



**ROKASGRĀMATA NOTEKŪDEŅU
DŪŅU APSAIMNIEKOTĀJIEM**

2021



ROKASGRĀMATA NOTEKŪDEŅU DŪŅU APSAIMNIEKOTĀJIEM

Sandra Dejus, Uldis Kalniņš, Jānis Zviedris, Artūrs Kazimiraitis, Rihards Vītoliņš, Jānis Jansons, Dana Grīntāle, Sandis Dejus. **Rokasgrāmata notekūdeņu dūņu apsaimniekotājiem**. Rīga: RTU Izdevniecība, 2021. 194 lpp.

Saimniecisko notekūdeņu attīrīšanai izmantotajos bioloģiskajos procesos nenovēršami rodas liekās aktīvās dūņas, kuras nepieciešams novadīt no notekūdeņu attīrīšanas procesa un atbilstīgi jāapstrādā, jāpārstrādā un jāutilizē. Rokasgrāmatā sniegta informācija par notekūdeņu un notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas metodēm, apstrādes un pārstrādes tehnoloģijām, dažādiem iespējamām alternatīviem risinājumiem, lai nodrošinātu kvalitatīvu, ekonomisku un videi draudzīgu notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu.

LIFE GOODWATER IP C2 aktivitāte „Efektīvas notekūdeņu dūņu pārvaldības kapacitātes uzlabošana”

Citēšanas paraugs: Dejus, S., Kalniņš, U., Zviedris, J., Kazimiraitis, A., Vītoliņš, R., Jansons, J., Grīntāle, D., Dejus, S. (2021). *Rokasgrāmata notekūdeņu dūņu apsaimniekotājiem, biedrība Latvijas Ūdensapgādes un kanalizācijas uzņēmumu asociācija, LIFE GOODWATER IP projekta nodevums*. Rīga: RTU Izdevniecība. 194 lpp.

Materiāls tapis projektā “Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai” (LIFE GOODWATER IP, LIFE18 IPE/LV/000014), kam piešķirts Eiropas Savienības LIFE Programmas un Valsts reģionālās attīstības aģentūras finansējums.



Valsts reģionālās attīstības aģentūra

Literārā redaktore Ginta Poriete
Maketētāja Baiba Puriņa
Vāka dizains Paula Lore
Vāka attēla autore Sandra Dejus

Informācija atspoguļo tikai LIFE GOODWATER IP īstenotāju redzējumu, un Eiropas Klimata, infrastruktūras un vides izpildaģentūra neatbild par to, kā tiek izmantota šeit paustā informācija.

ISBN 978-9934-22-712-7 (pdf)

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2021
© Biedrība „Latvijas Ūdensapgādes un kanalizācijas uzņēmumu asociācija”,
LIFE GOODWATER IP, 2021

Priekšvārds

Šis rokasgrāmatas izveides mērķis ir sniegt atbalstu visiem, kas ir iesaistīti lēmumu pieņemšanā un ikdienā nodarbojas ar notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu. Rokasgrāmata ir paredzēta tiem, kas jau strādā ar notekūdeņu attīrīšanas iekārtām, kā arī tiem, kam ikdienas darbs nav saistīts ar šo jomu, bet ir jāpieņem lēmumi saistībā ar notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu.

Rokasgrāmatas uzdevums ir sniegt, cik vien iespējams, konkrētus ieteikumus, rekomendācijas, praktiskus piemērus un noderīgu informāciju vienkāršā un saprotamā veidā visiem tās lietotājiem.

Rokasgrāmata izstrādāta, pamatojoties uz nacionāla mēroga plānošanas dokumentā „Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģija Latvijā” (projekts) iekļautajiem tehniskajiem risinājumiem un ekonomiskajiem aprēķiniem, kas iegūti, veicot situācijas izpēti un vērtējumu projekta „Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai” (*LIFE18 IPE/LV/000014 - LIFE GOODWATER IP*) ietvaros un iekļauti projektā izstrādātajos ziņojumos, kas pilnā apjomā pieejami projekta mājaslapā (www.goodwater.lv):

- Esošās situācijas izvērtējums par notekūdeņu dūņu apjomu, kvalitāti, pārstrādi un izmantošanu Latvijā (2021);
- Pētījums par Latvijā izmantotajām notekūdeņu dūņu apstrādes tehnoloģijām (2021).

Rokasgrāmata izstrādāta, ņemot vērā Latvijas vadošo speciālistu darba pieredzi notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas jomā, dažādus līdz šim izstrādātus nacionāla un starptautiska mēroga ziņojumus un tehniskas un zinātniskas publikācijas par notekūdeņu un notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu.

Rokasgrāmatā sniegta informācija par notekūdeņu un notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas metodēm, apstrādes un pārstrādes tehnoloģijām, dažādiem iespējamiem alternatīviem risinājumiem, lai nodrošinātu kvalitatīvu, ekonomisku un videi draudzīgu notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu.

Atsevišķa nodaļa ir veltīta notekūdeņu dūņu utilizācijas iespējām, kas ir ļoti būtiski, plānojot un ieviešot dūņu apstrādes vai pārstrādes procesus, paredzot tehnoloģisko iekārtu iegādi un ekspluatāciju.

Rokasgrāmatā sniegts ieskats saistošajos spēkā esošos normatīvajos aktos, kā arī informācija par to, kādas institūcijas ir iesaistītas notekūdeņu dūņu monitoringa, kontroles un apsaimniekošanas procesos.

SATURS

Izmantotie saīsinājumi.....	7
Terminoloģija.....	8
Ievads.....	13
Juridiskais ietvars.....	14
ES tiesību aktu hierarhija un skaidrojumi.....	14
Saistošie normatīvie akti.....	14
1. NODAĻA	17
1. ESOŠĀ SITUĀCIJA LATVIJĀ	18
1.1. Nacionāla notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģija.....	18
1.2. Notekūdeņi un to apjoms Latvijā laikā no 2017. līdz 2019. gadam.....	19
1.3. Notekūdeņu dūņu apjoms Latvijā laikā no 2017. līdz 2019. gadam.....	22
1.4. Notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijā.....	26
2. NODAĻA	29
2. NOTEKŪDEŅI UN TO APSAIMNIEKOŠANA	30
2.1. Notekūdeņu klasifikācija.....	30
2.2. Notekūdeņu raksturojums	31
2.2.1. Tipiski sadzīves notekūdeņi.....	32
2.2.2. Ražošanas notekūdeņi	33
2.3. Notekūdeņu attīrīšana	36
2.3.1. Saimniecisko notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas	38
2.3.1.1. Notekūdeņu mehāniskā attīrīšana	
2.3.1.2. Notekūdeņu bioloģiskā attīrīšana	
2.3.2. Notekūdeņu attīrīšanas kvalitātes prasības.....	44
2.3.2.1. Cilvēka ekvivalents (CE) un tā aprēķins	
2.3.2.2. Notekūdeņu kvalitātes monitorings	

3. NODAĻA	49
3. NOTEKŪDEŅU DŪŅAS	50
3.1. Dūņu veidi un to iedalījums	50
3.2. Aktīvās dūņas	52
3.2.1. Aktīvo dūņu ķīmiskais sastāvs	54
3.2.2. Aktīvo dūņu fizikālās īpašības	54
3.2.3. Aktīvo dūņu pieauguma teorētiskais aprēķins	55
3.2.4. Aktīvo dūņu koncentrācija un tās mērīšana	55
3.2.5. Dūņu sastāvs	57
3.2.6. Dūņu kvalitātes prasības	61
4. NODAĻA	65
4. NOTEKŪDEŅU DŪŅU APSAIMNIEKOŠANA	66
Notekūdeņu dūņas ar augstu minerālvielu saturu	66
4.1. Apsaimniekošanas mērķi un prasības	67
4.2. Notekūdeņu dūņu apstrādes un pārstrādes metodes izvēles nosacījumi	68
4.3. Notekūdeņu dūņu apstrāde	76
4.3.1. Atūdeņošana	76
4.3.2. Flokulanti	79
4.3.2.1. Polimēru īpašības	
4.3.2.2. Polimēru izvēle	
4.3.2.3. Polimēru veidi	
4.3.2.4. Šķīduma koncentrācijas izvēle	
4.3.2.5. Polimēra šķīduma sagatavošanas iekārtu piemēri	
4.3.2.6. Praktiski ieteikumi un rekomendācijas	
4.3.2.7. Polimēra cena	
4.3.3. Atūdeņošanas metodes un iekārtas	90
4.3.3.1. Blīvēšana/iebiezināšana	
4.3.3.2. Vairāpkāpju iebiezināšana/atūdeņošana	
4.3.3.3. Blīvēšana, izmantojot gravitācijas spēku (statiskie nostādinātāji)	
4.3.3.4. Mehāniskā blīvēšana	
4.3.3.5. Centrifūgas	
4.3.3.6. Skrūves preses	
4.3.3.7. Disku preses	
4.3.3.8. Lentas preses	

	4.3.3.9. Kopsavilkums par Latvijā izplatītākajām notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģijām	
4.4.	Notekūdeņu dūņu pārstrāde.....	134
4.4.1.	Izturēšana notekūdeņu dūņu laukos – aukstā fermentācija ..	134
4.4.2.	Kompostēšana	140
4.4.3.	Notekūdeņu dūņu fermentācija – biogāzes ražošana	148
4.4.4.	Notekūdeņu dūņu žāvēšana.....	155
4.4.5.	Citas notekūdeņu dūņu pārstrādes tehnoloģijas.....	158
4.5.	Pārstrādātu notekūdeņu dūņu utilizācija	160
4.5.1.	Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana augsnes ielabošanai lauksaimniecības zemēs	161
4.5.2.	Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana apzaļumošanai	173
4.5.3.	Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana kārklu audzēšanai.....	176
4.5.4.	Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana mežsaimniecībā.....	179
4.5.5.	Notekūdeņu dūņu un to degradēto platību rekultivācijai....	182
4.5.6.	Apstrādātu notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana izgāztuvju rekultivācijai un apglabāšana atkritumu poligonos un izgāztuvēs	184
4.5.7.	Notekūdeņu dūņu sadedzināšana.....	185
4.5.8.	Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas vides monitorings, kvalitātes kontrole un izmantošanas uzskaitē	188
	Izmantotie literatūras avoti un resursi	193

Izmantotie saīsinājumi

BSP (BSP₅)	bioķīmiskais skābekļa patēriņš. Bioķīmiskais skābekļa patēriņš (piecu dienu periodā). Izsaka skābekļa daudzumu, kādu piecu dienu laikā patērē mikroorganismi, oksidējot ūdenī esošo piesārņojumu
CE	cilvēku ekvivalents
CKS	centralizētās kanalizācijas sistēmas
ES	Eiropas Savienība
KSS	kanalizācijas sūkņu stacija
ĶSP	ķīmiskā skābekļa patēriņš. Izsaka skābekļa daudzumu, kas nepieciešams visa ūdenī esošā piesārņojuma oksidēšanai (sadedzināšanai)
LR	Latvijas Republika
LŪKA	biedrība „Latvijas Ūdensapgādes un kanalizācijas uzņēmumu asociācija”
LVĢMC	Valsts SIA „Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”
MK	Ministru kabinets
NAI	notekūdeņu attīrīšanas iekārtas
SV	suspendētās vielas. Izsaka cieto, suspendēto vielu daudzumu ūdenī, kuru var atdalīt filtrējot ar noteikta blīvuma filtru. Pēc žāvēšanas līdz konstantam svaram tiek mērīts uz filtra palikušo vielu svars
SPS	sabiedrisko pakalpojumu sniedzējs neatkarīgi no tā juridiskā statusa un formas (pašvaldība, pašvaldības iestāde, komersants u. c.), kas sniedz sabiedriskos ūdenssaimniecības pakalpojumus
2-Ū	LVĢMC Valsts statistikas pārskats „2-Ūdens. Pārskats par ūdens resursu lietošanu”, kas tiek izmantots sabiedrisko pakalpojumu sniedzējiem un ne tikai, sniedzot informāciju par gada laikā patērēto dzeramo ūdeni un attīrīto notekūdeņu daudzumu. Papildus statistikā tiek norādīta arī informācija par gada laikā radīto un utilizēto notekūdeņu dūņu daudzumu
VVD	Valsts vides dienests

MK noteikumi Nr. 34 – Latvijas Republikas Ministru kabineta 2002. gada 22. janvāra noteikumi Nr. 34 „Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī”

MK noteikumi Nr. 362 – Latvijas Republikas Ministru kabineta 2006. gada 2. maija noteikumi Nr. 362 „Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli”

Terminoloģija

Aglomerācija	Apdzīvotas vietas vai to robežās esošas atsevišķas teritorijas daļas, kur iedzīvotāju skaits, apdzīvotības blīvums un ekonomiskā aktivitāte ir pietiekami koncentrēta, lai būtu ekonomisks pamats veidot centralizētu kanalizācijas tīklu sistēmu notekūdeņu savākšanai un novadīšanai uz notekūdeņu attīrīšanas iekārtām vai uz to galīgās novadīšanas vietu vidē.
Aktīvās dūņas	Mikroorganismu komplekss, kas īpaši pielāgots apstākļos (galvenokārt ar skābekli bagātinātā ūdenī, bet lielākās NAI arī bezskābekļa vidē) spēj attīrīt notekūdeņus no tajos esošā piesārņojuma.
Bioķīmiskais skābekļa patēriņš	BSP ₅ raksturo izšķīdušā skābekļa daudzumu, kuru baktērijas patērē, oksidējot ūdens paraugā esošās organiskās vielas.
Bioloģiskie atkritumi	Bioloģiski noārdāmi dārzu un parku atkritumi, mājsaimniecību, biroju, sabiedriskās ēdināšanas iestāžu (restorānu, ēdnīcu u. c.), vairumtirdzniecības un mazumtirdzniecības vietu pārtikas un virtuves atkritumi un citi tiem pielīdzināmi pārtikas rūpniecības uzņēmumu atkritumi (Atkritumu apsaimniekošanas likuma 1. pants).
Bioloģiski sadalāmi (noārdāmi) atkritumi	Nozīmē jebkurus atkritumus, kas var sadalīties anaerobi vai aerobi, piemēram, pārtikas un dārza atkritumus, papīru un kartonu (Direktīvas 1999/31/EK 2. panta m) apakšpunkts) t. sk. notekūdeņu dūņas.
Bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas iekārtas	Notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, kurās notekūdeņu attīrīšana tiek veikta, izmantojot bioloģiskus apstrādes procesus, nodrošinot bioloģiski noārdāmu vielu koncentrācijas samazināšanu.
Bioreaktors	Tā NAI daļa, kurā notiek notekūdeņu attīrīšana ar aktīvajām dūņām.

Bīstamas vielas	Vielas vai maisījumi, kas saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes 2008. gada 16. decembra Regulu (EK) Nr. 1272/2008 par vielu un maisījumu klasificēšanu, marķēšanu un iepakojšanu, ar ko groza un atceļ Direktīvas 67/548/EEK un 1999/45/EK un groza Regulu (EK) Nr. 1907/2006, klasificējami kādā no šajā Regulā uzskaitītajām bīstamības klasēm.
Dūņu apstrāde	Dūņu apstrāde ir jebkāda veida darbības ar notekūdeņu dūņām, kas principiāli nemaina to struktūru un nerada produktu, kuru var izmantot kādiem derīgiem mērķiem. Dūņu apstrāde ietver arī jebkāda veida dūņu atūdeņošanu vai mehānisku iebiezināšanu.
Dūņu pārstrāde	Dūņu pārstrāde ir tādas darbības ar dūņām, kas maina to struktūru un ļauj iegūt produktu, kuru iespējams izmantot kādiem derīgiem mērķiem. Dūņu pārstrāde ietver izturēšanu dūņu laukos, raudzēšanu biogāzes iegūšanai, kompostēšanu, dedzināšanu un arī apglabāšanu atkritumu poligonos. Pārstrāde ietver arī tehnoloģijas, kas Latvijā pagaidām netiek lietotas (pirolīze u. c.).
Dūņu utilizācija	Dūņu gala izmantošanas veids, piemēram, lauksaimniecībā, apzaļumošanā u. c.
Dūņu apsaimniekošana	Procesu kopums, kas ietver notekūdeņu dūņu apstrādi, pārstrādi, utilizāciju u. c. veicamās darbības ar dūņām no to rašanas brīža līdz utilizācijai.
Digestāts	Barības vielām bagāts materiāls, kas rodas pēc organisko vielu sadalīšanās anaerobos biogāzes ražošanas reaktoros.
Emisija	Tieša vai netieša vielu, vibrācijas, siltuma, nejonizējoša starojuma vai trokšņa izplūde no stacionāra vai difūza avota gaisā, ūdenī vai zemē.
Flokulanti, koagulanti	Ķīmiski savienojumi, kas tiek izmantoti notekūdeņu attīrīšanas un notekūdeņu dūņu atūdeņošanas procesos, lai ierosinātu mazu daļiņu savienošanos lielākās pārslās, tādējādi uzlabojot notekūdeņu attīrīšanas un notekūdeņu dūņu atūdeņošanas procesu efektivitāti.

Fugāts	Barības vielām un slāpekļa savienojumiem bagāts šķidrums, kas rodas digestāta iebiezināšanas vai atūdeņošanas laikā.
Komposta ražotājs	Juridiska vai fiziska persona, kas izmanto notekūdeņu dūņas komposta gatavošanai (MK noteikumi Nr. 362).
Ķīmiskais skābekļa patēriņš	ĶSP ir rādītājs, kas raksturo kopējo kālija dihromāta daudzumu, kas nepieciešams ūdenī esošo organisko vielu oksidēšanai. Veicot analīzes, paraugam tiek pievienoti citi reaģenti, piemēram, hlorīdi.
Liekās bioloģiskās / aktīvās dūņas	Dūņas, kas jānoņem no notekūdeņu attīrīšanas ar aktīvajām dūņām, jo procesa ietvaros aktīvo dūņu masa ir pieaugusi, pārsniedzot procesā nepieciešamo apjomu.
Lielās NAI	NAI ar projektēto notekūdeņu attīrīšanas kapacitāti virs 1000 m ³ /dnn.
Mazās NAI	NAI ar projektēto notekūdeņu attīrīšanas kapacitāti zem 1000 m ³ /dnn.
Mezofilā anaerobā dūņu pārstrāde	Notekūdeņu dūņu raudzēšana biogāzes reaktoros biogāzes iegūšanai apmēram 35 °C temperatūrā.
Mineralizētas vai biezinātas dūņas	Dūņas, kas pēc to noņemšanas notekūdeņu attīrīšanas procesā tiek apstrādātas mineralizatoros vai biezinātājos sausnas īpatsvara palielināšanai līdz 2–4 %.
Mitras notekūdeņu dūņas (atūdeņotas dūņas)	Apstrādātas notekūdeņu dūņas, izmantojot kādu no MK noteikumos Nr. 362 noteiktajiem dūņu apstrādes veidiem. Atkarībā no NAI operatora veiktās dūņu apstrādes metodes dūņu sastāvā var būt 75 %–95 % ūdens un 5–25 % sausnas.
Neapstrādātas dūņas	Notekūdeņu dūņas, kas nav bijušas pakļautas nevienam no MK noteikumos Nr. 362 noteiktajiem notekūdeņu dūņu apstrādes veidiem.
Notekūdeņu dūņas	Koloidālas nogulsnes, kas rodas, apstrādājot sadzīves, komunālos un ražošanas notekūdeņus attīrīšanas iekārtās, kā arī nosēdumi no septiskām tvertnēm un citām līdzīgām notekūdeņu attīrīšanas iekārtām.

Notekūdeņu dūņu komposts	Notekūdeņu dūņu un dažādu augu izcelsmes materiālu (kūdras, lapu, salmu, zāģskaidu un citu pildmateriālu) sadalīšanās produkts, ko iegūst, cilvēkam ietekmējot aktīvu aerobu mikrobioloģisko darbību (MK noteikumi Nr. 362).
Notekūdeņu dūņu ražotājs	Juridiska vai fiziska persona, kas apsaimnieko notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, kuru tehnoloģiskajos procesos rodas notekūdeņu dūņas (MK noteikumi Nr. 362).
Projekts LIFE GOODWATER IP	Projekts „Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai” (<i>LIFE18 IPE/LV/000014 - LIFE GOODWATER IP</i>).
Pirmējās dūņas	Dūņas, kas tiek iegūtas, nostādinot speciālos nostādinātājos notekūdeņus, kas izgājuši tikai mehāniskās priekšattīrīšanas stadiju.
Piesārņojoša darbība	Tāda augsnes, zemes dziļu, ūdens, gaisa, iekārtu vai ēku un citu stacionāru objektu izmantošana, kas var radīt vides piesārņojumu vai avāriju risku, kā arī darbība, kas tiek veikta piesārņotā vietā un var izraisīt piesārņojuma izplatīšanos.
Piesārņojums	Cilvēka rīcības izraisīta vielu, vibrācijas, siltuma vai trokšņa tieša vai netieša novadišana gaisā, ūdenī vai zemē, kam var būt kaitīga ietekme uz cilvēka veselību vai vidi un kas var radīt kaitējumu īpašumam vai ietekmēt dabas resursu lietošanu un cita veida likumīgu vides izmantošanu.
Piesārņota vieta	Augsne, zemes dzīles, ūdens, dūņas, kā arī ēkas, ražotnes vai citi objekti, kas satur piesārņojošas vielas.
Potenciāli piesārņota vieta	Augsne, zemes dzīles, ūdens, dūņas, kā arī ēkas, ražotnes vai citi objekti, kuri pēc nepārbaudītas informācijas satur vai var saturēt piesārņojošas vielas.

Sadzīves atkritumi	Par sadzīves atkritumiem tiek uzskatīti nešķiroti atkritumi un dalīti savākti atkritumi no mājsaimniecībām, tai skaitā papīrs un kartons, stikls, metāli, plastmasa, bioloģiskie atkritumi, koksne, tekstilmateriāli, iepakojums, elektriskās un elektroniskās iekārtas, bateriju akumulatori, liela izmēra atkritumi, tostarp matračī un mēbeles, kā arī nešķiroti atkritumi un no citiem avotiem dalīti savākti atkritumi, kuru īpašības un sastāvs ir līdzīgs atkritumiem no mājsaimniecībām. Par sadzīves atkritumiem neuzskata atkritumus no ražošanas, lauksaimniecības, mežsaimniecības, zivsaimniecības, septiskajām tvertnēm un notekūdeņu kanalizācijas tīkla un attīrīšanas iekārtām, tai skaitā notekūdeņu dūņas, nolietotus transportlīdzekļus vai būvdarbos un būvju nojaukšanas procesā radušos atkritumus (Atkritumu apsaimniekošanas likuma 1. pants).
Slapjas dūņas	Notekūdeņu dūņas, kas ir dabiski izveidojušās un neapstrādātas tiek izņemtas no bioloģiskās notekūdeņu apstrādes procesa. Dūņu sastāvā ir 99 % ūdens, 1 % sausas.
Stratēģija	Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģija Latvijā (projekts), 2021.

Ievads

Notekūdeņu un notekūdeņu dūņu apsaimniekošana ir būtisks ūdenssaimniecības sniegto pakalpojumu aspekts. Ņemot vērā, ka notekūdeņu attīrīšanas procesā neizbēgami rodas notekūdeņu dūņas, to apsaimniekošana nav nodalāma no notekūdeņu savākšanas un attīrīšanas.

Starptautisko ilgtspējīgas attīstības politikas plānošanas dokumentu kontekstā notekūdeņu dūņas ir resurss, kura atgriešana ražošanas procesos ir būtiska un nepieciešama. Ņemot vērā notekūdeņu dūņu īpašības, tās var būt gan barības vielu avots, gan biomasa atjaunojamās enerģijas iegūšanai.

Notekūdeņu dūņu pārstrāde, lai iegūtu lauksaimniecībā izmantojamu mēslojumu kā alternatīvu ķīmiskajam mēslojumam ir aktuāls uzdevums. Notekūdeņu attīrīšanas bioloģisko procesu rezultātā no notekūdeņiem atdalītās vielas uzkrājas notekūdeņu dūņās, piemēram, fosfors un slāpekļis, tajās ir atrodams augstā koncentrācijā. Tajā pašā laikā dūņas no sadzīves notekūdeņu attīrīšanas iekārtām raksturo zems piesārņojuma līmenis, kas ir viens no priekšnosacījumiem kompostēšanas metodes izmantošanai un lauksaimniecībā lietojama mēslojuma iegūšanai.

Ja dūņu kvalitātes analīzes apstiprina to atbilstību tiesību aktos noteiktajiem kvalitātes rādītājiem, tās pēc pārstrādes var izmantot lauksaimniecības vai mežsaimniecības zemju bagātināšanai ar augu barības vielām, iestrādājot augsnē gan dūņas, gan no tām sagatavotu kompostu.

Attīstoties notekūdeņu apstrādes un dūņu pārstrādes tehnoloģijām, var paplašināt dūņu izmantošanas iespējas, tai skaitā arī par atjaunojamu energoresursu, degradēto teritoriju rekultivācijā, ilggadīgo kokaugu stādījumu ierīkošanā un citos veidos.

Būtiski, lai notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas process būtu vienkāršs, ekonomiski pamatots, ievērojot normatīvajos aktos noteiktās prasības. Attiecīgi ir svarīgi, lai pārstrādātās notekūdeņu dūņas būtu videi drošas, neradītu un nepārnestu piesārņojumu uz vidi. Tas nodrošinātu, ka dūņas ir pastāvīgi pieprasīts un pieejams resurss.

Ar notekūdeņu dūņu atbilstīgu apsaimniekošanu var veicināt ES ilgtspējīgās attīstības iniciatīvās izvirzīto mērķu sasniegšanu, īpaši aprītes ekonomikas jomā.

Juridiskais ietvars

Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu, tāpat kā jebkuru procesu, kas ES identificēts kā sabiedrībai būtisks un nepieciešams, ierobežo, apraksta un reglamentē dažāda līmeņa normatīvais regulējums¹.

ES tiesību aktu hierarhija un skaidrojumi

- Regulas** → Regulas ir juridiski saistoši tiesību akti. Tās ir pilnībā jāpiemēro visās ES dalībvalstīs.
- Direktīvas** → Direktīvas ir tiesību akti, kuros izvirzīti visām dalībvalstīm sasniedzami mērķi. Tomēr katra dalībvalsts ir tiesīga izstrādāt savu pasākumu kopumu, lai tos sasniegtu.
- Lēmumi** → Lēmumi ir saistoši konkrētiem adresātiem (piemēram, ES dalībvalstij vai uzņēmumam) un tieši piemērojami.
- Ieteikumi** → Ieteikumi nav juridiski saistoši.
- Atzinumi** → Atzinumi ir instrumenti, kas ļauj iestādēm izteikt savu viedokli, neuzliekot nekādus juridiskus pienākumus to adresātiem.

Saistošie normatīvie akti

Eiropas Zaļais kurss (2019) – nosaka, ka vēlākais 2050. gadā visas siltumnīcefekta gāzes tiks neitralizētas, panākot, ka Eiropa kļūst par pirmo klimatneitrālo pasaules daļu, turklāt ekonomikas izaugsme tiks atsaistīta no resursu izmantošanas.

¹ https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_lv

Būtiskākās Eiropas Savienības direktīvas

- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2000/60/EK (2000. gada 23. oktobris), ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai ūdens resursu politikas jomā (Ūdens struktūrdirektīva).
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2006/118/EK (2006. gada 12. decembris) par gruntisūdeņu aizsardzību pret piesārņojumu un pasliktināšanos.
- Padomes Direktīva 98/83/EK (1998. gada 3. novembris) par dzeramā ūdens kvalitāti.
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2020/2184 (2020. gada 16. decembris) par dzeramā ūdens kvalitāti (pārstrādāta redakcija).
- Padomes Direktīva (1986. gada 12. jūnijs) par vides, jo īpaši augšnes aizsardzību lauksaimniecībā, izmantojot notekūdeņu dūņas (86/278/EEK). (Atļauj lauksaimniecībā izmantot tikai pārstrādātas notekūdeņu dūņas, lai būtiski samazinātu patogēnu piesārņojumu un kontrolētu smago metālu piesārņojumu, nosakot ierobežojumus, kad notekūdeņu dūņas un to komposts nav izmantojams lauksaimniecībā).
- Padomes Direktīva (1991. gada 21. maijs) par komunālo notekūdeņu attīrīšanu (91/271/EEK).

Būtiskākie Latvijas Republikas normatīvie akti

- Likums „Par sabiedrisko pakalpojumu regulatoriem” (19.10.2000.).
- Likums „Ūdenssaimniecības pakalpojumu likums” (18.06.2015.).
- Likums „Par piesārņojumu” (15.03.2001.).
- MK noteikumi Nr. 174 „Noteikumi par sabiedrisko ūdenssaimniecības pakalpojumu sniegšanu un lietošanu” (22.03.2016.).
- MK noteikumi Nr. 34 „Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī” (22.01.2002.) Šie noteikumi pārņem Direktīvas 91/271/EEK prasības.
- MK noteikumi Nr. 1082 „Kārtība, kādā piesakāmas A, B un C kategorijas piesārņojošās darbības atļaujas un izsniedzamas atļaujas A un B kategorijas piesārņojošo darbību veikšanai” (30.11.2010.).

- MK noteikumi Nr. 362 „Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli” (02.05.2006.). Šie noteikumi pārņem Direktīvā 86/287/EEK noteiktās prasības. *(Nosaka kvalitātes prasības notekūdeņu dūņām un to kompostam, kā arī dūņu kvalitātes, kvantitātes un izmantošanas uzskaites kārtību, prasības dūņu pagaidu uzglabāšanai, kā arī apglabāšanai atkritumu poligonos).*
- MK noteikumu Nr. 271 „Noteikumi par vides aizsardzības oficiālās statistikas un piesārņojošās darbības pārskata veidlapām” (23.05.2017.). Šie noteikumi nosaka prasības ūdens resursu lietošanas pārskata „Nr. 2 – Ūdens” sagatavošanai un iesniegšanai.

1. nodaļa

ESOŠĀ SITUĀCIJA LATVIJĀ

Priekšvārds

Izmantotie saīsinājumi

Terminoloģija

Ievads

Juridiskais ietvars

1. nodaļa. Esošā situācija Latvijā

- 1.1. Nacionāla notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģija
 - 1.2. Notekūdeņi un to apjoms Latvijā laikā no 2017. līdz 2019. gadam
 - 1.3. Notekūdeņu dūņu apjoms Latvijā laikā no 2017. līdz 2019. gadam
Notekūdeņu dūņu teorētiskā pieauguma aprēķini
 - 1.4. Notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijā
 - Smagie metāli
 - Agroķīmiskie rādītāji
 - Bīstamās vielas
 - Farmaceutisko vielu atlikumi
 - Mikrobioloģiskais piesārņojums
-

2. nodaļa. Notekūdeņi un to apsaimniekošana

3. nodaļa. Notekūdeņu dūņas

4. nodaļa. Notekūdeņu dūņu apsaimniekošana

Izmantotie literatūras avoti un resursi

1. ESOŠĀ SITUĀCIJA LATVIJĀ

1.1. Nacionāla notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģija

Dokuments „Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas valsts stratēģija Latvijā”, 2021. gads ir izstrādāts projekta „Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai” (*LIFE18 IPE/LV/000014 – LIFE GOODWATER IP*) ietvaros. Stratēģijas izstrādes pasūtītājs ir LŪKA, bet to izstrādāja SIA „IsMade”, sadarbojoties ar LŪKA speciālistiem un konsultējoties ar LR Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministriju. Stratēģijas projekts atrodams LŪKA mājaslapā².

Stratēģija ir nacionāla mēroga stratēģisks plānošanas dokuments, kurā aprakstīta un analizēta situācija notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas sektorā, un, ņemot vērā ES un nacionālā līmeņa normatīvos aktus un politikas plānošanas dokumentus, identificētos problēmjautājumus, kā arī administratīvi, vidiski, ekonomiski un tehniski atbilstīgus un iespējamus risinājumus un to izmaksas, nosaka rīcību, lai panāktu sektora vienotu turpmāko attīstību.

VĪZIJA

Visas notekūdeņu dūņas Latvijā ir atbilstīgi pārstrādātas un izmantotas videi drošā veidā, ievērojot aprites ekonomikas principus.

MISIJA

Izveidot notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas sistēmu, kurā pārstrādātas notekūdeņu dūņas kā pastāvīgi pieprasīts un pieejams resurss ir būtiska aprites ekonomikas daļa, bet notekūdeņu dūņu savākšanas un pārstrādes process ir vienkāršs, videi drošs, ekonomiski pamatots, precīzi noteikts un uzraudzīts.

MĒRĶI

1. Notekūdeņu dūņu apsaimniekošana ir precīzi reglamentēta, videi droša un ekonomiski pamatota.
2. Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas process ir vienkāršs un tiek uzraudzīts.
3. Pārstrādātas notekūdeņu dūņas ir pastāvīgi pieprasīts un pieejams resurss.

² <https://www.lwwwa.lv/projekts-life/>

Lai sasniegtu izvirzītos mērķus, stratēģijā ir izvēlēts risinājums, ka notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu veic SPS. Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas modelis paredz, ka katra pašvaldība pieņem lēmumu par notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu atbildīgo SPS pašvaldības teritorijā, vienlaikus sniedzot atbalstu SPS atbildīgas notekūdeņu dūņu apstrādes un pārstrādes infrastruktūras izveidei. Par notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu noteiktais atbildīgais SPS nodrošina, ka pašvaldības teritorijā sabiedrisko ūdenssaimniecības pakalpojumu sniegšanā iesaistītajās NAI radītās 1.–4. klases notekūdeņu dūņas tiek koncentrētas pašvaldības lielākajās NAI, kur veic to sākotnējo apstrādi (mehānisku atūdeņošanu), atsevišķās pašvaldībās var būt arī vairākas atūdeņošanas vietas. Par notekūdeņu dūņu atbildīgais SPS visas savāktās un atūdeņotās notekūdeņu dūņas no pašvaldības lielākajām NAI nogādā tuvākajā no 26 notekūdeņu dūņu pārstrādes centriem. Savukārt notekūdeņu dūņu pārstrādes centri nodrošina, ka pārstrādātās notekūdeņu dūņas pēc to izturēšanas 12 mēnešus (aukstā fermentācija) vai kompostēšanas pirms to iestrādes augsnē tiek atbilstīgi testētas, tām sagatavo kvalitātes apliecinājumus un sniedz precīzu informāciju valsts statistikas pārskatos.

Atbilstīgi stratēģijā iekļautajai misijai un vīzijai, kā arī izvirzītajiem mērķiem un to izpildei definētajiem uzdevumiem ir sastādīts arī notekūdeņu dūņu Stratēģijas ieviešanas plāns, paredzot pasākumus, izmaksas un atbildīgās institūcijas katra uzdevuma veikšanai.

Stratēģiju paredzēts īstenot līdz 2028. gadam, kad tiks vērtēti sasniegtie rezultāti, un rediģēt atbilstīgi tā brīža situācijai.

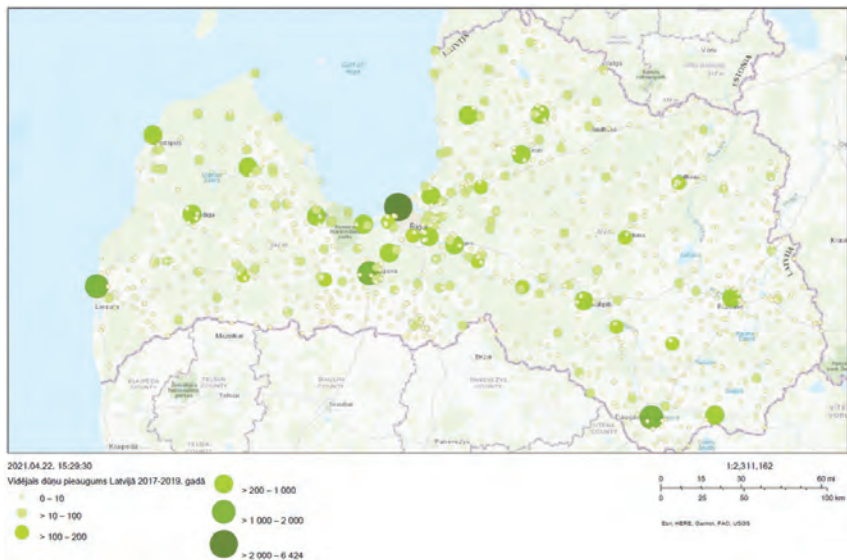
1.2. Notekūdeņi un to apjoms Latvijā laikā no 2017. līdz 2019. gadam

Atbilstīgi apkopotajai un analizētajai informācijai par notekūdeņu attīrīšanu un attiecīgi notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu jāsecina, ka Latvijā notekūdeņu dūņas rodas 921 (1. attēls) no 967 LVĢMC reģistrā esošajām NAI ar bioloģisko notekūdeņu attīrīšanas ciklu. Analīzē nav iekļautas NAI, par kurām reģistrā pieejamā informācija atkārtojas, kā arī NAI, kuru faktiskais attīrītais notekūdeņu apjoms ir tik mazs, ka notekūdeņu dūņu apjoms nav aprēķināms, ir gandrīz nulle vai ir nulle. Pilns situācijas vērtējums, analizējot notekūdeņu un notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu, iekļauts ziņojumā „Esošās situācijas izvērtējums par notekūdeņu dūņu apjomu, kvalitāti, pārstrādi un izmantošanu Latvijā (2021)”, kas ir pieejams projekta *LIFE GOODWATER IP* mājaslapā³.

