

Vadlīnijas
“Atkritumu stadijas
izbeigšanās nosacījumu
izstrāde bioloģiskajiem
atkritumiem”

Līgums ar Latvijas vides aizsardzības fondu
Nr.1-08/121/2017, izpildītājs Latvijas
Atkritumu saimniecības asociācija

Rīga, 2018

Saturs

| <i>Nodaļa</i> | | <i>Lpp.</i> |
|-------------------|---|-------------|
| <i>Ievads</i> | | 3 |
| <i>1. nodaļa</i> | ES valstu izvirzīto prasību bioloģisko atkritumu pārstrādes nosacījumiem un beigu produkta kvalitātei, kas nosaka to atkritumu stadijas izbeigšanās pielietojumu | 8 |
| | <i>1.1.</i> ES dokumentu apskats | 8 |
| | <i>1.2.</i> Apkopojumā izmantoto pētījumu galveno secinājumu kopsavilkums | 9 |
| <i>2.nodaļa</i> | Biotehnoloģiskie procesi | 11 |
| | <i>2.1.</i> Kompostēšanas process | 11 |
| | <i>2.2.</i> Bioloģisko atkritumu anaerobā pārstrāde | 16 |
| | <i>2.3.</i> Bioloģiski noārdāmo atkritumu labāko pieejamo anaerobās pārstrādes tehnoloģiju apraksts | 18 |
| <i>Literatūra</i> | | 24 |

Ievads

Projekta "Atkritumu stadijas izbeigšanās nosacījumu izstrāde bioloģiskajiem atkritumiem" mērķis ir, sadarbojoties projekta īstenošanā starp nevalstisko organizāciju- Latvijas Atkritumu saimniecības asociāciju un vides institūciju - VARAM, sniegt risinājumu aktuālai vides problēmai – atkritumu stadijas izbeigšanās nosacījumu izstrādei bioloģisko atkritumu pārstrādes produktiem – kompostam un digestātam, kas veicinātu vides stāvokļa uzlabošanos, samazinot poligonos apglabāto bioloģisko atkritumu daudzumu, un sekmētu aprites ekonomikas ieviešanu atkritumu saimniecības nozarē.

Projektā tika paredzēti sekojoši uzdevumi:

- 1. Sadarboties ar VARAM Vides aizsardzības departamenta darbiniekiem, precizēt izstrādājamās prasības bioloģisko atkritumu beigu statusa noteikšanai.*
- 2. Iepazīties ar ES valstu izvirzītajām prasībām bioloģisko atkritumu pārstrādes nosacījumiem un beigu produkta kvalitātei, kas nosaka to atkritumu stadijas izbeigšanās pielietojumu.*
- 3. Noteikt pamatīpašības dažādi sagatavotu bioloģisko atkritumu masu identifikācijai, sistematizējot tās nosacījumu veidā.*
- 4. Saskaņot atbilstības prasības starp bioloģisko atkritumu īpašībām un to izmantošanas veidiem.*
- 5. Izstrādāt vadlīnijas atkritumu stadijas izbeigšanās statusa izmantošanai bioloģiskajiem atkritumiem.*
- 6. Sagatavot nepieciešamo materiālu normatīvo aktu dokumentācijas izstrādei.*
- 7. Iesniegt sagatavotos materiālus un prezentēt projekta rezultātus VARAM.*

Projekta izstrādes rezultātā bija paredzēts, ka tiks:

- 1. Sagatavots materiāls par ES valstu izvirzītajām prasībām bioloģisko atkritumu pārstrādes nosacījumiem un beigu produkta kvalitātei, kas nosaka to atkritumu stadijas izbeigšanās pielietojumu.*
- 2. Noteiktas pamatīpašības dažādi sagatavotām bioloģisko atkritumu masām, veikta to identifikācija, sistematizējot pamatīpašību prasības nosacījumu veidā.*
- 3. Izstrādāti nosacījumi, kas saskaņo atbilstības prasības starp bioloģisko atkritumu īpašībām un to izmantošanas veidiem.*
- 4. Izstrādātas vadlīnijas atkritumu stadijas izbeigšanās statusa izmantošanai bioloģiskajiem atkritumiem.*
- 5. Sagatavoti un iesniegti nepieciešamie materiāli normatīvo aktu dokumentācijas izstrādei.*
- 6. Prezentēti projekta rezultāti VARAM.*

Projekta izstrādes gaitā, sarunās ar VARAM pārstāvjiem tika panākta vienošanās, ka sagatavotais materiāls sniegs iespēju jaunu MK noteikumu izstrādei.

Sagatavotais materiāls balstās uz ES izvirzītajām prasībām, kas nosaka bioloģisko atkritumu pārstrādes produktu vai tirgojamo preču gala statusa piešķiršanas nosacījumus. Tā izstrāde pamatojas uz veikto literatūras analīzi, bioloģisko atkritumu un to produktu – komposta un digestāta analīžu rezultātiem, kā arī ekspertu praktisko pieredzi darbā ar bioloģisko atkritumu pārstrādes aerobajiem un anaerobajiem procesiem, Visi projekta izstrādei nepieciešamie materiāli ir apkopoti vadlīnijās un to pielikumos. Atšķirībā no iepriekšējām prasībām par videi drošu materiālu izmantošanu (piem noteikumu dūņu kompostam), kas nosaka gala produkta kvalitāti pēc noteiktām pieļaujamajām parametru vērtībām, šajā gadījumā ir izvirzītas prasības ne tikai gala produktam, bet visai procesa ķēdei- sākot no izejas materiāliem, to savākšanas un uzglabāšanas, pārstrādes procesam un tā parametriem, kā arī sagatavotā produkta kvalitātes rādītājiem. Visa procesa ķēdes kontrole nodrošina, ka saražotais produkts ir kvalitatīvs un būtiski nemainās no partijas uz partiju. Līdz ar to nav nepieciešama pārbaude katrai saražotajai partijai un gala produkta pārbaudes prasības atšķiras ar savu biežumu.

Sagatavotā materiāla mērķis ir noteikt prasības gala statusa piešķiršanai bioloģisko atkritumu pārstrādes produktiem – kompostam un digestātam. Tas dod iespēju produkta ražotājam, izpildot visas izvirzītās prasības, ražot vairs ne atkritumu produktu, bet precī Latvijai vai citu ES valstu tirgiem

Apzinot esošo situāciju atkritumu saimniecības nozarē, projektu uzsākot tika apskatītas bioloģisko atkritumu (BA) apsaimniekošanas attīstības iespējas valstī, izstrādājot pārstrādes produkta – komposta vai digestāta, kā arī to ražošanas procesa kvalitātes prasības, kas veicinās šo produktu tirgus attīstību un izmantošanu. BA, kas ir bioloģiski noārdāmi dārzu vai parku atkritumi (kods 200201), mājāsaimniecību, restorānu, sabiedriskās ēdināšanas iestāžu un mazumtirdzniecības telpu pārtikas un virtuves atkritumi un citi tiem pielīdzināmi pārtikas ražošanas atkritumi (kods 200108), Latvijā tiek klificēti ar attiecīgiem kodiem. Apkopojot valsts statistikas datus par galvenajām atkritumu plūsmām, kuru sastāvā ir vai, kuras veido bioloģiskie atkritumi, ir izveidota 1. tabula.

1.tabula. Galvenās bioloģisko atkritumu plūsmas un to pārstrāde Latvijā (2010. -2016.g.), tonnas

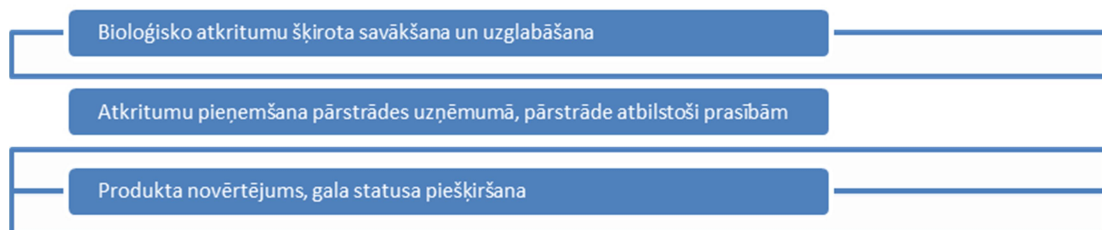
| Gads | Bioloģiski noārdāmie virtuves atkritumi, 200108 kods | | | | Bioloģiski noārdāmie atkritumi, 200201 kods | | | | Nešķiroti sadzīves atkritumi, 200301 kods | | | |
|------|--|---------|-------------|----------|---|---------|-------------|----------|---|---------|-------------|----------|
| | Radīti | Savākti | Pārstrādāti | Nogabāti | Radīti | Savākti | Pārstrādāti | Nogabāti | Radīti | Savākti | Pārstrādāti | Nogabāti |
| 2010 | 43.6 | - | - | - | 996 | 5 348 | | 8 257 | 138173 | 512987 | 5 | 568517 |
| 2011 | 32 | 8.9 | - | - | 4 126 | 20 818 | 10 508 | 1 799 | 162675 | 412157 | 10828 | 509751 |
| 2012 | 51 | 36 | 10 | - | 2 381 | 35 857 | 13 180 | 1 320 | 108340 | 495959 | 35388 | 502206 |
| 2013 | 54 | 33 | 11 | - | 27818 | 29874 | 48 808 | 1 702 | 100899 | 510109 | 56469 | 503733 |
| 2014 | 70 | 21 | - | - | 46992 | 41089 | 69 577 | 1 134 | 109512 | 525464 | 66778 | 506692 |
| 2015 | 79 | 31 | 3 | 2 | 40770 | 49 642 | 60 064 | 39 095 | 97 659 | 560774 | 99325 | 442369 |
| 2016 | 67 | 75 | 1.09 | 7.21 | 11931 | 53182 | 2 114 | 37 554 | 78 524 | 550362 | 398750 | 137097 |

