebo do předsíně. Při dodržování správných zásad vermikompostování obsah kompostéru nezapáchá. (1)

Nejdůležitější přínosy kompostování jsou:

- efektivní využití odpadní biomasy,
- zabezpečení koloběhu uhlíku v přírodě,
- upevnění vazby dusíku,
- proces obnovy a zlepšení půdní úrodnosti,
- komerční využití odpadů,
- hygienizace prostředí

V dnešní době nelze omezovat kompostování na technologii používanou výhradně v zemědělství. Tato technologie splňuje veškeré předpoklady pro její využití také v odpadovém hospodářství. (3)

3) Anaerobní fermentace

Tato technologie nabízí jedinečnou možnost výroby bioplynu a kvalitního hnojiva zároveň. Pro zpracování bioplynu se nabízí mnoho možností, jako nejvýhodnější se ale ukazuje spalování v kogenerační jednotce (současná výroba tepla a elektrické energie). Technologie anaerobní fermentace ale naráží na několik problémů. Je technicky velmi náročná a tudíž ekonomicky nejistá (od reaktorů, dopravních zařízení až po zařízení na čištění bioplynu). Vhodné materiály jsou odpady z živočišné výroby, organické komunální odpady, organické odpady z potravinářské výroby a další s obsahem sušiny od 3 do 30 %. Vhodnou kombinací materiálů lze tyto meze rozšířit od 0 do 50 % sušiny.

Základy anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace organických materiálů- metanizace - je souborem na sebe navazujících procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Na tomto rozkladu se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů, kde produkt jedné skupiny se stává substrátem skupiny druhé a proto výpadek jedné ze skupin má za následek narušení celého systému. Konečnými produkty jsou vzniklá biomasa, plyny (CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S) a nerozložitelný zbytek organické hmoty, který je z hlediska hygienického a senzorického stabilizován.

Proces je rozdělen na 4 fáze (stadia rozkladu):

hydrolyza- přítomné anaerobní bakterie, ještě nikoli metanové bakterie, přeměňují makromolekulami rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky (bílkoviny, polysacharidy, tuk, celulózu) pomocí extracelulárních hydrolytických enzymů, produkovaných fermentačními bakteriemi, na nízkomolekulární látky (monosacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny, voda) rozpustné ve vodě.

acidogeneze- v této "kyselé" fázi jsou rozkládány produkty hydrolyzy na jednodušší organické látky (kyseliny, alkoholy, CO_2 , H_2). Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukováných produktů, které jsou závislé na charakteru původního substrátu a podmínkách prostředí. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová, CO_2 a H_2 při vyšším jsou tvořeny vyšší organické kyseliny, kys.mléčná, ethanol apod.

acetogeneze- probíhá oxidace produktů acidogeneze na CO_2 , H_2 a kyselinu octovou, která je také tvořena acetogenní respirací CO_2 , H_2 homoacetogenními mikroorganismy. Účast těchto mikroorganismů produkujících vodík je nezbytná, poněvadž rozkládají kyselinu propionovou a ostatní organické kyseliny vyšší než octovou, alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Jsou zde zastoupeny i minoritní skupiny organismů (sulfátoreduktanty, nitrátoreduktanty) produkující vedle kyseliny octové a vodíku také sulfan a dusík.

metanogeneze- je poslední fází procesu obsahující metanogenní organismy, které rozkládají některé jednodušší látky (metanol, kyselina mravenčí, metylamin, CO_2 , H_2 , CO) a kyselinu octovou. Jsou nejdůležitější trofickou skupinou, mají specifické požadavky na substrát i životní podmínky a vedle acetogenů zpracovávajících kyselinu propionovou se často stávají limitujícím faktorem celého procesu. Podle specifiky substrátu je lze rozdělit na pouze hydrogenotrofní nebo pouze acetotrofní,

Působením Acetotrofních metanogenních bakterií vzniká více než 2/3 CH_4 v bioplynu. Rozkládají kyselinu octovou na směs metanu a CO_2 . Jsou schopny udržovat pH fermentačního média, protože odstraňují kyselinu octovou a produkují CO_2 . Ve srovnání s druhou skupinou pomaleji rostou (generační doba několik dní).