³ www.goodwater.lv

Kopējais attīrīto notekūdeņu apjoms 921 NAI 2017. gadā bija 111,7 milj. m³, 2018. gadā – 98,1 milj. m³, bet 2019. gadā – 100,2 milj. m³. Datu analīzē iekļautajā laika periodā atšķirība starp lielāko un mazāko ikgadējo attīrīto notekūdeņu apjomu ir 13,6 milj. m³ vai 12 %, kas ir būtiska atšķirība un ko var salīdzināt ar trīs gadu laikā attīrīto notekūdeņu apjomu Daugavpilī. Šādu nozīmīgu atšķirību iemesls lielākoties ir skaidrojams ar mainīgajiem laikapstākļiem un notekūdeņu savākšanas sistēmā ieplūstošo lietus notekūdeņu daudzumu. Tādējādi notekūdeņu attīrīšanas iekārtās ieplūst lielāks notekūdeņu apjoms, tomēr piesārņojuma koncentrācija ir zemāka nekā tipiskos sadzīves notekūdeņos, tāpēc kopējās piesārņojuma, kas jāattīra NAI, atšķirības nav tik būtiskas. Tomēr lietus ūdeņu ieplūšana NAI būtiski ietekmē notekūdeņu attīrīšanas procesus un to efektivitāti (it sevišķi mazajās NAI), līdz ar to, lai nodrošinātu nepārtrauktu, kvalitatīvu un efektīvu notekūdeņu attīrīšanu ilgtermiņā, iespējami jāsamazina lietus ūdens ieplūšanu NAI.

Situācijas pārskatāmībai visas 921 NAI ir sadalītas piecās grupās. NAI grupēšanas pamatā ir faktiskā notekūdeņu caurplūde viena gada laikā (m³/gadā). Visas NAI ir grupētas, izmantojot 2019. gada faktiskās caurplūdes rādītājus, kas raksturo vidējo faktisko notekūdeņu caurplūdi (1. tabula un 2. attēls).

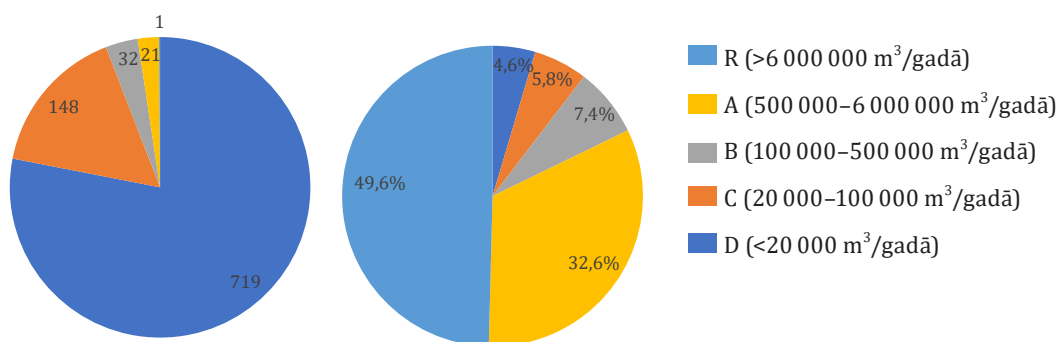


1. attēls. 921 bioloģiskās NAI izvietojums Latvijā 2020. gadā

1. tabula

NAI, to daudzums un faktiski attīrīto notekūdeņu apjoms 2019. gadā⁴

Grupa	Faktiskā notekūdeņu caurplūde, m ³ /gadā	NAI skaits	% no kopējā NAI skaita	Kopējais caurplūdušais notekūdeņu daudzums, m ³ /gadā	% no visa caurplūdušā notekūdeņu daudzuma
R	>6 000 000	1	0,1	49 697 469	49,6
A	500 000–6 000 000	21	2,3	32 673 644	32,6
B	100 000–500 000	32	3,5	7 465 228	7,4
C	20 000–100 000	148	16,1	5 784 224	5,8
D	<20 000	719	78,0	4 600 519	4,6
KOPĀ		921	100	100 221 084	100



2. attēls. Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu sadalījums grupās pēc to skaita un kopējo attīrīto notekūdeņu daudzuma proporcija Latvijā attīrīto notekūdeņu grupā

Apkopotie dati liecina par to, ka aptuveni pusi no Latvijas saimnieciskajiem notekūdeņiem attīra vienās NAI (BAS „Daugavgrīva”) – attīrīšanas iekārtas atrodas Rīgā un tajās attīra notekūdeņus no Rīgas un tās tuvumā esošajām pašvaldībām, kas notekūdeņus novada Rīgas centralizētajā notekūdeņu savākšanas tīklā. Šajās NAI ietilpst notekūdeņi no Ropažu, Ķekavas, Salaspils, Ādažu un Mārupes novadiem, kā arī Jūrmalas.

A grupā ietilpst 21 NAI, kuru faktiskā notekūdeņu caurplūde 2019. gadā bija no 0,5 līdz 6,0 milj. m³. A grupā ietilpstošo NAI faktiskā notekūdeņu caurplūde sastāda 32,6 % no visa analizētā attīrīto notekūdeņu apjoma. R un A grupā esošās 22 NAI vai 2,4 % no kopējā NAI skaita attīra 82,2 % no visa vērtētā notekūdeņu apjoma, kas ir būtiski lielākā daļa no kopējā attīrītā notekūdeņu apjoma Latvijā. Savukārt C

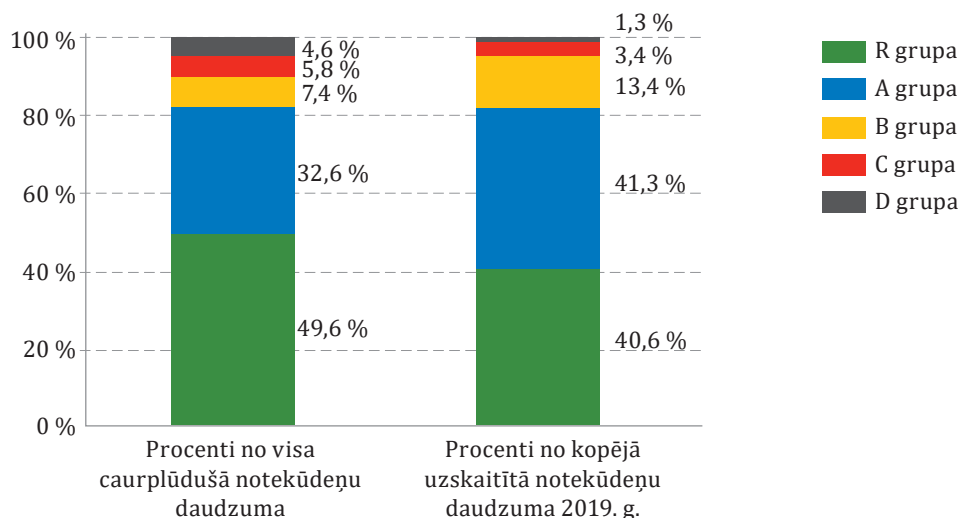
⁴ <https://www.meteo.lv/lapas/vide/udens/udens-statistikas-apkopojumi/2-udens-parskati/2-udens-parskati?id=1104&nid=434>

un D grupā ietilpstošās 867 NAI vai 94,1 % no kopējā NAI skaita attīra 10,4 milj. m³ notekūdeņu gadā jeb tikai 10,4 % no kopējā notekūdeņu daudzuma, tomēr, neskatoties uz salīdzinoši mazo notekūdeņu apjomu, to ģeogrāfiskais izvietojums un izkliede visas Latvijas teritorijā norāda uz nepieciešamību nodrošināt tajās atbilstīgus notekūdeņu attīrīšanas procesus, lai neradītu plašus un reģionālus vides piesārņojuma riskus.

1.3. Notekūdeņu dūņu apjoms Latvijā laikā no 2017. līdz 2019. gadam

Notekūdeņu attīrīšanas procesu primārais mērķis ir nodrošināt, lai dabā novadītie attīrītie notekūdeņi būtu iespējami tīri un atbilstu likumdošanā noteiktajām attīrītu notekūdeņu pieļaujamā piesārņojuma prasībām. Tipiski saimniecisko notekūdeņu attīrīšanai izmantotajos bioloģiskajos notekūdeņu attīrīšanas procesos, ko īsteno 921 NAI Latvijā, nenovēršami rodas liekās aktīvās dūņas, kuras jānovada no notekūdeņu attīrīšanas procesa un atbilstīgi jāapstrādā, jāpārstrādā un jāutilizē. Radītais notekūdeņu dūņu apjoms ir atkarīgs no virknes iekšēju (izvēlētajā notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģija, procesu shēma u. c.) un ārēju faktoru (gaisa un notekūdeņu temperatūra, iepļūstošo notekūdeņu sastāvs u. c.), bet tas nevar būt pašmērķis, piemēram, ieregulējot NAI procesus, lai maksimāli samazinātu radīto notekūdeņu dūņu apjomu, tiek būtiski ietekmēta notekūdeņu attīrīšanas efektivitāte un radīti iespējami vides piesārņojuma riski. Nevienai no NAI nedrīkst būt prioritārs mērķis radīt iespējami lielāku vai mazāku notekūdeņu dūņu daudzumu, riskējot ar iespējamu novadīto attīrīto notekūdeņu piesārņojuma radītāju pasliktināšanos. Lai nodrošinātu atbilstīgu notekūdeņu attīrīšanas procesu norisi NAI, var būt un ir novērojamas būtiskas atšķirības starp NAI ar līdzīga iepļūstošā notekūdeņu daudzuma radīto notekūdeņu dūņu apjomu, kas veidojies notekūdeņu attīrīšanas procesā un pēc novadīšanas precīzi uzskaitīts. Jāņem vērā, ka radīto notekūdeņu dūņu apjomā uzskaita attīrīšanas procesa laikā noņemtās liekās notekūdeņu dūņas jeb dūņas, kas ir izveidojušās bioloģiskajā attīrīšanas procesā, tādējādi bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas procesos radot pārāk augstu to koncentrāciju un mazinot notekūdeņu attīrīšanas efektivitāti.

Slapjo notekūdeņu dūņu (1 % sausnas) daudzums aprēķināts, pamatojoties uz „2-Ū” pārskatā iekļauto informāciju par faktisko gada laikā saražoto notekūdeņu mitro dūņu (5–25 % sausnas) daudzumu un atbilstīgo sausnas saturu dūņās katrā NAI laikā no 2017. līdz 2019. gadam (skat. 2. tabulu un 3. attēlu).



3. attēls. Attīrīto notekūdeņu un saražoto notekūdeņu dūņu daudzuma salīdzinājums dažādu grupu NAI

2. tabula

**NAI operatoru uzskaitītais dūņu daudzums, kas norādīts „2-U pārskatā”
2017.-2019. gadā**

Grupa	Slapjo 1 % notekūdeņu dūņu daudzums 2017. g., t/gadā	Slapjo notekūdeņu dūņu daudzums 2018. g., t/gadā	Slapjo 1 % notekūdeņu dūņu daudzums 2019. g., t/gadā	No kopējā uzskaitītā notekūdeņu dūņu daudzuma 2019. g., %
R	843 436	837 329	914 023	40,6
A	946 074	942 959	930 268	41,3
B	415 522	446 636	302 369	13,4
C	58 497	58 693	77 579	3,4
D	36 047	28 890	28 690	1,3
KOPĀ	2 299 576	2 314 507	2 252 929	100

Kopējais Latvijā saimniecisko notekūdeņu attīrīšanas procesos radītais slapjo notekūdeņu dūņu apjoms ir aptuveni 2,25 miljoni tonnu gadā.

Atbilstīgi attīrot gandrīz pusi no visiem notekūdeņiem Latvijā, liela daļa no radītā notekūdeņu dūņu apjoma rodas R grupas NAI, kas ir aptuveni 40 % no visa radītā slapjo dūņu apjoma. Tas saistīts ar atšķirīgi

organizēto notekūdeņu attīrīšanas procesu, kurā daļa no notekūdeņos esošā piesārņojuma attīrīta pirmējos nostādinātājos, kas mazina notekūdeņu attīrīšanas procesā radīto kopējo notekūdeņu dūņu daudzumu.

Savukārt A grupas NAI kopējais radīto slapjo notekūdeņu dūņu daudzums ir aptuveni 41 % no Latvijā gada laikā radīto visu slapjo notekūdeņu dūņu daudzuma, lai gan kopējais attīrīto notekūdeņu apjoms ir 32,6 %. Tātad R un A grupas NAI gada laikā saražo aptuveni vienādu slapjo notekūdeņu dūņu apjomu, kas ir nedaudz mazāk nekā 1 milj. tonnu katrā. Ja R un A grupas NAI kopā attīra 82,2 % no kopējā notekūdeņu apjoma, tad kopā tās rada 81,9 % slapjo notekūdeņu dūņu. D grupas 719 NAI kopējais deklarētais radīto slapjo notekūdeņu dūņu daudzums ir tikai 1,2 % un ir uzskatāms par nenozīmīgu. Jāsecina, ka R, A un B grupas 54 NAI kopā rada 95,3 % no Latvijā gada laikā kopā saražotā slapjo notekūdeņu dūņu daudzuma.

**Vidēji 1 m³ notekūdeņu dūņu saražošanai ir vajadzīgi
44 m³ notekūdeņu.**

Datu analīzes gaitā iegūtie rezultāti ļauj izdarīt secinājumus:

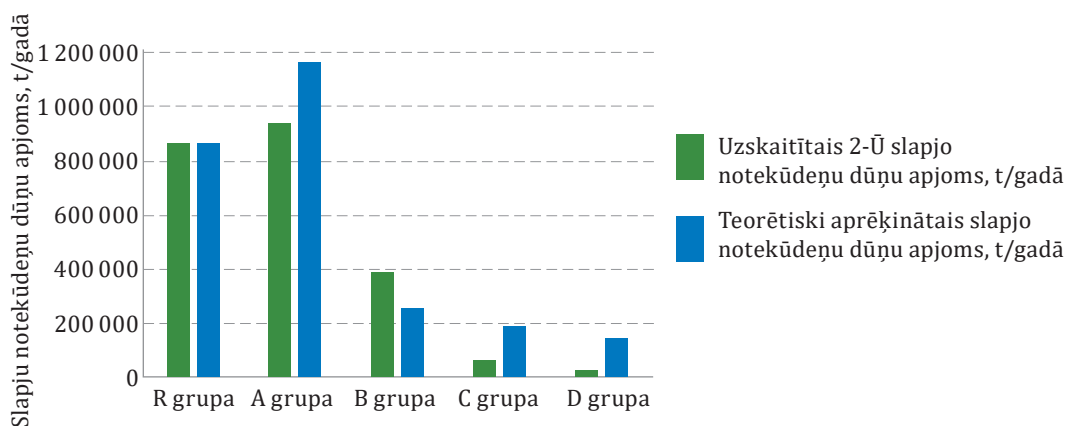
- 1) notekūdeņu attīrīšanas procesos radītais notekūdeņu dūņu apjoms ir tieši atkarīgs no NAI jaudas – jo lielākas NAI, jo mazāks notekūdeņu dūņu apjoms tiek radīts, attīrot vienu m³ notekūdeņu;
- 2) statistikas dati un to precizitāte par mazajām NAI ir sliktāka nekā par lielajām NAI, jo mazākas NAI ar mazāku faktiski attīrīto notekūdeņu apjomu, jo mazāks notekūdeņu dūņu daudzums, jo neprecīzāka ir radīto notekūdeņu dūņu apjoma kontrole un uzskaitē. Rezultātā iegūti statistikas dati, kas neatbilst faktiskajai situācijai;
- 3) mazajās NAI notekūdeņu attīrīšanas un notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas efektivitāte ir zemāka – jo mazākas NAI un mazāka centralizēti savākto notekūdeņu sistēma, jo nevienmērīgāka ir notekūdeņu plūsma (tajā skaitā lietus ūdeņu), kā rezultātā NAI ir biežāk pakļautas dažādām tehnoloģiskā procesa svārstībām un no NAI notekūdeņu dūņas var izskatīties (pastiprinātas lietus ūdeņu pieplūdes laikā) vai atmirt (nepietiekama notekūdeņu apjoma un pazemināta organisko vielu saturs gadījumā);
- 4) iespējams, ka neprecīzi ir statistikas dati, kas atspoguļo notekūdeņu dūņu apjoma uzskaiti C un D grupas NAI. Ievērojams skaits individuālo un mazo NAI lieko dūņu apjomu atsūknē izvešanai, atūdeņošanai un apstrādei lielākās (visbiežāk A grupas) NAI, līdz ar to radušos notekūdeņu dūņu daudzums netiek uzskaitīts, jo tās nonāk lielākajās NAI un tiek ieskaitītas lielāko NAI radīto notekūdeņu dūņu apjomā.

Vidējais D grupas NAI faktiski attīrīto notekūdeņu daudzums ir $\sim 6400 \text{ m}^3/\text{gadā}$. Vidējais saražotais slapjo notekūdeņu dūņu daudzums $\sim 40 \text{ m}^3/\text{gadā}$. Tas ir ļoti mazs apjoms, ko teorētiski ir iespējams īsā laika periodā izkliedēt dabā, vairākus gadu desmitus glabāt neatbilstīgās tilpnēs vai veikt citas darbības, kā rezultātā statistikas dati liecina par to, ka lielā daļā mazo NAI dūņas nerodas, kas faktiski neatbilst tehnoloģiskajiem procesiem. Saskaņā ar pārskata „2-Ū” atskaites datiem tikai 331 (46 %) no visām D grupas 719 NAI gada laikā ir radušās liekās dūņas. Un tikai 131 (18 %) no tām gada laikā radītais notekūdeņu dūņu apjoms pārsniedz vidējo – 40 t/gadā .

Notekūdeņu dūņu teorētiskā pieauguma aprēķini

Izmantojot „2-Ū” pārskata datus par ieklūstošo notekūdeņu daudzumu un piesārņojošo vielu koncentrāciju katrā no 921 NAI, ir aprēķināts teorētiski radīto slapjo notekūdeņu dūņu daudzums gan katrā NAI, gan Latvijā kopumā. Atbilstīgi iepriekš veiktajam NAI grupējumam, salīdzināts teorētiski aprēķinātais un faktiski statistiskā iekļautais notekūdeņu dūņu apjoms (4. attēls).

Atbilstīgi iepriekšējiem secinājumiem vislielākā relatīvā starpība starp teorētiski aprēķināto notekūdeņu dūņu pieaugumu un statistikas pārskatos iekļautajiem apjomiem ir konstatētas relatīvi mazākās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās C un D grupā. Šo atšķirību iemesli minēti iepriekšējos secinājumos. Būtiska starpība novērota arī A grupas NAI, kas varētu būt saistīta ar būtiskām notekūdeņu sastāva izmaiņām un atsevišķiem gadījumiem, kad ir neprecīzi aizpildīti statistikas pārskati.



4. attēls. Valsts statistikas pārskatā „2-U” uzskaitītais un teorētiski aprēķinātais slapjo notekūdeņu dūņu daudzums (t/gadā) dažādās NAI grupās vidēji laikā posmā no 2017. līdz 2019. gadam

1.4. Notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijā

Atbilstīgi Eiropas Savienībā spēkā esošajam normatīvajam regulējumam notekūdeņu dūņu kvalitātes prasības iekļauj nacionālā līmeņa normatīvajos aktos. Notekūdeņu dūņu kvalitātes prasības Latvijā iekļautas MK noteikumos Nr. 362 „Par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli”, kur ir noteiktas prasības tikai smago metālu rādītājiem un to koncentrācijai notekūdeņu dūņās un kompostā. Minētajos MK noteikumos ir izšķirtas piecas notekūdeņu dūņu kvalitātes klases, no kurām pirmā ir augstākā, bet piektā – zemākā. Pēc agroķīmiskajiem, patogēnisko vai organisko piesārņotāju rādītājiem dūņu kvalitātes klases neizdala, bet atsevišķus agroķīmiskos rādītājus (augsnas pH) ņem vērā, lemjot par attiecīgā notekūdeņu dūņu apjoma izmantošanu lauksaimniecības zemēs.

Latvijas notekūdeņu dūņu agroķīmisko, mikrobioloģisko un smago metālu rādītāji ir pētīti un aprakstīti pētījumā, ko 2021. gada projekta *LIFE GOODWATER IP* ietvaros veica biedrība LŪKA „Esošās situācijas izvērtējums par notekūdeņu dūņu apjomu, kvalitāti, pārstrādi un izmantošanu Latvijā (2021)”, kas pieejams projekta mājaslapā. Pētījuma ietvaros ir analizēti notekūdeņu dūņu raksturlielumi 2020. gadā 21 apdzīvotas vietas saimnieciskās NAI, kas reprezentē iespējamus notekūdeņu dūņu kvalitātes rādītājus.

Latvijas NAI notekūdeņu dūņu kvalitāte pētījumā vērtēta pēc šādiem kritērijiem:

- 1) smago metālu koncentrācija;
- 2) agroķīmiskie rādītāji;
- 3) bīstamo vielu koncentrācija;
- 4) farmaceitisko vielu atlikumi;
- 5) mikrobioloģiskais piesārņojums.

Smagie metāli

Konstatētā smago metālu koncentrācija Latvijas NAI notekūdeņu dūņās ir neliela, un notekūdeņu dūņas atbilst Latvijas likumdošanā noteiktajai I vai II dūņu kvalitātes klasei. Ir daži izņēmumi, kuros paaugstināts smago metālu sastāvs notekūdeņu dūņās var būt saistīts ar iespējamu ražošanas notekūdeņu neatbilstīgu priekšattīrīšanu pirms ražošanas notekūdeņu novadīšanas apdzīvotās vietas centralizētajā notekūdeņu savākšanas tīklā.

Agroķīmiskie rādītāji

Notekūdeņu dūņu agroķīmisko rādītāju mērījumu rezultāti apliecina, ka notekūdeņu dūņas ir vērtīgs lauksaimniecības lauku mēslošanas līdzeklis. Latvijā vidēji uz 1 tonnu notekūdeņu dūņu sausnas ir pieejami aptuveni 25 kg fosfora, 63 kg slāpekļa un 720 kg organisko vielu. Gada laikā saskaņā ar 2017.–2019. gada datiem tas atbilst apmēram 685 t fosfora, 1700 t slāpekļa un 19 470 t organisko vielu. Agroķīmiskie rādītāji liecina, ka notekūdeņu dūņas ir vērtīgs lauku mēslošanas līdzeklis, kas satur gan ievērojamu slāpekļa un fosfora daudzumu augiem ērti pieejamā formā, gan arī daudz organisko vielu, kas daudziem Latvijas laukiem ir ļoti vajadzīgs.

Bīstamās vielas

Pētījuma laikā notekūdeņu dūņās konstatētā bīstamo vielu koncentrācija ir ļoti maza – mazāka par visstingrākajām normām, kādas pieņemtas citās ES valstīs (kur tādas ir noteiktas, jo lielākajā daļā ES valstu šādu normu nav). Tātad var apgalvot, ka Latvijā esošās notekūdeņu dūņas ir salīdzinoši tīras un to izmantošana aprites ekonomikā var būt salīdzinoši vienkārša, turklāt, balstoties uz to, ka Latvijas likumdošana nereglamentē šo un citu ūdens videi bīstamo vielu koncentrāciju notekūdeņu dūņās, šādas analīzes Latvijas NAI neveic un bīstamo vielu koncentrācija netiek norādīta dūņu kvalitātes apliecībās.

Farmaceutisko vielu atlikumi

Farmaceutisko vielu atlikumu koncentrācija notekūdeņu dūņās ir ļoti zema, atsevišķu antibiotiku aktīvās vielas netika konstatētas nevienā paraugā. Arī šie mērījumi liecina par Latvijā esošo dūņu augsto kvalitāti un nelielu iespējamo vides piesārņojumu risku. Jāpiemin, ka pētījuma laikā ir analizētas tikai antibiotiku aktīvo vielu paliekošās vērtības notekūdeņu dūņās.

Mikrobioloģiskais piesārņojums

Latvijas likumdošana neierobežo notekūdeņu dūņu pieļaujamo mikrobioloģisko piesārņojumu, tāpēc šādus mērījumus Latvijas NAI neveic un nenorāda dūņu kvalitātes apliecībās. Pētījuma dati liecina, ka Latvijas NAI notekūdeņu dūņu mikrobioloģiskais piesārņojums ir augstāks par pieļaujamo mikrobioloģisko piesārņojumu atsevišķās valstīs, kur tas ir ierobežots. Ne visās ES valstīs ierobežo notekūdeņu dūņu mikrobioloģisko piesārņojumu jeb ir noteiktas maksimāli pieļaujamās

mikroorganismu koncentrācijas robežas. Šādas prasības neiekļaušana likumdošanā ir skaidrojama ar to, ka pārstrādātas notekūdeņu dūņas var salīdzināt ar augšņu ielabošanā un mēslošanā plaši izmantotajiem kūtsmēsliem un digestātu, kuros arī ir paaugstināts mikroorganismu līmenis.

Notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijā vērtējama kā laba, un pārsvarā notekūdeņu dūņas atbilst MK noteikumos Nr. 362 minētajai I vai II dūņu kvalitātes klasei.

2. nodaļa

NOTEKŪDEŅI UN TO APSAIMNIEKOŠANA

Priekšvārds

Izmantotie saīsinājumi

Terminoloģija

Ievads

Juridiskais ietvars

1. nodaļa. Esošā situācija Latvijā

2. nodaļa. Notekūdeņi un to apsaimniekošana

2.1. Notekūdeņu klasifikācija

2.2. Notekūdeņu raksturojums

2.2.1. Tipiski sadzīves notekūdeņi

2.2.2. Ražošanas notekūdeņi

Ražošanas notekūdeņu dūņas

2.3. Notekūdeņu attīrīšana

2.3.1. Saimniecisko notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas

2.3.1.1. Notekūdeņu mehāniskā attīrīšana

2.3.1.2. Notekūdeņu bioloģiskā attīrīšana

Slāpekļa koncentrācijas samazināšana

Fosfora koncentrācijas samazināšana

Notekūdeņu temperatūra

Aktīvo dūņu koncentrācija pēc tilpuma

Aktīvo dūņu indekss

Aktīvo dūņu vecums

Aktīvo dūņu noslogojums

Ja iet bojā aktīvās dūņas

2.3.2. Notekūdeņu attīrīšanas kvalitātes prasības

2.3.2.1. Cilvēka ekvivalents (CE) un tā aprēķins

2.3.2.2. Notekūdeņu kvalitātes monitorings

VVD atļauja

Atbildība par monitoringa izpildi

Atskaites

Cēloņi kvalitātes neatbilstībai normatīvo aktu prasībām

3. nodaļa. Notekūdeņu dūņas

4. nodaļa. Notekūdeņu dūņu apsaimniekošana

Izmantotie literatūras avoti un resursi

2. NOTEKŪDEŅI UN TO APSAIMNIEKOŠANA

2.1. Notekūdeņu klasifikācija

Notekūdeņi rodas cilvēku ikdienas darbu un saimnieciskās aktivitātes rezultātā. Lielāko daļu jeb 99,9 % notekūdeņu sastāva veido ūdens. Atlikusī daļa ir piesārņojums, kas nosaka notekūdeņu veidu un apsaimniekošanas metodes. Atkarībā no notekūdeņu izcelsmes un piesārņojuma rakstura (fizikālajām īpašībām, ķīmiskā un bakterioloģiskā sastāva) izšķir sadzīves, ražošanas (rūpnieciskos, industriālos) un lietus (nokrišņu) notekūdeņus (5. attēls).

Atbilstīgi MK noteikumiem Nr. 34 par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī notekūdeņi ir ūdeņi, kas cilvēka darbības dēļ mainījuši savas sākotnējās fizikālās, ķīmiskās vai bioloģiskās īpašības. Notekūdeņu atbilstīgi to izcelsmei un sastāvam var arī klasificēt un raksturot šādi:

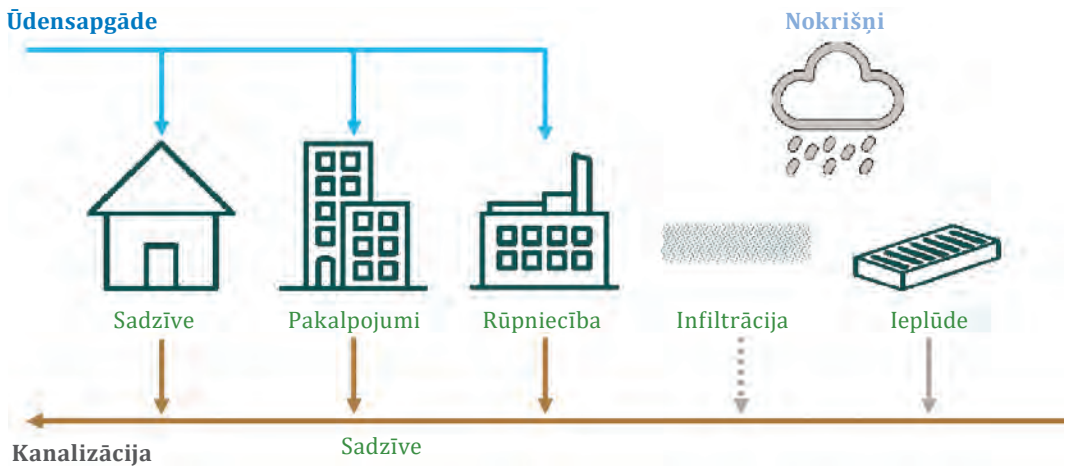
Sadzīves notekūdeņi	Notekūdeņi, kas radušies publiskās un dzīvojamās ēkās un sabiedrisko pakalpojumu sniegšanas vietās dažādu fizioloģisku, ar higiēnu saistītu un sadzīves darbību dēļ.
Lietus notekūdeņi	Ūdeņi, kas veidojas no atmosfēras nokrišņiem, tiem noplūstot no ēku jumtiem, ielām un citām teritorijām ar pilnīgu vai daļēju virsmas segumu.
Ražošanas notekūdeņi	Notekūdeņi, kas radušies uzņēmējdarbības vai ražošanas vietās un nav klasificējami kā sadzīves notekūdeņi vai lietus notekūdeņi.
Komunālie/saimnieciskie notekūdeņi	Sadzīves notekūdeņi, sadzīves un ražošanas notekūdeņu sajaukums un lietus notekūdeņi.

Notekūdeņu sastāvs dažādās vietās var būt ļoti atšķirīgs. Atkarībā no izcelsmes atšķiras gan minerālie piemaisījumi (smiltis, māla daļiņas, eļļas, skābes, sārmis, sāļi u. tml.), gan organiskais sastāvs (sadzīves atkritumi, fekālijas, augu eļļas, naftas produkti, mati, augu šķiedras u. tml.), gan bakteriālais piesārņojums (mikroorganismi, rauga un pelējuma sēnītes, ūdensaugi u. tml.). Šīs sastāvdaļas var būt gan šķīdumu un koloīdā, gan peldošā un suspendētā formā, kas notekūdeņu attīrīšanas procesā rada dažāda veida nogulsnes un atšķirīgi ietekmē attīrīšanas procesu. Neattīrīti vai nepilnīgi attīrīti notekūdeņi, ieplūstot ūdenstecēs, ūdenskrātuvēs un pazemes ūdeņos, pasliktina to kvalitāti un dažreiz padara ūdens avotus pilnīgi vai daļēji neizmantojamus.

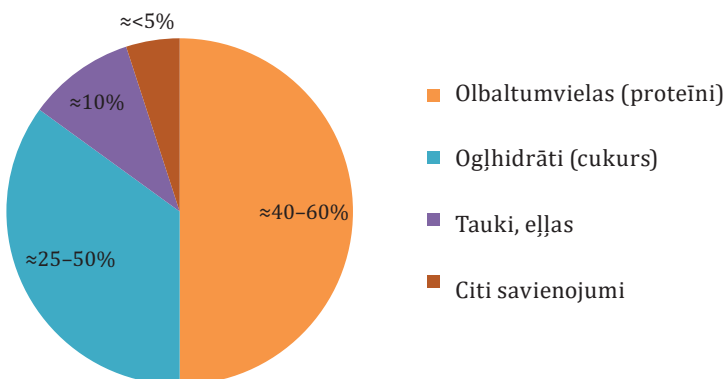
2.2. Notekūdeņu raksturojums

Notekūdeņu attīrīšanas procesu un atbilstīgu tehnoloģiju lietojumu būtiski ietekmē arī to sastāvs. Notekūdeņu piesārņojuma sastāvs var būt organisks, neorganisks un jaukts. Visbiežāk sastopamais organiskais piesārņojums un to iedalījums parādīts 6. attēlā.

Neorganiskais piesārņojums ir sastopams praktiski visos notekūdeņos. Neorganisko piesārņojumu galvenokārt veido dažādi ūdenī esošie sāļi, ko lielā mērā nosaka sāļu daudzums izmantotā dzeramā ūdenī, piemēram, hlorīdi, sulfāti, nātrija jonu u. c. Taču neorganiskais piesārņojums pārsvarā nerada problēmas NAI bioloģiskajām attīrīšanas iekārtām.



5. attēls. Notekūdeņu avoti kanalizācijas sistēmās



6. attēls. Organiskais piesārņojums notekūdeņos

2.2.1. Tipiski sadzīves notekūdeņi

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 34 ir noteikts piesārņojošo vielu koncentrācijas rādītāju intervāls, kas raksturo tipisku sadzīves notekūdeņu piesārņojuma līmeni (3. tabula). Jāpiemin, ka rokasgrāmatas rakstīšanas laikā notiek diskusijas par atsevišķu koncentrācijas intervālu maiņu. Tipiskiem sadzīves notekūdeņus raksturojošiem parametriem atbilstīgs notekūdeņu sastāvs būtu jānovēro NAI ieklūdē apdzīvotās vietās, kur notekūdeņus ikdienā novada tikai apdzīvotās vietas iedzīvotāji, ir neliels infiltrācijas un lietus ūdeņu īpatsvars un visi sistēmā novadītie ražošanas notekūdeņi tiek atbilstīgi priekšattīrīti pirms novadīšanas apdzīvotās vietas notekūdeņu savākšanas tīklā un secīgi NAI. Tomēr ir jāņem vērā, ka norādītās piesārņojošo vielu koncentrācijas nav piemērojamas visiem gadījumiem, kuros tiek savākti un attīrīti tikai sadzīves notekūdeņi, jo to izmaiņas var ietekmēt notekūdeņu savākšanas tīklu īpatnības, piemēram, ļoti garos savākšanas tīklos var notikt notekūdeņos esošo piesārņojošo vielu degradēšanās anaerobos apstākļos, tādā veidā to ietekmē arī kopējās sastāva izmaiņas un attiecīgās apdzīvotās vietas iedzīvotāju ūdens lietošanas paradumi, piemēram, taupot ūdeni, tiek novadīti notekūdeņi ar lielāku piesārņojuma koncentrāciju.