Novērtējot datus, jāsecina, ka pamatā BA tiek savākti neatšķiroto atkritumu plūsmā un nonāk apglabāšanā poligonos. Ņemot vērā, ka ir vērojama būtiska neatbilstība starp radīto, savākto un pārstrādāto atkritumu daudzumu, 2016. gadā tika pilnveidota datu uzskaites sistēma un atskaitēs par savāktajiem atkritumiem no pašvaldībām ieviesta kodu sistēma, kas norāda arī cik BA ir savākts. Šajā gadā tika pieņemti arī jaunie ministru kabineta

nosacījumi par atkritumu kompostēšanas laukumu izveidi, kas būtiski samazināja prasības zaļo dārza atkritumu kompostēšanai. Taču iespējas sagatavot kvalitatīvu precīgu republikas tirgum, tas neuzlaboja, jo netika izstrādātas kopējās prasības, kas atkritumu produktu pielīdzinātu kvalitatīvai precei, uz kuru netiek attiecināti atkritumu apsaimniekošanas normatīvie akti. Līdz ar to klasifikatora kodu sistēmā neparādās novērtējums – izmantoti kā sagatavota prece.

Balstoties uz līguma, kas noslēgts ar VARAM un tiek finansēts no Latvijas vides aizsardzības fonda (Nr.1-08/121/2017), tika izstrādāti nosacījumi, kas sagatavoti atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2008/98/EK par atkritumiem prasībām, kas ir transponētas MK 2011.g. noteikumos Nr.302, noteiktu veidu BA apsaimniekošanai - kā pārstrādi izmantojot aerobos vai anaerobos procesus.

Produktu kvalitātes prasības izstrādātas iekļaujot prasības BA savākšanai, izejmateriāla kvalitātei, tā pirmapstrādes, uzglabāšanas un pārstrādes prasības, kā arī beigu produkta kvalitātes prasības, kas nosaka sagatavotās izejvielas vai produkta gala īpašības, un liecina, ka sagatavotais materiāls vai produkts var tikt tālāk droši izmantots, nepiemērojot administratīvo procedūru saistībā ar atkritumu apsaimniekošanu. Atkritumu produkta gala statusa iegūšanai ir jāizpildās sekojošiem nosacījumiem - sagatavoto produktu parasti izmanto noteiktam nolūkam; pastāv tirgus vai pieprasījums pēc šāda produkta; produkts atbilst normatīvajos aktos noteiktajām tehniskajām prasībām šāda produkta turpmākai izmantošanai un prasībām attiecīgajam produktam; produkta izmantošana nerada negatīvu ietekmi uz vidi un cilvēku veselību. Gala produkta sagatavošanas prasību izpildes shēma ir sniegta 1. attēlā.



1.attēls. Gala produkta sagatavošanas prasību izpildes shēma

Veicot pašreizējo līdzīga veida produktu analīzes, tika noteikts, ka tīri izejas materiāli var tikt izmantoti kvalitatīvu gala produktu ražošanai (skat.. 2. tabulu). Savukārt biomasa, kas iegūta pēc mehāniskās šķirošanas, vai satur notekūdeņu dūņas, nav izmantojama ne kvalitatīva komposta, ne arī digestāta ražošanai.

2.tabula Veikto analīžu kopsavilkums dažādiem bioloģisko atkritumu produktiem

| Rādītājs | Vērtība | Limits, ES | Limīts kompostam Latvijā | Bio-komposts no dārzu un parku atkritumiem | Dūņu komposts | Dūņas uz lauka | Dūņas ienāk ošas tenkā | Dūņas pēc tenka | Digestāts | Pārtikas atkritumi | Pārtikas atkritumi priekš - apstrādei | Tehnikais komposts no SA |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|--------------------------|--|---------------|----------------|------------------------|-----------------|-----------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Mitrumš | % | | | | 75,5 | 80,3 | 88,3 | 53,8 | 90,8 | 61 | 53,1 | 32,8 |
| Sausnā | % | | 10 | 62 | 24,5 | 19,3 | 11,7 | 46,2 | 9,2 | 39 | 46,9 | |
| Organiskā viela | % (svara, sausai masai) | 15 | 5 | 8,3 | 50,8 | 62,5 | 66,8 | 22 | 49,2 | 96,9 | 97 | |
| Nezāļu sēklu dīgšanas rādītājs | (dīgšanas ātrums) | 2 sēklas/litrā | | | | | | | | | | |
| PAO16 (PAH16) | summa | 6 | | 1,053 | 7,52 | 4,223 | 6,43 | 13,3 | 3,51 | <0,025 | <0,025 | |
| Gaistošās organiskās skābes | mg/l | 50 | | | 1100 | 2040 | 1650 | 440 | 1853 | <0,3 | <0,3 | |
| E.coli skaits | KV V/g svai gas masas | 1000 | 1000 | <10 | <10 | 6193 | 22649 | 16728 | <10 | 859 | <10 | |
| Salmonella spp. | skaitis 25 g svai gā para ugā (svara) | Nav | Nav | Nav | Nav | Nav | Ir konstatēts | Nav | Nav | Nav | Nav | |
| Hlors | % masas | | 0,02 | | | | | | <1 | | | |
| Dzīvs udrabs | mg/kg | 1 | 2 | <1 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <1 |
| Cinks | mg/kg | 600 | | 105 | 1762 | 1187 | 877 | 1178 | 146 | 29,4 | 41,1 | 2455 |
| Kadmījs | mg/kg | 1,5 | 3 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <0,17 | <0,2 | <0,2 | 1,1 |
| Varš | mg/kg | 200 | 10 | 20 | 792 | 487 | 354 | 472 | 36,5 | 2,5 | 3,4 | 210 |
| Niķelis | mg/kg | 50 | 100 | 7 | 47 | 28 | 27 | 32 | 6,76 | 1,6 | 2,5 | 75 |
| Svins | mg/kg | 120 | 150 | 25 | 107 | 78 | 35 | 58 | 3,14 | 0,2 | 0,2 | 148 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|---------------------------|---|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-----|
| | kg | | | | | | | | | | | |
| Hroms | mg/ kg | 100 | - | 8 | 209 | 47 | 40 | 60 | <1 | 1,7 | 2,7 | 199 |
| Arsēns | mg/ kg | - | 50 | | <3 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,2 | <0,2 | 10 |
| Svešķermeņi (stikls, metāls, plastmasa) | (masas %) noteikts ar 2 mm sietu | 0,50% | 0,5% lielākas par 4 mm | | <0,01 | <0,01 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 52% |

1.nodaļa

ES valstu izvirzītās prasības bioloģisko atkritumu pārstrādes nosacījumiem un beigu produkta kvalitātei, kas nosaka to atkritumu stadijas izbeigšanās pielietojumu

1.1. ES dokumentu apskats

ES atkritumu apsaimniekošanas struktūra tiek veidota ņemot vērā galvenās nozares stratēģijas, kas veidotas balstoties uz trīs galvenajām direktīvām (2008/98/EK Direktīva par atkritumiem; 1999/31/EK Direktīva par atkritumu poligoniem; 1013/2006 Eiropas padomes un parlamenta regula par atkritumu sūtījumiem) un normatīvajiem aktiem, kuri regulē atsevišķu atkritumu veidu apsaimniekošanu. ES pamatnostādnes attiecībā uz atkritumu apsaimniekošanas politiku ir balstītas uz diviem galvenajiem pamatprincipiem - atkritumu hierarhijas un piesārņotājs maksā – ievērošanu [EP Briefing, July 2015. *Understanding waste streams. Treatment of specific waste. 12pp*].

Direktīvā par atkritumiem 2008/98 noteikti arī galvenie principi, pēc kuriem būtu nosakāms atkritumu stadijas izbeigšanās statuss to pārstrādē iegūtajiem produktiem, tajā skaitā arī bioloģisko atkritumu pārstrādes produktiem.

Eiropas komisija ir apstiprinājusi divus svarīgus dokumentus, ar kuriem būtiski tiek precizēta procedūra un nosacījumi, ar kādiem iespējama atkritumu statusa izbeigšana – 2008. gadā ir apstiprināts gala ziņojums "Atkritumu statusa izbeigšanas kritēriji" ("*End-of-waste criteria*" Final Report. European Commission. Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies. 2008. 304 pp) un 2014. gadā tehniskie priekšlikumi "Atkritumu statusa izbeigšanas kritēriji bioloģiskai pārstrādei (komposts un digestāts) paredzētiem bionoārdāmiem atkritumiem" (Hans Saveyn, Peter Eder "*End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals.*" Final Report. European Commission. Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies. 2014. 312 pp).

Nolūkā sakārtot bioloģisko atkritumu sektoru, ir veikta virkne dažādu pētījumu - gan atsevišķu valstu, gan kopienas līmenī. Pētījumos, tajā skaitā, lai sagatavotu iepriekš minētos tehniskos priekšlikumus, ir noskaidroti galvenie bioloģisko atkritumu rašanās avoti, veidi, savākšanas un pārstrādes metodes. Pētīta izejvielu un gala produktu kvalitāte atkarībā no to izcelsmes un sākotnējā apstrādē un pārstrādē izmantotajām metodēm. Virknē valstu šobrīd jau darbojas nacionāla līmeņa regulējumi attiecībā uz bioloģisko atkritumu pārstrādes produktu tālākas izmantošanas nosacījumiem. Atsevišķos pētījumos apkopota arī šī valstu pieredze.