Hydrogenotrofní metanogenní bakterie produkují metan z CO_2 a H_2 . Rostou poměrně rychle, jejich generační doba je cca 6 hodin. V anaerobním procesu působí jako samoregulator. Odstraňují z procesu vodík, jehož koncentrace by měla být při dobré činnosti organismů minimální. Vodíkem jsou nejvíce ovlivňovány acetogenní bakterie rozkládající kyselinu propionovou a máselnou. Pro tyto organismy je přítomnost hydrogenotrofních organismů životně důležitá.(6)

Faktory limitující anaerobní procesy a jejich technologický význam

Anaerobní rozklad organických látek je ovlivňován řadou faktorů, které buď ovlivňují prostředí mikroorganismů, nebo hrají roli při návrhu reaktoru.

Vliv teploty:

Ovlivňuje rychlost anaerobního rozkladu. V zásadě platí: čím vyšší je teplota, tím vzrůstá rychlost všech probíhajících procesů. Tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot (od 5°C do 95°C).

V praxi však většina anaerobních reaktorů pracuje v oblastech mezofilních teplot tj. při 30-40°C, a v menší míře v oblastech termofilních teplot tj. 45-60°C. Obecně můžeme říci, že čím je teplota vyšší, tím jsou bakterie citlivější na teplotní výkyvy, zejména jsou-li výkyvy krátkodobé a teplota klesne. Zatímco v mezofilní oblasti bakterie výkyvy teplot 2-3°C ještě zvládnou, tak v termofilní oblasti by výkyvy neměly být větší než 1°C. Při přechodu na jinou teplotu je nutná dlouhodobá adaptace biomasy.

Vliv pH:

Hodnota pH je závažný limitující faktor procesu, který je důležitý pro růst metanogenních bakterií. Většinou je nutné udržovat hodnotu pH v neutrální oblasti mezi 6,5 - 7,5, pod pH 6 a nad pH 8 je činnost mikroorganismů silně inhibována. U kejdy a hnoje tento stav nastává většinou samovolně ve 2. fázi procesu vlivem tvorby amoniaku. Nejčastější příčinou výkyvu pH je pokles vlivem přetížení reaktoru, kdy je produkce kyselin rychlejšími mikroorganismy vyšší než jejich spotřeba a dochází k jejich akumulaci v systému. Proto je nutné řídit zatížení podle množství a složení mastných kyselin v médiu, aby nedošlo ke zhroucení procesu nebo udržovat dostatečnou neutralizační kapacitu přidáním alkalizačních činidel.

Přítomnost nutriētů:

Pro zpracování a provoz reaktorů je nutný správný poměr N a P k organickým látkám. Potřebný poměr živin se udává jako CHSK: N: P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 až 500 : 6,7 : 1. Vedle dusíku a fosforu je žádoucí přítomnost řady mikronutrientů - Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W. Poslední výzkumy ukazují, že některé stopové prvky (Ni, Co, Mo) zvyšují metanogenní aktivitu.

Přítomnost toxických a inhibujících látek:

Za toxické nebo inhibující považujeme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičními účinky amoniaku a nižších mastných kyselin, jejichž tvorba je závislá na pH procesu.(7)

4) Další možnosti

Další možnosti zpracování odpadní biomasy jsou

- zplyňování,
- pyrolýza,
- alkoholové kvašení.

Veškeré tyto technologie jsou velmi náročné na technické zázemí. Vznikají specifické produkty s jednoúčelovým využitím. Tyto technologie jsou vhodné pouze pro určité technicko-ekonomické podmínky, zejména při produkci velkého množství stále stejného materiálu (například v potravinářství).(3)

LITERATURA

- (1) www.ekodomov.cz
- (2) Metodický návod o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady podle stávajících právních předpisů
- (3) <http://www.waste.cz/waste.php?clanek=09-04/uvod09-04.htm> (Ing. Jan Štykar)
- (4) <http://www.vuzt.cz/doc/clanky/zivotniprostredi/VUZT14Kompost.pdf?menuid=150>, Petr Plíva Ing., CSc., Mária Kollárová Ing. Ph.D.
- (5) KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. Biom.cz [online]. 2002-01-31 [cit. 2009-10-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- (6) STRAKA F. a kol. autorů: Bioplyn, GAS s.r.o., Říčany 2003, ISBN 80-7328-029-9
- (7) energie z biomasy III, seminář Brno 2004, Ing. Michal Žídek