3. tabula

Tipiskus sadzīves notekūdeņus raksturojošie parametri

Viela	Koncentrācija, mg/l
Bioloģiskais skābekļa patēriņš (BSP ₅)	150–350
Ķīmiskais skābekļa patēriņš (ĶSP)	210–740
Kopējās suspendētās vielas	120–450
Kopējais fosfors	6–23
Kopējais slāpeklis	20–80

Par notekūdeņu sastāvu var spriest pēc tā piesārņojuma koncentrācijas pirms ieklūdes NAI. Ja NAI ieklūdē ņemto notekūdeņu paraugu analīzēs piesārņojošo vielu koncentrācija būtiski pārsniedz tipiskus sadzīves notekūdeņus raksturojošo, pastāv iespēja, ka notekūdeņu savākšanas tīklā novada arī ražošanas notekūdeņus, kurus, iespējams, nekontrolē vai neveic to priekšattīrīšanu, vai citus netipiskus notekūdeņus, kam nav sadzīves notekūdeņiem raksturīgo īpašību. Šādos gadījumos ir ieteicams izvērtēt NAI kapacitāti attiecīga piesārņojuma notekūdeņu attīrīšanai, kā arī identificēt iespējamās paaugstinātās piesārņojuma avotus.

Apdzīvotās vietās esošās NAI visbiežāk ir paredzētas sadzīves notekūdeņu attīrīšanai, līdz ar to dažāda veida netipiska piesārņojuma

attīrīšana atbilstīgi principam „piesārņotājs maksā”, ir to radītāju, piemēram, ražošanas uzņēmumu, atbildība. Tipiskos sadzīves notekūdeņos esošo piesārņojuma proporcijas lielākoties ir atbilstīgas, lai tās varētu attīrīt, izmantojot bioloģisko notekūdeņu attīrīšanu.

2.2.2. Ražošanas notekūdeņi

Lai pieļautu ražošanas notekūdeņu novadīšanu apdzīvotas vietas notekūdeņu savākšanas sistēmā, ir detalizēti jāvērtē attiecīgo ražošanas notekūdeņu sastāvs, tajā esošie ķīmiskie un bioloģiskie savienojumi, iespējama bīstamo un prioritāro vielu klātbūtne, plūsmas un piesārņojuma nevienmērība u. c. faktori, kas var ietekmēt apdzīvotās NAI darbības efektivitāti. Atsevišķos gadījumos nosacīti piesārņotie notekūdeņi arī var būt neatbilstīgi novadīšanai centralizētā kanalizācijas tīklā, jo tajos konstatēta pārāk zema piesārņojošo vielu koncentrācija, kas savukārt var pazemināt NAI darbības efektivitāti. Ražošanas notekūdeņiem atkarībā no to piesārņojuma pakāpes pirms to novadīšanas centralizētajos kanalizācijas tīklos un turpmākas attīrīšanas sadzīves NAI ir jāveic priekšattīrīšana. Dažos gadījumos ir nepieciešama ne tikai pirmsattīrīšana, bet arī papildu bioloģiskā attīrīšana, lai būtiski samazinātu ražošanas notekūdeņos esošo piesārņojumu.

Ja ražošanas notekūdeņus novada apdzīvotas vietas centralizētajā saimniecisko notekūdeņu savākšanas un attīrīšanas sistēmā, ūdenssaimniecības uzņēmums **slēdz līgumu ar ražošanas uzņēmumu** par ražošanas notekūdeņu novadīšanu un pieņemšanu centralizētajā kanalizācijas sistēmā un turpmāko attīrīšanu NAI.

Piesārņojošo vielu koncentrācija notekūdeņos ietekmē ūdenssaimniecības uzņēmuma darbinieku drošību un veselību, kanalizācijas cauruļvadu tehnisko stāvokli un notekūdeņu attīrīšanas iekārtu aprīkojumu, notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas un to procesu norisi, notekūdeņu dūņu kvalitāti, kā arī ūdenstilpnes, kurās novada attīrītos notekūdeņus, stāvokli. Šie aspekti jāņem vērā, slēdzot līgumu ar ūdenssaimniecības uzņēmumu par ražošanas notekūdeņu pieņemšanu attīrīšanai un novadīšanai vidē.

Ūdenssaimniecības uzņēmumi saskaņā ar LR Ministru kabineta noteikumiem Nr. 174 „Noteikumi par sabiedrisko ūdenssaimniecības pakalpojumu sniegšanu un lietošanu” (22.03.2016.) **par papildu maksu** var atļaut ražošanas uzņēmumam novadīt centralizētajā kanalizācijas sistēmā ražošanas notekūdeņus, kuros atsevišķu piesārņojošo vielu

pieļaujamā koncentrācija ir augstāka par attiecīgās pašvaldības saistošajos noteikumos minēto.

Ir iespējamās arī situācijas, kad izsniedz vienreizēju atļauju noteiktam notekūdeņu apjomam.

Pastāvīgai paaugstināta piesārņojuma notekūdeņu novadīšanai saimniecisko notekūdeņu savākšanas tīklos līguma speciālajos noteikumos jānorāda:

- 1) vielas, kuras paredzēts emitēt, tai skaitā visas prioritārās vielas un bīstamās vielas, kas konstatētas notekūdeņos vai ko uzņēmums prognozējis novadīt;
- 2) maksimāli pieļaujamā piesārņojošo vielu koncentrācija, kas atkarīga no NAI jaudas;
- 3) pakalpojumu sniedzēja noteiktā papildu maksa par minēto piesārņojošo vielu attīrīšanu;
- 4) notekūdeņu novadīšanas režīms (prognozētās plūsmas izmaiņas);
- 5) kompensācijas apmērs, ja novadīto ražošanas notekūdeņu pārbaudē ir konstatēta augstāka piesārņojošo vielu koncentrācija par pašvaldības saistošajos noteikumos vai līgumā noteikto;
- 6) paraugu ņemšanas un kvalitātes pārbaudes kārtība;
- 7) piemērojamās kompensācijas par maksimālo piesārņojošo vielu daudzumu, ko atļauts novadīt, pārsniegšana katram no noteiktiem parametriem.

Atļaut ražošanas notekūdeņus novadīt centralizētā saimniecisko notekūdeņu savākšanas un attīrīšanas sistēmā un pēc tam veikt to attīrīšanu NAI var tikai tādā gadījumā, ja:

- 1) attīrītu notekūdeņu emisija no NAI neatstāj nelabvēlīgu ietekmi uz vidi un neizraisa pieņemamo ūdeņu neatbilstību MK noteikumu Nr. 34 un citu normatīvo aktu prasībām;
- 2) notekūdeņu dūņas varētu apsaimniekot atbilstīgi normatīvo aktu prasībām, nenodarot kaitējumu videi.

Aprēķinot limitējošo un maksimāli atļauto piesārņojošo vielu koncentrāciju saimniecisko notekūdeņu sistēmā novadāmajos ražošanas notekūdeņos, jāņem vērā:

- 1) vai piesārņojošo vielu koncentrācija NAI ietilpst saistošajos noteikumos nepārsniegs notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijās noteikto maksimālo koncentrāciju;
- 2) kādā koncentrācijā piesārņojošā viela notekūdeņos saglabāsies pēc attīrīšanas un vai, attīrītos notekūdeņus novadot ūdenstilpnēs, netiks pārsniegti A, B vai C kategorijas piesārņojošās darbības atļaujās noteiktie robežlielumi;
- 3) ka pirms līguma slēgšanas akreditētā laboratorijā jāveic ražošanas notekūdeņu plūsmas un kvalitātes mērījumi.

Jāpārlicinās, vai smago metālu koncentrācija notekūdeņu dūņās nepārsniegs pieļaujamo koncentrāciju, lai notekūdeņu dūņas pēc pārstrādes varētu izmantot plānotajiem mērķiem (lauksaimniecībā, apzaļumošanā u. c.).

Pieņemot ražošanas notekūdeņus NAI, ir jānodrošina to regulāra kvalitātes pārbaude akreditētā laboratorijā.

Ražošanas notekūdeņu dūņas

Lai nodrošinātu atbilstīgu notekūdeņu kvalitāti pirms to izlaišanas centralizētā kanalizācijas tīklā vai apdzīvotās vietas NAI, vai tieši vidē, vairums ražošanas uzņēmumu izmanto fizikāli – ķīmisku notekūdeņu attīrīšanas metodi, ko sauc par izšķīdušā gaisa flotāciju. Šādā procesā veidojas tā saucamās flotācijas putas/dūņas, kurās maksimāli koncentrējas ražošanas notekūdeņos izšķīdušais piesārņojums. Visplašāk šo metodi izmanto pārtikas nozares uzņēmumi. Flotācijas dūņu sastāvs ir ļoti atkarīgs no ražošanas specifikas, ražojamās produkcijas sortimenta un tās pēc sastāva jūtami atšķiras no sadzīves NAI notekūdeņu dūņām. Šāda veida dūņas visbiežāk nodod biogāzes ražotājiem, jo satur augstas koncentrācijas organiskās vielas.

Notekūdeņu flotācijas dūņas **nedrīkst sajaukt kopā** ar sadzīves NAI notekūdeņu dūņām, izņemot gadījumus, kad sadzīves notekūdeņu dūņas pārstrādā biogāzē.

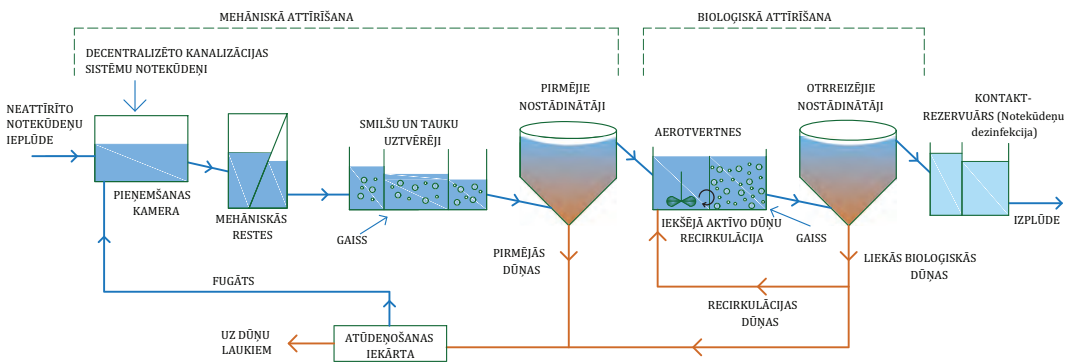
Atsevišķos gadījumos ražošanas uzņēmumi veic pilna cikla bioloģisko notekūdeņu attīrīšanu (prasti pēc izšķīdušā gaisa flotācijas), lai spētu notekūdeņus attīrīt līdz vidē novadāmām likumdošanā un piesārņojošās darbības atļaujā noteiktām piesārņojošo vielu robežvērtībām. Šādos bioloģiskās ražošanas notekūdeņu attīrīšanas procesos rodas arī liekās bioloģiskās notekūdeņu dūņas, tomēr šāda veida notekūdeņu dūņu sastāvs arī nav tipiski prognozējams, jo joprojām ir saistīts ar ražošanas notekūdeņu piesārņojošo vielu vērtībām, kas vērtējamās katrā ražošanas NAI atsevišķi.

2.3. Notekūdeņu attīrīšana

Saskaņā ar Valsts kontroles ziņojumu⁵ 2021. gadā Latvijā ir apmēram 818 tūkstoši mājsaimniecību un apmēram 185 tūkstoši ekonomiski aktīvu uzņēmumu, kuru darbības rezultātā ik dienu rodas gan sadzīves, gan ražošanas notekūdeņi. Līdz ar to ir būtiski, lai gan mājsaimniecību, gan ražošanas notekūdeņi tiktu pienācīgi attīrīti visās centralizētajās (7. attēls), kā arī individuālajās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās.



7. attēls. Notekūdeņu attīrīšanas iekārtas Liepājā ar projektēto jaudu 55 000 m³/dnn, SIA „Liepājas ūdens” arhīvs



8. attēls. Notekūdeņu attīrīšanas principiālā shēma

⁵ <https://www.lrvk.gov.lv/lv/getrevisionfile/29453-dfDjCTq6gmubCPGzDlyIrwOdepQb-duKO.pdf>

Vide un ūdens resursi tiek pakļauti dažādiem apdraudējumiem, tāpēc ir svarīgi rūpēties par šo resursu aizsardzību un piesārņojuma mazināšanu, apzinot visus apdraudējuma avotus, lai novērstu to kaitīgo ietekmi. Neattīrīti notekūdeņi ne tikai ietekmē dzeramā un sadzīvē lietojamā ūdens kvalitāti, bet arī sekmē ūdenstilpju aizaugšanu, samazinot ūdens caurredzamību un iznīcinot ūdenstilpēs esošās dažādās sugas. Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu principiālā shēma parādīta 8. attēlā.

Lai nodrošinātu sekmīgu notekūdeņu attīrīšanas procesu, ir jāpārziņa iepilūstošā piesārņojuma specifika – kāda ir sadzīves notekūdeņu daļa kopējā piesārņojuma slodzē, kādi un cik rūpniecības uzņēmumi novada savus ražošanas notekūdeņus centralizētajā kanalizācijā un kāda ir to ražošanas specifika un priekšattīrīšanas tehnoloģijas. Svarīgi ir arī apzināt, vai ūdenstilpnei, kurā plānots novadīt vai novada attīrītos notekūdeņus, nav noteiktas papildu vides aizsardzības prasības un specifiska pieļaujamā piesārņojumu koncentrācija NAI izplūdē.

Atbilstīgi MK noteikumiem Nr. 34 centralizētu kanalizācijas sistēmu savākto notekūdeņu **attīrīšanas tehnoloģijas iedala** šādi:

Atbilstīga attīrīšana	Tādu tehnoloģiju un novadīšanas sistēmu izmantošana, kas nodrošina pieņemošā ūdensobjekta atbilstību noteiktajiem vides kvalitātes mērķiem un citiem normatīvajos aktos par vides aizsardzību minētajiem nosacījumiem.
Pirmējā/primārā attīrīšana	Mehāniskā vai ķīmiskā notekūdeņu attīrīšana vai cits process, kurā novadīto notekūdeņu bioloģiskais skābekļa patēriņš tiek samazināts ne mazāk kā par 20 % pret ienākošo slodzi un kopējais suspendēto vielu daudzums tiek samazināts ne mazāk kā par 50 % attiecībā pret ienākošo slodzi.
Otrējā/sekundārā attīrīšana	Tādu tehnoloģiju izmantošana, kur galvenokārt veic bioloģisko attīrīšanu ar otrreizēju nostādīnāšanu vai izmanto citus procesus, kuri spēj nodrošināt no attīrīšanas iekārtām izplūstošo notekūdeņu kvalitātes atbilstību normatīvos aktos noteiktajām prasībām.

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 34 aglomerācijās, kur:

- 1) cilvēku ekvivalents ir mazāks par 2000, visiem centralizēto kanalizācijas sistēmu savāktajiem notekūdeņiem veic atbilstīgu attīrīšanu, kā arī nodrošina piesārņojuma samazinājumu attiecībā pret ienākošo slodzi atbilstīgi normatīvajos aktos noteiktajām prasībām;
- 2) cilvēku ekvivalents ir no 2000 līdz 10 000, visiem centralizēto kanalizācijas sistēmu savāktajiem notekūdeņiem veic vismaz otrējo attīrīšanu;
- 3) cilvēku ekvivalents ir lielāks par 10 000, visus centralizēto kanalizācijas sistēmu savāktos notekūdeņus attīra intensīvāk, veicot otrējo attīrīšanu, un nodrošina notekūdeņu atbilstību šo noteikumu normatīvajos aktos noteiktajām prasībām.

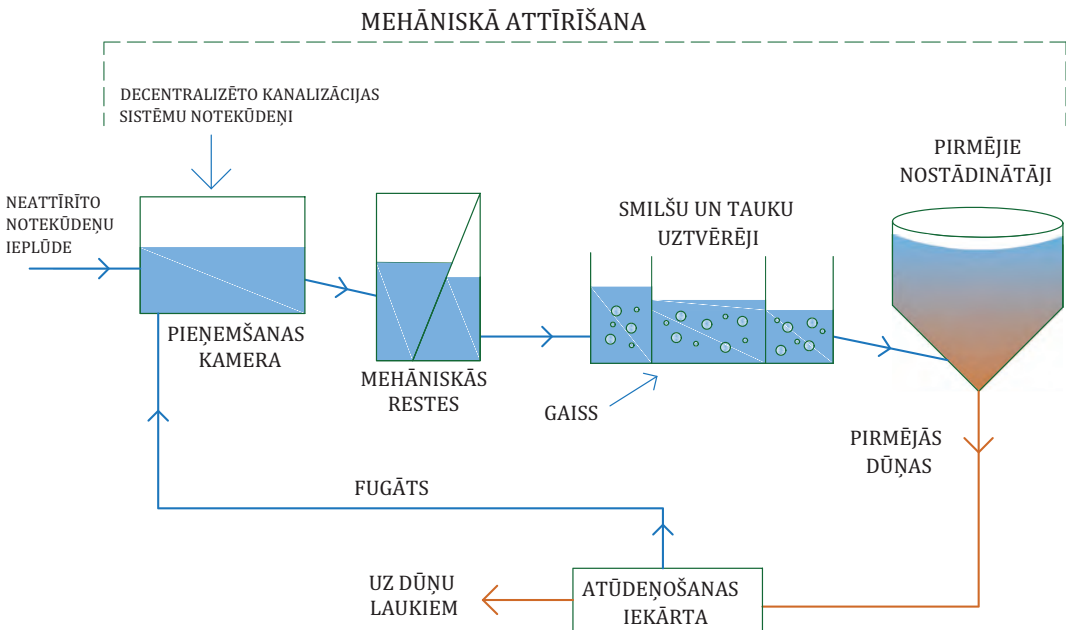
2.3.1. Saimniecisko notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas

2.3.1.1. Notekūdeņu mehāniskā attīrīšana

Notekūdeņu mehāniskā attīrīšana ir rupjo daļiņu, smilšu un citu nosēdvielu, kā arī uzpeldošu vielu atdalīšana ar mehāniskiem un vienkāršiem fizikāliem paņēmieniem. Mehāniskās notekūdeņu attīrīšanas mērķis ir atdalīt neizšķīdušās vielas, kas apgrūtina un traucē turpmāko notekūdeņu attīrīšanu. Notekūdeņu mehāniskās attīrīšanas principiālā shēma sniegta 9. attēlā.

Notekūdeņu mehāniskās attīrīšanas procesā, lai atbrīvotos no grims-tošām vielām, ietilpst restes (10. attēls), smilšu uztvērēji, tauku uztvērēji vai gaistošo vielu atdalītāji un pirmējie nostādinātāji. Mehāniski attīrot sadzīves notekūdeņus, piesārņojumu tajos ir iespējams samazināt par 40–60 %. Pēc šādas attīrīšanas samazinās galvenokārt ūdenī neizšķīdušo organisko vielu un mikroorganismu koncentrācija.

Ja smilšu uztvērējā ir liels plūsmas ātrums, tas aiztur maz smilšu, bet, ja ātrums ir mazs, – aiztur daudz organisko vielu.



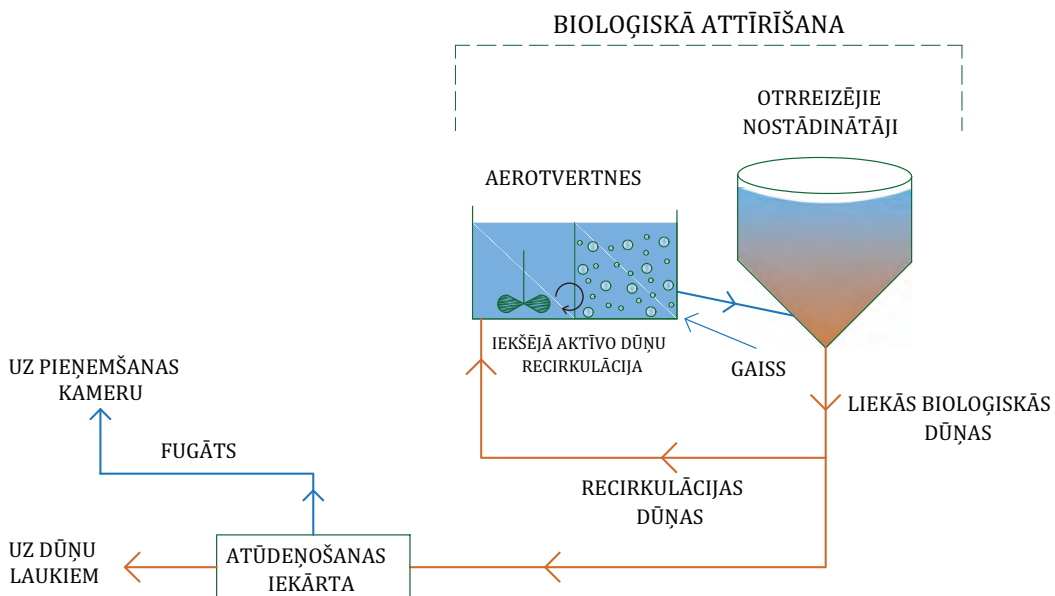
9. attēls. Notekūdeņu mehāniskās attīrīšanas principiālā shēma

2.3.1.2. Notekūdeņu bioloģiskā attīrīšana

Notekūdeņu bioloģiskā attīrīšana ar aktīvajām dūņām visā pasaulē ir dominējošā notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģija. Tā ir droša, spēj nodrošināt pietiekami labu notekūdeņu attīrīšanu no tipiskos sadzīves notekūdeņos esošā piesārņojuma pirms to izlaides apkārtējā vidē. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas principiālā shēma sniegta 11. attēlā.



10. attēls. Mehāniskās restes notekūdeņu attīrīšanas iekārtās Liepājā, SIA „Liepājas ūdens” arhīvs



11. attēls. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas principiālā shēma

Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas mērķis ir mineralizēt suspendētos un izšķīdušos organiskos piemaisījumus, kas atrodas notekūdeņos. Tas notiek galvenokārt ar aktīvo dūņu starpniecību aeroteknos (12. attēls) vai arī ar samērā vienkāršām iekārtām – biofiltriem. Aktīvajās dūņās esošie mikroorganismi dzīvības procesu nodrošināšanai patērē notekūdeņu piesārņojumu, tā attīrot notekūdeņus. Paralēli mikroorganismi vairojas, un aktīvo dūņu masa pieaug. Bioloģiskā attīrīšana ievērojami samazina organisko vielu un biogēno elementu klātbūtni notekūdeņos.

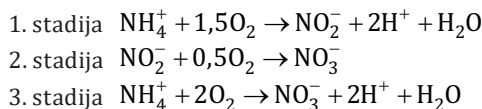


12. attēls. Aerotekni un otrreizējie nostādinātāji notekūdeņu attīrīšanas iekārtās Liepājā, SIA „Liepājas ūdens” arhīvs

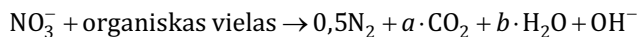
Modernas, labi noregulētas notekūdeņu attīrīšanas iekārtas nodrošina tādu piesārņojošo parametru kā suspendētās vielas, bioķīmiskā un ķīmiskā skābekļa patēriņa, kopējā fosfora un slāpekļa piesārņojuma samazinājumu par 90 % un pat vairāk.

Slāpekļa koncentrācijas samazināšana

Viens no svarīgākajiem notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas uzdevumiem ir slāpekļa koncentrācijas samazināšana. Tas notiek vairākās stadijās, izmantojot gan aerobās, gan anaerobās baktērijas. Process pamatojas uz amonija jonu pārvēršanu par nitrārtjoniem nitrificējošo baktēriju klātbūtnē (nitrifikācija) un tai sekojošu nitrārtjonu reducēšanu līdz brīvam slāpeklim (denitrifikācija). Skābekļa koncentrācijas samazināšanas būtība parādīta 13. un 14. attēlā.



13. attēls. Nitrifikācija



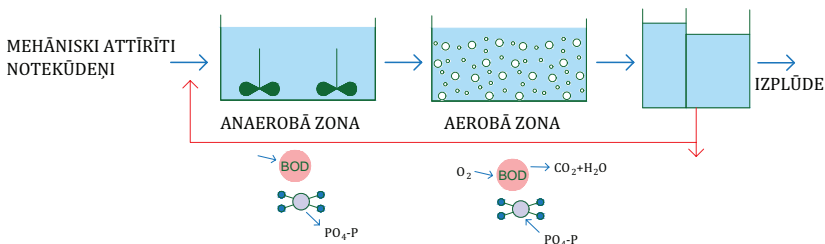
14. attēls. Denitrifikācija

Fosfora koncentrācijas samazināšana

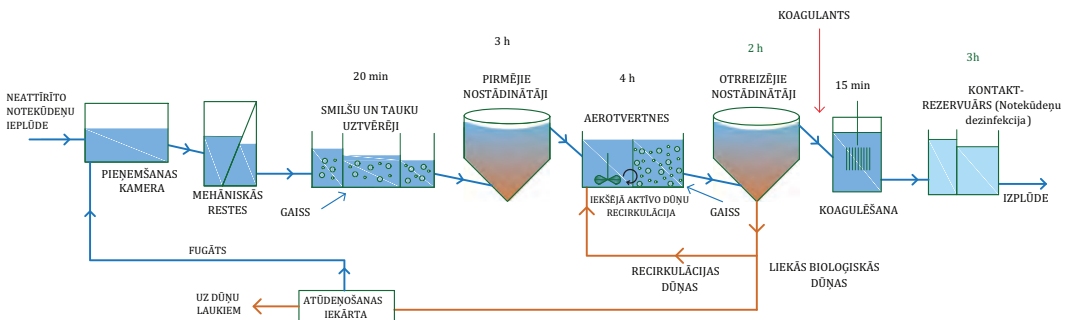
Gadījumos, kad ieplūstošajos notekūdeņos ir augsta fosfora koncentrācija vai ir limitēta pieļaujamā fosfora koncentrācija izplūdē, ir būtiski nodrošināt notekūdeņu attīrīšanu no fosfora. Fosfora savienojumi ietekmē ūdens augu, īpaši aļģu, augšanu vaļējās ūdenstilpēs, kur izvada notekūdeņus. Fosfora koncentrāciju var samazināt gan bioloģiski, gan fizikāli ķīmiskā veidā (15. un 16. attēls).

Fosfora koncentrācijas samazināšana notekūdeņos bioloģiskā ceļā pamatojas uz to, ka dažas anaerobo baktēriju sugas spēj savās šūnās uzkrāt palielinātu fosfora daudzumu. Fizikāli ķīmiskā metode pamatojas uz fosfora izgulsnēšanu mazšķīstošu savienojumu, galvenokārt fosfātu, veidā. Šim nolūkam var izmantot alumīnija sulfātu $Al_2(SO_4)_3$, dzelzs hlorīdu $FeCl_3$, kalcija hidroksīdu $Ca(OH)_2$ u. c. savienojumus.

Lai uzturētu aerotenkā vajadzīgo dūņu koncentrāciju, tās no otrreizējās nostādīšanas tvertnes nepārtraukti nogādā atpakaļ aerotenkā svaigo notekūdeņu ieplūdes tuvumā. Aktīvās dūņas, kas jāieplūdina atpakaļ aerotenkā, sastāda 30–60 % no notekūdeņu tilpuma.



15. attēls. Fosfora bioloģiskā atdalīšana



16. attēls. Fosfora atdalīšana fizikāli ķīmiskā veidā

Notekūdeņu temperatūra

Notekūdeņu temperatūra ir visai būtisks parametrs, jo ietekmē ķīmisko un bioķīmisko reakcijas ātrumu, atstāj iespaidu uz mikroorganismu aktivitāti un gaisa šķīdību ūdenī. Ja temperatūra ir zemāka par +8 °C, krasi palēninās NAI denitrifikācijas efektivitāte, tādēļ var pasliktināties attīrīto notekūdeņu kvalitātes rādītāji. Vasarā, paaugstinoties notekūdeņu temperatūrai, pasliktinās gaisa un skābekļa šķīdība ūdenī, tāpēc gaisa pūtēji jādarbina intensīvāk.

Aktīvo dūņu koncentrācija pēc tilpuma

Aerotenka ikdienas darbības kontrolei izmanto aktīvo dūņu koncentrācijas pārbaudi pēc tilpuma metodes. Notekūdeņus kopā ar aktīvām dūņām no aerotenka aerācijas kameras ieļej mērtraukā, kura tilpums ir 1 l. Pēc 30 minūtēm izmēra nogulsnēto dūņu tilpumu cm^3/l vai aprēķina attiecīgos procentus. Pēc tam nostādinātās dūņas 30 minūtes žāvē 105 °C temperatūrā, pēc tam nosver. Šādā veidā iegūst aktīvo dūņu koncentrāciju, ko mēra masas g/l. Aktīvo dūņu koncentrācija ir atkarīga no bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas un piesārņojošo vielu koncentrācijas vērtībām. Tipiskajās bioloģiskās sadzīves NAI, kuras darbojas pēc caurplūdes principa, aktīvo dūņu koncentrācija parasti ir robežās no 3 g/l līdz 4 g/l.

Aktīvo dūņu indekss

Lai pārlicinātos, vai aktīvās dūņas nav uzbriedušas un vai oksidācijas procesi aerotēnkā noris kvalitatīvi, nosaka aktīvo dūņu indeksu.

To nosaka attiecība starp aktīvo dūņu koncentrāciju pēc tilpuma un masas $I_f = V/S$, ml/g. Normālām aktīvajām dūņām $I_f = 80-100$; vieglām aktīvajām dūņām 100–180; dūņām, kas uzpūtušās, lielāks par 180 ml/g.

Normālās aktīvās dūņas labi nogulsnējas, to hidrauliskais raupjums ir $U_o > 1$ mm/s, vieglo aktīvo dūņu nogulsnēšanās notiek lēni, to $U_o < 1$ mm/s, savukārt uzpūtušās aktīvās dūņas nogulsnējas slikti, to $U_o < 0,5$ mm/s. Aktīvo dūņu uzpūšanos visbiežāk izraisa pavedienveida baktēriju savairošanās aktīvajās dūņās un gāzes burbulišu lipšana pie to pārslām, pH samazināšanās, aktīvo dūņu pārslagošana. Uzpūtušās aktīvās dūņas izgulsnējas ļoti slikti. Tās vairāk vai mazāk peld otrējā nostādinātājā, bet vieglās, aktīvās dūņas daļēji aizplūst izplūdē. Aktīvo dūņu koncentrāciju aerotēnkā un cirkulācijas dūņās, kā arī dūņu indeksu nosaka katrā maiņā. Vasarā augstā temperatūrā oksidēšanās procesi noris ātrāk, aktīvo dūņu koncentrācija ir mazāka nekā ziemā.

Aktīvo dūņu vecums

Aktīvo dūņu vecums ir dienās izteikts dūņu vidējais atrašanās laiks aerotenkā. Aktīvo dūņu vecums ir atkarīgs no notekūdeņu attīrīšanas veida, aktīvo dūņu koncentrācijas un recirkulācijas. Parasti tas svārstās no 1,5 līdz 30 dienām.

Aktīvo dūņu noslogojums

Slodzes norma ir organisko vielu daudzums notekūdeņos, izteikts ar BSP_5 , kādu padod diennaktī uz 1 m^3 aerotanka tilpuma vai 1 g dūņu biomasas organiskās sausas.

Stipri noslogotos aerotankos

Slodzes norma ir lielāka par 400 mg/dnn. Dūņu pieaugums ir neliels, notekūdeņu tīrīšanas pakāpe – zema, dūņas slikti atdalāmas no notekūdeņiem (slikti nostādināmas).

Vidēji noslogotos aerotankos

Slodzes norma ir 150–400 mg/dnn uz 1 g dūņu organiskās sausas. Šādi aerotanki darbojas optimāli – tīrīšanas pakāpe ir augsta, bet enerģijas patēriņš zems.

Vāji noslogotos aerotankos

Slodzes norma nav lielāka par 150 mg BSP_5 uz 1 g dūņu organiskās sausas diennaktī. Aerotankiem ir augsta tīrīšanas spēja, bet to darbība nenoturīga, jo baktērijas periodiski izjūt barības trūkumu.

Tā kā NAI ieplūstošā piesārņojuma slodze parastos apstākļos ir gandrīz nemainīga, bet notekūdeņu dūņu masa, patērējot piesārņojumu, visu laiku aug, **dūņu pieaugums ir jākompensē, no procesa izņemot liekās aktīvās dūņas**. Ja to nedara, aktīvo dūņu masa bioloģiskos notekūdeņu attīrīšanas procesos pieaug tik ļoti, ka to vairs nav iespējams atdalīt no attīrītajiem notekūdeņiem. Sākas aktīvo dūņu izskalošana no NAI, tās nonāk apkārtējā vidē, kas ir nepieļaujami no apkārtējās vides aizsardzības viedokļa. Lai novērstu aktīvo dūņu izskalošanu, praktiski visās NAI ir paredzēts mehānisms lieko dūņu izņemšanai no attīrīšanas procesa.

Lai saglabātu otrreizējos nostādinātajos atdalīto dūņu aktivitāti, tās pēc iespējas ātrāk jānogādā atpakaļ aerotenkā, bet liekās aktīvās dūņas jāizvada turpmākai apstrādei un pārstrādei.

Ja iet bojā aktīvās dūņas

Aktīvo dūņu ietaisēs jāuztur darba kārtībā visi mehānismi, aerotenkoš jāievēro konkrētiem apstākļiem nepieciešamā aktīvo dūņu koncentrācija un sistemātiski jāpārbauda attiecīgie rādītāji.

Notekūdeņu dūņu pastiprināta bojāeja var notikt šādu iemeslu dēļ



Ja kāds no šiem iemesliem atkārtojas, otrreizējais nostādinātājs bieži un regulāri jāattīra no atmirušajām dūņām!

2.3.2. Notekūdeņu attīrīšanas kvalitātes prasības

Notekūdeņu sastāvs ievērojami atšķiras no dabā esošiem cilvēka darbības rezultātā nepiesārņotiem ūdeņiem, un ekonomiski pamatotā veidā praktiski nav iespējams tos attīrīt līdz nepiesārņotu virszemes ūdeņu kvalitātei, kaut arī tie satur ievērojami mazāk piesārņojošo vielu nekā pirms attīrīšanas. Šis atlikušais piesārņojums arī rada to, ko sauc

par attīrīto notekūdeņu **slodzi uz vidi**. Neattīrītu notekūdeņu nokļūšana atklātos ūdeņos vai gruntī var nodarīt kaitējumu videi un cilvēku veselībai, tāpēc ir svarīgi attīrīt notekūdeņus līdz iespējami augstākai tīrības pakāpei.

MK noteikumos Nr. 34 ir noteiktas prasības pieļaujamajai piesārņojošo vielu koncentrācijai no aglomerāciju komunālo notekūdeņu attīrīšanas iekārtām emitētajos ūdeņos, turklāt katras NAI piesārņojošās darbības atļaujā ir fiksēta pieļaujamā piesārņojošo vielu koncentrācija, ko atļauts novadīt vidē.

2.3.2.1. Cilvēka ekvivalents (CE) un tā aprēķins

Lai varētu standartizēt uz NAI novadīto notekūdeņu slodzi, kas rodas gan sadzīves notekūdeņu, gan ražošanas notekūdeņu novadīšanas rezultātā, notekūdeņos esošo piesārņojumu var aprakstīt ar viena cilvēka teorētiski radīto slodzi, kas izteikta cilvēkekvivalentos (CE).

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 34 viena CE vienība ir organisko vielu piesārņojuma daudzums, kas atbilst bioķīmiskajam skābekļa patēriņam 60 g O₂ dienā, ko parasti var radīt viens pieaudzis cilvēks.

CE izteikto piesārņojuma apjomu aprēķina, pamatojoties uz gada maksimālo nedēļas vidējo piesārņojuma daudzumu, kas normālos laikaapstākļos komunālajā NAI ieplūst gada laikā (1. vienādojums). Vietās, kur nav rūpnieciskās ražošanas un institucionālā sektora iestādēs strādā un tās apmeklē vieni un tie paši iedzīvotāji, kas dzīvo konkrētajā teritorijā, parasti tiek pieņemts, ka CE ir vienāds ar iedzīvotāju skaitu, respektīvi, ja institucionālā sektora iestādēs strādā un tās apmeklē vieni un tie paši iedzīvotāji, kas dzīvo konkrētajā teritorijā, tad papildus piesārņojuma slodze izteikta CE no institucionālā sektora nav jāņem vērā. Bet, ja, piemēram, teritorijā atrodas skola, pansionāts, kur ikdienā uzturas arī ārpus konkrētās teritorijas dzīvojoši iedzīvotāji, jāaprēķina papildus piesārņojuma slodze, kas izteikta CE (par katru papildu cilvēku – viens CE). Aprēķina piemērs sniegts 4. tabulā.

$$CE = \frac{Q}{N} \frac{BSP - 5 \cdot 10^3}{60}, \quad (1.)$$

kur

N – dienu skaits gadā,

Q – notekūdeņu kopējais daudzums gadā, tūkst. m³,

60 – teorētiski pieņemts lielums (saistīts ar viena cilvēka radīto teorētisko BSP slodzi).