Ņemot vērā lielo pētījumu skaitu, kā arī to kvalitātes dažādību, šajā apskatā izmantoti galvenokārt ES finansēto un pasūtīto pētījumu rezultāti un secinājumi, kā arī Lielbritānijas programmā WRAP (*Waste and Resources Action Programme*) (<http://www.wrap.org.uk/about-us/>) veiktie pētījumi un izstrādātie dokumenti. Iegūts

ieskats arī ASV pieredzē par drošu bioatkritumu pārstrādi un produktu izmantošanas nosacījumiem (www.digestate.org).

1.2. Apkopojumā izmantoto pētījumu galveno secinājumu kopsavilkums

Bioloģiski noārdāmo atkritumu pārstrādē visbiežāk izmantotās metodes ir kompostēšana (aerobā pārstrāde) un pārstrāde biogāzes ražotnēs (anaerobā pārstrāde). Anaerobajā un aerobajā pārstrādē tiek izmantotas vienādas izejvielas. Iegūtie gala produkti – digestāts un komposts – tiek izmantoti tiem pašiem mērķiem – augsnes uzlabošanai un mēslošanai. Līdz ar to arī prasības to gala statusa iegūšanai ir vienādas.

Biogāzes ražotnēs tiek iegūta elektroenerģija un siltumenerģija, saražotais digestāts ir augstas vērtības mēslojums, kurš satur gan augiem nepieciešamās P-K-N barības vielas, gan mikroelementus. Nozīmīgi ir tas, ka anaerobajā pārstrādē nenotiek šo elementu zudumi – visi elementi ko satur substrāts, nonāk arī gala produktā, diemžēl arī nevēlamie organiskie un neorganiskie piesārņotāji. Gan biogāzes ražošanas mezofilajā, gan termofilajā metodē, tiek samazināts patogēnais un bioloģiskais piesārņojums (baktērijas un sēklas), bez tam iegūtā mēslojuma smaku potenciāls ir zemāks kā izejvielām (lopu mēsliem un dažādiem maisījumiem ar līdzpārstrādes produktiem – pārtikas atkritumiem, sadzīves bioloģiskajiem atkritumiem, dažādiem tehnoloģiskajiem atkritumiem).

Ņemot vērā anaerobās pārstrādes specifiku, viens no vienkāršākajiem nosacījumiem kvaitatīva un droša digestāta iegūšanai ir izejvielu sastāva un to kvalitātes noteikšana. Ķīmisko piesārņojumu - metālu un stabilu organisko savienojumu formā – digestātā var ienest galvenokārt ar dažādiem cilvēku patēriņam domātajiem produktiem, ja biogāzes ražošanā tiek izmantoti dažādas izcelsmes bioloģiski noārdāmie produkti un atkritumi. Ar lauksaimniecības blakusproduktiem digestātā nelielos apjomos var nonākt antibiotikas, dezinfekcijas līdzekļi un līdzīgas dabas piesārņojums. Starptautiskās Cieto Atkritumu Asociācijas (ISWA) un daudzu citu pētījumu rezultāti liecina, ka rašanās vietā savāktu bioloģisko atkritumu izmantošana anaerobajā pārstrādē ir atbilstošāka, lai saražotajam digestātam varētu piemērot atkritumu stadijas izbeigšanās statusu. Nosakot izejmateriālu atkritumu sastāvu, lielākajā daļā valstu nav atšķirību starp galvenajām atkritumu grupām, kuras būtu izmantojamas pārstrādē, atšķirības parādās izņēmumu un papildnosacījumu veidā izejmateriāla pirmapstrādei un sagatavošanas sadaļā.

Atkritumu grupas (atbilstoši klasifikatoram), kuras ir izmantojamas (ņemot vērā noteiktos ierobežojumus) kvalitatīva digestāta ražošanā ir: lauksaimniecības, dārzkopības, akvakultūras, mežsaimniecības, medniecības un zvejniecības, pārtikas ražošanas un apstrādes atkritumi; kokapstrādes un papīra, kartona ražošanas atkritumi; ādu un kažokādu apstrādes un tekstilrūpniecības atkritumi; atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumu, notekūdeņu attīrīšanas iekārtu un ūdensapgādes saimniecības atkritumi; sadzīves atkritumi.

Galvenais un svarīgākais nosacījums atkritumu izmantošanai biogāzes ražotnēs, kuru gala produktus izmanto mēslošanai vai citās lauksaimniecības nozarēs ir sekojošs:

ja efektīva nevēlamo un kaitīgo piemaisījumu aizvākšana nav iespējama un garantējama ar iepriekšējās apstrādes metodēm vai biogāzes ražošanas procesā, šāds izejmateriāls nav

izmantojams procesā. Bez atbilstošas apstrādes bioreaktoros nav izmantojami dzīvnieku izcelsmes blakusprodukti un atsevišķu grupu ēdināšanas atkritumi.

Neskaidrības jautājumā par to, kā noteikt stadiju, ar kuru atkritumu pārstrādē sasniegts Direktīvā par atkritumiem noteiktais atkritumu statusa izbeigšanās punkts, lielā mērā kavē otrreizējo izejvielu tirgus attīstību, un bieži atkritumu pārstrādes procesu izmantošanu kopumā, aizstājot to ar noglabāšanu..

Valstīs, kurās digestāts tiek izmantots kā mēslošanas līdzeklis, ir izstrādāti ieteikumi vai normatīvi regulējumi, kas nosaka pieļaujamo smago metālu, patogēnu un citu piesārņotāju koncentrāciju produktā un/vai izejvielā, aizliegumu izmantot atsevišķu grupu izejvielas, kā arī mēslojuma izmantošanas teritorijas (parki, dārzi, meži, lauksaimniecības zemes u.t.m.l) un biežumu atkarībā gan no mēslojuma vērtības, gan izejvielu izcelsmes un paliekošā piesārņojuma līmeņa.

Kvalitatīvai un drošai izmantojama komposta un anaerobajā pārstrādē iegūta digestāta raksturlielumu atbilstības izvērtēšanā būtiska nozīme ir pareizi izvēlēt veicamo testu apjomu un metodikas, veicamā monitoringa biežumu, kā arī ievērot izmaksu samērīgumu. Būtisks nosacījums ir uzticēšanās laboratorijām un tajās veikto testu rezultātiem.

Biogāzes ražošanas iekārtas ir neatņemama ilgtspējīgas un integrētas sistēmas sastāvdaļa atkritumu apsaimniekošanas un resursu atgūšanas ķēdē. Augstas kvalitātes produkta (digestāta vai tā pārstrādes produktu) iegūšana iespējama kontrolējot un normatīvi regulējot izmantojamo izejvielu plūsmu, pārstrādes procesu, produkcijas uzglabāšanu un izmantošanas veidus un metodes.

2. Nodaļa Biotehnoloģiskie procesi

Bioloģisko atkritumu, kā pārtikas atkritumi, dārzu un parku atkritumi, kā arī pārtikas rūpniecības atkritumi, kompostēšana un anaerobā sadalīšana ir plaši izmantotas metodes, kā augsti attīstītās, tā arī attīstības valstīs. Bioloģiskās pārstrādes priekšrocības ietver: samazināt tilpumu atkritumu materiālam, atkritumu stabilizāciju, patogēnu samazināšanu, biogāzes ražošanu enerģijai. Bio-reakciju produktus var izmantot kā augsnes mēslojumu, tās īpašību uzlabotājus, vai arī slēgto telpisko kultūru audzēšanai. Kā pamata biotehnoloģiskos procesus var izdalīt bioloģisko atkritumu kompostēšanu (aerobo pārstrādi), biogāzes ražošanu (anaerobo pārstrādi) un bioloģiski – mehānisko pārstrādi, ko pamatā izmanto noglabājamo atkritumu sagatavošanai.

Kompostēšana ir aerobs process, kurā lielākā dabīgā organiskā oglekļa (DOC) daļa tiek pārveidota CO₂ gāzē. Neliela daļa metāna gāzes veidojas bezskābekļa vidē, bet tālāk tā tiek pamatā nooksidēta virsējos komposta slāņos. Ir noteikts, ka CH₄ emisijas kompostēšanas procesiem ir mazākas par 1% līdz dažiem % no sākotnējā oglekļa daudzuma masā.

Kompostēšana var radīt arī N₂O emisijas. Atkarībā no sākotnējā slāpekļa daudzuma tā emisija mainās no mazāk par 0,5% līdz pat 5% no sākotnējā N daudzuma. Emisijas no kompostēšanas vai anaerobās sadalīšanas iekārtām ir atkarīgas no tādiem nosacījumiem kā: kādi atkritumi tiek kompostēti, palīgmateriālu (skaidas, kūdra, uc.) daudzuma un īpašībām, temperatūras, mitruma daudzuma un aerācijas nodrošinājuma kompostēšanas laikā.

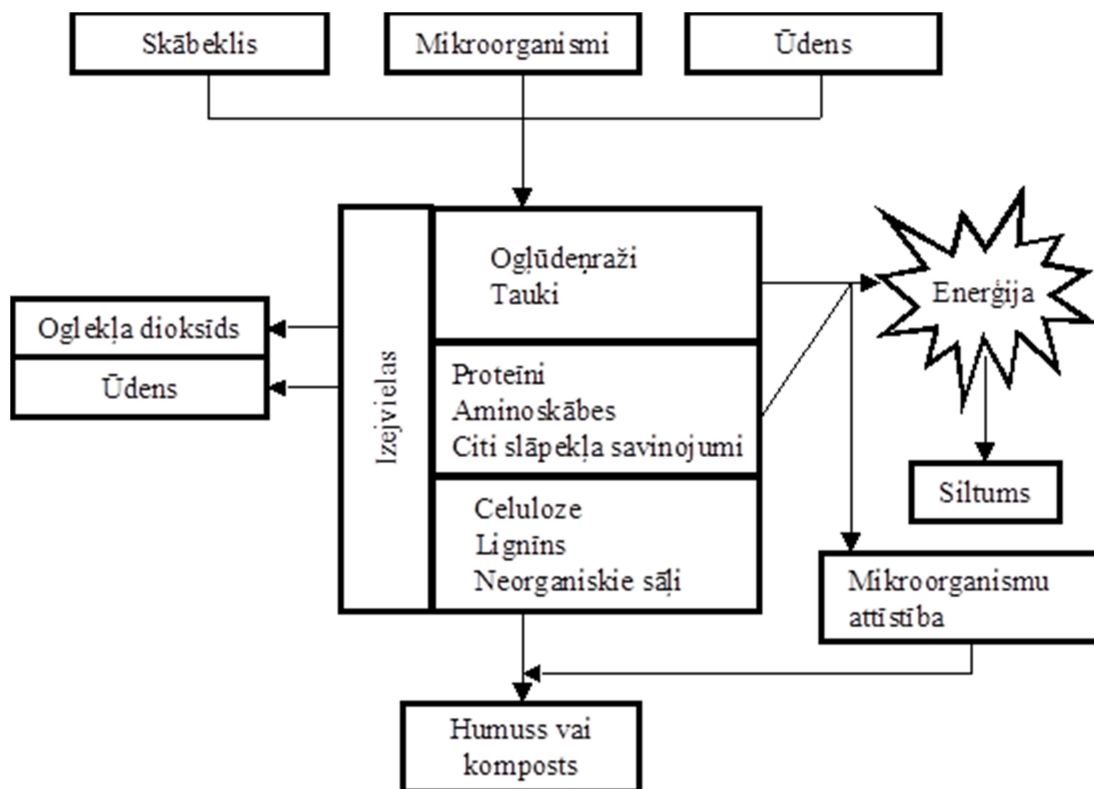
Anaerobās sadalīšanās procesos organiskie atkritumi sadalās bez skābekļa vidē, uzturot optimālu temperatūru, mitrumu un pH lielumu. Tā kā procesi tiek veidoti slēgtos reaktoros, CH₄ izmeši atmosfērā ir saistīti ar negaidītām noplūdēm iekārtas darbības pārtraukumos, kā arī biomasas ievades un izvades procesos, un var tikt novērtētas kā 0-10 % no radītā CH₄ daudzuma. CO₂ emisijām ir bioloģisks raksturs un to atspoguļojumam ir tikai informatīvs raksturs. Savukārt N₂O daudzumi anaerobos procesos ir ļoti zemi, tuvu nullei.

2.1. Kompostēšanas process

Kompostēšana ir bioloģisks process, kurā dabiskais organiskais materiālu tiek sadalīts ar mikroorganismiem, kas veidojas dabiskajā materiālā. Kompostēšanas mērķis ir panākt strauju bioloģisku vielas noārdīšanos un higienizācijas efektu.

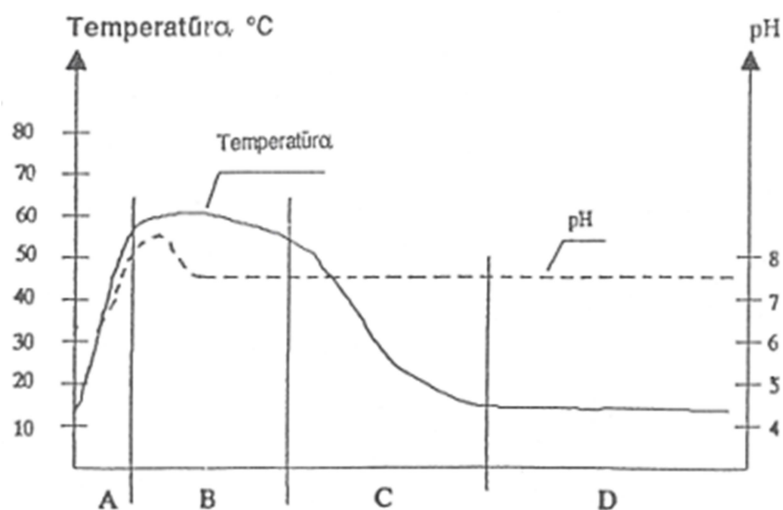
Skābekļa pieejamība, C / N attiecība un mitruma daudzums ir svarīgākie kompostēšanas procesa parametri. Skābeklis ir nepieciešams kompostēšanas procesam, jo mikroorganismi un baktērijas patērē skābekli, lai noārdītu organiskās vielas. Procesā pamatprodukti ir CO₂ un H₂O, kā arī siltums. Temperatūras paaugstināšanās kompostēšanas procesā (līdz pat 60-70°C) nogalina patogēnās baktērijas un tārpu oļiņas, kas varētu būt veselības apdraudējums cilvēkiem vai dzīvniekiem. Ja aktīvajā kompostēšanas fāzē ir skābekļa trūkums, aerobo mikrobu darbība var tikt būtiski samazināta un procesa temperatūra pakāpeniski samazinās. Lai process notiktu pietiekoši ātri, optimālā C / N attiecība ir 30:1 līdz t 15:1. Augstāka C / N attiecība samazina mikroorganismu darbību, bet zema C / N attiecība rada lielāku NH₃ emisiju.

Optimālais mitruma daudzums kompostam ir robežās no 50% līdz 60%. Lielāks mitruma saturs rada anaerobos apstākļus, kas veicina augstāku SEG emisiju. Kompostēšanas procesa shēma attēlota 2. attēlā.



2.attēls. Kompostēšanas procesa shēma

Kompostēšanas process sastāv no trīs fāzēm: termofilās, nogatavināšanās un stabilizācijas (dzēsēšanas) fāzes (skat 3. attēlu).



3. Attēls. Kompostēšanas procesa pamatsastāvdaļas

Augnes uzsilšanas fāze /A fāze/

Temperatūra sagatavota materiāla iekšienē sāk lēnam pieaugt. Maksimālā temperatūra, ko var sasniegt kompostēšanas procesā, ir 70°C. Šajā stāvoklī patogēnās baktērijas, sēnītes un helmintu oļņas, kas atrodas kompostējamajā materiālā, tiek

iznīcinātas. Sasīšana sākas vidēji trešajā dienā pēc procesa uzsākšanas un turpinās vēl divas līdz trīs nedēļas.

Aerācijas fāze /B fāze/

Šajā fāzē sākas biogāzu rašanās. Kompostējamais materiāls ir pietiekami jāaerē, lai nodrošinātu nepieciešamo skābekļa daudzumu un optimālo mitrumu visā tā tilpumā. Šie nosacījumi nodrošina nepieciešamās mikrofloras vairošanos. Ja mitruma daudzums kļūst par mazu un temperatūra sāk strauji celties, masa ir jāmitrina. Pēc divām līdz trijām nedēļām temperatūra kompostējamās masas iekšienē sāk samazināties līdz 30°C. Šajā brīdī strauji sāk vairoties augsnes baktērijas un sēnītes, kas veicina organisko vielu noārdīšanos; sāk veidoties CO₂ gāze, kā arī amonjaks un metāns.

Strukturēšanās fāze /C fāze/

Šajā fāzē notiek kompostējamā materiāla sastāva strukturēšanās un stabilizācija; veidojas humuss un pārējās komposta sastāvdaļas. Jaunizveidotie mikroorganismi aktīvi patērē slāpekli, lai izveidotu sev nepieciešamos proteīnus.

Komposta nogatavināšanās /D fāze/

Komposta galīga izveidošana noris 6-9 mēnešos. Nav ieteicams kompostu turēt vēl ilgāk; tas tikai sekmē daļēju organisko vielu mineralizāciju, un komposts zaudē kvalitāti.

Emisijas gāzu veidošanās

CO₂, CH₄, N₂O un NH₃ veidošanās kompostēšanas laikā ir mikrobu darbības rezultāts. Kompostēšana ir aeroba pārstrāde, savukārt anaerobie procesi tajā veidojas, ja kompostēšanas gaitā nav pietiekoša skābekļa padeve visā masas tilpumā. Ir parādīts, ka nepietiekošs skābekļa daudzums vējvindas centrā sekmē CO₂ un CH₄ veidošanos.