4. tabula

CE aprēķina piemērs

Gads	Iepļūdes BSP ₅ , mg/l	Kopējais ūdens daudzums gadā, m ³	CE
2012	149,8	8 939 555	60 987
2013	180,0	7 769 491	63 878
2014	193,7	7 223 589	63 900
2015	237,9	6 689 963	72 688
2016	225,7	6 045 187	62 151
2017	195,7	6 308 43	56 387
2018	242,0	5 439 239	60 124
2019	269,3	5 246 112	64 512
2020	231,8	5 380 815	56 811

Ja teritorijā notiek **rūpnieciskā ražošana**, pie CE (kas ir vienāds ar iedzīvotāju skaitu) jāpieskaita komerciālā un rūpnieciskā sektora piesārņojums, kas izteikts CE.

Šādos gadījumos izmanto šādu aprēķinu:

$$CE_{\text{kopējais}} = CE_{\text{iedzīvotāji}} + (BSP_5 \text{ piesārņojuma koncentrācija (mg/l)} \cdot \text{notekūdeņu apjoms diennaktī (m}^3/\text{dnn)} / 1000) / 60.$$

Spēcīga lietus un citu netipisku apstākļu radīto slodzi šajos aprēķinos neņem vērā. Plānošanas vajadzībām CE izteikto piesārņojuma daudzumu var aprēķināt, pamatojoties uz iedzīvotāju un uzņēmumu skaitu, kam plānots pieslēgums, un atkarībā no tiem raksturīgā ūdens patēriņa un notekūdeņu bioķīmiskā skābekļa patēriņa (BSP₅) vērtībām.

2.3.2.2. Notekūdeņu kvalitātes monitorings

Notekūdeņu kvalitāte var mainīties plašā laika amplitūdā – gan stundas, gan sezonas laikā, tāpēc jāveic regulārs notekūdeņu kvalitātes monitorings. Atkarībā no NAI lieluma, to ir ieteicams veikt no vairākām reizēm diennaktī, iespējami uzraugot notekūdeņu kvalitāti ar tiešsaistes sensoriem un sistēmām, līdz vienai reizei gadā.

Notekūdeņu kvalitātes monitoringa regularitāti un parametrus nosaka gan VVD atļaujas nosacījumi, gan pašu NAI operatoru izstrādātās iekšējās notekūdeņu kvalitātes un NAI darbības monitoringa sistēmas. Izmantojot iekšējo monitoringa sistēmu, notekūdeņu laboratoriskos

izmeklējums var veikt pašu spēkiem, iesaistot atbilstīgas kvalifikācijas personālu, bet VVD atskaišu sistēmas ietvaros izmeklējumi jāveic akreditētā laboratorijā.

Notekūdeņu kvalitātes monitorings ir regulāras NAI iepļūstošo un attīrīto notekūdeņu laboratoriskās pārbaudes, kuras veic NAI darbības efektivitātes noteikšanai.

VVD atļauja

Lai veiktu atbilstīgu notekūdeņu attīrīšanu, ir jāsaņem VVD atļauja par piesārņojošo darbību veikšanu. VVD izsniegtajā atļaujā A, B vai C kategorijas piesārņojošai darbībai iekļauj prasības NAI operatora veiktajam monitoringam un nosaka monitoringa biežumu, ņemot vērā prasības, kas noteiktas MK noteikumos Nr. 34, normatīvajos aktos par virszemes ūdeņu, pazemes ūdeņu un aizsargājamo teritoriju monitoringu un normatīvajos aktos par vides monitoringu un piesārņojošo vielu reģistru, kā arī emisijas raksturu, tipu un pieņemamo ūdeņu kvalitātes prasības. VVD katrai notekūdeņu izplūdei izstrādā un apstiprina notekūdeņu novadīšanas nosacījumus, kurus norāda atļaujā.

Atbildība par monitoringa izpildi

Par monitoringa prasību izpildi atbildīgs ir NAI operators, kas nodrošina notekūdeņu kvalitātes kontroli akreditētā laboratorijā. Notekūdeņu kvalitātes monitorings jāveic gan iepļūstošiem, gan izplūstošiem notekūdeņiem. Visus analīžu rezultātus ieraksta notekūdeņu kvalitātes reģistrācijas žurnālā.

Atskaites

Akreditēta laboratorija par veiktajām analīzēm izsniedz testēšanas pārskatu, ko turpmāk izmanto ceturkšņa atskaišu sagatavošanai par dabas resursu nodokļu aprēķinu saskaņā ar 2005. gada 15. decembra likumu „Dabas resursu nodokļa likums” un 2007. gada 19. jūnija Latvijas Republikas Ministra kabineta noteikumiem Nr. 404 „Dabas resursu nodokļu aprēķināšanas un maksāšanas kārtība un kārtība, kādā izsniedz dabas resursu lietošanas atļaujas”.

Cēloņi kvalitātes neatbilstībai normatīvo aktu prasībām

Ja no NAI izplūstošo notekūdeņu kvalitāte neatbilst normatīvo aktu prasībām (problēmas pamatojums ir veiktās notekūdeņu analīzes), vispirms ir jāsaprot, cik pamatota ir konstatētā problēma un kādi ir tās cēloņi.

Īslaicīga problēma

Saistīta, piemēram, ar sistēmu izmantojoša ražošanas uzņēmuma darbību, kas kādas avārijas dēļ novadījis centralizētās notekūdeņu sistēmas priekšattīrīšanas iekārtās lielu apjomu vai augstas koncentrācijas notekūdeņus. Pēc avārijas likvidēšanas notekūdeņu analīzēm vajadzētu atbilst normatīvo aktu prasībām.

Regulāra problēma

Saistīta, piemēram, ar sistēmu izmantojoša uzņēmuma darbību, kas novadījis centralizētajā notekūdeņu sistēmā lielu apjomu vai augstas koncentrācijas notekūdeņus. Šādā gadījumā jāveic pārrunas ar rūpniecības uzņēmumu par to priekšattīrīšanas iekārtu darbību, kā arī jāpiemēro soda sankcijas par palielināta piesārņojuma novadīšanu NAI.

Ilglaicīga problēma

Visticamāk, saistīta ar to, ka iekārtas vai atsevišķas to komponentes nefunkcionē. Nepieciešama pastiprināta iekārtu apsekošana un tehniskā stāvokļa pārbaude. Attiecīgi jāveic iekārtu un aprīkojuma remontdarbi, rekonstrukcija vai nomaiņa.

3. nodaļa

NOTEKŪDEŅU DŪŅAS

Priekšvārds

Izmantotie saīsinājumi

Terminoloģija

Ievads

Juridiskais ietvars

1. nodaļa. Esošā situācija Latvijā

2. nodaļa. Notekūdeņi un to apsaimniekošana

3. nodaļa. Notekūdeņu dūņas

3.1. Dūņu veidi un to iedalījums

3.2. Aktīvās dūņas

3.2.1. Aktīvo dūņu ķīmiskais sastāvs

3.2.2. Aktīvo dūņu fizikālās īpašības

3.2.3. Aktīvo dūņu pieauguma teorētisks aprēķins

3.2.4. Aktīvo dūņu koncentrācija un tās mērīšana
Volumetriskā metode (dūņu tilpuma noteikšana)
Filtrēšanas/žāvēšanas metode

3.2.5. Dūņu sastāvs

Organiskās vielas dūņās

Slāpeklis un fosfors dūņās

Citas barības vielas dūņās

Smagie metāli dūņās

3.2.6. Dūņu kvalitātes prasības

4. nodaļa. Notekūdeņu dūņu apsaimniekošana

Izmantotie literatūras avoti un resursi

3. NOTEKŪDEŅU DŪŅAS

Šajā rokasgrāmatā, notekūdeņu tehnoloģiju tehniskajā literatūrā un Latvijas notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģijas kontekstā ar notekūdeņu dūņām apzīmē dūņas, kas **rodas tieši sadzīves NAI**, kas nodrošina atbilstīgu notekūdeņu savākšanas un attīrīšanas sabiedrisko pakalpojumu, tāpēc rokasgrāmatā nav iekļauta informācija, kas saistīta ar ražošanas notekūdeņu attīrīšanas procesā radītajiem materiāliem, piemēram, flotācijas putām jeb dūņām, to īpatnībām un apsaimniekošanas prasībām un praksi.

Sadzīves NAI no notekūdeņiem attīrītie rupjie mehāniskie piemaisījumi, kā arī smiltis un pirmējās dūņas no pirmējiem nostādinātājiem tiek klasificētas kā atkritumi, nevis kā notekūdeņu dūņas, un notekūdeņu dūņu apstrādes līnijās vai dūņu laukos nemaz nenonāk.

Mehāniskajās un ķīmiskajās NAI notekūdeņu dūņas klasiskajā izpratnē neveidojas. Mehāniskajās NAI uzkrātā cietā frakcija ir sadzīves atkritumi, un tos apglabā atkritumu poligonos. Fizikāli ķīmiskajās NAI uzkrājas tā sauktās flotācijas dūņas, kas pēc būtības un sastāva ir atšķirīga veida masa, salīdzinot ar parastajām notekūdeņu dūņām. Šādu dūņu utilizācija nav aprakstīta un nav iespējama atbilstīgi MK noteikumos Nr. 362 paredzētajiem notekūdeņu dūņu utilizācijas veidiem. Tomēr pie notekūdeņu dūņām tiek pieskaitīta notekūdeņu cietās masa frakcija, kas izgulsnējas NAI pirmējos nostādinātājos. Lai arī tās nav notekūdeņu dūņas klasiskajā izpratnē, šīs masas apstrādi var organizēt kopā ar notekūdeņu dūņu apstrādi. Šāda veida nogulsnes pirmējos nostādinātājos veidojas tikai Rīgas NAI (BAS „Daugavgrīva”), kur tiek izmantots no visām citām Latvijas NAI atšķirīgs notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģiskais risinājums.

Šajā nodaļā plaši izmantota pieejamā informācija un dati no mācību kursu materiāla J. Jansons un citi „Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu operatoru un vides speciālistu apmācības kurss „NAI apkalpošana”, 2006. gads, Rīga.

3.1. Dūņu veidi un to iedalījums

Lai atkarībā no **mitruma satura notekūdeņu dūņās** varētu nodrošināt vienotu izpratni un pieeju notekūdeņu dūņu apsaimniekošanā, **tās iedala šādās grupās:**

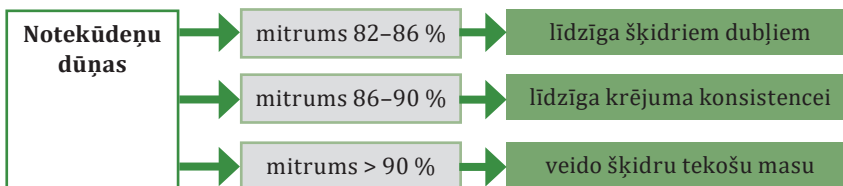
Slapjās dūņas	Dūņas, kas tiek noņemtas no bioloģiskā notekūdeņu attīrīšanas procesa. Tajās ir apmēram 1 % (10 kg/m ³) dūņu sausnas un 99 % (990 kg/m ³) ūdens.
Mitrās dūņas	Dūņas, kas ir atūdeņotas, izmantojot kādu no atūdeņošanas iekārtām (centrifūgas, filtrpreses, skrūves preses un citas tehnoloģijas). Mitrājās dūņās var būt dažāds sausnas saturs, taču vidēji tas ir apmēram 15–16 % (150–160 kg/m ³).
Dūņu sausna	Par dūņu sausnu sauc sauso atlikumu, kas paliek pāri pēc tam, kad no dūņām ir iztvaicēts viss ūdens. Dūņu sausna ir ērts parametrs dažādos aprēķinos, jo ļauj novērtēt NAI saražoto notekūdeņu dūņu daudzumu neatkarīgi no tā, cik daudz ūdens ir saražotajās notekūdeņu dūņās.

Atkarībā no izmantotās notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas un atbilstīgi radītajām notekūdeņu dūņām tās tiek iedalītas atbilstīgi attīrīšanas tehnoloģiskajam procesam, kurā tās rodas:

- pirmējās dūņas;
- otrējās dūņas;
- liekās dūņas.

Dažādos tehnoloģiskajos procesos radītās dūņas atšķiras pēc fizikālajām, ķīmiskajām un bioloģiskajām īpašībām, tāpēc dūņu apstrādei un pārstrādei var būt nepieciešami atšķirīgi risinājumi.

Sadzīves notekūdeņu dūņu raksturojums pēc mitruma pakāpes



Pirmējās dūņas	Iegūst pirmējā nostādinātājā , to apjoms ir atkarīgs no izturēšanas laika un tvertnes tilpuma. Pirmējās dūņas satur daudz organisko savienojumu un ir optimāli piemērotas anaerobai apstrādei. Pirmējās dūņas ir ļoti neviendabīgas, tās veido receklainu, pelēku vai pelēki brūnu suspensiju ar skābu smaku. Ņemot vērā, ka pirmējās dūņas satur daudz organisko vielu, tās ātri pūst, iegūstot tumši pelēku vai melnu krāsu un izdala nepatīkamu skābu smaku. Vidējais no pirmējiem nostādinātājiem atdalīto dūņu mitrums sastāda apmēram 95 %, ja dūņas atdala pašteces ceļā, un apmēram 92 %, ja lieto virzuļsūkņus. Vidējais organiskās frakcijas saturs ir 67 %. Pirmējo nostādinātāju dūņās olbaltumvielu ir aptuveni divas reizes mazāk, bet ogļūdeņražu 2,5 līdz 3 reizes vairāk nekā aktivajās dūņās. Šāda veida dūņas šobrīd Latvija tiek radītas tikai Rīgas notekūdeņu attīrīšanas iekārtās BAS „Daugavgrīva”.
-----------------------	--

Otrējās dūņas

Iegūst notekūdeņu **bioloģiskās apstrādes rezultātā**, kas ierasti seko pirmējai attīrīšanai. Klasiskā bioloģiskā notekūdeņu attīrīšanas procesā (aerotenkā) ir augsta baktēriju un mikroorganismu koncentrācija. Baktēriju un mikroorganismu uzturēšanās laiks aerotenkā ir no 10 līdz 12 dienām, tas ir atkarīgs no gaisa un notekūdeņu temperatūras, NAI ietilpstošā notekūdeņu piesārņojuma apjoma un slāpekļa atdalīšanas metodes. Lai atdalītu slāpekli, baktērijām ir nepieciešams uzturēšanās laiks, kad tās aug, tāpēc vajadzīga dūņu cirkulācija (**aktīvo dūņu recirkulācija**). Daļa otrējo bioloģisko dūņu vairs nav vajadzīgas (liekās dūņas).

Liekās dūņas

Dūņas, kas **izņemtas no bioloģiskā procesa**, ir suspensija, kas satur amorfas pārslas un ieskauj aerobās baktērijas un vienkāršākos mikroorganismus ar mazu un adsorbētu notekūdeņu piesārņojumu. Liekās dūņas glabājot un iebiezinot, tās ātri sāk pūt. Izņemot dūņas no otrējiem nostādinātājiem pēc aerācijas tvirtnēm, to mitrums ir apmēram 99,0 %–99,5 %, bet pēc biofiltriem 96 %–96,5 %. Lieko dūņu mitrums pēc iebiezināšanas vertikālajos iebiezinātājos ir apmēram 98 %, bet aktīvo dūņu mitrums pēc iebiezināšanas radiālajos iebiezinātājos ir apmēram 97 %. Organisko vielu saturs atkarīgs no izmantotā nogulsnešanas apjoma un vidēji ir 70 % līdz 80 %. Baktēriju saturs ir daudz lielāks, ņemot vērā to, ka tās ir savairojušās bioloģiskās attīrīšanas procesā. Visbiežāk liekās bioloģiskās dūņas sablīvējas daudz sliktāk nekā pirmējās dūņas.

3.2. Aktivās dūņas

Notekūdeņu bioloģiskajā attīrīšanā lietotās aktīvās dūņas ir sarežģīta mikroskopisko organismu „sabiedrība” jeb cenoze, kas attīstības gaitā pielāgojusies konkrētajam notekūdeņu piesārņojuma spektram un attīrīšanas iekārtu darbības režīma īpatnībām. To veido galvenokārt baktērijas un vienšūņi (17. attēls).



17. attēls. Aktīvo dūņu daļiņa mikroskopā

Baktēriju skaits aktīvajās dūņās svārstās no 108 līdz 1014 šūnām uz 1 g sausas.

Neliela daļa baktēriju aktīvo dūņu sastāvā dzīvo brīvi vai apvienojas pavedienveida kolonijās. Tomēr vairākums (90–95 % no baktēriju kopējās masas) veido pārslas jeb flokulas, kas arī nosaka dūņu fizikālo struktūru kopumā. Flokulu krāsa parasti ir tumši brūna (var būt arī pelēka vai dzeltenīga), bet izmērs svārstās no 0,1–0,5 līdz 2–4 mm. To sastāvā ietilpst arī neorganiskas cietas daļiņas. Par saistvielu kalpo bakteriālo šūnu izdalītās gļotas, kuras galvenokārt sastāv no polisaharīdiem. Gļotu papildfunkcija ir baktēriju aizsardzība no notekūdeņu piesārņojuma nelabvēlīgās ietekmes. Spēja producēt polisaharīdus un tādējādi veicināt flokulu veidošanos piemīt *Zoogloea*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Paracoccus* ģints baktērijām.

Flokulu veidošanās ir viena no svarīgākajām aktīvo dūņu īpašībām (18. attēls). Pateicoties tai, ir iespējama aktīvo dūņu sedimentācija otrējā nostādinātājā, kas nodrošina dūņu atdalīšanu no aerotenkā attīrītajiem notekūdeņiem. Aktīvajām dūņām ir relatīvi liela virsma – līdz pat 100 m² uz 1 g sausas. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas pirmajā stadijā apmēram pirmās 30 minūtēs pēc sajaukšanas ar aktīvajām dūņām, pateicoties adsorbīcijai uz dūņu virsmas, notiek piesārņojošo vielu mehāniska atdalīšana no ūdens. Tam seko adsorbētā piesārņojuma bioķīmiskas oksidēšanas process.



Brīvi peldošas dūņas. Nelielas dūņu daļiņas, kas vēl nav apvienojušās lielākās pārslās



Brīvi peldošas dūņu daļiņas ir apvienojušās lielākās pārslās, taču tās vēl ir amorfas un nestabilas



Pavedienveida baktērijas. Spēj „salīmēt” dūņu pārslas, nodrošinot tām labu mehānisko noturību. Tām jābūt noteiktā proporcijā pret pārējām dūņu komponentēm. Pārlika pavedienveida baktēriju savairošanās var radīt problēmas



Ideāla aktīvo dūņu pārsla. Satur baktērijas, amēbas, pavedienveida baktērijas, baktēriju izdalītos biopolimērus

18. attēls. Aktīvo dūņu pārslu veidošanās

3.2.1. Aktīvo dūņu ķīmiskais sastāvs

Aktīvo dūņu ķīmiskais sastāvs ir ļoti atkarīgs no attīrāmo notekūdeņu sastāva, notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas un NAI regulējuma parametriem (5. tabula).

5. tabula

Aktīvo dūņu ķīmiskais sastāvs Latvijā⁶

Vielas	Īpatsvars sausnā, %	Īpatsvars sausnā, g/kg
Gaistošās organiskās vielas	50–88	
Olbaltumvielas (proteīns)	32–41	
Slāpekļis	2,4–5	24–50 [N]
Fosfors (izteikts kā P ₂ O ₅)	2,8–11	12–48 [P _{kop}]
Kālijs (izteikts kā K ₂ O)	0,5–0,7	

Efektīvu un stabilu aktīvo dūņu darbību var panākt, radot baktērijām un citiem mikroorganismiem labvēlīgus apstākļus – nepārtraukti nodrošinot tos ar barību un skābekli, kā arī nepieļaujot tām kaitīgu vielu ievadīšanu aerotenkā. Baktērijām visbīstamākie ir smago metālu sāļi un oksidētāji – hlors, ozons, sudrabs un vara savienojumi. Indīgi aktīvajām dūņām ir fenoli, spirti, formalīns, formaldehīds, u. c. Izšķīduša skābekļa deficīts būtiski ietekmē aerobo baktēriju un citu mikroorganismu darbību.

Ja aerotenkam netiek pievadīts skābeklis,
pēc 2–4 stundām baktērijas iet bojā!

3.2.2. Aktīvo dūņu fizikālās īpašības

NAI aktīvās dūņas var operatīvi novērtēt, izmantojot vienkāršu paņēmieni, kas balstās uz dūņu fizikālo īpašību noteikšanu. Stikla traukā iesmeļ aktīvo dūņu masu un vizuāli nosaka: dūņu pārslu lielumu, to nostādināšanas ātrumu, krāsu (dzeltenīga, brūngana, brūngani zaļa, pelēka, melna), ūdens caurspīdību virs nostādinātā dūņu slāņa (caurspīdīgs, duļķains), smaku (purva, puvuma), dūņu stāvokli (blīvas, normālas, uzpūtušās) un temperatūru.

⁶ Pētījums par Latvijā izmantotajām notekūdeņu dūņu apstrādes tehnoloģijām (2021), LŪKA

3.2.3. Aktīvo dūņu pieauguma teorētiskais aprēķins

Faktiskais lieko aktīvo dūņu daudzums, t. i., dūņu pieaugums, ir atkarīgs no daudziem apstākļiem: ienākošā piesārņojuma slodzes, barības vielu sabalansētības notekūdeņos, notekūdeņu temperatūras, dūņu vecuma un citiem faktoriem.

Neraugoties uz to, aptuvenu aktīvo dūņu pieaugumu NAI var teorētiski aprēķināt (skat. piemēru 6. tabulā), izmantojot empīrisku formulu (2.), kas ierasti tiek lietota notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iekārtu ražības noteikšanai:

$$P = 0,5 \frac{[SV]}{[BSP_5]} \cdot Q \cdot \frac{[BSP_5]}{1000}, \quad (2.)$$

kur

P – dūņu pieaugums, kg/d,

$[SV]$ – suspendēto vielu saturs notekūdeņos, mg/l,

$[BSP_5]$ – bioķīmiskais skābekļa patēriņš notekūdeņos, mg/l,

Q – notekūdeņu caurplūde, m³/d.

6. tabula

Aktīvo dūņu pieauguma piemērs

$[SV]$ – suspendēto vielu saturs notekūdeņos	285 mg/l
$[BSP_5]$ – bioķīmiskais skābekļa patēriņš notekūdeņos	232 mg/l
Q – notekūdeņu caurplūde	14 742 m ³ /d
$P = 0,5 \frac{[285]}{[231]} \cdot 14742 \cdot \frac{[231]}{1000} = 2101$ kg/d dūņu teorētiskais pieaugums	

3.2.4. Aktīvo dūņu koncentrācija un tās mērīšana

Lai nodrošinātu maksimāli efektīvu notekūdeņu attīrīšanu, viens no būtiskākajiem NAI operatora uzdevumiem ir uzturēt bioreaktorus nemainīgu un atbilstīgu aktīvo dūņu koncentrāciju. Līdz ar to ir jāizmanto vienota un konsekventa metodika aktīvo dūņu koncentrācijas mērīšanai bioreaktoros, nosakot arī faktisko lieko aktīvo dūņu daudzumu un pieaugumu, kas jāatsūknē no bioreaktoriem. Pastāv divas galvenās dūņu daudzuma mērīšanas metodes: volumetriskā metode un filtrēšanas / žāvēšanas metode.

Volumetriskā metode (dūņu tilpuma noteikšana)

Metode ir ļoti vienkārša un prasa minimālu aprīkojumu. Mērcilindrā (vai citā piemērotā traukā) jāielej apmēram 1 litrs aktīvo dūņu no bioreaktora. Dūņas sāks izgulsnēties un mērcilindra virspusē veidosies dzidra ūdens slānis. Pēc 30 minūtēm NAI operatoram jāizmēra nostājušos aktīvo dūņu tilpums, kas tiek izmantots aktīvo dūņu daudzuma novērtēšanai. Pieņem, ka tilpums līdz 500–700 ml/l ir optimāls un nozīmē, ka aktīvo dūņu noņemšana vēl nav nepieciešama. Ja aktīvo dūņu tilpums ir lielāks, jānoņem liekās aktīvās dūņas.

Metode uzskatāma par visai neprecīzu, jo dūņu sedimentācijas īpašības var mainīties plašā diapazonā. Ja dūņas ir „smagas” un labi izgulsnējas, 500 ml/l var būt visai liels dūņu daudzums, savukārt gadījumā, kad dūņas ir uzbriedušas un vieglas, 700 ml/l var atbilst samērā nelielam dūņu daudzumam. Lai šādas nianse pareizi novērtētu, vajadzīgs pieredzējis operators.

Minēto metodi plaši lieto Latvijas mazajās NAI, kur nav savas laboratorijas un ārējas laboratorijas piesaistīšana dūņu daudzuma monitorīngam tiek uzskatīta par ekonomiski nepamatotu.

Filtrēšanas/žāvēšanas metode

No bioreaktora tiek pasmelts zināms daudzums dūņu un filtrēts ar speciālu filtru, kas, to karsējot, nemaina svaru. Filtrējamo dūņu daudzums parasti ir no 25 ml līdz 100 ml atkarībā no dūņu koncentrācijas. Uz filtra palikušās dūņas tiek žāvētas 50 °C temperatūrā līdz konstantam svaram (tas ir, līdz brīdim, kad žāvēšana vairs būtiski nemaina uz filtra palikušo izžāvēto dūņu masu). Zinot filtrēto dūņu tilpumu un dūņu masu pēc žāvēšanas, var aprēķināt dūņu sausnas koncentrāciju paraugā, ko parasti izsaka g/l. Metode ļauj visumā precīzi novērtēt dūņu daudzumu sistēmā. Šo metodi izmantot piedāvā visas akreditētās laboratorijas, kas nodarbojas ar notekūdeņu analīzi un arī lielāko pilsētu NAI laboratorijas.

Lai paātrinātu dūņu koncentrācijas mērījumu rezultātu iegūšanu bioloģiskajā notekūdeņu attīrīšanas procesā, ir pieejamas arī stacionāras un pārvietojamas mērierīces, kuras, atbilstīgi kalibrējot laboratorijā, var iegūt dūņu koncentrācijas lielumu g/l. Šāda veida ierīces paredz lielāku līdzekļu ieguldījumu, tomēr prakse rāda, ka tās attaisno izmaksas, ļaujot ātri iegūt operatīvos datus, turklāt jebkurā bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas procesa punktā.

3.2.5. Dūņu sastāvs

Atkarībā no notekūdeņu attīrīšanas veida un notekūdeņu dūņu noņemšanas posma, notekūdeņu dūņas var iedalīt piecos veidos, kas atšķiras pēc fizikālajām, ķīmiskajām un bioloģiskajām īpašībām (skat. 7. tabulu).

7. tabula

Dūņu sastāvs atkarībā no apstrādes procesa⁷

Parametrs	Pirmējās dūņas	Aktīvās dūņas (vidēji piesārņoti notekūdeņi)	Aktīvās dūņas (piesārņoti notekūdeņi)	Sajauktas dūņas	Stabilizētas dūņas
Sausna, g/l	12	9	7	10	30
Organiskā viela, % sausnā	65	67	77	72	50
pH	6	7	7	6,5	7
C, % organiskajā vielā	51,5	52,5	53	51	49
H, % organiskajā vielā	7	6	6,7	7,4	7,7
O, % organiskajā vielā	35,5	33	33	33	35
N, % organiskajā vielā	4,5	7,5	6,3	7,1	6,2
S, % organiskajā vielā	1,5	1	1	1,5	2,1
C/N	11,4	7	8,7	7,2	7,9
P, % sausnā	2	2	2	2	2
Cl, % sausnā	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
K, % sausnā	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Al, % sausnā	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ca, % sausnā	10	10	10	10	10
Fe, % sausnā	2	2	2	2	2
Mg, % sausnā	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Tauki, % sausnā	18	8	10	14	10
Olbaltumvielas, % sausnā	24	36	34	30	18
Ogļhidrāti, % sausnā	16	7	10	13	10
Siltumietilpība, kWh/t sausnas	4200	4100	4800	4600	3000

⁷ Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006)

- pirmējās dūņas no mehāniskās vai ķīmiskās apstrādes procesa, dūņas ar augstu piesārņojošo vielu koncentrāciju;
- aktīvās dūņas (vidēji piesārņoti notekūdeņi);
- aktīvās dūņas (piesārņoti notekūdeņi);
- sajauktās dūņas;
- stabilizētās dūņas.

Piesārņojošo vielu daudzums dūņās atkarīgs galvenokārt no apstrādājamo notekūdeņu sastāva, tāpēc dūņu kvalitātes uzlabošanai svarīga kaitīgo vielu izslēgšana no ražošanas procesiem un rūpniecisko notekūdeņu priekšattīrīšana.

Organiskās vielas dūņās

Organiskās vielas dūņās sastāv galvenokārt no šķīstošiem savienojumiem (ogļūdeņraži, aminoskābes, mazmolekulāras olbaltumvielas un lipīdi). Organisko vielu saturs vidēji ir vismaz 50 % no sausas, to var samazināt, veicot dūņu apstrādi. Organisko vielu saturs dūņās un citos organiskajos mēslošanas līdzekļos atkarībā no apstrādes veida parādīts 8. tabulā.

8. tabula

Organisko vielu saturs dūņās atkarībā no pārstrādes veida⁸

Dūņu apstrādes veids	Organiskās vielas % no sausas
Aeroba fermentācija	60–70
Anaeroba fermentācija	40–50
Žāvēšana	<40
Dūņu komposts	50–85
Sadzīves atkritumu komposts	40–60
Dārza atlieku komposts	30–60
Kūtsmēsli	45–85

Slāpeklis un fosfors dūņās

ES valstīs notekūdeņu dūņu sausnā vidēji ir 20–80 g/kg slāpekļa (N) un 10–90 g/kg fosfora (P). Pēc slāpekļa daudzuma dūņas pielīdzināmas kūtsmēsliem, bet fosfora ir pat vairāk (9. tabula).

Slāpeklis dūņās ir galvenokārt organisko savienojumu formā un nelielā koncentrācijā – amonija savienojumu veidā. Lielākā daļa amonija sāļu ir dūņu šķīdrajā frakcijā un tiek atdalīta, veicot dūņu atūdeņošanu.

⁸ Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006)

Slāpekļa saturs dūņās samazinās arī glabāšanas laikā denitrifikācijas procesu rezultātā. Dažādu apstrādes paņēmienu ietekme uz slāpekļa saturu dūņās (10. tabula).

9. tabula

Slāpekļa un fosfora saturs notekūdeņu dūņās⁹

Materiāls	Kopējais slāpeklis (N), % no sausnas	N-NH₄, % no kopējā N	Fosfors (P), % no sausnas
Šķidrās dūņas	1–7	2–70	0,9–5,2
Atūdeņotas dūņas	2–5	<10	
Sausās dūņas	1–3,5	<10	
Kompostētās dūņas	1,5–3	10–20	0,2–1,5
Sadzīves atkritumu komposts	0,96	–	0,39
Dārza atlieku komposts	1,0–2,4	–	0,04–0,44
Pakaiši	2,2–4,4	10	0,61–1,61
Kūtsmēsli	4–7	50–70	0,91–3,3

10. tabula

Slāpekļa satura izmaiņas atkarībā no apstrādes veida⁹

Apstrādes veids	Kopējais slāpeklis (N), % no sausnas	N-NH₄, % no kopējā N
Šķidrās dūņas		
Aeroba fermentācija, sedimentācija	5–7	5–10
Aeroba fermentācija, mehāniska sedimentācija	4–7	2–8
Anaeroba fermentācija	1–7	20–70
Daļēji atūdeņotās dūņas		
Aeroba fermentācija, sedimentācija	3–5,5	<5
Aeroba fermentācija, mehāniska sedimentācija	1,5–3	<5
Atūdeņotās dūņas		
Aeroba fermentācija, kaļķošana un atūdeņošana ar filtrpresi	2,5	<10
Kompostēšana	1,5–3	10–20
Aeroba fermentācija, atūdeņošana dūņu filtrācijas laukos	2–3,5	<10
Anaeroba fermentācija, atūdeņošana dūņu laukos	1,5–2,5	<10
Kaltētas dūņas	3,5–6	10–15

⁹ Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006)

Fosfors dūņās ir galvenokārt minerālā formā (30–98 % no kopējā fosfora). Augiem pieejamā fosfora daudzums atkarīgs no dūņu apstrādes paņēmiena, nevis kopējā fosfora satura (11. tabula). Vislielākais kopējā fosfora saturs ir dūņās, kas radies no ķīmiskās vai bioloģiskās fosfora izgulsnēšanās. Fosfora saturs glabāšanas laikā būtiski nemainās.

11. tabula

Fosfora saturs dūņās¹⁰

Apstrādes veids	Fosfors (P ₂ O ₅), % no sausas	Fosfors (P), % no sausas
Šķidrās dūņas, anaerobā apstrāde	4,9–6,9	2,1–3
Aerobā fermentācija	2,5–12,7	1,1–5,5
Pirmējās dūņas, kaļķošana	2,5–12	1,1–5,2

Citas barības vielas dūņās

Notekūdeņu dūņās nelielā daudzumā ir kālijs, kalcijs, sērs, magnijs, nātrijs un dažādi mikroelementi. Kālija saturs dūņās ir salīdzinoši neliels – 0,2–0,4 %, tādēļ, izmantojot dūņas par mēslojumu, visbiežāk ir vajadzīga minerālā kālija piedeva. Sēra saturs ir 1,5–2 %, tādēļ dūņas var kalpot kā ļoti efektīvs sēra mēslojums, piemēram, kūdras augsnēs.

Smagie metāli dūņās

Viena no toksisko vielu grupām dūņās ir smagie metāli. Šai vielu grupai parasti pieskaita tos metālus, kuru blīvums pārsniedz vai ir tuvs dzelzs blīvumam – 7,87 g/cm³.

Maksimāli pieļaujamo smago metālu koncentrāciju notekūdeņu dūņās nosaka Padomes Direktīva 86/278/EEK. Visās ES valstīs smago metālu koncentrācija vidēji ir mazāka par maksimāli pieļaujamo (skat. 12. tabulu). Smago metālu koncentrācija tiek pārsniegta galvenokārt rūpnieciskajās dūņās, kā arī apstrādājot pilsētu lietus kanalizācijas notekūdeņus.

¹⁰ Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006)

12. tabula

Smago metālu koncentrācija notekūdeņu dūņās¹¹

Metāls	Direktīvā 86/278/EEC noteiktās limitējošās koncentrācijas, mg/kg sausas	Vidēji Latvijā, mg/kg sausas
Kadmijijs (Cd)	20–40	0,4–3,8
Hroms (Cr)	1000–1750	16–275
Varš (Cu)	1000–1750	39–641
Dzīvsudrabs (Hg)	16–25	0,3–3
Niķelis (Ni)	300–400	9–90
Svins (Pb)	750–1200	13–221
Cinks (Zn)	2500–4000	142–2000

3.2.6. Dūņu kvalitātes prasības

Notekūdeņu dūņas pēc būtības ir aktīvo dūņu pārpalikums, kas pēc sedimentācijas tiek izņemts no otrējā nostādinātāja. Tātad notekūdeņu dūņu sastāvu vislielākā mērā nosaka tieši sākotnējais aktīvo dūņu sastāvs.

Notekūdeņu dūņu kvalitāti var noteikt pēc trim atšķirīgām rādītāju kopām:

Agrokīmiskie rādītāji	Sausnas saturs, pH reakcija pēc KCl, organiskās vielas sausnā, kopējā slāpekļa saturs sausnā, kopējā fosfora saturs sausnā
Mikrobioloģisko patogēnu rādītāji	Baktērijas, vīrusi, parazītiskie vienšūņi un parazītisko tārpu oļiņas
Smago metālu un organisko piesārņotāju rādītāji	Kadmijijs (Cd), hroms (Cr), varš (Cu), dzīvsudrabs (Hg), niķelis (Ni), svins (Pb), cinks (Zn)

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 notekūdeņu dūņu kvalitāte tiek izteikta un regulēta tikai pēc smago metālu rādītājiem un to koncentrācijas notekūdeņu dūņās.