Slāpekļa oksīds ir blakusprodukts nitrifikācijas un denitrifikācijas reakcijām, un tas veidojas gan aerobos gan anaerobos apstākļos. Te jāņem vērā, ka anaerobie procesi tiek definēti kā bezskābekļa procesi, bet skābeklis joprojām ir pieejams kā NO₃⁻ vai SO₄²⁻. N₂O emisijas lielumu nosaka procesa temperatūra, masas slāpekļa saturs un aerācijas ātrums. N₂O emisijas var saglabāt zemu līmeni, ja pārstrādājamajā masā dominē aerobi apstākļi. Šajā gadījumā N₂O, kas papildus veidojas denitrifikācijas procesos, var tikt noreducēts līdz N₂. No otras puses NH₃ aerobā nitrifikācija līdz NO₂⁻ un NO₃⁻ var radīt arī N₂O kā blakusproduktu.

pH vērtība, NH₄⁺ / NH₃ līdzsvars, N savienojumu daudzums un mineralizācijas intensitāte, C / N attiecība, sausnas saturs, temperatūra un vēja ātrums ir svarīgākie faktori, kas ietekmē NH₃ emisijas atklātos kompostēšanas procesos. Kompostējot kūtsmēslus, tiek izdalīts 47-77% no kopējā N, NH₃ veidā.

Temperatūras un pH pieaugums, palielina NH₃ emisiju. NH₃ emisija ir augsta tūlīt pēc komposta vējvindas izveides, kas parasti samazinās pēc pāris nedēļām.

Metāna oksidēšanās kompostēšanas laikā

Pētījumi parāda, ka 46-98% no saražotā CH₄ tiek nooksidēts *methanotroph* baktēriju darbības rezultātā pirms tas tiek emitēts gaisā. Optimālās metāna oksidācijas procesa temperatūras kompostā ir no 45 līdz 55 °C. Pamatā oksidēšanās procesi notiek komposta virskārtā vai tās tuvumā. CH₄ oksidējas pārvietojoties pa materiāla tilpumu līdz tā virsmai. CH₄ oksidēšanās korelē ar O₂ pieejamību. Oksidēšanās efektivitāti nosaka vielas blīvums,

organisko vielu saturs, kopējā organiskā oglekļa un citu barības vielu daudzums, ūdens absorbcija, kā arī vadītspēja. Turklāt augsta NH_4 koncentrācijas var kavēt CH_4 oksidēšanos.

Atklātās kompostēšanas vējrindas

Kompostēšanas ražotnes parasti izmanto standarta vējrindas, kā: trīsstūrveida vējrindas, kuru garums nav ierobežots, bet augstums ir 1-2 m un platums 1,5-4m un trapecveida vējrindas kuru platums ir no 4-10m, augstums 2-4 m, bet garums nav ierobežots. Vējrindu trīstūrveida ģeometrija uzlabo attiecību starp virsmas laukumu un tilpumu salīdzinoši ar trapecveida un zemajām, platajām vējrindām. Lielāka virsma rada samērā augstu aerāciju, kas veidojas dabiskās konvekcijas rezultātā. Apkārtējais gaiss tiek ievadīts caur vējrindas sānu virsmām, bet siltais gaiss, tā zemā blīvuma dēļ, tiek izvadīts caur augstāko vējrindas daļu, kas kopumā veido tā saukto "skursteņa efektu". Bieža vējrindu apmaišana sākotnējā kompostēšanas procesa fāzē palielina nepieciešamā skābekļa pievadi un paaugstina masas homogenitāti.

Komposta kvalitātes rādītāji

Kā būtiskākie komposta kvalitātes kritēriji tiek izvirzīti – sausās masas daudzums [%], mitruma saturs [%], organiskās vielas daudzums [%], kopējais oglekļa un slāpekļa daudzums, to attiecība, kā arī masas skābums [pH], šķīstošo sāļu, fosfora, kālija un piesārņojumu daudzums.

Sausnas un mitruma daudzums

Optimālais mitruma daudzums kompostā ir atkarīgs no kompostējamā materiāla ūdens kapacitātes. Ja komposta sastāvā ir materiāli, kuros ir augsts organisko vielu daudzums, tad praktiski tas arī paaugstina komposta mitruma kapacitāti un veido augstāku mitruma saturu. Kā raksturīgu komposta sagatavošanas materiālu sākotnējo sastāvu var minēt – sausnas saturs 35 –55%, atbilstošais mitruma saturs 65 –45%. Gatavais komposts satur 50 –60% sausnas un 50 –40% mitruma.

Organiskā viela

Nav noteikts organisko vielu daudzums attiecībā uz komposta izejvielām vai gatavu kompostu. Organisko vielu saturs samazināsies kompostēšanas laikā. Tipisks izejvielu sākuma maisījuma organisko vielu saturs (sausā svara %) būs lielāks par 60%, kamēr gatavā kompostā tas būs 30 –70% robežās. Organisko vielu saturs (sausā svara %) kompostam ir 50 –60% robežās.

Kopējais ogleklis

Kopējais oglekļa (C) daudzums ir visu organisko un neorganisko oglekļa satura kopējais mērījums komposta paraugā.

Gadījumā, ja paraugam nav augsts pH (> 8.3) vai ir zināms, ka tas satur karbonātus, būtībā viss ogleklis būs organiskajā formā.

Komposta organiskā viela parasti satur aptuveni 54% organiskā oglekļa (pēc svara). Oglekļa saturs atsevišķās izejvielās var atšķirties no šī lieluma.

Slāpeklis: kopējais, organiskais, amonjaks, nitrāti

Kopējais slāpeklis (N) ietver visu veidu slāpekli: organisko N, amonija N ($\text{NH}_4\text{-N}$) un nitrāta N ($\text{NO}_3\text{-N}$). Kopējais N komposta kaudzē parasti ir no 1% līdz aptuveni 5% (sausais svars), jau gatavajā kompostā tas ir no 0.5% līdz 2.5% (sausais svars). $\text{NO}_3\text{-N}$ (testa mērījumi) daudzums parasti nenobriedušā kompostā ir zemā līmenī, lai gan tas var pieaugt, kompostam nogatavojoties.

Savukārt, $\text{NH}_4\text{-N}$ līmenis var būt augsts kompostēšanas procesa sākotnējos posmos, bet samazināties kompostam nogatavojoties.

Organisko N nosaka atņemot neorganiskās N formas, $\text{NH}_4\text{-N}$ un $\text{NO}_3\text{-N}$, no kopējā N summas. Tomēr, tā kā $\text{NO}_3\text{-N}$ līmenis parasti ir ļoti zems, kopējais slāpeklis mīnus $\text{NH}_4\text{-N}$ sniedz labu organiskā N novērtējumu. Stabilos, gatavos kompostos, lielākajai daļai N jābūt organiskajā formā.

Ja $\text{NH}_4\text{-N}$ un $\text{NO}_3\text{-N}$ formā N ir tieši izmantojams augiem, tad organiskais N ir tikai lēni izmantojams, aptuveni no 10% līdz 20% gadā. Organiskā N mineralizācija vai noārdīšanās pieejamajās neorganiskajās formās ir atkarīga no C:N attiecības, kā arī to ietekmē tādi faktori kā augsnes mitrums un temperatūra.

Oglekļa, slāpekļa attiecība

Tā ir kopējā oglekļa (C) attiecība pret kopējo slāpekli (N) norādītajā komposta paraugā. C:N attiecību var izmantot kā komposta stabilitātes un N pieejamības indikatoru. Kompostēšanas laikā komposta C:N attiecība parasti samazinās, ja sākumā tā ir > 25, bet var arī palielināties, ja sākumā C:N attiecība ir zema (< 15) un N tiek zaudēts kompostēšanas procesā. Komposti ar augstu C:N attiecību (> 30), ja tie tiek izmantoti kā meslojums, var imobilizēt vai piesaistīt N, savukārt komposti, kam ir zema C:N attiecība (< 20), mineralizēs vai pārveidos organisko N uz neorganisko formu, kas ir pieejama augiem.

pH

pH ir aktīvā skābuma mērs izejvielā vai kompostā. pH skala ir no 0 (skāba) līdz 14 (bāziska) ar 7-neitrāls. Lielākajai daļai gatavo kompostu pH vērtības ir diapazonā no 5.0 līdz 8.5. Optimāla pH vērtība ir atkarīga no komposta lietošanas. Atsevišķiem dekoratīvajiem augiem ir nepieciešama skāba augsne ar zemāku pH, savukārt neitrāls pH ir piemērots vairumam augu. pH nav kopējā skābuma vai sārmainības mērs, un to nevar izmantot, lai prognozētu komposta ietekmi uz augsnes pH.

Šķīstošie sāļi

Šķīstošos sāļus nosaka, mērot elektrisko vadītspēju (EV) ar 1: 5 (komposts: ūdens, svara attiecība) šķīdumam. EV ir saistīta ar kopējo šķīstošo sāļu daudzumu, kas izšķīdināts šķīdumā un ko mēra (mmhos/cm) mērvienībās.

Kompostā šķīstošo sāļu līmenis parasti svārstās no 1 līdz 10 mmhos/cm. Augsts sāļu daudzums var būt bīstams augiem. Optimālais šķīstošo sāļu daudzums ir atkarīgs no komposta lietošanas. Šķīstošo sāļu daudzums jānosaka jau lietojamajam kompostam, kas ir sajaukts ar augsni vai citu augšanas materiālu.

Fosfors un kālijs

Fosfors (P) un kālijs (K) ir augu makroelementi. To daudzumu parasti norāda oksīdu formā (P_2O_5 un K_2O). Tie sniedz norādi uz komposta parauga barības vielu saturu. Tomēr augiem pieejamais kopējais fosfora un kālija daudzums ar to vēl nav noteikts.

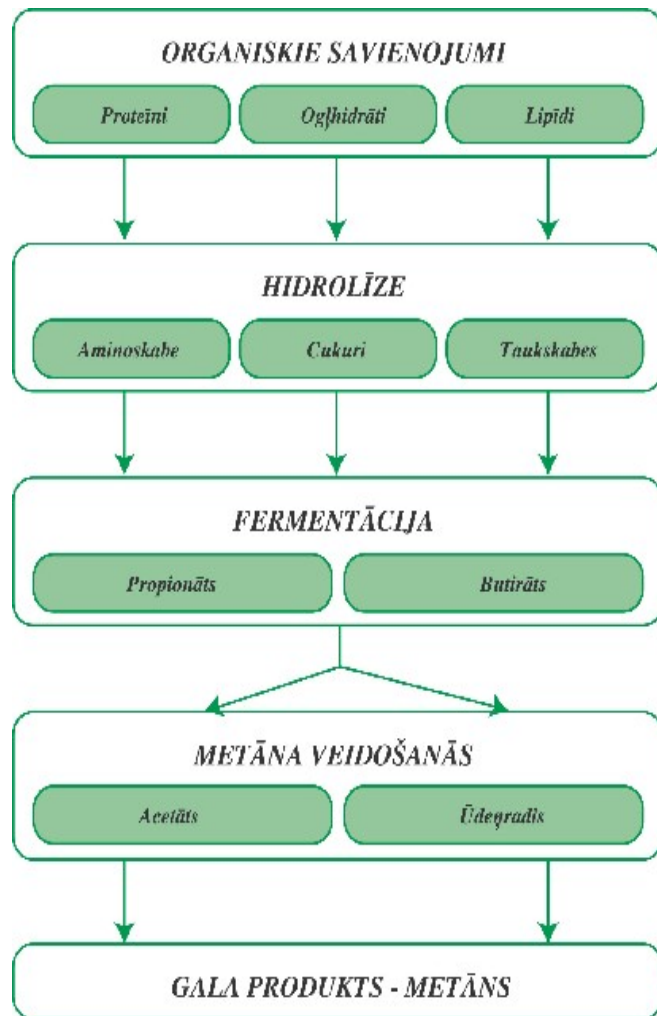
Slāpekļa, fosfora, kālija savstarpējā attiecība

Ja kompostu izmanto tikai pamatojoties uz slāpekļa (N) daudzumu, lielākajai daļai kompostu tad būs fosfora (P) un kālija (K) pārpalikums attiecībā pret kultūraugiem nepieciešamo. Lietojot atkārtoti, šie minerālu elementi un sāļi var uzkrāties virs optimālā līmeņa. Lauksaimniekiem, kas izmanto kompostu, regulāri jāveic augsnes pārbaudes, lai novērtētu P, K un sāļu uzkrāšanos. Ir jāapsver iespēja izmantot citus slāpekļa mēslojuma avotus, vai izmantot pākšaugus kultūraugu rotācijai, jo īpaši tad, ja P un K līmenis ir augstāks par optimālo.

2.2. Bioloģisko atkritumu anaerobā pārstrāde

Bioloģisko atkritumu anaerobā pārstrāde (anaerobic digestion - AD) pamatā ir balstīta uz mikroorganismiem, kas pārveido organiskās vielas biogāzē. Biogāzi var izmantot kā atjaunojamās enerģijas avotu un procesa atlikumu – digestātu var izmantot lauksaimniecībā kā mēslojums vai augsnes ielabotāju. Turklāt bioloģisko atkritumu anaerobā pārstrāde ir izmantojama kā efektīva metode, lai samazinātu SEG emisijas saskaņā ar Kioto protokolu. Saskaņā ar dzīves cikla analīzes (LCA) datiem, AD rezultāti rada negatīvas SEG emisijas. Atdalot organiskos atkritumus, kopējo siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju, izmantojot to pārstrādē anaerobos procesus, var samazināt līdz vienai tonnai CO_2 ekvivalenta / Mg. Kaut arī ir daudzi pētījumi, kas novērtē SEG emisiju pārstrādes procesa laikā, tad būtiskās SEG emisiju problēmas ir saistītas ar atkritumu sagatavošanu un ievadi procesā, kā arī izvadi no tā. Lielākais SEG emisiju samazinājums saistās ar to, ka saražotā biogāze aizstāj fosilos enerģijas avotus un līdz ar to būtiski samazina radīto siltumnīcas gāzu daudzumu ražojot elektrību un izmantojot siltumu, kas veidojas kā blakus produkts elektrības ieguvei. Arvien plašāka ir anaerobo procesu izmantošana, daudzveido arī izmantojamās tehnoloģijas.

Anaerobā pārstrāde ir sarežģīts bioloģisks process, kurā organiskais materiāls tiek sadalīts bezskābekļa vidē. Tā gala produkts ir biogāze un digestāts. Biogāzes sastāvā ir 55-65% CH_4 gāzes, 30-40% CO_2 gāzes, kā arī nelieli daudzumi H_2S un NH_3 (mazāk par 1%). Šo blakus gāzu daudzums ir atkarīgs no sēra un slāpekļa daudzums izmantojamajā biomateriālā. Anaerobajā jeb bezskābekļa tehnoloģijā bioloģiskās masas pārstrādei izmanto dažādas baktēriju grupas, kas pakāpeniski trīspakāpju procesos - hidrolīzes, fermentācijas un metāna veidošanās - sadala lielmolekulāros organiskos savienojumus līdz samērā vienkāršiem gala produktiem – metānam un ogļskābajai gāzei (4. att.).



4. attēls. Anaerobo procesu shēma

Optimālie nosacījumi anaerobo procesu norisei ir –neitrāla pH vērtība un nemainīga temperatūra 30-40°C (mezofīlais režīms) vai 50-60°C (termofīlais režīms).

2.3. Bioloģiski noārdāmo atkritumu labāko pieejamo anaerobās pārstrādes tehnoloģiju apraksts

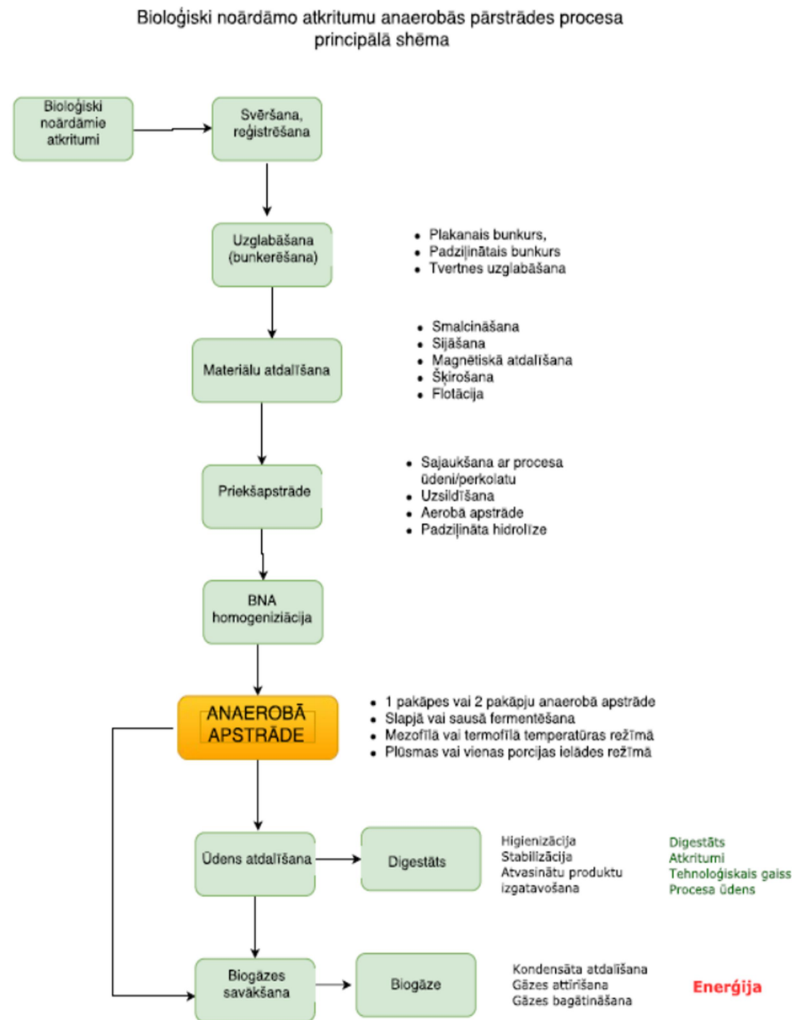
Anaerobā pārstrāde (AD) (citos avotos minēta arī kā anaerobā fermentācija -AF) ir mikrobioloģisks organisko vielu sadalīšanās process, kas pamatā notiek bezskābekļa apstākļos. AD procesā biocenozi nodrošina galvenokārt 2 mikroorganismu grupas: 1) skābi veidojošās baktērijas; 2) metānu veidojošās baktērijas.

AD pārstrādes iekārtā bioloģiski noārdāmo atkritumu (BNA) anaerobās sadalīšanās procesu nodrošina:

- kontrolēta mikroorganismu vide;
- speciāli uzturēts mitruma un temperatūras režīms, vides reakcija (pH), mitrums;
- pastāvīga un optimāla barības vielu pieejamība un proporcija (C/N attiecība);
- mehāniska, hidrauliska vai pneimatiska BNA maisīšana;

- BNA izturēšanas laiks.

Bioloģiski noārdāmo atkritumu anaerobās pārstrādes procesa shēma sniegta 5.attēlā.