Izšķir **piecas notekūdeņu dūņu kvalitātes klases**, no kurām pirmā ir augstākā, bet piektā – zemākā (skat. 13. tabulu). Pēc agroķīmiskajiem,

¹¹ Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006)

patogēnisko vai organisko piesārņotāju rādītājiem dūņu kvalitātes klases netiek izšķirtas, bet atsevišķi agrotehniskie rādītāji (augšnes pH) tiek ņemti vērā, lemjot par dūņu izmantošanu un tās apjomu lauksaimniecības zemēs.

I un II klases apstrādātās notekūdeņu dūņas atļauts izmantot lauksaimniecībā, III klases un IV klases dūņu izmantošana lauksaimniecībā ir ierobežota. Piektās klases notekūdeņu dūņas uzskata par bīstamajiem atkritumiem. Visas darbības ar V klases notekūdeņu dūņām veic atbilstīgi normatīvajiem aktiem par atkritumu apsaimniekošanu.

13. tabula

Notekūdeņu dūņu un to komposta iedalījums klasēs

Nr.p.k.	Klase*	Smago metālu masas koncentrācija sausnā (mg/kg)						
		Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1.	I	< 2,0	< 100	< 400	< 3,0	< 50	< 150	< 800
2.	II	2,1–5,0	101–250	401–500	3,1–5,0	51–100	151–250	801–1500
3.	III	5,1–7,0	251–400	501–600	5,1–7,0	101–150	251–350	1501–2200
4.	IV	7,1–10	401–600	601–800	7,1–10	151–200	351–500	2201–2500
5.	V	> 10	> 600	> 800	> 10	> 200	> 500	> 2500

* Ja augstākās klases dūņu attiecīgo rādītāju ne vairāk kā par 30 % pārsniedz tikai viena smagā metāla masas koncentrācija, šīs notekūdeņu dūņas un to kompostu ieskaita augstākajā klasē.

Saskaņā ar MK noteikumu Nr. 362 prasībām notekūdeņu dūņu kvalitāti nosaka katrai notekūdeņu dūņu sērijai (notekūdeņu dūņu masa ar vienveidīgu ķīmisko sastāvu, līdzīgām fizikālām un citām īpašībām), veidojot vienu vidējo paraugu.

Saskaņā ar MK noteikumu Nr. 362 prasībām testēšanas metodes, kādas izmantojamas agroķīmisko rādītāju un smago metālu satūra noteikšanai, ir apkopotas 15. tabulā un 16. tabulā. Testēšanas metodes dažādās nozarēs ir atšķirīgas, tādēļ ir ļoti būtiski pievērst uzmanību metodēm, kas tiek izmantotas konkrēto mērījumu veikšanai.

14. tabula

Notekūdeņu dūņu vidējā parauga veidošana attīrīšanas iekārtās

Nr. p.k.	Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu noslodze (cilvēku ekvivalents)	Vidējo paraugu skaits gadā	Vidējā parauga veidošanas periods (mēnešos)	Individuālo paraugu ņemšanas periodiskums	Testējamo paraugu skaits gadā		
					Smago metālu noteikšanai*	Agroķīmisko rādītāju noteikšanai	Sausnas satura noteikšanai**
1.	< 2000	1	12	2 reizes mēnesī	1***	1	2
2.	2001–5000	1	12	2 reizes mēnesī	1***	1	4
3.	5001–10 000	2	6	3 reizes mēnesī	2	1	6
4.	10 001–50 000	3	4	1 reizi nedēļā	3	2	12
5.	50 001–100 000	4	3	1 reizi 3 dienās	4	3	24
6.	> 100 000	12	1	katru dienu	12	4	52

* Ja pēdējo divu gadu laikā visās notekūdeņu dūņu sērijās atsevišķu smago metālu koncentrācija nav pārsniegusi pirmajai klasei atbilstīgos rādītājus, testēšanu, lai noteiktu šos metālus, drīkst veikt divas reizes retāk, bet ne mazāk kā reizi gadā.

** Sausnas saturu nosaka individuālajos paraugos tūlīt pēc to ievākšanas.

*** Ja attīrīšanas iekārtā apstrādā tikai sadzīves notekūdeņus, smago metālu masas koncentrācija nav jānosaka.

15. tabula

Notekūdeņu dūņu un to komposta sēriju vidējā paraugā nosakāmie kvalitātes rādītāji un testēšanas metodes

Nr. p.k.	Smagie metāli	Metodes*	
		paraugu sagatavošanai	testēšanai
1.	Kadmiji (Cd)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
2.	Hroms (Cr)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
3.	Varš (Cu)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
4.	Dzīvsudrabs (Hg)	LVS 346:2005	LVS 346:2005
5.	Niķelis (Ni)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
6.	Svins (Pb)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
7.	Cinks (Zn)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003

* Var izmantot arī citas atomabsorbcijas spektrofotometrijas metodes, kuru noteikšanas robežas rādītāji nav lielāki par 1 mg/kg – Cd, 12 mg/kg – Cr, 5 mg/kg – Cu, 12 mg/kg – Ni, 15 mg/kg – Pb, 0,2 mg/kg – Hg un 10 mg/kg – Zn.

16. tabula

Nr. p.k.	Agroķīmiskie rādītāji	Testēšanas metodes
1.	Vides reakcija (pH_{KCl})	LVS ISO 10390:2002
2.	Organisko vielu daudzums (%)	LVS ISO 10694:1995
3.	Slāpeklis (N) sausnā (g/kg)	LVS ISO 11261:2002
4.	Amonija slāpeklis (N-NH_4) sausnā (g/kg), ekstrahējot KCl	ISO/TS 14256-1:2003 ISO 14256-2:2005 (E)
5.	Fosfors (P) sausnā (g/kg)	LVS 398: 2002 EN 14672:2005
6.	Sausna (%)	LVS ISO 11465:1993 LVS EN 12880

Saskaņā ar MK noteikumu Nr. 362 prasībām notekūdeņu dūņu ražotājs, pamatojoties uz iegūtajiem notekūdeņu dūņu kvalitātes rādītājiem, katrai notekūdeņu dūņu sērijai noformē attiecīgu kvalitātes apliecību. Kvalitātes apliecībā ir jānorāda gan dūņu vai to komposta sērijas agroķīmiskie rādītāji, gan smago metālu saturs.

Notekūdeņu dūņu un komposta ražotājs izsniedz kvalitātes apliecības kopiju notekūdeņu dūņu un komposta lietotājam – juridiskai vai fiziskai personai, kas nodarbojas ar notekūdeņu dūņu un komposta glabāšanu, izmantošanu un apglabāšanu. Notekūdeņu dūņu un komposta ražotājs reģistrē katras sērijas kvalitātes apliecību īpašā reģistrācijas žurnālā (pievienots paraugs/veidne). Kvalitātes apliecībā ailē „klase” ieraksta – „sadzīves notekūdeņu dūņas” vai „sadzīves notekūdeņu dūņu komposts”.

Notekūdeņu dūņu un komposta kvalitātes testēšanas pārskatus un kvalitātes apliecību oriģinālus, kā arī reģistrācijas žurnālus glabā ne mazāk kā desmit gadus.

4. nodaļa

NOTEKŪDEŅU DŪŅU APSAIMNIEKOŠANA

Priekšvārds

Ievads

Juridiskais ietvars

1. nodaļa. Esošā situācija Latvijā

2. nodaļa. Notekūdeņi un to apsaimniekošana

3. nodaļa. Notekūdeņu dūņas

4. nodaļa. Notekūdeņu dūņu apsaimniekošana

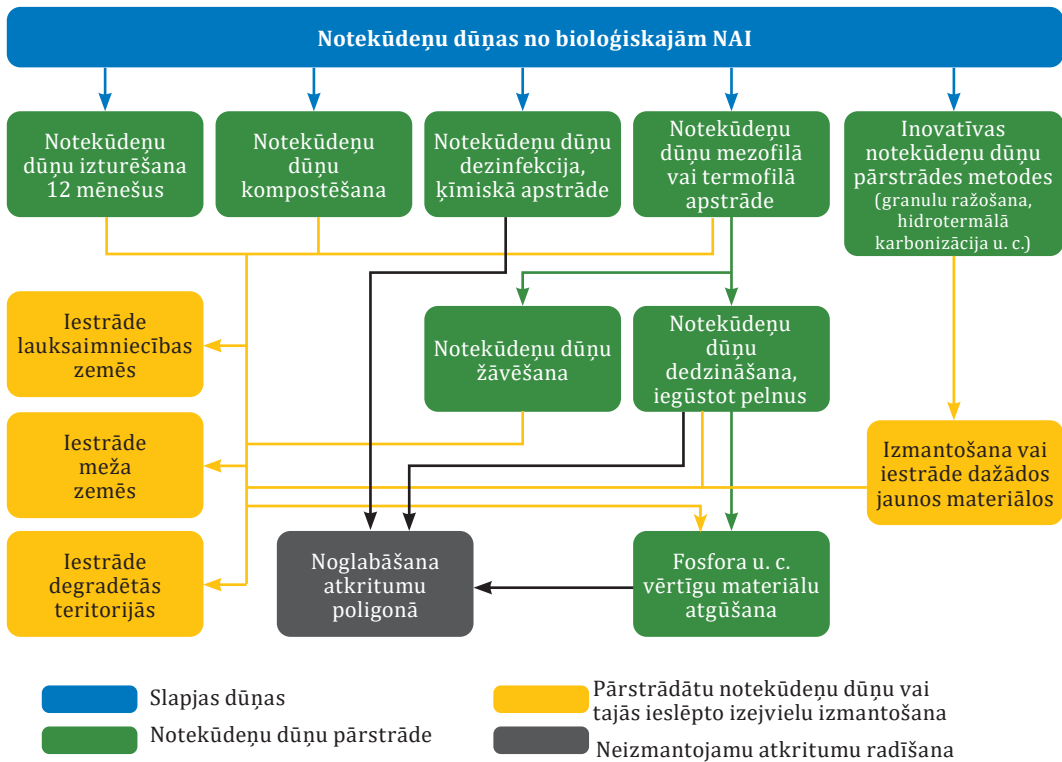
- 4.1. Apsaimniekošanas mērķi un prasības
- 4.2. Notekūdeņu dūņu apstrādes un pārstrādes metodes izvēles nosacījumi
- 4.3. Notekūdeņu dūņu apstrāde
 - 4.3.1. Atūdeņošana
 - 4.3.2. Flokulanti
 - 4.3.3. Atūdeņošanas metodes un iekārtas
- 4.4. Notekūdeņu dūņu pārstrāde
 - 4.4.1. Izturēšana notekūdeņu dūņu laukos – aukstā fermentācija
 - 4.4.2. Kompostēšana
 - 4.4.3. Notekūdeņu dūņu fermentācija – biogāzes ražošana
 - 4.4.4. Notekūdeņu dūņu žāvēšana
 - 4.4.5. Citas notekūdeņu dūņu pārstrādes tehnoloģijas
- 4.5. Pārstrādātu notekūdeņu dūņu utilizācija
 - 4.5.1. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana augsnes ielabošanai lauksaimniecības zemēs
 - 4.5.2. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana apzaļumošanai
 - 4.5.3. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana kārkļu audzēšanai
 - 4.5.4. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana mežsaimniecībā
 - 4.5.5. Notekūdeņu dūņu un to degradēto platību rekultivācijai
 - 4.5.6. Apstrādātu notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana izgāztuvju rekultivācijai un apglabāšana atkritumu poligonos un izgāztuvēs
 - 4.5.7. Notekūdeņu dūņu sadedzināšana
 - 4.5.8. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas vides monitorings, kvalitātes kontrole un izmantošanas uzskaitē

Izmantotie literatūras avoti un resursi

4. NOTEKŪDEŅU DŪŅU APSAIMNIEKOŠANA

Atbilstīgi starptautiskajai pieredzei un pieejamajām tehnoloģijām notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas ietvaros, lai īstenotu pilnvērtīgu to apsaimniekošanu, ir iespējamas dažādas darbības. (19. attēls).

Lai novērstu iespējamus vides piesārņojuma riskus un nodrošinātu aprites ekonomikas pamatprincipu ievērošanu, visas notekūdeņu dūņas, kas rodas NAI, ir atbilstīgi jāapstrādā, jāpārstrādā un jāutilizē jeb jāapsaimnieko, līdz ar to notekūdeņu un dūņu apsaimniekošana ir neatņemama sadzīves NAI darbības daļa. Būtiski ir nezaudēt notekūdeņu dūņās esošos barības elementus, izmantot to pārstrādes produktu, kā arī rīkoties ar šīm dūņām efektīvā un ilgtspējīgā veidā. Notekūdeņu dūņas ir



19. attēls. Visplašāk izmantotie risinājumi notekūdeņu dūņu apsaimniekošanā¹²

¹² Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģija Latvijā, LŪKA, 2021

jāpārstrādā tā, lai barības elementi netiktu aizvadīti atpakaļ uz ūdens tilpēm, bet notekūdeņu dūņu materiālu un energoresursus būtu iespējams izmantot.

MK noteikumi Nr. 362 nosaka pieļaujamos notekūdeņu dūņu apstrādes veidus. Latvijā izmantotās notekūdeņu dūņu apstrādes tehnoloģijas detalizēti ir aprakstītas pētījumos „Pētījums par Latvijā izmantotajām notekūdeņu dūņu apstrādes tehnoloģijām” (Biedrība „Latvijas Ūdensapgādes un kanalizācijas uzņēmumu asociācija” projekts LIFE GOODWATER IP, 2020. g.)¹³, „Apsekojums – sadzīves notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijas ūdenssaimniecībās, to apstrādes un izmantošanas plānošanas priekšlikumu izstrāde” (Biedrība „Latvijas Biotehnoloģijas asociācija”, 2015)¹⁴.

4.1. Apsaimniekošanas mērķi un prasības

Notekūdeņu dūņu apstrāde ir process, kas padara notekūdeņu dūņas atbilstošas noteiktiem vides standartiem vai citām kvalitātes normām, kas noteiktas notekūdeņu dūņu izmantošanai.

Notekūdeņu dūņu apstrādes galvenie uzdevumi:

- 1) samazināt notekūdeņu dūņu apjomu un masu, galvenokārt samazinot to mitrumu;
- 2) samazināt nepatīkamo smaku;
- 3) uzlabot higiēniskās īpašības, samazinot patogēnisko mikroorganismu daudzumu;
- 4) uzlabot fizikālās īpašības – minimizēt koloidālo struktūru, samazināt tilpummasu utt.;
- 5) daļēji samazināt atsevišķu noturīgo organisko piesārņotāju koncentrāciju.

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 par apstrādātām notekūdeņu dūņām var uzskatīt notekūdeņu dūņas, kas ir bijušas pakļautas vismaz vienam no turpmāk minētajiem apstrādes veidiem (Stratēģijas izstrādes laikā ir rekomendēts pārskatīt izmantoto terminoloģiju, rekomendētie skaidrojumi atrodami sadaļā „Terminoloģija”):

- 1) uzglabāšana, arī šķidrā veidā, vismaz 12 mēnešus (aukstā fermentēšana) bez sajaukšanas un pārvietošanas glabāšanas periodā;
- 2) mezofilā anaerobā sadalīšana 35 ± 5 °C, minimālais apstrādes laiks – 21 ± 5 diennaktis;

¹³ www.goodwater.lv

¹⁴ <https://lvafa.vraa.gov.lv/faili/materiali/petijumi/2014/Apsekojums%20LVAF%20Cleantech%20Latvia%202014.pdf>

- 3) termofilā anaerobā sadalīšana $55\pm 5^\circ\text{C}$, minimālais apstrādes laiks – 10 diennaktis; termofilā aerobā stabilizēšana $55\pm 5^\circ\text{C}$, minimālais apstrādes laiks – 10 diennaktis;
- 4) kompostēšana, kuras laikā vismaz trīs diennaktis temperatūrai kaudzes iekšienē 50 cm no kaudzes virskārtas jābūt ne mazākai par 60°C ;
- 5) apstrāde ar kaļķi līdz $\text{pH} = 12$ vai vairāk (ne mazāk kā divas stundas pēc tās temperatūrai jābūt vismaz 55°C);
- 6) pasterizācija vismaz 30 minūtes 70°C ;
- 7) žāvēšana apmēram 100°C , līdz sausnas saturs notekūdeņu dūņu masā sasniedz vismaz 70 %.

Padomes Direktīvā 86/278/EEK par apstrādātām uzskata notekūdeņu dūņas, kas tikušas pakļautas bioloģiskai, ķīmiskai vai termiskai apstrādei, ilgstošai uzglabāšanai vai kādam citam piemērotam procesam, lai būtiski samazinātu notekūdeņu dūņu fermentējamību un briesmas veselībai, ko rada to izmantošana.

4.2. Notekūdeņu dūņu apstrādes un pārstrādes metodes izvēles nosacījumi

Ņemot vērā notekūdeņu mainīgo sastāvu, notekūdeņu dūņu atūdeņošanas un utilizācijas jautājumiem jānosaka individuāla pieeja. Notekūdeņu dūņu apstrādes tehnoloģiskās shēmas un metodes izvēlei ir jābalstās uz tehniski – ekonomiskiem pamatojumiem, ņemot vērā vietējos apstākļus, notekūdeņu dūņu īpašības, nodrošinājumu ar reaģentiem, tehnoloģiskā transporta esamību, kā arī apstrādāto notekūdeņu dūņu utilizācijas iespējas.

Galvenie fizikāli – ķīmiskie rādītāji, pēc kuriem tiek veikta tehnoloģiskās shēmas izvēle, aprīkojuma, tā parametru un darba režīma izvēle, ir:

- 1) notekūdeņu dūņu ūdens atdeves spējas, īpatnējā pretestība;
- 2) īpatnējā filtrēšanas spēja;
- 3) saspiežamība atūdeņošanas laikā (ūdens un cietās fāzes daļiņu savienojumu formas);
- 4) ķīmiskais sastāvs.

Konkrētu notekūdeņu dūņu īpašību izpēte notiek, ņemot vērā aktīvo notekūdeņu dūņu īpašību izmaiņas sagatavošanas procesā pirms to atūdeņošanas. Kapitālās un ekspluatācijas izmaksas ir atkarīgas no vietējiem apstākļiem un tādiem rādītājiem kā elektroenerģijas tarifs, reaģenti, reaģentu daudzums un devas, notekūdeņu dūņu atūdeņošanas pakāpes u. c.

Notekūdeņu dūņu ūdens atdeves spēja

Lielākā daļa mitruma notekūdeņu dūņās ir saistītā veidā, tādēļ tām ir slikta ūdens atdeves spēja. Kā iepriekš ir norādīts, notekūdeņu dūņu organiskā daļa ātri sapūst, izdalot nepatīkamu smaku, tajā pašā laikā palielinot koloīdo un sīkdispersiju daļiņu apjomu, kas veicina turpmāku notekūdeņu dūņu ūdens atdeves spējas samazināšanos. Notekūdeņu dūņu ūdens atdeves spēja lielā mērā ir atkarīga no to cietās fāzes daļiņu izmēra. Ir zinātniski pierādīts, jo lielākas ir notekūdeņu dūņu cietās fāzes daļiņas, jo lielāka ir notekūdeņu dūņu ūdens atdeves spēja. Notekūdeņu dūņu dispersā fāze satur dažāda izmēra, formas un īpašību organiskas un minerālas izcelsmes daļiņas.

Notekūdeņu dūņu ķīmiskais sastāvs būtiski ietekmē to ūdens atdeves spējas samazināšanos. Dzelzs, alumīnija un broma savienojumi, kā arī skābes, sārmu un citas vielas, kas ir notekūdeņu sastāvā, veicina intensīvāku notekūdeņu dūņu ūdens atdevi un ļauj samazināt ķīmisko reaģentu izmantošanu notekūdeņu dūņu koagulācijai vai flokulācijai pirms to atūdeņošanas. Turpretī eļļas, tauki, slāpekļa savienojumi un pavedienveida vielas ir nevēlamas vielas notekūdeņu dūņu apstrādē. Ņemot vērā notekūdeņu dūņu daļiņas, tās pasliktina koagulācijas procesus, kā arī palielina organisko vielu saturu notekūdeņu dūņās, kas būtiski pasliktina to ūdens atdeves spēju¹⁵.

Notekūdeņu dūņu īpatnējā filtrēšanas spēja

Notekūdeņu dūņu īpatnējā filtrēšanas pretestība – cietās fāzes masas vienības pretestība, kas veidojas uz filtra laukuma vienības suspensijas filtrēšanas laikā pie nemainīga suspensijas spiediena, kur šķidrās fāzes viskozitāte vienāda ar 1,0.

Notekūdeņu dūņu ūdens atdeve ir atkarīga no to granulometriskā sastāva un cietās fāzes. Ir arī pierādīts, ka, palielinot cietās fāzes daļiņu izmēru, notekūdeņu dūņu īpatnējā pretestība samazinās. Turpretī, atdalot no notekūdeņu dūņām cietās fāzes lielo frakciju daļiņas, notekūdeņu dūņu īpatnējā pretestība pieaug.

Atūdeņojot iepriekš apstrādātas notekūdeņu dūņas (pēc koagulācijas vai flokulācijas), to filtrēšana notiek ievērojami ātrāk, taču, sasniedzot cietās fāzes koncentrāciju 18 %–35 % apjomā, filtrēšanas process tikpat strauji palēninās. Pamatojoties uz to, ka atūdeņotas notekūdeņu dūņas tiek pielīdzinātas saspiežamo materiālu kategorijai, kas deformējas pie lielāka spiediena, tad, palielinot spiedienu, palielinās arī notekūdeņu dūņu īpatnējā pretestība. Lai izmantotu īpatnējo pretestību par

¹⁵ Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006)

parametru, kas raksturo notekūdeņu dūņu ūdens atdeves spēju, dažādu notekūdeņu dūņu veidu īpatnējo pretestību salīdzināšanu var veikt, tikai veicot mērījumus pie viena un tā paša nemainīgā spiediena.

Notekūdeņu dūņu īpatnējās pretestības mērījumus ir ieteicams veikt pie spiediena 0,067 MPa (500 mm Hg st.).

Sadzīves notekūdeņu attīrīšanas iekārtās pirmējo nostādinātāju dūņām un nebiezinātām aktīvām notekūdeņu dūņām ir ievērojami mazāka īpatnējā pretestība nekā raudzētām notekūdeņu dūņām. Raudzētu notekūdeņu dūņu īpatnējā pretestība ir atkarīga ne tikai no to veida un raudzēšanas metodes, bet arī no raudzēšanas laika un sajaukšanas veida metāna raudzēšanas tvertnēs. Notekūdeņu dūņas ilgstoši turot metāna raudzēšanas tvertnēs, to īpatnējā pretestība var samazināties.

Aktīvo notekūdeņu dūņu īpatnējā pretestība var svārstīties no 75×10^{10} cm/g līdz 1860×10^{10} cm/g. Neskatoties uz aktīvo notekūdeņu dūņu specifisko sastāvu, to īpatnējo pretestību būtiski ietekmē sākotnējā koncentrācija. Īpatnējā pretestība strauji palielinās līdz ar aktīvo notekūdeņu dūņu koncentrāciju.

Tiekšanās iebiezināt aktīvās notekūdeņu dūņas, lai iegūtu maksimālo koncentrāciju, rada īpatnējās pretestības palielināšanos, bet turpmāk – atūdeņošanas efektivitātes samazināšanos.

Aerobā stabilizācija, tāpat kā anaerobā raudzēšana, arī palielina iebiezināto aktīvo notekūdeņu dūņu un notekūdeņu dūņu no pirmējiem nostādinātājiem īpatnējo pretestību. Taču aerobās stabilizācijas procesos, izmantojot neiebiezinātas notekūdeņu dūņas un to maisījumu ar notekūdeņu dūņām no pirmējiem nostādinātājiem, ūdens atdeve var uzlaboties¹⁶.

Ūdens un cietās fāzes daļiņu savienojumu formas un to ietekme uz notekūdeņu dūņu apstrādi.

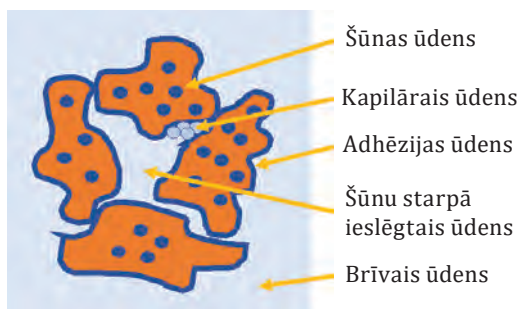
Izvēloties notekūdeņu dūņu apstrādes veidu, jāizprot ūdens un notekūdeņu dūņu cieto daļiņu sasaistes mehānisms. Notekūdeņu dūņas ir suspensija, kas sastāv no šķidrās un cietās fāzes. Pie cietās fāzes piešķaita dažādas neizšķīdušas vielas, piemēram, cietās vielas, sausu jeb žāvēšanas atlikumu, kurš iegūts, žāvējot paraugu 105 °C temperatūrā, un satur arī sākotnēji izšķīdušas vielas, ko nedrīkst sajaukt ar cietajām vielām, pie kurām izšķīdušās vielas nepieder. Jāprecizē, ka žāvēšana 105 °C

¹⁶ Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006)

temperatūrā (temperatūra, kas minimāli, bet droši pārsniedz ūdens vārīšanās temperatūru) ir salīdzinoši ātra un ērta metode (īpaši t. s. žāvsvari), bet vienlaikus arī aptuvena. Izmantojot šo metodi, sistemātiski rodas kļūdas, gan rezultātiem paaugstinoties, gan pazeminoties. Augstāki rezultāti rodas minēto izšķīdušo vielu dēļ, kuras paliek sausajā atlikumā, savukārt rezultāti pazeminās, jo garantētai ūdens iztvaicēšanai nepieciešamajā 105 °C temperatūrā neizbēgami sadalās un/vai iztvaiko arī daļa organisko vielu, tādējādi mākslīgi samazinot sausā atlikuma masu. Tomēr, nosakot notekūdeņu dūņu sausnu laboratorijas apstākļos, izmantojot identisku procedūru, rezultāta ticamība ir pietiekami augsta, lai salīdzinātu atūdeņošanas procesa kvalitāti dažādās situācijās.

Ir zināms, ka notekūdeņu dūņu pamatā ir ūdens, tādēļ viens no visvarīgākajiem uzdevumiem notekūdeņu dūņu apstrādē ir to apjoma samazināšana atūdeņojot. Notekūdeņu dūņu vai notekūdeņu dūņu ūdenim ir vairāki veidi, kuriem ir atšķirīga sasaiste ar cietajām daļiņām (20. attēls):

- 1) brīvais ūdens, kura pievilksnās spēki ir nelieli;
- 2) daļiņas šūnas ūdens;
- 3) kapilārais ūdens;
- 4) adhēzijas jeb saistītais ūdens;
- 5) daļiņu starpā ieslēgtais ūdens, kura pievilksnās spēki ir lieli.



20. attēls. Ūdens veidi notekūdeņu dūņās

Lielākā notekūdeņu dūņu ūdens daļa atrodas starp cietajām vielām kā brīvais ūdens. To var atdalīt smaguma spēka ietekmē, notekūdeņu dūņas blīvējot. Vietās, kur starp cietajām daļiņām ir neliels attālums, virsmas spraigums piesaista kapilāro ūdeni. Notekūdeņu dūņas atūdeņojot, kapilāro ūdeni ir grūti atdalīt. Adhēzijas un šūnu ūdeni var atdalīt, vienīgi žāvējot.

Šajā sadaļā tiek aplūkotas notekūdeņu dūņu apstrādes metodes, kas neietver šūnu apvalka sagraušanu. Šūnu apvalku sagraušanai tiek izmantota ultraskaņa, augstspriegums, termiskā hidrolīze, bioķīmiskās metodes vai kavitācijas sūkņi. Parasti šādi paņēmieni tiek lietoti, lai palielinātu biogāzes ieguvu. Latvijā neviens no minētajiem paņēmieniem netiek izmantots, tāpēc, apskatot notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iespējas, tiek uzskatīts, ka šūnu apvalki netiek sagrauti. Izņēmums ir Rīgas NAI strādājošā klasiskās mezofilās tehnoloģijas biogāzes stacija, kuras digestāta atūdeņošanas specifika īsi tiks aplūkota turpmāk. Starp daļiņām ieslēgto ūdeni var atdalīt, sagraujot šūnu veidoto struktūru, kā rezultātā ieslēgtais ūdens praktiski pārvēršas par daļu no brīvā ūdens.

Jo mazāks ir daļiņu izmērs, jo smalkāka ir notekūdeņu dūņu struktūra, jo notekūdeņu dūņas satur vairāk koloīdo daļiņu un jo grūtāk tās atūdeņot.

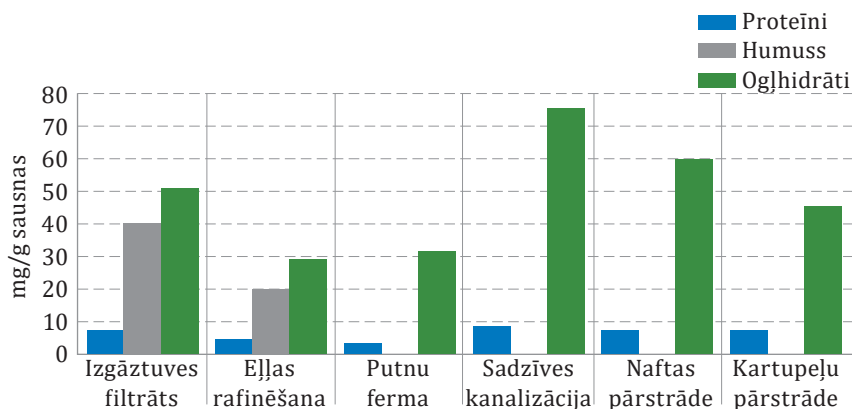
Aplūkojot detalizētāk, jāsecina, ka ūdens maisījuma struktūra ir sarežģītāka. Var izdalīt trīs galvenos faktorus:

- 1) mikroorganismi ir daudzveidīgi. Notekūdeņu **dūņu biocenozē** sastāv no baktērijām (tajā skaitā *filamentās*, *protozoa*, *metazoa*), aļģēm un sēnītēm. Katrs no šiem veidiem ietver dažādus paveidus, kuru daudzums atkarīgs no notekūdeņu sastāva un attīrīšanas procesa tehnoloģiskajām īpatnībām. Kaut arī pašu bioloģisko attīrīšanas procesu pamatā nosaka divas pirmās grupas – baktērijas un protozoa, visu pārējo mikroorganismu klātbūtne var jūtami ietekmēt notekūdeņu dūņu blīvēšanu un atūdeņošanu, īpaši, ņemot vērā, ka pēdējās trīs grupas ir daudzšūnu organismi, tātad pēc izmēra lielākas un sarežģītākas formas daļiņas. Notekūdeņu dūņu biocenozes piemērs parādīts attēlā;
- 2) notekūdeņu dūņu sastāvā ir **apmēram 30 % neorganisko vielu**, kas praktiski ir smalkas smiltis. Notekūdeņos nonāk liels daudzums smilšu – sākot no grants ar graudu izmēru >2 mm līdz māla daļiņām ar izmēru apmēram 10 μm (0,01 mm). Atbilstīgi izveidoti smilšu uztvērēji spēj atdalīt ap 70 % smilšu – rupjākās frakcijas. Smilšu graudi, kuru izmērs ir robežās no 0,01 mm līdz 0,1 m, ir samērojami ar mikroorganismu izmēru un veido nozīmīgu atūdeņojamo notekūdeņu dūņu daļu. Smilšu grauds ir hidrofils, līdzīgs mikroorganismiem, bet tā virsmas lādiņa veidošanās mehānisms ir pilnīgi atšķirīgs, un smilšu grauds savstarpējas berzes rezultātā var iegūt negatīvu virsmas lādiņu. Pretējie virsmas lādiņi un tieša organisko vielu adhēzija pie cietās grauda virsmas noved pie noturīga savienojuma.

Ne nostādināšanas, ne centrālās separācija neveicina efektīvu smilšu graudu atdalīšanos no organiskās masas, kaut arī to blīvums ievērojami atšķiras.

Cietākas un abrazīvākas frakcijas klātbūtne notekūdeņu dūņu sausajā masā konstatējama pēc pilnīgas izžāvēšanas, bet vislabāk par smilšu daudzumu un graudu lielumu var pārliecināties, izžāvēto masu sadedzinot;

- 3) mikroorganismu bioloģiskās aktivitātes rezultātā rodas dažādi **bioķīmisko reakciju produkti**, kurus kopā sauc par ārpus šūnu polimēru vielām (angl. *Extracellular Polymeric Substances* jeb EPS). EPS var veidot līdz 10 % no kopējās organiskās masas un pamatā sastāv no proteīniem, ogļhidrātiem un humusa. Dažādu notekūdeņu attīrīšanas rezultātā radušies EPS shematiski apkopoti 21. attēlā. Atbilstīgi sadzīves notekūdeņu EPS galvenokārt sastāv no proteīniem, zināma daudzuma ogļhidrātu un kopā veido aptuveni 9 % no notekūdeņu dūņu organiskās daļas. Tas ir ievērojams daudzums un jūtami ietekmē notekūdeņu dūņu apstrādi.



21. attēls. Dažādu notekūdeņu attīrīšanas rezultātā radušies EPS¹⁷

Notekūdeņu dūņās sastopamajiem EPS ir dažāds izvietojums un loma notekūdeņu dūņu struktūras veidošanā (22. attēls). Saistītie EPS veido mainīga blīvuma struktūru ap šūnu. Šāda struktūra, līdzīgi sūklīm, spēj piesaistīt ievērojamu ūdens daudzumu, tādā veidā pasliktinot atūdeņošanas rezultātu. Optimizējot flokulācijas procesu pirms atūdeņošanas,

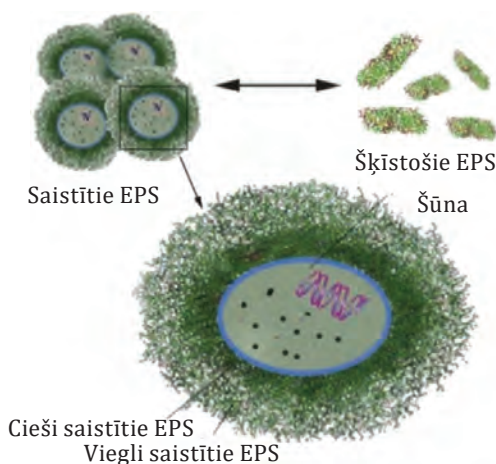
¹⁷ Gnida, A., Chorvatova, M., Wanner, J. (2006)

būtu jāveic pasākumi, kas veicina EPS izšķīdināšanu, piemēram, kondicionējot notekūdeņu dūņas ar enzīmiem. Tomēr šī tehnoloģija šobrīd ir tikai izpētes stadijā.

Ikdienas praksē, izvēloties flokulantu, EPS ietekme parasti netiek ņemta vērā.

Tipiska flokulanta deva atūdeņošanas procesā ir aptuveni 6–10 kg/tDS, tātad vidēji 0,8 % lielmolekulāras ķīmiskas vielas no notekūdeņu dūņu sausnas satura jeb apmēram 10 % no EPS masas.

Neveiksmīga elektroķīmiska procesa gadījumā EPS kopā ar flokulantu (polielektrolītu, parasti – akrilamīdu grupas) var izveidot koloidālu vai pat želejveida struktūru, kas satur lielu ūdens daudzumu. Savelkot hidrofilos notekūdeņu dūņu daļiņu elementus, var izveidot „lamatas” ievērojamam ūdens daudzumam.



22. attēls. Dažādi EPS veidi¹⁸

Šobrīd plaši praktizētie glāžu testi labākā flokulanta tipa izvēlei neļauj izvairīties no šīs problēmas, jo ūdens glāzes augšējā daļā kļūst atbilstīgi tīrs, caurspīdīgs, bet lēni grimstošajā notekūdeņu dūņu masā esošo ūdens daudzumu bez precīzas kvantitatīvas analīzes novērtēt ir grūti.

¹⁸ Shi, Y., et al. (2017)

Šis ir viens no iemesliem, kāpēc pat ar kvalitatīvu atūdeņošanas iekārtu palīdzību un salīdzinoši lielu flokulanta patēriņu atūdeņošanas rezultāts var izrādīties sliktāks par gaidīto.

Gaidāms, ka tuvāko gadu laikā varētu parādīties jaunas praktiski lietojamas metodes procesa uzlabošanai.

Liels EPS struktūrās ielēgta ūdens daudzums izteikti negatīvi ietekmē gan uz filtrāciju balstītas atūdeņošanas metodes, gan centrālās separāciju. Lai atdalītu ūdeni no flokulas, filtra virsmai jāpieliek paaugstināts spiediens, kas saistīts ar risku sagraut pašas flokulas līdz filtra acs izmēram (dažkārt novērojami notekūdeņu dūņu „tārpiņi” caur filtra acīm). Savukārt centrifūgā nosacītā daļiņa augsta ūdens satura dēļ ir ar samazinātu blīvumu un attiecīgi centrālās gravitācijas laukā nepietiekamu sadalošo spēku.

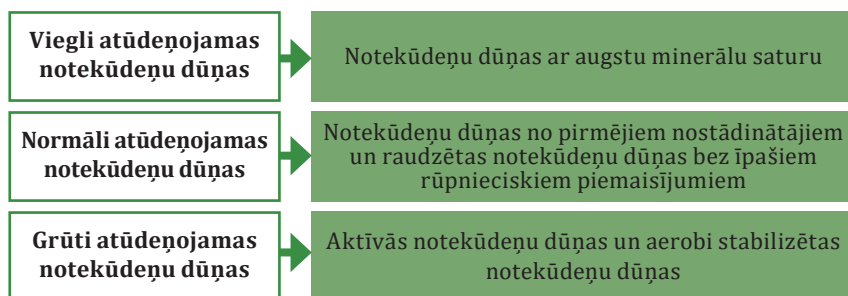
No šiem apsvērumiem un novērojumiem izriet centrifūgas procesa novērtēšanai izmantotā vidējā „sausās” masas blīvuma vērtība 1040 kg/m^3 .

Tomēr jāņem vērā, ka tā var mainīties atkarībā no dažādiem faktoriem:

- 1) smilšu daudzuma notekūdeņu dūņās;
- 2) biocenozes īpatnībām;
- 3) flokulācijas rakstura.

Šeit pastāv zināma analogija ar notekūdeņu aktīvo dūņu tilpuma indeksu (SVI). Tomēr ir arī būtiska atšķirība – ja iespējamās gāzes izdalīšanās (mikroburbuliši) SVI ietekmē būtiski, tad mehānisku, ar paaugstinātu spiedienu saistītu atūdeņošanas procesu – daudz mazāk.

Pēc atūdeņojamības notekūdeņu dūņas var iedalīt trīs grupās:



Visus pasākumus, kas uzlabo notekūdeņu dūņu atūdeņošanas īpašības, sauc par kondicionēšanu. Tie samazina ūdens un cieta daļiņu pievilkšanās spējas un uzlabo notekūdeņu dūņu struktūru.

Parasti izmanto šādas kondicionēšanas metodes:

Ķīmiskā	Struktūras uzlabošana, pievienojot pelnus. Struktūras uzlabošana, dūņas mazgājot.
Fizikālā	Pārslu veidošana, pievienojot neorganiskas vielas: - kaļķus; - Fe (dzelzs) savienojumus; - Al (alumīnija) savienojumus. Pārslu veidošana, pievienojot organiskus flokulantus.
Termiskā	Šūnapvalka noārdīšana, karsējot augstā temperatūrā zem spiediena. Šūnapvalka noārdīšana sasaldējot.

4.3. Notekūdeņu dūņu apstrāde

Notekūdeņu dūņu apstrāde ir process, kas tās padara atbilstīgas noteiktiem vides standartiem vai citām kvalitātes normām, kas noteiktas notekūdeņu dūņu apstrādei un turpmākai izmantošanai.

4.3.1. Atūdeņošana

Lokāla lieko notekūdeņu dūņu atūdeņošana ir visizplatītākā apstrādes tehnoloģija Latvijas lielākajās pilsētās. Lielāko daļu Latvijas NAI saražoto notekūdeņu dūņu atūdeņo lokāli, pašās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās.

Visbiežāk sastopamie lokālās lieko aktīvo notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģiskie risinājumi ir:

- 1) centrifūgas;
- 2) filtrpreses;
- 3) skrūves preses.

Praksē nepastāv viena, dominējoša notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģija (23. attēls). Katrai no visplašāk izplatītajām tehnoloģijām ir savas priekšrocības un trūkumi, turklāt praksē nav skaidru vadlīniju, kāpēc NAI būtu jāizmanto attiecīgais tehnoloģiskais risinājums. Lielo pilsētu NAI, kur nepieciešamo apjomīgo atūdeņošanas kapacitāti spēj nodrošināt tikai centrifūgas, lielais notekūdeņu dūņu daudzums prasa arī kvalitatīvu atūdeņošanu. Mazākās apdzīvotās vietās izvēli bieži vien

nosaka tas, ar kādām atūdeņošanas iekārtu ražotājfīrmām sadarbojas konkrēto NAI tehnoloģiskā aprīkojuma projektētāji un piegādātāji.

Līdzīga izmēra NAI notekūdeņu dūņas atūdeņo gan ar filtrpresēm, gan skrūves presēm, gan centrifūgām.

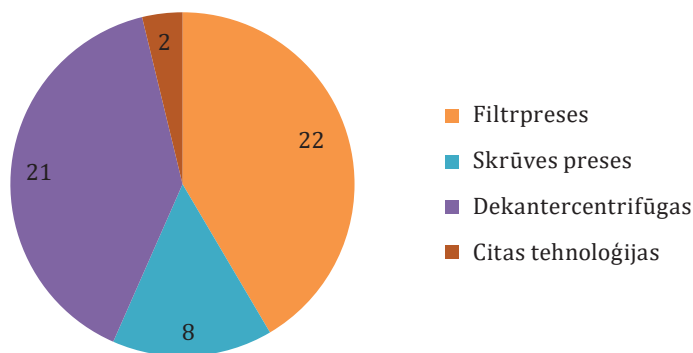
Izvēloties konkrētu notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģiju, jāņem vērā vairāki faktori, kas var ietekmēt gan iekārtu kapitālās investīcijas, gan ekspluatācijas izmaksas, gan iekārtu darbība efektivitāti un ilgmūžību:

1) **nepieciešamā atūdeņošanas kapacitāte**

Lielās NAI, kur jāutilizē daudz notekūdeņu dūņu un utilizācijas izmaksas ir augstas, jāsliecas uz maksimāli augstu atūdeņošanas pakāpi, tā samazinot utilizējamo notekūdeņu dūņu daudzumu un liekot izvēlēties centrifūgas. Citām lielajām NAI, kam ir ērti pieejami kompostēšanas vai citi pietiekami lēti notekūdeņu dūņu utilizācijas risinājumi, maksimāli augsta atūdeņošanas pakāpe nav tik svarīga;

2) **notekūdeņu dūņu īpatnības**

Atsevišķās pilsētās un apdzīvotās vietās, kam NAI ir liela rūpniecisko notekūdeņu ietekme, var atstāt iespaidu uz lieko bioloģisko notekūdeņu dūņu atūdeņojamību. Ir sastopami piemēri, kur pat ar labi noregulētu centrifūgu nav iespējams sasniegt par 16 % augstāku sausnas saturu atūdeņotajās dūņās. Skrūves preses vai filtrpreses izmantošana šādā vietā nebūtu ieteicama;



23. attēls. Latvijā izmantotās notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģijas (pēc skaita)¹⁹

¹⁹ Pētījums par Latvijā izmantotajām notekūdeņu dūņu apstrādes tehnoloģijām (2021), LŪKA

3) **plānotais atūdeņošanas režīms**

Bieži NAI tehnoloģiskais risinājums paredz, ka atūdeņotās notekūdeņu dūņas tieši no atūdeņošanas iekārtas tiek bērtas piekabē vai konteinerā. Tas nozīmē, ka NAI vajadzīgs personāls (traktorists vai kravas automašīnas šoferis), kas var regulāri izvest atūdeņotās notekūdeņu dūņas. Tomēr praksē šādi darbinieki ir pieejami tikai dienā, tāpēc atbilstīgi jāplāno atūdeņošanas iekārtu darbība;

4) **pieejamās telpas**

Jāņem vērā iespējas ievietot jaunās iekārtas esošajās telpās. Telpu izmērs un izvietojums praktiski visos gadījumos ir fiksēts, un to mainīt ir sarežģīti. Plānojot iekārtu nomaiņu, jāņem vērā ne tikai tas, kā jauno iekārtu ievietot esošajā telpā, bet arī kā no tās aizvadīt atūdeņotās notekūdeņu dūņas, elektriskās barošanas risinājumi, nepieciešamā platība iekārtu un iekārtas tehniskās apkopes veikšanai, telferu pieejamība u. c.;

5) **kvalificēta personāla pieejamība**

Mazāku pilsētu NAI bieži nav pieejams augsti kvalificēts personāls, kas spētu precīzi noregulēt atūdeņošanas iekārtas, pēc vajadzības kompensējot sezonālās izmaiņas notekūdeņu dūņu sastāvā u. c., turklāt iekārtu regulēšanas pakalpojumu iegādei ir ierobežoti līdzekļi vai to nav vispār. Šajā gadījumā labāk izvēlēties filtrpreses;

6) **skalošanas ūdens pieejamība, kvalitāte, spiediens**

Lietojot filtrpreses, vajag daudz lentas skalošanas ūdens. Ja ūdens nav pieejams, vai arī tas ir ļoti ciets, filtrprešu izmantošana ir sarežģīta;

7) **servisa pieejamība**

Rūpīgi jāvērtē potenciāli uzstādāmās notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iekārtas servisa pieejamība, bieži vien iekārtu tirgotājs nevar nodrošināt regulāru, laicīgu un atbilstīgu servisu;

8) **kopējās ekspluatācijas izmaksas**

Daži pašvaldību komunālie uzņēmumi, kuru klientu skaits ir būtiski sarucis, meklē lētākas pašlaik izmantoto atūdeņošanas risinājumu alternatīvas, piemēram, atjaunojot notekūdeņu dūņu laukus un kompostējot tajos izturētās notekūdeņu dūņas.

Maksimāla atūdeņošanas efektivitāte un sausas saturs var samazināt atūdeņošanas izmaksas. Šajā sakarā ir ieteicams detalizēti aprēķināt atūdeņošanas rezultātus, energoresursu un ķīmikāliju izmaksas un ņemt šos aprēķinus vērā, pieņemot lēmumus un izstrādājot iepirkuma dokumentāciju. Vajadzētu organizēt eksperimentālas katra iespējamā risinājuma pārbaudes, lai varētu precīzāk aprēķināt nepieciešamos parametrus.

4.3.2. Flokulanti

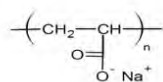
Sekmīgas atūdeņošanas priekšnoteikums ir sīko notekūdeņu dūņu daļiņu apvienošanās lielākos aglomerātos – flokulās. Lai to varētu izdarīt, notekūdeņu dūņu atūdeņošanas procesā ir jāizmanto flokulanti. To iegāde un lietošana atūdeņošanas procesos veido atūdeņošanas iekārtu ekspluatācijas izmaksu lielāko pozīciju, turklāt, ekspluatējot centrifūgu, dūņām piejauktais polimēra šķīdums samazina notekūdeņu dūņu abrazīvo iedarbību uz atsevišķām centrifūgas detaļām, tātad kalpo arī par lubrikantu.

Absolūtā vairumā gadījumu atūdeņošanas iekārtas – gan centrifūgas, gan dažādas konstrukcijas preses un filtri – nevar normāli darboties bez flokulanta jeb polielektrolīta, polimēra.

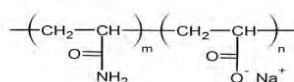
4.3.2.1. Polimēru īpašības

Polimēra ķīmiskā kompozīcija ir katras ražotājfirmas komercnoslēpums, taču visu polimēru pamatā ir garas polimēru ķēdes, kurām pie-saistītas ķīmiski uzlādētas (jonizētas) funkcionālās grupas (24. attēls).

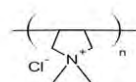
Ūdenī esošajām aktīvo notekūdeņu dūņu pārslām piemīt noteikts elektriskais lādiņš. Notekūdeņu dūņu pārslai sastopoties ar pretēji lādētu polimēra molekulu, pretēji lādētās daļiņas pievelkas un polimēra molekulas spēj savākt un „salīmēt” ap sevi samērā daudz pārslu. Procesa rezultātā veidojas daudz lielāki aktīvo notekūdeņu dūņu pārslu agregāti, kurus ir ievērojami vieglāk atdalīt no ūdens, jo tos var salīdzinoši efektī-vāk filtrēt.



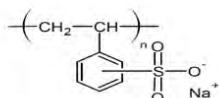
Nātrija poliakrilāts



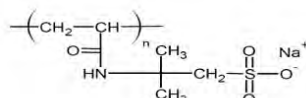
Anjonu poliakrilamīds



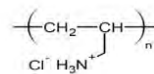
Poli (dialildimetil amonija hlorīds)



Nātrija polistirensulfonāts



Nātrija poli(akrilamīda-2- metil-1 propānsulfāts)



Poli (amīnhidrohlorīds)

24. attēls. Polimēru ķīmiskās struktūras varianti

Galvenais iemesls, kāpēc tieši polielektrolīts visefektīvāk veicina notekūdeņu dūņu daļiņu flokulāciju, ir daļiņu virsmas elektriskais lādiņš.

Īpaši jāuzsver cieto daļiņu virsmas lādiņa ietekme uz flokulāciju. Notekūdeņu dūņu daļiņu aglomerācijas process atšķiras no citu daļiņu (piemēram, sīku smilšu graudu) aglomerācijas procesa, jo notekūdeņu dūņas lielā mērā sastāv no šūnām, uz kuru membrānas notiek jonu apmaiņas procesi. To rezultātā rodas rezultējošais – *Nernsta* – potenciāls. Tajā pašā laikā katru šūnu iekļauj dažādu organisku vielu kapsula.

Atkarībā no bioloģiskā attīrīšanas procesa un iespējamās notekūdeņu dūņu priekšapstrādes notekūdeņu dūņu daļiņu (baktēriju un citu mikroorganismu) stāvoklis var atšķirties. Kopējās biocenozes raksturs, barības vielu un skābekļa pieejamība, iespējama toksisku vielu un mehāniska (centrbēdzes sūkņi u. c.) ietekme iespaido šūnu metabolismu un attiecīgi arī *Nernsta* potenciālu. Mikroorganismu bioloģiskā aktivitāte un tās apstākļi var ievērojami mainīt ārpus šūnu polimēru vielu (EPS) veidošanos.

Sezonāli un laika apstākļu radīti faktori noved gan pie ūdens temperatūras, gan arī smilšu daudzuma izmaiņām notekūdeņu dūņās. Arī šie parametri atstāj iespaidu uz flokulācijas kvalitāti.

4.3.2.2. Polimēru izvēle

Sekmīgs atūdeņošanas rezultāts ir ļoti lielā mērā atkarīgs no reakcijas starp notekūdeņu dūņām un polimēru. Polimērs pareizi jāizvēlas gan tīra filtrāta, gan maksimāla sausnas satura iegūšanai atūdeņotajā masā.

Optimāla flokulanta izvēle ir sarežģīts un kompleks uzdevums, kas, mainoties dažādiem ārējiem apstākļiem, jāveic regulāri.

Jāņem vērā arī tas, ka, kaut arī pamata līmenī optimāli izvēlēts flokulants nodrošina gan tīru filtrātu, gan maksimālu sausnas saturu atūdeņotajā masā, tomēr, cenšoties sasniegt maksimālu rezultātu, šīs darbības var kļūt pretrunīgas. Strauja ļoti lielu flokulu veidošanās garantēs tīru un caurspīdīgu filtrātu, bet šādās flokulās, visticamāk, būs ieslēgts daudz ūdens, kas neļaus sasniegt augstu sausnas saturu atūdeņotajā masā.

Flokulanta izvēle, balstoties tikai uz glāžu testiem, ļauj radīt apmierinošu, bet ne optimālu rezultātu.

Jāņem arī vērā, ka dažādām atūdeņošanas tehnoloģijām raksturīgs atšķirīgs cieto daļiņu un ūdens atdalīšanas mehānisms (masas centram pielikts spēks vai filtrēšana, uzturēšanās laiks, filtrēšanas spiediens un sieta acs lielums utt.).

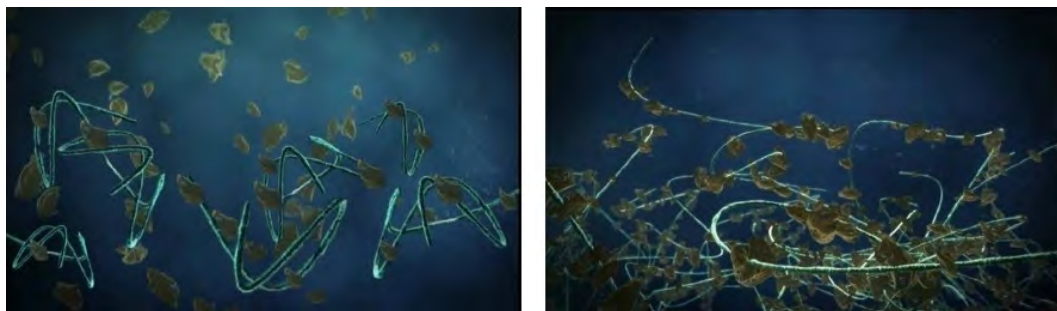
Par optimāli izvēlētu flokulantu var runāt tikai kontekstā ar konkrēto iekārtu.

Salīdzinoši bieži noteikta notekūdeņu dūņu un flokulanta kombinācija padara atūdeņoto masu ļoti lipīgu, tā radot problēmas transportēšanas iekārtās. Šādos gadījumos ieteicams lietot citu flokulanta tipu. Pašlaik ir pieejams daudz dažādu ražotāju flokulantu, tāpēc ir liela varbūtība atrast piemērotāko katram konkrētajam gadījumam, kaut arī šis process var būt ilgs un sarežģīts.

Polielektrolīta molekulas, kuras ir izšķīdinātas ūdenī, nonākot saskarē ar notekūdeņu dūņu daļiņām, veido „tilta” struktūras (*Bridging*). Izmantojot ar mikroskopu iegūtus attēlus, tiek veikta analīze, lai novērtētu „tiltu” veidošanās efektivitāti dažādām notekūdeņu dūņu un polielektrolītu kombinācijām. 25. attēlā redzami divi šādi paraugi. Pa kreisi vidēji saistošas struktūras ar vecāka parauga polimēru, bet pa labi – sazarotas un kompakts struktūras, kas iegūtas, izmantojot jaunās paaudzes polimērus.

4.3.2.3. Polimēru veidi

Efektīvai flokulācijai nepieciešamo polimēra daudzumu izsaka kā kilogramu polimēra aktīvās vielas uz tonnu tīrās notekūdeņu dūņu saunas. To sauc par specifisko polimēra patēriņu (SPC – *Specific polymer consumption*). Atkarībā no polimēra piemērotības notekūdeņu dūņām, kā



25. attēls. „Tiltu” struktūru veidošanās. Pa kreisi – vidēja, pa labi – sazarota un kompakta²⁰

²⁰ www.basf.com

arī atūdeņošanas procesam izvirzītā uzdevuma, SPC var būt robežās no 4 līdz 12 kg/tDS, bet biežāk iekļaujas 6–8 kg/tDS robežās. Tas nozīmē, ka atūdeņotajā masā būs mazāk par 1 % polimēra sadalīšanās produktu, rēķinot uz sausas masas vienību, bet, ja atūdeņotās masas sausas saturs ir apmēram 20 %, tad polimēra sadalīšanās produkti veido mazāk par 0,2 % no kopējās masas. No šāda viedokļa polimēra izmantošanas ietekmi uz utilizējamo notekūdeņu dūņu masu var uzskatīt par neievērojamu.

Polielektrolīti ir garas ķēdes molekulas, parasti ar molekulmasu virs 100 000. Tās ir ūdenī šķīstošas molekulas ar aktīvajiem centriem, kas reaģē ar notekūdeņu dūņu daļiņām. Polielektrolītu ražotāji par to sastāvu sniedz ierobežotu informāciju, tāpēc optimālā polielektrolīta (flokulanta) un tā dozas piemeklēšana parasti notiek ar eksperimentālām metodēm. Pašlaik visbiežāk tiek izmantoti flokulanti uz akrilamīna bāzes. Akrilamīna monomēru ķēde veido flokulanta aktīvās vielas „mugurkaulu”, kā sānu atzarojumi tiek pievienoti visdažādākie monomēri. Visbiežāk tās ir dažādas slāpekli saturošas organiskas struktūras, bet atsevišķi monomēri var saturēt arī sēru, hloru, nātriju un citus elementus. Attēlā shematiski parādīta sazarota trīsdimensiju polimēra (flokulanta) struktūra.

Polimēri tiek ražoti trīs dažādās fiziskās formās:

- 1) sauss pulveris;
- 2) emulsija;
- 3) ūdens šķīdums.

Ar lielu varbūtību var teikt, ka jebkuram notekūdeņu dūņu tipam un stāvoklim būs iespējams piemeklēt jebkuru ķīmiski atbilstīgu polimēru no minētajiem tipiem.

Izvēli nosaka operatora rīcībā esošā šķīduma sagatavošanas tehnika un polimēra cena.

Tradicionāli ekonomiski visizdevīgākie ir sausā pulvera formas polimēri, bet, strādājot ar tiem, vajadzīga viskomplicētākā šķīduma sagatavošanas iekārta.

Pēc jonu lādiņa polimēri tiek iedalīti:

- 1) anjonu;
- 2) katjonu;
- 3) nejonu.

Faktiski konkrēta veida notekūdeņu dūņas reaģē tikai ar viena lādiņa veida polimēru. Nejonu polimērus sadzīves notekūdeņu dūņu atūdeņošanā izmanto reti. Anjonu polimēri ir piemēroti situācijās, kad tiek izmantota papildu apstrāde ar kaļķi vai dzelzs hlorīdu, kas Latvijā nenotiek.

Visbiežāk tiek izmantoti katjonu polimēri.

Sausie pulverveida polimēri

Pulverveida polimēri parasti satur 80–90 % aktīvās vielas, bet to ir grūti precīzi noskaidrot, tāpēc aprēķinos nosacīti izmanto 100 % aktīvās vielas koncentrāciju. Dažkārt tie satur daudz putekļu, kas apgrūtina to lietošanu.

Sausie pulverveida polimēri ūdenī šķīst specifiskā veidā, tāpēc to šķīduma kvalitatīva sagatavošana nav vienkārša. Ja ūdenī nokļūst lielāks monolīts pulvera daudzums, tā virskārta izšķīst, izveidojot līmveida kapsulu, kuras iekšusē ūdens difūzija ir ļoti lēna pat intensīvas maisīšanas gadījumā. Izveidojas stabila struktūra, tā sauktā „zivs acs”, un daļa polimēra aktīvās vielas netiek izmantota, jo šādā veidā tā nevar nonākt kontaktā ar notekūdeņu dūņu daļiņām. Šķīduma sagatavošanas mezglam (26. attēls) jābūt tādām, kas nodrošina pietiekami dispersas pulvera „straumes” nonākšanu kontaktā ar ūdeni, turklāt, lai to panāktu, jāievēro vismaz 40 minūšu ilgs izturēšanas laiks, šķīdumu lēni maisot.

Glabājot pulverveida polimērus, jānodrošina sausa vide. Priekšlaicīgi nonākot kontaktā ar ūdeni, pulverveida polimērs tiek neatgriezeniski sabojāts.



26. attēls. Polimēra sagatavošanas iekārta Liepājas NAI²¹

²¹ SIA "Liepājas ūdens" arhīvs

Emulsijas formas polimēri

Emulsijas formas polimēri sastāv no 1–2 mikrometru izmēra pilieniem, no kuriem katrs satur daudz polimēra ķēžu, kas izšķīdinātas ūdenī. Savukārt pilieni ir iejaukti eļļas fāzē esošā matricā. Emulsijas formas polimēru aktīvās vielas saturs parasti ir 30–50 % robežās. Emulsijas formas polimēru šķīduma sagatavošana ir vienkāršāka nekā pulverveida, bet „zivs acu” veidošanās risks tomēr pastāv. Jāizmanto sajaukšanas mezgls vai statiskais mikseris. Arī emulsijas formas polimēra šķīdumam pirms padeves uz kontaktu ar dūņām vajadzīgs izturēšanas laiks, vismaz 15–30 minūtes.

Nekādā gadījumā nedrīkst pieļaut ūdens iekļūšanu emulsijas tvertnē.

Ūdens šķīduma formas polimēri

Šī ir salīdzinoši jauna polimēru forma. Tā tiek pilnveidota saistībā ar videi draudzīgāku vielu izmantošanu notekūdeņu dūņu apstrādē. Ūdens šķīduma polimērs ir šķīdrs, tā viskozitāte ir līdzīga citu polimēru ūdens šķīdumu viskozitātei – apmēram 2000 cP. Aktīvās vielas daudzums šķīduma formas polimēros ir 20–40 % robežās. Aktīvā viela jau ir izšķīdināta ūdenī, tāpēc ir ļoti viegli to atšķaidīt līdz attiecīgajai koncentrācijai. Nav vajadzīga īpaša iekārta ar tvertnēm, pietiek ar statisko mikseri *in-line* procesā. Šī uzskatāma par ļoti perspektīvu ūdens šķīduma gatavošanas formu.

4.3.2.4. Šķīduma koncentrācijas izvēle

Lai nodrošinātu polimēra aktīvās vielas efektīvu sajaukšanos ar dūņām, pirms padeves uz sajaukšanas punktu tiek pagatavots zemas koncentrācijas ūdens šķīdums. Koncentrācijas diapazons 0,05–1 %, bet vairumā gadījumu tas ir 0,15–0,5 %. Galvenais koncentrācijas izvēles kritērijs ir pietiekami zema šķīduma viskozitāte, kas nodrošina vienmērīgu notekūdeņu dūņu un polimēra šķīduma sajaukšanos un notekūdeņu dūņu daļiņu un polimēra molekulu reakciju. (Notekūdeņu dūņu viskozitāte sausnas koncentrāciju diapazonā līdz 4 % no ūdens viskozitātes atšķiras ļoti minimāli, tāpēc noteicošā ir tieši polimēra šķīduma koncentrācija). Tomēr viennozīmīgi noteikt optimālo šķīduma koncentrāciju ir sarežģīti, dažādu tipu polimēru šķīdumu viskozitāte vienas un tās pašas koncentrācijas gadījumā ievērojami atšķiras. Nav ieteicams pārsniegt 1000 cP polimēra šķīduma viskozitātes vērtību.

Otrs faktors, kas būtu jāņem vērā, – ja notekūdeņu dūņu sausnas koncentrācija pirms atūdeņošanas ir relatīvi augsta, apmēram 3–4 %, bet polimēra šķīduma – zema, apmēram 0,1 %, tad kopā ar polimēru dūņām tiek pievadīts ievērojams ūdens daudzums, relatīvi tie var būt 20–25 %.

Tā tiek samazināts notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiku atūdeņošanas iekārtā, un tas var negatīvi ietekmēt atūdeņošanas rezultātu.

Optimālā polimēra šķīduma koncentrācija nosakāma eksperimentāli un katrai situācijai atsevišķi.

Ja NAI pieejams silts ūdens (apmēram 30 °C temperatūrā), ieteicams to izmantot polimēra šķīduma sagatavošanai, jo polimēra šķīšanas process būs daudz viendabīgāks, aktīvā viela tiks izmantota racionālāk, un paredzams līdz pat 15 % polimēra koncentrāta ietaupījums. Maksimāli pieļaujamā ūdens temperatūra dažādu tipu polimēriem atšķiras, bet tā nav zemāka par 30 °C.

4.3.2.5. Polimēra šķīduma sagatavošanas iekārtu piemēri

Polimēra šķīduma sagatavošanas iekārtas kvalitāti pamatā nosaka:

- 1) precīza koncentrāta dozēšana;
- 2) efektīva primārā sajaukšanās;
- 3) pietiekams šķīduma izturēšanas laiks un atbilstīga maisīšana;
- 4) koncentrāta aizsardzība pret mitrumu, kondensācijas novēršana;
- 5) nemainīga koncentrācija padeves tvertnē vai zonā, arī jaunas porcijas sagatavošanas laikā;
- 6) droša automātiskā vadība;
- 7) ērta un ergonomiska koncentrāta ielāde.

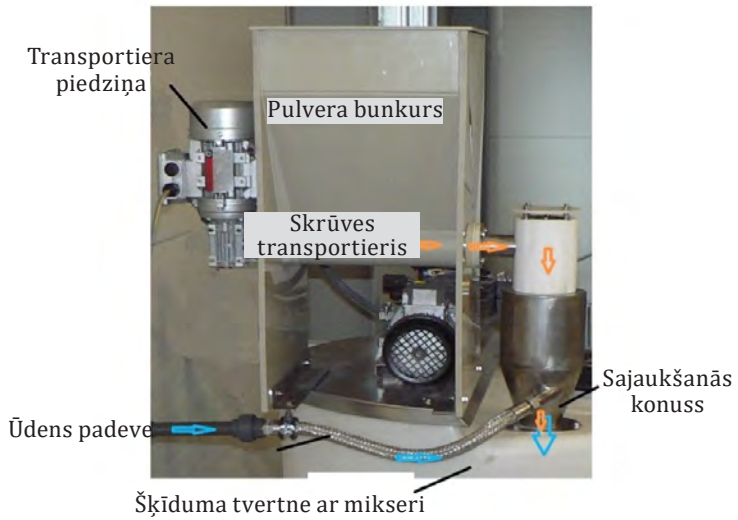
Pēc darbības principa izšķir porciju un caurplūdes sagatavošanas sistēmas.

Porciju sagatavošanas tipa polimēra šķīduma sagatavošanas iekārta (27. attēls) paredzēta automātiskai polimēra šķīduma sagatavošanai gan no pulverveida, gan emulsijas formas polimēra koncentrāta. Šķīdumu iejauc virpuļa konusā. Pulvera padeve no bunkura notiek ar divu skrūvju transportieri, bet pulvera ielāde bunkurā – ar vakuuma transportieri.

Latvijā konstruēts un izgatavots polimēra šķīduma sajaukšanas mezgls (28. attēls), kas paredzēts darbam porciju sagatavošanas režīmā. Iekārta izgatavota tā, lai pulvera dozēšana notiktu noslēgtā, pret mitrumu aizsargātā vidē. Iekārta aprīkota ar pulvera sprauslas sildītāju.



27. attēls. Polimēra šķīduma sagatavošanas iekārta²²



28. attēls. Pulverveida polimēra šķīduma sagatavošanas mezgls

²² www.prominent.us

Caurplūdes polimēra šķīduma sagatavošanas un padeves sistēma šķīduma sagatavošanai no emulsijas formas koncentrāta (29. attēls). Emulsija tiek dozēta sajaukšanās punktā ar maināmas ražības peristaltisko sūkni. Ūdens padeve tiek regulēta ar rotometra un ventiļa palīdzību. Neliels hermētisks šķīduma izturēšanas tilpums. Padeve uz sajaukšanas punktu notiek ar pieslēgtās ūdens padeves spiediena palīdzību. Iemontēts mikseris ar elektropiedziņu.

Polimēra koncentrāta un ūdens padeves *in-line* iekārta ar sajaukšanas mezglu statiskā miksera formā (30. attēls). Iekārta paredzēta tikai izmantošanai darbā ar ūdens šķīduma formas polimēra koncentrātu, kur nav nepieciešama šķīduma izturēšana. Iekārta ir daudz vienkāršāka par pārējām.

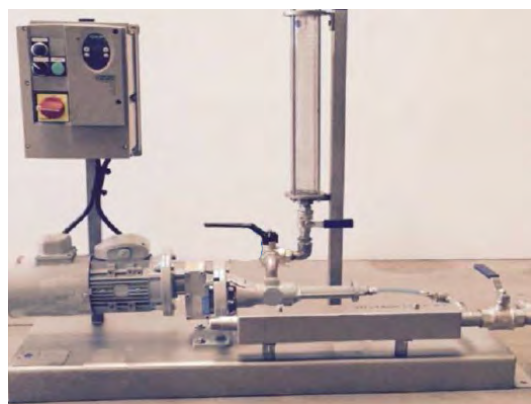
4.3.2.6. Praktiski ieteikumi un rekomendācijas

Ja dažādu formu polimēru salīdzinājumu un izvēli izdala atsevišķi, tad:

- 1) flokulācijas kvalitāti nosaka aktīvā viela, šajā aspektā nav svarīgi, kādā formā tā tiek lietota;
- 2) lai nodrošinātu sajaukšanos ar dūņām, visas polimēra formas jāatšķaida ar lielu ūdens daudzumu. Arī tādā ziņā nav starpības;
- 3) absolūtais vairākums mūsdienās izmantoto aktīvo vielu sākotnēji ir cietā stāvoklī. Tāpēc arī pulverī ir visaugstākā aktīvās vielas koncentrācija, tuvu 100 %, attiecīgi šādā formā arī produkts izmaksā vislētāk.



29. attēls. Caurplūdes polimēra dozēšanas iekārta²³



30. attēls. *In-line* polimēra dozēšanas iekārta

²³ www.prominent.us

Iejaukšanas ērtību dēļ (skat. turpmāk) ražotāji piedāvā arī emulsijas formu, kur aktīvā viela vispirms ir izšķīdināta mikroskopiskos ūdens pilienos, kas pēc tam sajaukti emulsijā ar eļļu. Šī tehnoloģija, protams, nav lēta, tāpēc aktīvā viela emulsijas formā ir krietni dārgāka. Bieži kilograms pulvera maksā tikpat, cik kilograms emulsijas, bet aktīvās vielas pulverī ir divtik. Reizēm lietotājs šo faktu pat palaiž garām. Dārgāks produkts ir mazāk populārs, tāpēc tradicionāli ražotāji produktam emulsijas formā piedāvā mazāku izvēli, kas klientam apgrūtinā optimizāciju;

- 4) ūdens šķīdumi pašlaik tikai sāk parādīties, izvēle ir ļoti maza, tā vēl ir zināma eksotika, kuru gan cenšas pamazām ieviest. Ja šī forma iegūs popularitāti un būs daudzveidīgs piedāvājums, tā viennozīmīgi būs nākotnes produkts. Pagaidām gan nav skaidrības par cenu līmeni. Nosacīts mīnuss ir arī nepieciešamība transportēt daudz ūdens, jo aktīvā viela šajā formā mēdz būt arī 20 % apmērā;
- 5) izveidot kvalitatīvu šķīdumu no pulvera ir grūtāk nekā no emulsijas vai, jo īpaši, ūdens šķīduma. Tāpēc pulverim paredzētās šķīduma sagatavošanas iekārtas (sarunvalodā – polimērmašīnas) vienmēr būs sarežģītākas, lielākas un dārgākas;

Mazām NAI, kur polimēra patēriņš ir mazs, ir jēga ietaupīt uz iekārtas rēķina, jo iekārtu cenas nav proporcionālas to ražībai. Var nopirkt vienkāršo *Polymore* mašīnu vai nedaudz labāku vietējo darinājumu (ar porcijas sagatavošanas principu), un ietaupījums būs tik liels, ka to visā iekārtas ekspluatācijas laikā nepārsniegs dārgāka polimēra izmantošana.

Lielām NAI – otrādi. Klāt nāk papildu faktors – mazo NAI polimēru tirgus ir faktiski monopolizēts, polimēru izvēle neliela, tāpēc atrast optimālu pulveri ir vieglāk un notiek izvēle par labu pulverim arī mazās NAI. Attiecīgi rodas arī vienkāršāku un lētāku pulvera mašīnu piedāvājums.

- 6) ikdienas darbības ar pulveri var būt nepatīkamas putekļu dēļ. Ar rokām pildot bunkuru, jālieto respirators. Tāpēc pulvera mašīnām (un to izmaksām) būtu jāpieskaita vakuuma transportieris bunkura uzpildei, kas ne vienmēr tiek darīts. Dažkārt pulvera iesūkšana caur plastmasas cauruli rada spēcīgu statisko lādiņu, 100 V un vairāk. Šādā gadījumā jānodrošina atbilstīgs zemējums;
- 7) lielās, pamatā pulverim paredzētās mašīnas aizvien biežāk ir aprīkotas arī ar emulsijas sūkni un var darboties ar abām formām. Ja arī tā nav, pulvera mašīnu pielāgot abu materiālu lietošanai ir pavisam viegli;
- 8) pulveri var glabāt ilgāk un zemākā temperatūrā;

- 9) ja produkta kvalitāte ir zema, emulsijai to uzreiz var redzēt – nevien-
dabīga masa, nogulsnes. Ar pulveri veiktās manipulācijas ir vieglāk
noslēpt. Zināmi gadījumi, kad pulverim piejaukts vārāmais sāls, kas
gan arī paaugstina ūdens vadītspēju, tātad zināmā mērā ir flokulants.
Bet, lai tā notiktu, jārikojas tīši ļaunprātīgi, bet emulsijai kvalitātes
problēmas kā nejaušas kļūmes gadās biežāk;
- 10) emulsijas sastāvā esošā eļļa negatīvi ietekmē atūdeņotās masas kva-
litāti, īpaši, ja to lieto lauksaimniecībā.