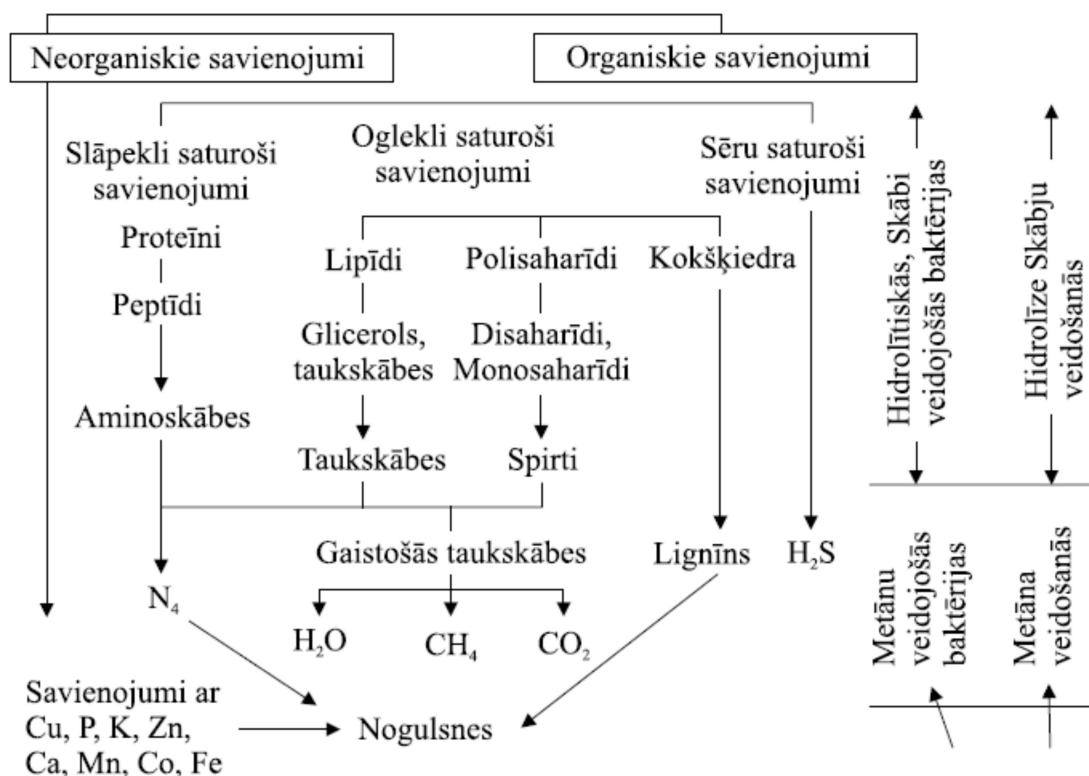


5.attēls. Bioloģiski noārdāmo atkritumu anaerobās pārstrādes procesa shēma

Industriālā BNA AD pārstrādes iekārtā, AF process ir tikai viens no posmiem BNA pārstrādes tehnoloģiskā procesā. Lai BNA būtu izmantojami AF iekārtā, efektīvi bionoārdāmi un BNA pārstrādes ciklā tiktu nodrošināta apkārtējās vides un cilvēka veselības aizsardzības normatīvo aktu prasību izpilde, pieņemot BNA pārstrādei AF iekārtā ir nepieciešams tos svērt, reģistrēt, nodrošināt pagaidu uzglabāšanu, nevēlamo materiālu mehānisku vai manuālu atdalīšanu, priekšapstrādi, homogenizāciju. Kā arī pēc BNA AF pārstrādes ir jānodrošina tā gala produktu – digestāta, komposta, biogāzes, procesa ūdens un tehnoloģiskā gaisa apstrāde.

AF pārstrādes iekārta var būt kā pastāvīga pārstrādes iekārta, kā arī kā daļa no mehāniski-bioloģiskās pārstrādes (MBT) iekārtās, kā arī notekūdeņu dūņu pārstrādes procesā pēc notekūdeņu bioloģiskās (aerobas) apstrādes.

AF procesu var kavēt (inhibēt) nevēlami ķīmiski elementi un vielas, kas atrodas BNA izšķīdušā stāvoklī. Arī paaugstināts BNA organiskās ielādes ātrums (OLR) AF iekārtā var kavēt AF procesu. Ja olbaltumvielu saturs izejvielās ir liels, tad ir iespējama paaugstināta NH_3 koncentrācija. Ja tā pārsniedz 2000 mg/l, tad process inhibējas. Procesu var inhibēt arī metāli, sulfīdi, nitrāti, ja to daudzums pārsniedz kritisko koncentrāciju. Arī BNA sastāvā (kūtsmēslos) esošās antibiotiku un dezinfekcijas līdzekļu paliekas ietekmē AF procesu. 6. attēlā sniegta pilna anaerobā fermentācijas procesa bioķīmiskā shēma.



6. attēls. Anaerobā fermentācijas procesa bioķīmiskā shēma

Ja anaerobo procesu salīdzina ar kompostēšanu, tad AF ir piemērota šķidru BNA pārstrādei. Atšķirībā no aerobās pārstrādes, AF procesā netiek sašķelts koksnes polimērs – **lignīns**. Lignīna šķelšana ir iespējama divpakāpju AF iekārtās, nodrošinot padziļinātu hidrolīzi un pievienojot papildus lignīnu šķeļošus fermentus.

BNA ķīmiskais sastāvs būtiski ietekmē efektīvu AF procesa norisi. Piemēram, ja BNA izejvielā ir augsta dzelzs un smago metālu koncentrācija, tad tas var toksiski iedarboties uz metānu veidojošām baktērijām. Savukārt gaistošās sausas koncentrācijas kontrole BNA izejvielā ir būtiska, lai nenotiktu AF iekārtās organiskā pārslogošana.

Atkarībā no BNA izmantotās izejvielas sausas satura AF pārstrādes iekārtas iedala 3 lielākās grupās (skatīt 3. tabulu).

3.tabula. AF pārstrādes iekārtu tehnoloģiskie risinājumi

| Tehnoloģija | Apraksts | Izejviela |
|---|--|---|
| Slapjā fermentēšana (AF ar zemu sausas saturu) | BNA ar augstu sausas saturu tiek maisīti ar AF procesa ūdeni vai šķidriem BNA, lai kopējais ievadīto BNA sausas saturs nepārsniegtu 10%. Parasti AF slapjās fermentēšanas iekārtas ir vertikāla novietojuma cilindriskas tvertnes (reaktori) | Procesu parasti BNA bioloģiskai pārstrādei pārstrādei BNA ar zemu sausas saturu. Visizplatītākā no AF iekārtu tehnoloģijām. |
| Sausā nepārtrauktā fermentēšana (nepārtraukta AF ar augstu sausas saturu) | Horizontāla vai vertikāla novietojuma AF iekārtā nepārtraukti vai periodiski tiek padoti BNA ar sausas saturu 15-45%. BNA maisīšana notiek vai nu rotējot pašu AF iekārtu ap savu asi, vai arī stacionārā AF iekārtā izveidotiem mikseriem. | Procesu iespējams izmantot plaša spektra BNA izejvielu pārstrādei, bet ir nepieciešama mehānisku un strukturālu piemaisījumu atdalīšana pirms ievadīšanas AF iekārtā. |
| Sausā fermentēšana kameras tipa iekārtā (AF ar augstu sausas saturu kameras tipa) | Horizontāla novietojuma kameras (garāžas) tipa AF iekārtā, kur BNA ar augstu sausas saturu tiek ievietoti partijas veidā un izturēti 3-7 nedēļas. BNA netiek maisīti, bet procesa šķidrums (perkolats), kas nodrošina AF baktēriju kultūru izplatīšanu, tiek recirkulēts caur BNA masu izmantojot gravitāciju. | Process parasti tiek izmantots BNA ar augstu sausas saturu un salīdzinoši lielu īpatsvaru mehānisku un strukturālu piemaisījumu. |

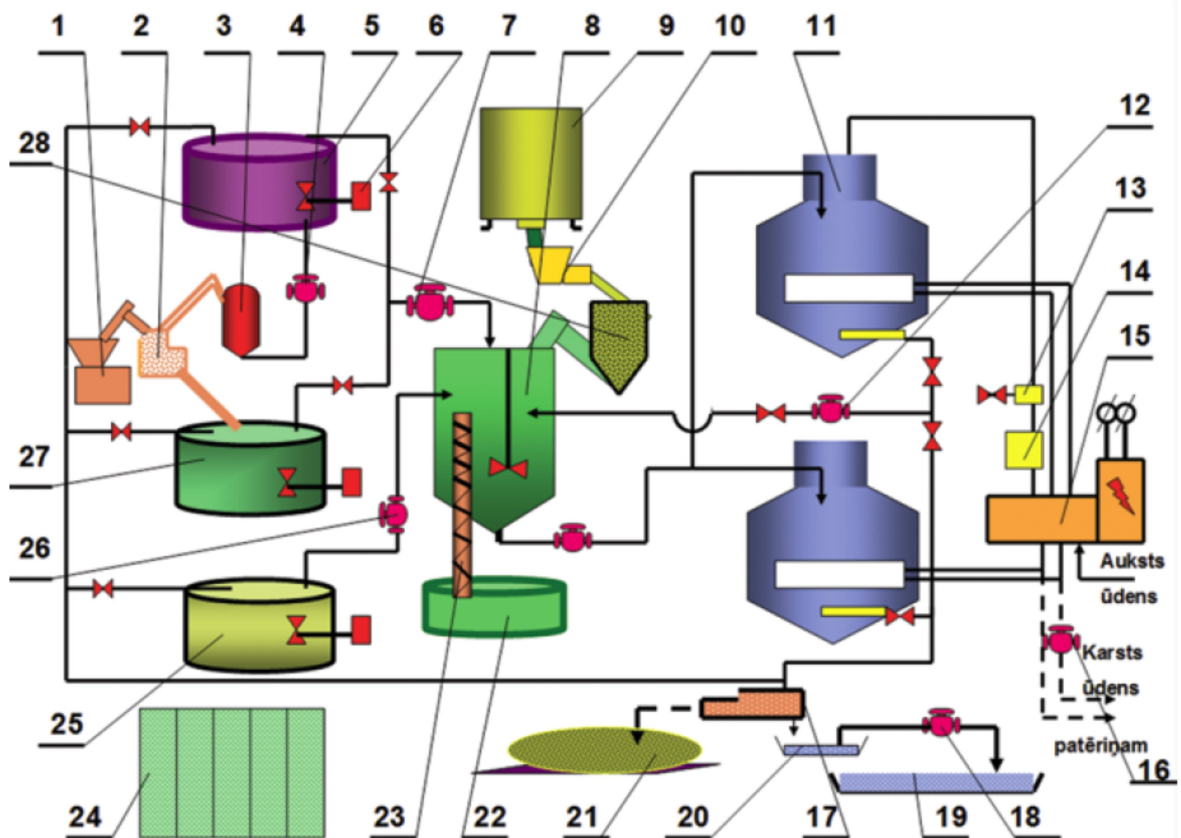
Atkarībā no AF pārstrādes iekārtu konstruktīvā novietojuma, iekārtas iedala:

- Vertikāla novietojuma AF iekārtas ar mehāniskiem maisītājiem;
- Horizontāla novietojuma AF iekārtas ar virzuļa plūsmas BNA padevi;
- Vertikāla novietojuma AF iekārtas bez mehāniskiem maisītājiem ar virzuļa plūsmas BNA padevi
- Kameras (garāžas) tipa AF iekārtas ar perkolata recirkulāciju.

BNA maisīšana AF iekārtā var tik nodrošināta ar:

- Mehāniskiem maisītājiem (mikseriem);
- Hidraulisko maisīšanu ar sūkņu palīdzību recirkulējot BNA substrātu;
- Pneimatiskā maisīšanu recirkulējot biogāzi AF iekārtā.

Tālāk 7. attēlā sniegt piemērs kompleksas BNA AF pārstrādes iekārtai.



7.attēls. Kompleksas BNA AF pārstrādes iekārtas shematiskais piemērs

- 1 — pieņemšanas bunkurs ar transportieri; 2 — drupinātājs ar transportieri; 3 — sterilizācijas iekārta; 4 — sūknis; 5 — pieņemšanas tvertne; 6 — tvertnes maisītājs; 7 — sūknis-smalcinātājs; 8 — sajaucējs un dozators; 9 — graudu bunkurs; 10 — dzirnavas; 11 — bioreaktori; 12 — sūknis; 13 — kondensāta atdalītājs; 14 — H₂S filtrs; 15 — koģenerācijas iekārta; 16 — ūdens sūknis; 17 — frakcionēšanas iekārta; 18 — sūknis; 19 — lagūna; 20 — šķidrās frakcijas tvertne; 21 — cietās frakcijas krātuve; 22 — skābbarības pieņemšanas tvertne; 23 — transportieris; 24 — skābbarības glabātuve; 25 — dūņu tvertne; 26 — sūknis; 27 — pārtikas atkritumu tvertne; 28 — miltu bunkurs.

BNA bioloģiskās pārstrādes procesā ir jānodrošina katras BNA partijas visu daļu regulāra un pietiekama sajaukšana (maisīšana), lai nodrošinātu nepieciešamo BNA higiēniskumu, homogenitāti un bionoārdamā materiāla pilnīgu sadalīšanos. Lai nodrošinātu BNA pārstrādes galaproduktu atbilstību patogēnu drošības prasībām, BNA partijas daļām ir jānodrošina higienizāciju. Higienizāciju var nodrošināt no šādiem termofiliem un mezofiliem temperatūras un laika profiliem:

- termofila AF pie 55 °C vismaz 24 h un hidrauliskās izturēšanas laiks vismaz 20 dienas;
- termofila AF pie 55 °C ar apstrādes procesu, kurā ietilpst pasterizācijas posms (70 °C — 1 h);

- termofila AF pie 55 °C, kam seko aerobā kompostēšana pie
 - 65 °C vai vairāk vismaz 5 dienas,
 - 60 °C vai vairāk vismaz 7 dienas vai
 - 55 °C vai vairāk vismaz 14 dienas;
- mezofila AF pie 37–40 °C ar apstrādes procesu, kurā ietilpst pasterizācijas posms (70 °C — 1 h), vai;
- mezofila AF pie 37–40 °C, kam seko aeroba pārstrāde (kompostēšana) pie
 - 65 °C vai vairāk vismaz 5 dienas,
 - 60 °C vai vairāk vismaz 7 dienas vai
 - 55 °C vai vairāk vismaz 14 dienas.

AF pārstrādes procesa iekārtām ir jābūt projektētām un izbūvētām tā, lai nederīgi vai nodalītie BNA izejmateriāli un (vai) piedevas tiktu nošķirti un uzglabāti atsevišķi, tā lai tie nekādā veidā nesajauktos un (vai) nepiesārņotu BNA izlaidmateriālus un gala produktus. Gadījumā ja kāda daļa no pārstrādātā BNA izejmateriāla tiek atgriezta pārstrādes procesa sākuma posmā, tai skaitā piejaukta nepārstrādātam BNA ielaidmateriālam, tai ir jāiziet pilns pārstrādes procesa cikls no jauna. Lai digestāts atbilstu nekaitīguma prasībām izmantošanai kā mēslošanas līdzeklis, uz 1 kg sausnas tas var saturēt ne vairāk kā 5 g makroskopisko piemaisījumu, kas ir stikla, metāla un plastmasas veidojumi, kuru lielums pārsniedz 2 mm.

Lai nodrošinātu BNA gala produktu beigu statusu prasību sasniegšanu, BNA anaerobā pārstrāde parasti tiek kombinēta ar aerobo pārstrādi. Gadījumā, ja BNA pārstrādei tiek izmantota kombinēta anaerobā pārstrāde ar aerobo pārstrādi, tad ir jānodrošina, lai vismaz vienā no pārstrādes procesa etapiem tiktu sasniegti BNA higienizācijas temperatūras un laika profili.

Mūsdienu AF pārstrādes iekārtu procesa vadības un monitoringa iekārtas nodrošina pārstrādes procesa temperatūras, vides reakcijas (pH), BNA organiskās ielādes ātruma (OLR), BNA hidrauliskās izturēšanas laika (HRT) pastāvīgus mērījumus, uzskaiti un datu uzkrāšanu.

Lai nodrošināt BNA AF pārstrādes galaproduktu kvalitātes kontroli ir būtiski nodrošināt AF procesa temperatūras profila automātisku un pastāvīgu pierakstu pārstrādes iekārtas kritiskajos mezglos, ievadītās BNA izejvielas, izvadīto BNA pārstrādes starpproduktu un galaproduktu, kā arī iespējamo piedevu masas bilances uzskaiti.

Ir būtiski, lai AF pārstrādes iekārta BNA pārstrādes rezultātā nodrošina ne tikai optimālu biogāzes ieguvu, bet arī tādu bionoārdāmā materiālā sadalīšanas pakāpi, lai gala produkta cietā, gan šķidrā frakcija atbilst vismaz vienam no šādiem stabilitātes kritērijiem:

- skābekļa absorbcijas ātrums nepārsniegtu 50 mmol O₂ uz kg organiskā materiāla stundā;

- paliekošais biogāzes veidošanās potenciāls digestātā būtu ne vairāk kā **0,45 l biogāzes uz g gaistošo cietao vielu.**

LITERATŪRA

- 2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- Bijaya K Adhikari, Anne Tremier, Jose Marinez, Suzelle Barrington, Home and community composting for on site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada), Waste management & research, volume 28, issue 11, November 2010, pp. 1039-1053
- Yiu C Chan, Rajiv K Sinha, Weijin Wang Emission of greenhouse gases from home aerobic composting, anaerobic digestion and vermicomposting of household waste in Brisbane (Australia), Waste management & research, volume 29, issue 5, may 2011, pp. 540-548
- Vilis Dubrovskis, Aleksandrs Adamovičs , Bioenerģētikas horizonti, Jelgava, 2012
- Line k Brogaard, Per H Petersen, Peter D Nielsen, Thomas H Christensen, Quantifying capita; goods for biological treatment of organic waste, Waste management & research, volume 33, issue 2, February 2015, pp. 96-106
- LASA, 2015, Atskaite par līgumdarbu "Emisijas faktoru izstrādāšana no atkritumu un notekūdeņu dūņu kompostēšanas un metāna korekcijas faktora Latvijas izgāztuvēs noteikšana"
- VARAM atskaite Komunālo notekūdeņu un notekūdeņu dūņu apsaimniekošana Latvijā 2014.gads
- DHV, 2010, Update of emission factors for N₂O and CH₄ for composting, anaerobic digestion and waste incineration, [www. euwas.org](http://www.euwas.org)
- Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment Joint Research Centre, European IPPC Bureau Final Draft (October 2017), p. 858
- V. Dubrovskis; M. Niklass; I. Emsis; A. Kārklīņš Biogāzes ražošana un efektīva izmantošana. 81 lpp., 2012.g.