Kopumā, balstoties uz praktisko pieredzi, jāsecina, ka prakse liecina **par labu pulverveida polimēru izmantošanai**, bet vēlams paredzēt arī iespēju kaut īslaicīgi lietot emulsiju, savukārt pēkšņas notekūdeņu dūņu īpašību maiņas vai sezonālu svārstību gadījumā pamēģināt kādu jaunu polimēru.

4.3.2.7. Polimēra cena

Polimēra cena var būt ļoti atšķirīga un to pamatā ietekmē šādi faktori:

1) **polimēra veids**

Šķidrums polimēra koncentrāts (50 %) pārrēķinā uz sausu (100 %) polimēru, parasti ir dārgāks nekā tās pašas markas sausais polimērs;

2) **polimēra marka**

Modernie polimēri, piemēram, tā sauktie krusteniski saistītie (*cross-linked*) polimēri ir efektīvāki par taisnas ķēdes polimēriem, to doza var būt mazāka – taču tie ir būtiski dārgāki. Katrā gadījumā jāveic individuālas pārbaudes un jānoskaidro optimālā polimēra marka/cena;

3) **piegādātā polimēra daudzums**

Lielo pilsētu NAI, kas iepērk lielāku polimēra apjomu, praktiski vienmēr no ražotāju pārstāvjiem saņem izdevīgākus cenu piedāvājumus nekā mazo pilsētu NAI.

Polimēra cena var svārstīties 1,35–4,36 EUR/kg diapazonā ar vidējo cenu 3,00 EUR/kg.

Turpmāk katrai atūdeņošanas tehnoloģijai uzrādīts provizoriskais polimēra patēriņš, jo tas ir vairāk atkarīgs no notekūdeņu dūņu tipa un atūdeņojamības nekā no atūdeņošanas iekārtas darbības. Lai saņemtu drošu informāciju, kas ļautu izvēlēties vispiemērotāko polimēru un tā devas, kā arī optimizēt atūdeņošanas iekārtas darbību neatkarīgi no

notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģijas, jāveic notekūdeņu dūņu un polimēra laboratoriskie mērījumi un pilna spektra pārbaudes.

4.3.3. Atūdeņošanas metodes un iekārtas

4.3.3.1. Blīvēšana/iebiezināšana

Pēc notekūdeņu attīrīšanas ūdens saturs notekūdeņu dūņās ir no 97 % līdz 99,5 %. Blīvējot notekūdeņu dūņas, tajās tiek palielināts sausnes saturs, samazinot ūdens saturu ar zemu enerģijas patēriņu. Notekūdeņu dūņu blīvēšanu var izmantot gan par priekšapstrādi fermentācijai, gan arī par priekšapstrādi atūdeņošanai NAI, kas darbojas bez fermentācijas iekārtas.

Latvijā liekās notekūdeņu dūņas atūdeņošanai parasti tiek ņemtas no notekūdeņu dūņu recirkulācijas cilpas. Šajā gadījumā notekūdeņu dūņu koncentrācija ir aptuveni 1 %, un vairums notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iekārtu ir konstruētas darbam tieši ar šādu notekūdeņu dūņu koncentrāciju. Virknē NAI tomēr tiek izmantota arī notekūdeņu dūņu blīvēšana, kas ļauj būtiski samazināt hidraulisko slodzi notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iekārtās.

Notekūdeņu dūņu blīvēšanai var šķirt trīs galvenās metodes:

- 1) gravitācijas blīvēšana statiskā nostādinātājā;
- 2) gravitācijas blīvēšana nostādinātājā ar rotējošu skrēperi un pārplūdes kanālu;
- 3) mehāniska blīvēšana speciālā iekārtā.

Ar gravitācijas un mehāniskās blīvēšanas metodēm iespējams apstrādāt pirmējās notekūdeņu dūņas, liekās notekūdeņu dūņas un to maisījumu. Tā kā pirmējo un lieko notekūdeņu dūņu maisījums nogulsnes efektīvāk nekā liekās dūņas atsevišķi, gravitācijas blīvēšana ir iedarbīgāka.

Izvēloties optimālu aktīvo notekūdeņu dūņu blīvēšanas pakāpi, jāņem vērā ne tikai blīvētāja tips, bet arī aktīvo notekūdeņu dūņu sastāvs, kas savukārt ir atkarīgs no attīrāmo notekūdeņu sastāva, notekūdeņu attīrīšanas pakāpes, sagatavošanas nosacījumiem utt. Piemēram, aktīvās notekūdeņu dūņas nepilnas bioloģiskās attīrīšanas gadījumā blīvējas daudz labāk un ātrāk nekā pilnas bioloģiskās attīrīšanas pakāpes gadījumā. Notekūdeņu dūņu maisījums no aerācijas tvertnēm blīvējas labāk nekā notekūdeņu dūņas no otrreizējām nosēdvertnēm.

Notekūdeņu dūņu maisījumiem dažādās NAI ir atšķirīgas īpašības, tāpēc, lai atrastu optimālo rezultātu un izmaksas, ieteicams veikt pilna mēroga pārbaudi laboratorijā.

Samazinot organisko vielu saturu aktīvo notekūdeņu dūņu cietajā fāzē, var nodrošināt aktīvo notekūdeņu dūņu augstāku blīvēšanas pakāpi, tā veicinot arī aktīvo notekūdeņu dūņu blīvuma pieaugumu. Vienlaicīgi attīrot sadzīves un rūpnieciskos notekūdeņus, aktīvo notekūdeņu dūņu sastāvs un īpašības var strauji variēt, kā rezultātā mainās arī to spēja blīvēties. Dažreiz lieko aktīvo notekūdeņu dūņu blīvēšanu veic kopā ar dūņām no pirmreizējām nosēdvertnēm. Šādā gadījumā tiek panākta maisījuma sajaukšanās un ūdens satura samazināšanās tajā.

4.3.3.2. Vairākpakāpju iebiezināšana/atūdeņošana

Šajā sadaļā tiek izskatītas tikai tās vairākpakāpju mehāniskās notekūdeņu dūņu apstrādes shēmas, kuras izveidotas kā NAI struktūras. Lentas notekūdeņu dūņu preses, kurās arī praktiski vienmēr izmanto divpakāpju iebiezināšanu/atūdeņošanu, tiks apskatītas atsevišķi.

Mērķis – slapjās notekūdeņu dūņas, kuras veidojas notekūdeņu attīrīšanas procesā, pārvērst iespējami sausākā masā, turklāt, saglabājot maksimāli lielu sausnas daļu.

Daudzos gadījumos ir racionāli šo procesu sadalīt divās daļās – iebiezināšanā un atūdeņošanā.

Galvenie šāda dalījuma mērķi ir divi – pirmkārt, iegūt lielāku gala produkta sausnas saturu, un, otrkārt, samazināt atūdeņošanas resursu patēriņu, dodot iespēju izmantot mazākas ražības atūdeņošanas iekārtas un pazemināt elektroenerģijas patēriņu. Atgriežoties pie sadaļām par atsevišķām atūdeņošanas iekārtām, var parādīt notekūdeņu dūņu iebiezināšanas radītos ieguvumus. Centrifugēšanas procesa laikā samazināts ūdens daudzums ieplūstošajās notekūdeņu dūņās samazina enerģijas apjomu, kas nepieciešams, lai šķidrumam piešķirtu rotācijas kustību, turklāt palielinās notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiks centrifūgā, tā uzlabojot separācijas kvalitāti (vai arī var izvēlēties mazāka izmēra centrifūgu). Savukārt dažādas konstrukcijas filtru presēm iespējams samazināt filtrējošās virsmas laukumu, tātad – iekārtas izmērus, arī skalošanas ūdens patēriņu. Visos gadījumos var izmantot mazāka izmēra padeves sūkņus. Praktiski vienīgais potenciāli negatīvais faktors ir apgrūtināta vienmērīga sajaukšanās ar flokulanta šķīdumu lielākas viskozitātes dēļ.

Vēlamais dažādu iepriekšējās iebiezināšanas iekārtu darbības rezultāts ir līdz 4 % sausnas.

Gravitācijas iebiezinātāja gadījumā šo robežu praktiski nav iespējams pārsniegt. Mehāniskās iebiezināšanas iekārtas kā rotējošā sieta biezinātāji atbilstīgi jāieregulē.

Vairumā NAI liekās notekūdeņu dūņas tiek novadītas no bioloģiskā attīrīšanas procesa tieši pēc atrašanās otrējos nostādinātājos, atdalot atūdeņošanai paredzēto plūsmu no recirkulācijas plūsmas. Pieņemts uzskatīt, ka šādu lieko notekūdeņu dūņu koncentrācija ir 0,8–1,2 %. Katrā konkrētajā gadījumā tā atkarīga no notekūdeņu dūņu koncentrācijas bioloģiskajā attīrīšanas sistēmā un notekūdeņu dūņu recirkulācijas plūsmas attiecības pret caurplūstošo notekūdeņu plūsmu. Līdz ar to slapjo notekūdeņu dūņu koncentrācija var mainīties plašākās robežās, aptuveni 0,6–2 %. Ja notekūdeņu dūņu tilpuma indekss (SVI) ir pietiekami zems un sedimentācija ātra, kā arī nostādinātāja izmēri pietiekami lieli, uz lieko notekūdeņu dūņu novadīšanas laiku iespējams samazināt recirkulācijas plūsmu, tādā veidā paaugstinot atūdeņojamo notekūdeņu dūņu koncentrāciju pirms atūdeņošanas iekārtas. Šī metode tiek lietota praksē, un patiesībā to var uzskatīt par vienu no divpakāpju iebiezināšanas/atūdeņošanas metodēm.

Gravitācijas iebiezinātāji

Gravitācijas iebiezinātājs tiek izveidots kā tvertne ar tilpumu, kas atbilst 15–30 minūšu notekūdeņu dūņu uzturēšanās laikam tvertnē, tās diametrs ir līdz divām reizēm lielāks par dziļumu. Tvertni ieteicams aprīkot ar ļoti lēni rotējošu maisītāju, kas sagrauj ļoti lielus notekūdeņu dūņu masīvu veidojumus, veicinot vienmērīgu sedimentāciju. Šādu iebiezinātāju var izveidot gan pilnai, gan daļējai recirkulācijas plūsmai. Pilnas plūsmas notekūdeņu dūņu iebiezinātājs ir sastopams biežāk, jo šī shēma darbojas vienkāršāk un nav vajadzīgi papildu sūkņi un cauruļvadi. Tomēr jāņem vērā, ka notekūdeņu dūņu recirkulācija darbojas nepārtraukti, bet notekūdeņu dūņu atūdeņošanas process parasti tiek organizēts noteiktās diennakts stundās, tāpēc uz atūdeņošanas iekārtu padodamo notekūdeņu dūņu koncentrācija var mainīties. Izmantojot šādu tehnoloģiju, ļoti vēlams uzstādīt *on-line* notekūdeņu dūņu koncentrācijas mērītāju, lai automātiskā režīmā pielāgotu vai nu nemainīga sausnas daudzuma padevi uz atūdeņošanas iekārtu, vai arī atbilstīgu flokulanta šķīduma padevi. Gravitācijas iebiezinātājs darbojas bez flokulantu piedevas.

Mehāniskie iebiezinātāji

Pašas mehāniskās iebiezināšanas iekārtas uzbūve un darbība ir parādīta attiecīgajā sadaļā. Šeit tiek aplūkoti tikai vairāku iekārtu kopējās darbības aspekti.

Mehāniskas darbības biezinātājus, īstenojot kā pirmo notekūdeņu dūņu iebiezināšanas pakāpi pirms atūdeņošanas centrifūgā, lieto salīdzinoši reti. Parasti šāds risinājums saistīts ar vietas trūkumu vai grūtībām izveidot lielzīmēra gravitācijas biezinātāju vienlaikus ar nevēlēšanos uzstādīt liela izmēra centrifūgu. Šāda risinājuma vienīgā priekšrocība ir relatīvais kompakturnums. Mehāniskas darbības (piemēram, rotējošā sieta) biezinātāju darbībai nepieciešams flokulanta šķīdums, kas noved gan pie lielāka kopējā reaģentu patēriņa, gan grūti optimizējama atkārtota flokulācijas procesa centrifūgas ieplūdes vietā. Sieta darbībai vajadzīgs arī skalojamais ūdens. Jāņem vērā, ka iebiezinātu notekūdeņu dūņu izlāde no rotējošā sieta biezinātāja nav vienmērīga un plūsmas svārstību izlīdzināšanai nepieciešama starptvertne ar mikseri. Notekūdeņu dūņu iebiezināšanas procesa laikā šādā iekārtā mainīga ir ne tikai iebiezināto notekūdeņu dūņu plūsma, bet arī to notekūdeņu dūņu koncentrācija, tāpēc starptvertnei jābūt pietiekami lielai, lai izlīdzinātu šīs svārstības. Tas savukārt lielā mērā mazina iepriekš minētās shēmas priekšrocību – kompakturnumu. Praksē šāda shēma varētu attaisnoties vienīgi NAI ar atsevišķiem pirmējiem nostādinātājiem, kur ir paredzama ļoti zema bioloģisko lieko notekūdeņu dūņu koncentrācija.

Tiek veidotas arī shēmas ar lielām aerējamām starptvertnēm. Kaut arī intensīva aerācija teorētiski veicina notekūdeņu dūņu mineralizāciju un varētu uzlabot to atūdeņojamību centrifūgā, tomēr praksē novērotie ieguvumi ir pārāk niecīgi, lai attaisnotu relatīvi sarežģītas struktūras izbūvi un enerģijas patēriņu aerācijai.

Divpakāpju iebiezināšana/atūdeņošana biežāk sastopama senāk būvētās NAI, jo vecāku modeļu centrifūgu radītais centrālās spēks (jeb *G-force*) bija ievērojami mazāks, to rotācijas ātrums bija 2600–2700 apgr./min. (modernās iekārtās – 3500–4500 apgr./min., līdz pat 5600 apgr./min. maza izmēra centrifūgās). Šādās iekārtās nebija iespējams vienas pakāpes procesā atūdeņot notekūdeņu dūņas no sākotnējās aptuveni 1 % koncentrācijas līdz vēlamajam apmēram 20 % sausnas saturam. Šīs centrifūgas bija būvētas ieplūstošo notekūdeņu dūņu koncentrācijai ap 3 %.

Kopsavilkums

Divpakāpju iebiezināšanas/atūdeņošanas shēmas ar gravitācijas biezinātāju bez flokulanta izmantošanas biezināšanas stadijā uzskatāmas

par racionālu un vēlamu risinājumu, īpaši ņemot vērā aizvien pieaugošo enerģijas patēriņa samazināšanas nozīmi.

Ja nav atsevišķas iebiezināšanas tvertnes, ieteicams izmantot manipulācijas ar notekūdeņu dūņu recirkulācijas ražību, lai lokāli paaugstinātu notekūdeņu dūņu koncentrāciju pirms atūdeņošanas, ja vien tas jūtami nepasliktina bioloģiskās attīrīšanas procesu.

Divu mehānisku iekārtu (piemēram, rotējošā sieta biezinātāja un centrifūgas) darbināšana virknē nav vēlama. Ja kādi ārēji faktori indicētu šādu risinājumu, labāk apsvērt lentes preses uzstādīšanu tādā veidā, kad abas iekārtas apvienotas vienā ar vienreizēju kopēju flokulāciju.

4.3.3.3. Blīvēšana, izmantojot gravitācijas spēku (statiskie nostādinātāji)

Blīvēšana, kas pamatojas uz gravitācijas spēka izmantošanu, ir vienkāršs veids, kā ar nelielu enerģijas patēriņu samazināt ūdens saturu notekūdeņu dūņās. Notekūdeņu dūņas tiek iesūknētas apaļā tvertnē, kas aprīkota ar lēni rotējošu grābekļa veida mehānismu, kas pārrauj notekūdeņu dūņu daļiņu saites, tādējādi paaugstinot nosēšanās un sablīvēšanās pakāpi.

Vēl viens gravitācijas blīvēšanas mērķis ir panākt nozīmīgu hidraulisko buferespēju (līdz trim dienām) starp notekūdeņu plūsmu un notekūdeņu dūņu apstrādes procesu.

Gravitācijas blīvēšanai nepieciešams atsevišķs baseins – parasti tas ir apaļas formas betona baseins. Tipiska baseina diametrs ir 8–20 metri. Gravitācijas blīvēšanas iekārta nepārtraukti darbojas kā blīvētājs un bufertvertne. Gravitācijas blīvētāju iespējams novietot zem klajas debess. Atkarībā no notekūdeņu dūņu nosēšanās īpašībām dažos gadījumos jāpievieno flokulanti, bet tos nav ieteicams izmantot pirmējo notekūdeņu dūņu blīvēšanai. Ar gravitācijas blīvēšanu iespējams samazināt kopējo notekūdeņu dūņu apjomu par 90 % no sākotnējā apjoma, turklāt energoresursu patēriņš ir ļoti mazs.

Gravitācijas blīvēšana nostādinātājā ar rotējošu skrēperi

Blīvētājos ar rotējošu skrēperi (31. attēls) un pārplūdes kanālu liekās notekūdeņu dūņas tiek padotas uz nostādināšanu nevis pa daļām kā statisko blīvētāju gadījumā, bet gan nepārtraukti.

Rotējošais skrēpers dzen sablīvētās notekūdeņu dūņas uz tvertnes pamatā esošā konusa vidusdaļu, no kurienes tās tiek atsūknētas atūdeņošanai. Dzidrais ūdens ieplūst ar pārplūdes zobiem aprīkota kanāla virspusē un tiek novadīts uz lokālu sūkņu staciju.

Piemērotība

Gravitācijas iedarbībā iespējams sablīvēt visa veida notekūdeņu dūņas. Ne visas atūdeņošanas iekārtas ir optimizētas darbam ar sablīvētām dūņām, tās parasti ir pielāgotas darbam ar 1 % dūņām.

Atūdeņošanas rezultāts

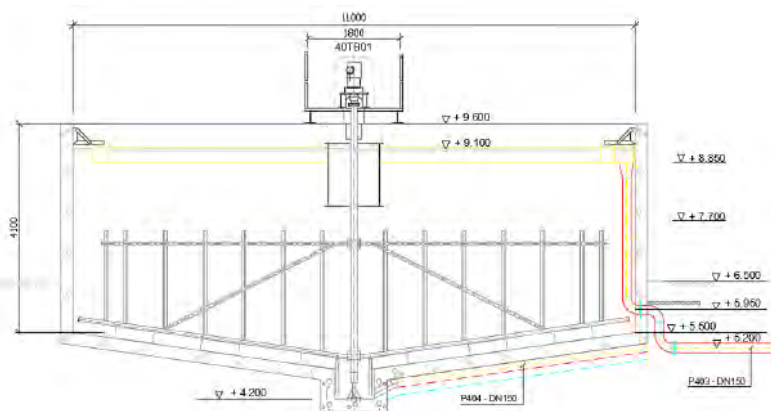
Atkarībā no notekūdeņu dūņu tilpuma indeksa (t. i., notekūdeņu dūņu sedimentācijas īpašībām) šāds blīvētājs spēj sablīvēt notekūdeņu dūņas līdz 3–5 % sausnas.

Ekspluatācija un apkope

Tīrīšana vai apkope parasti nepieciešama ik pēc 1–2 mēnešiem, taču notekūdeņu dūņu uzbriešanas gadījumā blīvētājs jātīra biežāk (atkarībā no uzbriešanas problēmas rašanās biežuma, kas būtu jāatrisina arī citu iemeslu dēļ).

Vides aspekti

Ir saistīti ar iespējamo nepatīkamo smakojošo gāzu emisiju gaisā. Šo emisiju var samazināt, ķīmiski apstrādājot baseina saturu ar kalcija hidroksīdu (paņēmiens piemērots mazām un vidējām iekārtām). Blīvi apdzīvotās vietās vai dzīvojamo ēku tuvumā baseins jāpārsedz ar vieglas konstrukcijas jumtu un jānodrošina vēdināšana, lai novērstu nepatīkami smakojošu gāzu emisiju.



31. attēls. Gravitācijas blīvētāja ar rotējošu skrāperi šķērsriezums

Izmaksas

Kapitālizmaksas galvenokārt atkarīgas no baseina tilpuma un grunts apstākļiem. Smaku emisija paaugstina izmaksas. Eksploatācijas izmaksas ir zemas, jo elektroenerģijas patēriņš ir neliels, bet iekārtu kalpošanas laiks no 20 (aprīkojumam) līdz 40 (tvertnei) gadiem.

Priekšrocības un trūkumi

Blīvētāja galvenais trūkums – tā izbūve ir samērā dārga.

4.3.3.4. Mehāniskā blīvēšana

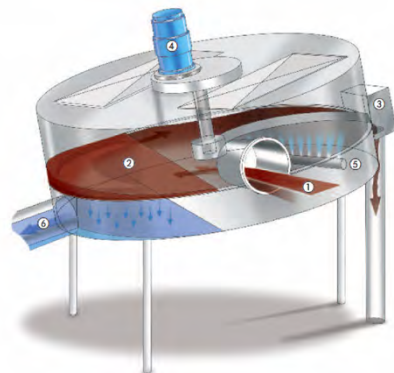
Ar mehāniskās blīvēšanas metodi parasti tiek apstrādātas liekās notekūdeņu dūņas. Pastāv iespēja mehāniski sablīvēt pirmējās notekūdeņu dūņas vai pirmējo notekūdeņu dūņu un lieko notekūdeņu dūņu maisījumu. Parasti mehāniskajai notekūdeņu dūņu sablīvēšanai tiek izmantotas iekārtas, kurās ir neliels pirmējais nostādinātājs, kā arī gadījumos, kad notekūdeņu dūņas netiek fermentētas. Mehāniskā blīvēšana ir piemērot mazām un vidējām NAI, izmantojot to par priekšapstrādi tiešai atūdeņošanai vai fermentācijai.

Atūdeņošanas rezultāts

Atšķirībā no citām blīvēšanas metodēm, lietojot mehānisko blīvēšanu, pirms dūņu atūdeņošanas iekārtā jāpievieno polimēra šķīdums, kas būtiski sadārdzina blīvēšanas procesu, tāpēc mehāniskā blīvēšana pārsvarā tiek izmantota tur, kur atūdeņošana līdz >15 % sausnas nav



32. attēls. Notekūdeņu dūņu blīvētājs – rotējošs siets



33. attēls. Notekūdeņu dūņu blīvētājs – slīpi novietots rotējošs siets²⁴

²⁴ www.huber.de

nepieciešama. Taču substrātam ir jābūt labi pārsūknējamam un piemērotā konsistencē turpmākai izmantošanai, piemēram, ja sablīvētās notekūdeņu dūņas pēc tam paredzēts raudzēt metāntenkos.

Tehnoloģija

Notekūdeņu dūņu mehāniskai blīvēšanai ir pieejami vairāki risinājumi. Viens no vienkāršākajiem ir gandrīz horizontāli novietots cauruļveida rotējošs siets (32. attēls), caur kuru izlīst ūdens, bet tas aiztur notekūdeņu dūņas. Tā kā siets ir slīps, notekūdeņu dūņas pa to pārvietojas uz sieta lejasgalu un tālāk tiek padotas vai nu uz atūdeņošanu, vai kaut kur citur.

Tiek lietotas arī cita veida mehāniskās blīvēšanas iekārtas, piemēram, slīpi novietots, rotējošs siets (33. attēls). Speciāls sadales mehānisms izklieš notekūdeņu dūņas pa sieta virsmu, bet ķīļu sistēma pārbīda notekūdeņu dūņu pikas no vienas puses uz otru, ļaujot tām nonākt saskarē ar svaigu, tīru sieta virsmu. Apļa beigās statisks skrāpērs norauš notekūdeņu dūņas no sieta virsmas un nogādā uz sablīvēto notekūdeņu dūņu sūkni. Iekārtas priekšrocība ir tās kompakts: būdama samērā efektīva, tā aizņem maz vietas. Ir arī izņēmumi, kur mehāniski sablīvētās notekūdeņu dūņas pēc tam tiek atūdeņotas un izvestas. Latvijā šādā veidā strādā tikai viena NAI.

4.3.3.5. Centrifūgas

Horizontālā centrifūga ar nepārtrauktu padevi un notekūdeņu dūņu izvadi ir standarta centrifūgas tips. Priekšroka tiek dota centrifūgas modeļiem ar augstu gravitācijas spēka daudzkārtni „g”, kas nodrošina augstu sausas saturu.

Piemērotība

Centrifūgas parasti tiek izmantotas fermentētu vai aerobi stabilizētu notekūdeņu dūņu atūdeņošanai, taču ar tām iespējams atūdeņot arī cita tipa notekūdeņu dūņas. Agrāk centrifūgas tika lietotas galvenokārt lielās NAI, taču mūsdienās tās arvien biežāk izmanto arī mazās un vidējās NAI. Centrifūgas ir kompaktas un slēgtas iekārtas, strādā tīri un droši, un mūsdienās ir pieejami arī nelieli modeļi. Tiek izgatavotas arī kravas automašīnā uzstādāmas mobilās centrifūgas, ko var izmantot vairākas mazas NAI, nodrošinot izmaksu sadalījumu starp ūdenssaimniecībām.

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Centrifūgas spēj nodrošināt notekūdeņu dūņu atūdeņošanas pakāpi > 20 % sausnas	Dārgākas par filtrpresēm un aptuveni vienā cenā ar skrūves presēm
Pat ja notekūdeņu dūņas atūdeņojas slikti un/ vai polimēru marka nav optimāli piemeklēta, tās tomēr spēj nodrošināt augstu notekūdeņu dūņu atūdeņošanas pakāpi	Patērē daudzkārt vairāk elektroenerģijas nekā analogas efektivitātes skrūves preses vai filtrpreses
Polimēra patēriņš ir mazāks nekā filtpresēm vai skrūves presēm	Rada lielu troksni un būtiskas vibrācijas
Plaši lietota tehnoloģija	Nepieciešama ļoti kvalificēta apkope
Piemērotas lielām NAI, jo spēj nodrošināt lielu ražību	Rezerves daļas ir dārgas
	Uzturēšanas izmaksas ir lielas

Tehnoloģija

Centrifūgas (34. attēls) darbības pamatā ir notekūdeņu dūņu un ūdens atšķirīgais blīvums. Notekūdeņu dūņas ir nedaudz smagākas par ūdeni (blīvums apmēram 1,04 g/ml), tāpēc gravitācijas ietekmē tās pamazām izgulsnējas jebkura trauka/tvertnes dibenā. Ja gravitācijas spēku palielinām, piemēram, ierotējot notekūdeņu dūņu masu, sedimentācija notiek ātrāk.



34. attēls. Dekantercentrifūga²⁵

²⁵ www.alfalaval.com

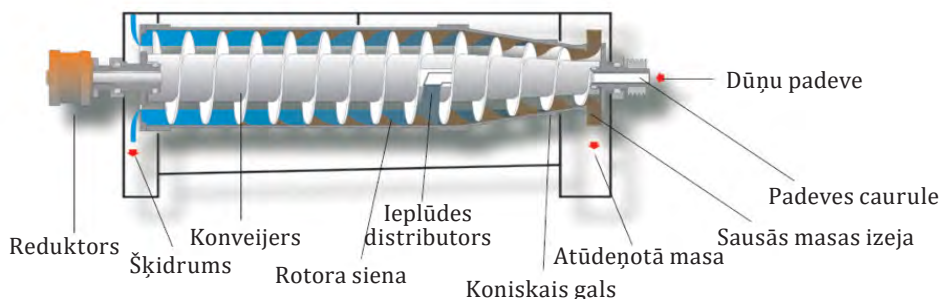
Ar polimēru sajauktas notekūdeņu dūņas tiek padotas dekantercentrifūgas rotējošā tvertnē. Centrbēdzes spēks notekūdeņu dūņas iznes pie rotējošās tvertnes ār sienām. Tvertnes iekšpusē atrodas skrūves konveijers, kas rotē ar nedaudz atšķirīgu ātrumu un pamazām virza izgulsnēto notekūdeņu dūņu masu uz rotējošās tvertnes konusa šaurāko daļu (t. s. liedagu). Konusa galā centrālās spēks izsviež atūdeņotās notekūdeņu dūņas no konusa pa speciālām atverēm.

Nepieciešamā platība atkarībā no ietilpības, parastie izmēri: platums 2–5 metri, garums 7–15 metri, augstums 3–6 metri, ieskaitot tehniskai apkopei nepieciešamo platību. Centrifūgas var uzstādīt tikai telpās.

Vispārējs dekantercentrifūgas apraksts

Horizontāla centrifūga ar monolītu sienu rotoru ar cilindrisko un konisko daļu, kas paredzēta nepārtrauktai nogulšņu atūdeņošanai. Šķidrā fāze brīvi izplūst caur regulējamām atverēm cilindriskajā galā. Mainot atveru ieliktnus, tiek regulēts apstrādājamo nogulšņu līmenis rotorā. Sausās (atūdeņotās) masas izvadīšana notiek pa speciāli no izdila aizsargātām atverēm koniskajā galā. Tipisku centrifūgu raksturojoši parametri apkopoti 18. tabulā, bet būtiskākās detaļas parādītas 35. attēlā.

Viens no efektīvākajiem lieko notekūdeņu dūņu atūdeņošanas procesa modeļiem ir sausās frakcijas (sausnas) un ūdens sadalīšana, izmantojot to blīvuma atšķirības mākslīgi radītā centrālās „gravitācijas” laukā. Tā ir vienīgā atūdeņošanas metode, kura rada masas centrētu sadalošo spēku un kuru lietojot nav vajadzīgs filtrējošais materiāls, tādējādi iespējams pielikt daudz lielāku spēku uzreiz visam apstrādājamajam notekūdeņu dūņu apjomam.



35. attēls. Dekantercentrifūgas pamatelementi

18. tabula

Centrifūgu raksturojošie parametri (piemērs)

N. p. k.	Nosaukums	Parametri
Galvenie izmēri		
1.	Rotora iekšējais diametrs	353 mm
2.	Diametra / garuma attiecība	1:4
3.	Masa	2200 kg
Galvenie tehniskie dati		
4.	Rotora rotācijas ātrums (galvenā piedziņa)	līdz 4000 apgr./min.
5.	Maksimālais centrālās spēka faktors	3400g
6.	Ražība	5-25 m ³ /h
7.	Tīrās sausas ražība	līdz 500 kgDS/h
8.	Sausnas koncentrācija ieplūdē	vidēji 1 % (masa/masa)
9.	pH:	6-8 (neitrāls)
10.	Minerālvielu saturs sausnā	vidēji 35 % (aptuveni atbilst SVI = 100 ml/g)
11.	Sausnas saturs atūdeņotajā masā	vidēji 22 % (garantētais – 20 %, pie dotajām nogulšņu īpašībām ieplūdē)
12.	Separācijas efektivitāte	vismaz 97 %
13.	Flokulanta patēriņš	- 8 kg/tDS
Materiāli		
14.	Rotora daļas, kuras ir kontaktā ar produktu	Nerūsošais tērauds 1.4470, 1.4462, 1.4571, 1.4301
15.	Citas detaļas, kuras ir kontaktā ar produktu	Nerūsošais tērauds 1.4571, 1.4541, 1.4301
16.	Detaļas, kuras nav kontaktā ar produktu	Krāsots tērauds
Piedziņas sistēma		
17.	Galvenā piedziņa	Asinhronais elektromotors 22 kW ar ķīļsiksna piedziņu
18.	Konveijera piedziņa	Patentētā piedziņas sistēma ar vairākpakāpju planetāro reduktoru un bremsējošo elektromotoru, frekvences pārveidotāju un zobsiksna piedziņu.
19.	Vadības sistēma	Uz PLC bāzēta kontroles sistēma, kas vada piedziņu frekvences pārveidotājus un palīgaprīkojumu. Operatora panelis, interfeiss SCADA pieslēgumam.
Pretizdiluma aizsardzība		
20.	Konveijera vītne	Volframa karbīda pārklājums uz priekšējās malas
21.	Ieplūdes atveres	Cietskausējuma ieliktņi
22.	Rotora iekšpuse	Vadules masas plūsmas virzienā
23.	Sausās masas izeja	Cietskausējuma ieliktņi

Galvenie dekantercentrifūgas atūdeņošanas procesa aspekti

Mākslīgi radīto centrālās „gravitācijas” lauku apzīmē kā skaitli, kas izsaka, cik reižu centrālās spēks pārsniedz zemes gravitāciju un brīvās krišanas paātrinājuma g kārtu.

Centrālās spēku izsaka kā rotācijas normālā paātrinājuma un masas reizinājumu. Normālais paātrinājums a_n vienāds ar

$$a_n = \omega^2 \cdot r, \quad (3.)$$

kur

$\omega = 2\pi n/60$ – leņķiskais ātrums, s^{-1}

n – rotācijas ātrums, apgr./min.

r – rādiuss, m

Dažādas konstrukcijas dekantercentrifūgu rotācijas ātrums sasniedz 5600 apgr./min., bet rotora rādiuss parasti ir robežās no 0,1 m līdz 0,25 m. Mazāka diametru centrifūgu rotācijas ātrums parasti ir lielāks nekā lielajām centrifūgām.

Lieko notekūdeņu dūņu atūdeņošanai parasti izmanto iekārtu, kas sasniedz 3000 g vai lielāku centrālās „gravitāciju”.

No sakarībām redzams, ka centrālās spēks jeb „gravitācija” atšķirībā no vienkārša nostādīšanas procesa ir mainīga un atkarīga no centrifūgas rādiusa. Integrējot šādas hidrauliskas sistēmas spēkus, var iegūt citu svarīgu atūdeņošanas procesa parametru – spiedienu, ar kuru no nosacīti porainās notekūdeņu dūņu flokulu vides tiek izspiests ūdens. Vidēja diametra (apmēram 400 mm) un vidēji ātri rotējošai (3500–4000 apgr./min.) centrifūgai spiediens pie rotora ārējās sienas var pārsniegt 10 bar (tas atkarīgs arī no šķidrums līmeņa centrifūgā, kas tiks apskatīts turpmāk).

Spiediena vērtība – 10 bar būtiski pārsniedz, piemēram, skrūves presē sasniedzamo, un ir uzskatāma par centrifūgas priekšrocību.

Centrifūgas ražība

Apskatot centrifūgas ražību, jāņem vērā, ka tās vērtībai ir trīs galvenie limitējošie faktori – hidrauliskā ražība, tīrās sausas ražība un notekūdeņu dūņu spēja sadalīties tajā laikā, kuru tās pavada centrifūgā.

Hidrauliskā ražība

Šķidrums (ūdens) padeves maksimālā ražība, kad viss šķidrums spēj izplūst pa filtrāta atverēm un centrifūgas rotors netiek pārpildīts.

Šī vienmēr ir visaugstākā ražības vērtība, tā dod aptuvenu priekšstatu par centrifūgas izmēriem, bet tai nav tieša sakara ar centrifūgas spēju nodalīt notekūdeņu dūņas. Ražotājs to norāda, jo šī vērtība nav atkarīga no iepriekš precīzi nezināmām notekūdeņu dūņu īpašībām. Kā redzams piemērā, maksimālā vērtība ir $25 \text{ m}^3/\text{h}$ (18. tabula). Visbiežāk, precizējot konkrētos apstākļus NAI, šāda izmēra centrifūga minētās ražības gadījumā nevarēs nodrošināt apmierinošu atūdeņošanas kvalitāti, tāpēc, izvēloties centrifūgu, jāvērtē attiecīgā rezerve.

Tīrās sausas ražība, sausas transportēšanas ražība

Tā ir centrifūgas konveijera un tā piedziņas maksimālā spēja transportēt atdalīto koncentrēto notekūdeņu dūņu masu (nosacīti – sausnu) uz atūdeņotās masas izlādes atverēm (portiem).

Konveijera piedziņa tiek realizēta, izmantojot planetāro reduktoru, elektrodzinēja un frekvences pārveidotāju. Lai aizsargātu planetāro reduktoru no pārslodzes, automātiskā vadības sistēma ierobežo elektrodzinēja radīto griezes momentu. Šis ražības ierobežojums faktiski nozīmē griezes momenta limitu konveijera piedziņas vārpstai, bet, zinot konveijera ģeometriju un vidējās notekūdeņu dūņu īpašības (lipīgumu, masas viskozitāti), ražotājs var izteikt minēto ražības ierobežojumu šādā ērti uztveramā formā. Ar pietiekami lielu precizitāti šajā gadījumā var uzskatīt, ka visa notekūdeņu dūņu sastāvā esošā sausna nonāk atūdeņotajā masā, kas jātransportē konveijeram, tāpēc vajadzīgais lielums viegli iegūstams kā padeves ražības un notekūdeņu dūņu koncentrācijas reizinājums. Piemērā (18. tabula) redzams, ka šī veida ierobežojums kļūst limitējošs tikai iepriekš iebiezinātu notekūdeņu dūņu gadījumā, bet digestāta gadījumā tad, ja lietots gravitācijas blīvētājs vai biogāzes iekārtas. Liekās notekūdeņu dūņas tieši no recirkulācijas kontūra satur apmēram 1 % sausas. Pēc ekspluatācijas pieredzes (turpmāk tiks sniegta arī procesa parametru analīze) var teikt, ka piemērā aplūkotās centrifūgas tehniski un ekonomiski pamatotā ražība ir apmēram $10 \text{ m}^3/\text{h}$ un tā rezultējas tikai $100 \text{ kgDS}/\text{h}$ – kas ir būtiski zemāks par ražotāja noteikto ierobežojumu. No otras puses, šāda nenošlogota konveijera piedziņa bieži sagādā zināmas grūtības kontrolēt griezes momentu. Praktiski iespējams strādāt tikai fiksētā diferenciālā ātruma režīmā, un konveijera piedziņas elektriskie parametri dod tikai

aptuvenu informāciju par atūdeņošanas kvalitāti (detalizēta informācija par šo sakarību sniegta sadaļā par centrifūgas elektriskajām sistēmām).

Notekūdeņu dūņu spēja sadalīties laikā, ko tās pavada centrifūgā

Zinot centrifūgas rotora ģeometriskos raksturlielumus un notekūdeņu dūņu padeves plūsmu, var vienkārši un ar apmierinošu precizitāti aprēķināt notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiku centrifūgā.

Visbiežāk racionālu centrifūgas ražību limitē notekūdeņu dūņu spēja sadalīties laikā, ko tās pavada centrifūgā, kuru ražotājs visbiežāk nenorāda, jo tas ir tieši atkarīgs no centrifūgas regulējuma uz vietas un konkrēto notekūdeņu dūņu īpašībām.

No otras puses, notekūdeņu dūņu īpašības (sevišķi notekūdeņu dūņu tilpuma indekss, SVI), flokulācijas apstākļi centrifūgas rotora iekšējā turbulence ļauj aptuveni novērtēt sedimentācijas ātrumu un veikt aptuvenu aprēķinu, noskaidrojot, vai šādā ātrumā notekūdeņu dūņu daļiņas no vidējas pozīcijas šķidrums apjomā spēs veikt ceļu līdz centrifūgas rotora ārējai daļai, kur tās, izmantojot konveijeru, tiks izvadītas atūdeņotas masas veidā. Daļiņas, kurām uzturēšanās laiks centrifūgā izrādīsies pārāk īss, neizbēgami tiks iznestas ar filtrātu, tādā veidā pasliktinot atūdeņošanas kvalitāti. Šajā sakarībā par vienu no procesa uzdevumiem tiek minēta separācijas efektivitāte – masa procentos, kas tiek izvadīta kā atūdeņotā masa un neatgriežas NAI sistēmā.

Ilggadēja centrifūgu ekspluatācijas pieredze rāda, ka absolūtajā vairumā gadījumu tieši trešā veida ražības ierobežojums izrādās limitējošs.

Pirmā sakarība, kas sniedz aptuvenu ieskatu par parametriem, no kuriem atkarīga separācijas efektivitāte, ir Stoksa likums. Stoksa likums nosaka sfēriskas daļiņas sedimentācijas ātrumu gravitācijas (masā centrēta) spēka laukā atkarībā no dažādiem fizikāliem parametriem:

$$v = \frac{2(\rho_p - \rho_f)}{9\mu} gR^2, \quad (4.)$$

kur:

v – sedimentācijas ātrums, m/s;

g – gravitācijas lauka stiprums jeb paātrinājums, m/s²;

R – sfēriskas daļiņas rādiuss, m;

ρ_p – daļiņas masas blīvums, kg/m³;

ρ_f – šķidrums blīvums, kg/m³;

μ – šķidrums dinamiskā viskozitāte, kg/(m·s)

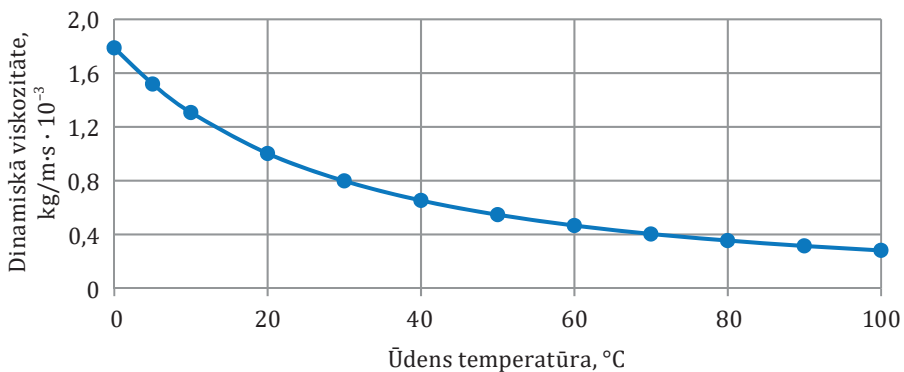
Ūdens blīvums 20 °C temperatūrā, 998,2 kg/m³ (atkarīgs no temperatūras), dinamiskā viskozitāte 1,002 · 10⁻³ kg/(m·s) (atkarīga no temperatūras (36. attēls), pieņemts, ka daļiņas blīvums ir 1040 kg/m³, gravitācijas lauka paātrinājums apmēram 3000 g jeb 30 000 m/s². Aptuvenu sedimentācijas ātrumu aprēķina, izmantojot rezultātus, kādi tiek sasniegti vidējo dūņās esošo daļiņu izmēru vērtību gadījumā (19. tabula), izvēloties dažādu notekūdeņu dūņu sastāvā esošo daļiņu izmērus.

19. tabula

Sedimentācijas ātruma aprēķina piemērs

Nosaukums	d, μm (vidēji daļiņu veidam)	v, m/s
Šūnas	10	0,007
Notekūdeņu dūņu daļiņas bez flokulācijas	100	0,694
Sīkas flokulas	500	17,3
Lielas flokulas	1000	69,4

Pēc Stoksa likuma aprēķinātais sedimentācijas ātrums ir ļoti liels. Ņemot vērā, ka notekūdeņu dūņas atrodas centrifūgā aptuveni 1 minūti un daļiņām jāveic attālums līdz rotora perifērijai, kas aptuveni vienāds ar 0,05 m, teorētiski pat ļoti sīkām daļiņām vajadzētu viegli atdalīties. Tomēr praksē tā nenotiek. Stoksa likums kvantitatīvi pielietojams tikai t. s. brīvajai sedimentācijai, kad netiek ņemta vērā daļiņu savstarpējā iedarbība. Daļiņu koncentrācija notekūdeņu dūņās ir augsta, un šāds tuvinājums nav attaisnojams. Turklāt liela daļa separācijas procesa notiek zonā ar tik augstu daļiņu koncentrāciju, ka vide vairs nav uzskatāma par Ņūtona šķidrumu, kurā darbotos tradicionālie viskozie spēki.



36. attēls. Ūdens dinamiskā viskozitāte atkarībā no temperatūras

Līdz ar to pret apsvērumiem, kas balstīti uz bieži argumentācijā izmantoto Stoksa likumu – gan centrifūgas izmēra, gan flokulanta tipa izvēlē – jāizturas ļoti piesardzīgi.

Tomēr Stoksa likums kvalitatīvi pareizi apraksta galveno sakarību virzienus – labāku separāciju nodrošina lielāks rotācijas ātrums, lielāks daļiņas blīvums (tātad mazāk piesaistītā ūdens), lielāks daļiņas izmērs (flokulācija, kā arī iespējami saudzīga notekūdeņu dūņu transportēšana pa cauruļvadiem un teknēm), kā arī zemāka ūdens viskozitāte. 36. attēlā parādīta ūdens viskozitātes atkarība no temperatūras.

Redzams, ka pat neliela temperatūras paaugstināšanās no 10 °C (iespējami zemākā temperatūra ziemā) līdz 20 °C samazina viskozitāti par 25 %. Praksē pierādīts, ka tur, kur pieejams zemas temperatūras siltums kā kāda tehnoloģiska procesa daļa (biogāze, notekūdeņu dūņu žāvēšana/dedzināšana, tuvumā esoši rūpnieciski procesi), ir lietderīgi notekūdeņu dūņas pirms ievadīšanas centrifūgā uzsildīt līdz aptuveni 60 °C, tādā veidā, pārējos apstākļus nemainot, paaugstināt atūdeņošanas rezultātu no 20 % līdz 26 % sausnas. Šādā gadījumā gan jāņem vērā, ka paaugstināta temperatūra nosaka īpašas prasības konkrētajam flokulantam, jo vairums „parasto” flokulantu izmantojami līdz 30–40 °C temperatūrai.

Galvenie centrifūgas regulējuma parametri

Parasti tiek izvēlēts konkrētajai konstrukcijai maksimāli pieļaujama modernas centrifūgas rotora ātrums. To nosaka centrifūgas ražotājs, galvenokārt vadoties no mehāniskiem apsvērumiem.

Neskatoties uz galvenajai piedziņai uzstādīto frekvences pārveidotāju, **lietotājs nekādā gadījumā nedrīkst** mainīt iestatījumus, lai pārsniegtu ražotāja noteikto ātrumu, jo tas var novest ne tikai pie iekārtas bojājumiem, bet arī pie nopietniem nelaimes gadījumiem.

Absolūtā vairumā gadījumu lietotājam arī nav iemesla ātrumu samazināt, tātad var uzskatīt, ka centrifūgas galvenais (rotora) ātrums ir nemainīgs (parasti 3000–4500 apgr./min.), un centrifūgas darbības adaptācija konkrētajiem apstākļiem notiek ar divu parametru palīdzību – diferenciālais ātrums un filtrāta izplūdes līmenis.

Diferenciālais ātrums

Diferenciālais ātrums ir centrifūgas rotora (*Bowl*) un konveijera rotācijas ātrumu starpība.

To regulē, izmantojot konveijera piedziņas frekvences pārveidotāju. Modernās sistēmās frekvences uzdevumu aprēķina pēc uzdotā diferenciālā ātruma, bet reālā diferenciālā ātruma kontroli veic automātiskās vadības sistēmas, vienlaikus sekojot piedziņas slodzei – griezes momenta vērtībai. Diferenciālā ātruma vērtības parasti izvēlas 2–10 apgr./min. robežās, bet vairumā gadījumu labāko separācijas rezultātu iegūst diapazonā 4–8 apgr./min. Mazāks diferenciālais ātrums nodrošina augstāku sausnas saturu atūdeņotajā masā. Tomēr jāņem vērā, ka tādā veidā pieaug atūdeņotās masas slāņa biezums rotora iekšpusē. Tam ir divu veidu sekas – pirmkārt, samazinās atstatums līdz filtrāta izplūdes līmenim, kas noved pie filtrāta kvalitātes pasliktināšanās, un, otrkārt, pieaug konveijera piedziņas slodze – griezes moments.

Praktiski diferenciālā ātruma vērtība ir minimālā vērtība, kas ļauj nodrošināt apmierinošu filtrāta kvalitāti, un griezes moments ir pieļaujamās robežās.

Ja atūdeņojamo notekūdeņu dūņu sausnas koncentrācija ir pietiekami augsta – 3–4 %, piemēram, biogāzes procesa digestātam vai iepriekš iebiezinātām dūņām, var izmantot iestatīta griezes momenta režīmu, kad vadības sistēma automātiski pielāgo diferenciālo ātrumu tā, lai griezes moments būtu tuvs maksimāli pieļaujamajam, bet nepārsniegtu to. Latvijas praksē visbiežāk tiek atūdeņotas jauktās notekūdeņu dūņas tieši no recirkulācijas kontūra ar sausnas saturu ap 1%, tāpēc minētā metode nav izmantojama. Griezes momenta vērtība tad ir krietni zemāka par pieļaujamo maksimumu.

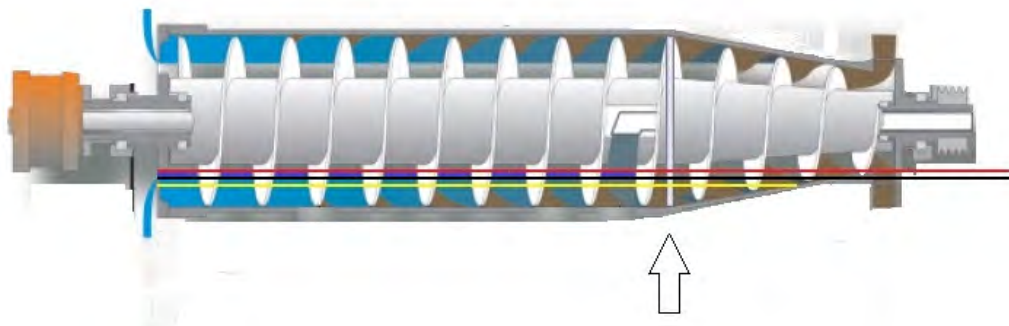
Filtrāta pārplūdes līmenis

Filtrāta pārplūdes līmeņa iestatīšanas tehniskie paņēmieni atkarībā no centrifūgas konstrukcijas var būt dažādi – maināmas plāksnītes, bīdāmas plāksnītes, caurulītes u. c. Tomēr visu šo paņēmienu mērķis ir vienāds – iestatīt vēlamo (ar vēlamo rādiusu) filtrāta pārplūdes līmeni. Šādā veidā filtrāta izplūdei no centrifūgas rotora tiek atstāti „logi” – parasti četri – kuri pēc rādiusa ārējās malas nosaka šķidrums izplūdes līmeni no rotora jeb šķidrums slāņa biezumu rotorā. Šķidrums centrifūgā nevar atrasties tuvāk par iestatīto līmeni (precizitātes labad jānorāda, ka pārplūdes šķidrums plūsmas atkarībā no plūsmas (padeves) lieluma un „logu” platuma ir noteikts biezums, tāpēc patiesais šķidrums līmenis rotorā ir dažus milimetrus tuvāk asij, nekā tas minēts uz iestatījuma detaļām). Melnā līnija (35. attēlā) apzīmē rādiusu, uz kura atrodas atūdeņotās masas izgrūšanas atveres asij tuvākais punkts. Ja šajā līmenī atradīsies šķidrā frakcija, tā tiks izvadīta kopā ar atūdeņoto masu, kas nav pieļaujams. Šis ir neitrāls līmenis. Parasti tas tiek norādīts

centrifūgas lietošanas rokasgrāmatā. Ja filtrāta izplūde ieregulēta tālāk no ass, to parāda dzeltena līnija (37. attēls) un sauc par pozitīvo līmeni (*Positive beach*). Šķidrums centrifūgā atrodas tālāk no ass un nevar nokļūt atūdeņotās masas izgrūšanas atverē. Noteiktos apstākļos šāds regulējums arī nodrošina sausāku atūdeņoto masu. Tomēr šādam regulējumam ir acīmredzami trūkumi – nelielais radiālais attālums starp atūdeņotās masas slāni rotora perifērijā un filtrāta izplūdes līmeni noved pie augstāka suspendēto vielu satura filtrātā, citiem vārdiem, – „netīrāka filtrāta”. Otrkārt – un tas ir ļoti svarīgi, kaut arī bieži netiek ņemts vērā – šādā veidā mazinās rotora efektīvais, ar šķidrumu aizpildītais tilpums, samazinās notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiks centrifūgā un separācijas kvalitāte. Turklāt, palielinot filtrāta izplūdes rādiusu par noteiktu lielumu, efektīvā tilpuma samazināšanās procentuāli var būt lielāka, nekā izriet no tiešas rādiusu salīdzināšanas, jo jāņem vērā, ka daļu perifērijas aizņem konveijera lēni transportētā atūdeņotā masa un rotora efektīvais tilpums patiesībā ir vēl mazāks. Atūdeņotās masas aizņemto telpu aptuveni iespējams novērtēt, ņemot vērā kopējo centrifūgā padotās sausnas daudzumu laika vienībā, atūdeņotās masas sausnas saturu un iestatīto diferenciālo ātrumu.

Precīzus aprēķinus veikt ir sarežģīti, tomēr galvenās sakarības – rotora ģeometrija un masas plūsmas – dod pietiekamu priekšstatu par reālo notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiku centrifūgā.

Ar sarkanu līniju (37. attēlā) parādīts šķidruma līmenis, kas atrodas tuvāk rotora asij nekā atūdeņotās masas izgrūšanas atveres. To sauc par negatīvu līmeni (*Negative beach*). Darbs ar šādu regulējumu iespējams tikai centrifūgās, kurās konveijerā izveidots īpašs barjerdisks (*Baffle disc*) – attēlā parādīts ar bultiņu.



37. attēls. Filtrāta pārplūdes līmeņi

Barjerdisks izveido vietēju pretestību atūdeņotās masas plūsmai, un šajā vietā izveidojas notekūdeņu dūņu blīvējums (*Sludge seal*). Notekūdeņu dūņu blīvējums ir nosacīti hermētisks, kas nelaiž cauri šķidro frakciju, bet tam cauri ar konveijera transportēšanas spēku var izspiest atūdeņoto notekūdeņu dūņu masu, kas nodrošina arī masas padziļinātu atūdeņošanu. Barjerdiska konstrukcijas īpatnības kopā ar notekūdeņu dūņu plūsmas lielumu un īpašībām veido konkrētajiem apstākļiem raksturīgu slodzi konveijera piedziņai, kas ir vadības sistēmas interfeisā nolasāma kā griezes momenta lielākā sastāvdaļa. Notekūdeņu dūņu blīvējuma uzturēšanai laika vienībā nepieciešams noteikts daudzums sausas. Tāpēc centrifūgai ar šādu regulējumu pastāv minimālā pieļaujamā notekūdeņu dūņu padeves vērtība, par kuru zemākas vērtības gadījumā notekūdeņu dūņu blīvējums pakāpeniski noārdās un atūdeņotās masas izejā parādās šķidrā frakcija. Praksē iespējamās situācijas, kad zema sausas koncentrācija un lielas notekūdeņu dūņu tilpuma indeksa vērtības dēļ centrifūgas ekspluatācija ar izteikti negatīvu līmeni nav iespējama, jo pārāk liela padeves plūsma noved pie īsa uzturēšanās laika un zemas separācijas kvalitātes, bet krasi samazināta plūsma nenodrošina „materiālu” notekūdeņu dūņu blīvējuma uzturēšanai.

Šādos gadījumos vienīgais risinājums ir pozitīva līmeņa iestatīšana un ilgākas darba stundas, kamēr notekūdeņu dūņu īpašības bioloģiskajā attīrīšanas sistēmā atkal nav normalizējušās.

Cita problēma darbā ar negatīvu līmeni rodas īsu separācijas ciklu gadījumā, kad pēc katra cikla tiek skalota centrifūga un notekūdeņu dūņu blīvējums tiek noārdīts. Nākamā separācijas cikla sākumā atūdeņotās masas izejā nonāk ievērojams šķidrums daudzums. Daļēji šo problēmu atrisina daudzām centrifūgām atūdeņotās masas izejas šahtā uzstādītie aizvari, kurus aizverot sākotnēji izplūstošais šķidrums tiek novirzīts uz filtrāta izplūdes līniju. Tomēr šāds risinājums nav uzskatāms par optimālu, jo atkārtoti NAI baseinos nonāk ievērojams suspensdēto vielu daudzums, turklāt pastāv filtrāta līnijas aizsērēšanas risks.

Šī brīža tehnoloģiju kontekstā par normālu centrifūgas ekspluatāciju būtu jāuzskata darbs ar negatīvu līmeni, kas organizēts iespējami garos separācijas ciklos.

Notekūdeņu dūņu ieplūde centrifūgā

Notekūdeņu dūņu ieplūde centrifūgā ir svarīga atūdeņošanas fāze, kuras optimālai realizācijai izveidots īpašs mezgls. Notekūdeņu dūņu ieplūdes shēmā (38. attēls) notekūdeņu dūņu ieplūdes ceļš parādīts ar bultiņām. Pa centrifūgas ass līniju caur konveijera dobo vārpstu

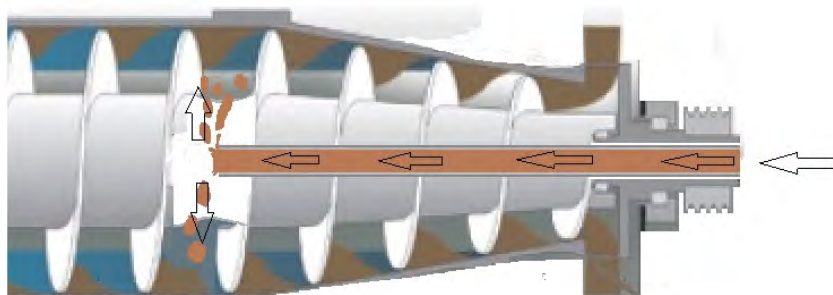
aptuveni līdz rotora vidum (ass virzienā) ievadīta stacionāra caurule. Tieši pirms ieplūdes caurulē notekūdeņu dūņu plūsmai tiek pievadīta flokulanta šķīduma plūsma. Notekūdeņu dūņas pa cauruli izplūst aptuveni sekundes laikā, un šajā laika sprīdī flokulu izveidošanās nevar notikt, tam nepieciešamas aptuveni 40 sekundes. Šāda shēma izvēlēta tāpēc, ka, izplūstot cauri atverēm dobajā konveijera vārpstā, notekūdeņu dūņu masa saņem ārkārtīgi spēcīgu triecienu, kas tai piešķir rotācijas kustību. Ja šajā fāzē jau būtu izveidojušās flokulas, tās tiktu sadragātas. Flokulu veidošanās notiek, dūņām un flokulanta šķīdumam rotējot centrifūgā.

Svarīgi, lai notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiks centrifūgā nebūtu īsāks par flokulu veidošanai nepieciešamajām 40 sekundēm.

Prakse rāda, ka pārāk liels padeves ātrums novērojams salīdzinoši bieži. Netiešs indikators šādai situācijai ir filtrāta paraugs. Ja sākotnēji tas ir caurspīdīgs, bet nepilnas minūtes laikā tajā veidojas redzamas suspendētas daļiņas, tātad flokulācijas process vēl turpinās. Šāda situācija ir ļoti nevēlama, jo ne tikai nenodrošina labu separācijas rezultātu, bet arī noved pie neracionāla flokulanta patēriņa.

Notekūdeņu dūņu ieplūdes vietā konveijera dobās vārpstas „logi” tiek pastiprināti ar kādu tehnoloģiju, kas paaugstina šīs detaļas noturību pret izdilšanu, jo salīdzinoši abrazīvā notekūdeņu dūņu masa, plūstot pa detaļas virsmu, tiek tai piespiesta ar lielu spēku. Kritiski svarīga ir flokulanta izmantošana, jo tas šajā fāzē veic arī lubrikanta funkcijas. Veicot konveijera gultņu nomaiņu, jāpārbauda šī mezgla stāvoklis.

Ja konkrētā centrifūga aprīkota ar maināmiem pretizdiluma ieliktniem, tie savlaicīgi jānomaina.



38. attēls. Notekūdeņu dūņu ieplūdes shēma centrifūgā

Šķidrums masas iegriešanai līdz centrifūgas darba ātrumam tiek patērēta lielākā daļa centrifūgas darbībai nepieciešamās enerģijas. Notekūdeņu dūņas iepriekš iebiezinot, tiek samazināts rotācijai pakļaujamais ūdens daudzums. Līdz ar to notekūdeņu dūņu iepriekšēja iebiezināšana (bez flokulanta izmantošanas, par šo faktoru vairāk sadaļā par vairākpakāpju notekūdeņu dūņu apstrādi) ir izdevīga, gan palielinot notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiku centrifūgā un uzlabojot separācijas kvalitāti, gan samazinot enerģijas patēriņu. Pēdējais faktors nosaka arī to, ka nav korekti nosakāms enerģijas patēriņš notekūdeņu dūņu tilpuma vai masas vienības atūdeņošanai centrifūgā, neaplūkojot visu tehnoloģisko ķēdi.

Atūdeņošanas rezultāts

Atūdeņošanas procesa kvalitāti nosaka divi faktori:

- 1) suspendēto vielu koncentrācijas filtrātā;
- 2) sausnas saturs atūdeņotajā masā.

Suspendēto vielu koncentrāciju filtrātā mēdz izteikt arī kā atgriešanas pakāpi (*Recovery rate*).

Atgriešanas pakāpe nosaka sausnas procentuālo daudzumu, kas pēc separācijas nonāk atūdeņotajā masā, nevis filtrātā.

Par labu rezultātu parasti uzskata, ja suspendēto vielu daudzums filtrātā ir zemāks par 300 mg/l jeb atgriešanas pakāpe ir 97–98 %.

Labas visu faktoru (centrifūgas kvalitāte, atbilstīgi darbības parametri, optimāla flokulanta izvēle) optimizācijas gadījumā iespējami arī tādi rezultāti kā suspendēto vielu saturs 20–40 mg/l un atgriešanas pakāpe virs 99 %.

Sausnas saturs atūdeņotajā masā lielā mērā ir atkarīgs no notekūdeņu dūņu tipa. Pirmējās notekūdeņu dūņas ir efektīvi atūdeņojamas, bet Latvijā praktiski tas nekur nenotiek, jo vienīgajā NAI ar pirmējiem nostādinātājiem (Rīgas) mehāniski neapstrādātas pirmējās notekūdeņu dūņas tiek padotas biogāzes iekārtā kopā ar iebiezinātām liekajām bioloģiskajām dūņām. Pēc apstrādes biogāzes iekārtās digestātu var atūdeņot pietiekami efektīvi, sausnas saturs var sasniegt pat 32 %.

Latvijā vairumā NAI tiek atūdeņotas t. s. jauktās notekūdeņu dūņas – NAI nav pirmējo nostādinātāju, un smalkās smiltis un citas vieglāk grimstošas nogulsnes nonāk kopējā masā ar bioloģiski aktīvajām dūņām.

Par labu atūdeņošanas rezultātu šādā gadījumā pieņemts uzskatīt 20 % sausnas saturu atūdeņotajā masā.

Tomēr atkarībā no notekūdeņu sastāva, notekūdeņu dūņu tilpuma indeksa, flokulanta izmantošanas, iekārtu kvalitātes un procesa optimizācijas sausnas saturs atūdeņotajā masā šādās NAI ir 16–23 % robežās. Ne vienmēr labāks atūdeņošanas rezultāts ir sasniedzams, tikai optimizējot centrifūgas un saistīto iekārtu darbību. Ja NAI nonāk daudz rūpnieciskas izcelsmes notekūdeņu ar nepietiekamu vai pilnīgi neesošu priekšapstrādi, piemēram, ar augstu tauku saturu, tradicionāli par labu atūdeņošanas rezultātu uzskatītais 20 % sausnas saturs var izrādīties nesasniedzams.

No Latvijā izmantojamām notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģijām tieši centrifūgas nodrošina visaugstāko sausnas saturu atūdeņotajā masā.

Ņemot vērā nepieciešamību samazināt kopējo utilizējamo notekūdeņu dūņu apjomu, tas ir nozīmīgs apsvērums.

Ekspluatācija un apkope

Centrifūgas var darbināt nepārtrauktā režīmā 24/7. Lai panāktu stabilu stāvoli, ieteicams izmantot nelielu buferizāciju ar maisīšanas tvertni. Tas ir īpaši izdevīgi lielām NAI. Vidējās NAI atūdeņošana tiek veikta vienā vai divās maiņās (astoņas vai 16 stundas piecas dienas nedēļā). Iespējama arī tieša padeve atūdeņošanas iekārtai.

Centrifūga pirms apturēšanas, kad beigta notekūdeņu dūņu un flokulanta šķīduma padeve, ir jātīra, mazgājot 5–15 minūtes.

Jāņem vērā, ka centrifūga nav hermētiska, un, lai skalošanas ūdens neizplūstu atūdeņoto notekūdeņu dūņu krātuvē un/vai telpā, tai skalošanas laikā jārotē. Skalošanas efektivitāti nedaudz palielina tās laikā iestatīts liels diferenciālais ātrums. Jāņem vērā, ka skalošanas laikā, visticamāk, tiks izšķīdināts notekūdeņu dūņu aizslēgs ap barjerdisku, un, ja centrifūgai iestatīts negatīvs šķidrums līmenis, skalošanas ūdens sāks izplūst arī pa atūdeņotās masas atverēm. Attiecīgi, sākot nākamo separācijas ciklu, līdz notekūdeņu dūņu aizslēga izveidošanās brīdim paies zināms laiks (parasti vairākas minūtes), bet tas ir atkarīgs no centrifūgas konstrukcijas, notekūdeņu dūņu padeves ātruma, sausnas koncentrācijas un flokulācijas īpatnībām. Tas ir skalošanas negatīvais aspekts. Arī no šī viedokļa vēlami maksimāli ilgi darba cikli bez notekūdeņu dūņu padeves apturēšanas. Ja dūņas nav pārāk lipīgas un iespējams praktiski pārliecināties, vai konveijeram pielipušie atūdeņotās masas gabali atkārtotas iedarbināšanas laikā neizraisa paaugstinātu vibrāciju, centrifūgu var katrreiz neskalot. Atsevišķos gadījumos centrifūgas vadības sistēmā ražotājs komplektācijā iekļauj īpašu skalošanas programmu, kas

ietver ūdens padevi ar pārtraukumiem, mainīgu rotācijas ātrumu un pat reversēšanu.

Gultņu eļļošana

Centrifūgai ir pamata un konveijera gultņi. Pamata gultņi tiek pakļauti lielam rotācijas ātrumam un ievērojama vibrācijai.

Centrifūgas darbības specifikas rezultātā par pieļaujamu atsevišķos gadījumos uzskata vibrācijas intensitāti līdz pat 25 mm/s.

Arī gultņu diametrs un attiecīgi lodīšu vai rullīšu lineārais ātrums ir salīdzinoši liels. Piedevām nevar pilnīgi izslēgt ūdens vai pat neliela notekūdeņu dūņu apjoma nokļūšanu gultnī. Visi šo apstākļu rezultātā pret gultņu eļļošanu jāizturas īpaši atbildīgi.

Jāizmanto tikai ražotāja ieteiktie konsistentās smērvielas tipi.

Pamata gultņu eļļošana notiek, centrifūgai darbojoties, pa īpašām eļļošanas pieslēguma vietām. Eļļošanas intervāls parasti ir no 100 līdz 300 darba stundām. Atsevišķu ražotāju iekārtās tas ir atkarīgs no izmantotā smērvielas tipa, savukārt ražotāju izstrādātās smērvielas pieļauj garākus intervālus starp eļļošanas reizēm.

Eļļojot pamata gultņus, jāveic precīzs ražotāja noteiktais eļļošanas šprīces virzuļa kustību skaits.

Pārāk liels smērvielas daudzums noved pie nevēlamas gultņa temperatūras paaugstināšanās. Smērvielas kanāli parasti izveidoti tā, lai būtu iespējams vizuāli novērot vecās smērvielas izspiešanos no gultņa telpas. Konveijera gultņi ir iebūvēti starp centrifūgas rotoru un konveijeru, tāpēc to rotācijas ātrums ir neliels – vienāds ar diferenciālo ātrumu, tāpat dinamiskā slodze ir ievērojami mazāka nekā pamata gultņiem. Jāņem gan vērā, ka atšķirībā no pamata gultņiem vismaz viens konveijera gultnis pārnes arī ievērojamu aksiālo slodzi. Piedevām, konveijera gultņi atrodas tuvāk dūņām un ir sliktāk aizsargāti pret to negatīvo ietekmi. Tomēr kopumā konveijera gultņu slodze ir daudz mazāka, un to eļļošanas intervāli ievērojami garāki – parasti 2000–4000 darba stundas. Vairums centrifūgu ir konstruētas tā, ka konveijera gultņu eļļošanas kanāli šķērso tikai rotora detaļas, tāpēc eļļošana jāizdara, centrifūgu apturot. Tāpat kā pamata gultņiem jāveic noteikts skaits eļļošanas šprīces virzuļa gājienu. Atsevišķām, parasti maza izmēra centrifūgām, gultņu eļļošanas kanāli izveidoti tā, ka notiek vienlaicīga pamata un konveijera gultņu eļļošana.

Gultņu nomaiņa

Galvenā regulārā centrifūgas apkope ir pamata gultņu nomaiņa. Parasti nav striktu ražotāja prasību attiecībā uz nomaiņas intervāliem.

Par gultņu izdilumu liecina pieaugusi vibrācija un/vai mainījusies skaņa darbības laikā.

Pamata gultņu nomaiņas intervālus grūti izteikt darba stundās, jo nostrādātais laiks ir tikai viens nolietojšanās aspekts. Gultņa kalpošanas laiku ievērojami saīsina gan īsi darba cikli ar atkārtotu uzsilšanu/atdzišanu, gan dažādu ekspluatācijas faktoru dēļ paaugstināta vibrācija, gan tas, ka uz vienas pamatnes atrodas vairākas centrifūgas, no kurām dažas darbojas, bet dažas – ne. Šāda situācija noved pie ievērojamas stāvošās centrifūgas gultņu papildu nolietojšanās.

Klasiskā shēma „viena strādā, otra rezervē” centrifūgu gadījumā ir ļoti nevēlama.

Kopumā pamata gultņu nomaiņa parasti jāveic ik pēc 1–3 gadiem. Vienlaikus ar gultņiem jāmaina arī visas ražotāja ieteiktās blīvgumijas. Pamata gultņu ekspluatācija tik ilgi, līdz tie iziet no ierindas, ir ārkārtīgi nevēlama, jo var novest pie stipri lielākiem iekārtas bojājumiem.

Konveijera gultņu nomaiņa

Konveijera gultņu nomaiņa parasti jāveic pēc katras trīs vai četrus pamata gultņu nomaiņas. Veicot šo nomaiņu, jāpārbauda konveijera vijumu cietsakausējuma aizsargpārklājums un pretizdiluma ieliktņu stāvoklis notekūdeņu dūņu ieplūdes mezglā, jo ikdienā šīs zonas nav redzamas. Atsevišķām centrifūgām gan ir paredzēti īpaši ar korķi aizskrūvējami urbumi rotora sienā, pa kuriem var izmērīt konveijera vijuma attālumu līdz rotora sienai, tā sekojot izdilumam.

Ja konveijera vijumi ir jūtami izdiluši, pārsniedzot vairākus milimetrus (izdilums parasti visstraujāk progresē pārejas zonā no cilindriskās daļas uz konisko), vienīgais risinājums – ražotājs piegādā jaunu vai rūpnieciski atjaunotu konveijeru.

Konveijera vijumu un notekūdeņu dūņu ieplūdes ieliktņu izdilumu ir grūti prognozēt. To jūtami ietekmē smilšu daudzums notekūdeņu dūņās. Atsevišķos gadījumos šo detaļu nomaiņa nav jāveic visu centrifūgas darba mūžu.

Sausās masas izlādes ieliktņa stāvokļa kontrole

Centrifūgas rotora koniskajā galā ir izveidoti sausās masas izlādes porti, parasti – astoņi. Centrifūgas konveijers aizstumj atūdeņoto masu līdz portiem (atverēm), kur tā centrālās spēka ietekmē tiek izsviesta. Masa ir abrazīva, un uz to darbojas lieli dinamiski spēki, īpaši Koriolisa paātrinājuma rezultātā. Pat augstas kvalitātes nerūsošā tērauda detaļas šādos apstākļos izdilst ļoti strauji, tāpēc portos tiek ievietoti pretizdiluma ieliktņi. Tie var būt izgatavoti no kāda īpaši cieta materiāla, piemēram, volframa karbīda, bet var būt arī salikti no tērauda ārējās čaulas un keramikas iekšējās čaulas.

Ieliktņu stāvoklim jāseko regulāri, un nekādā gadījumā nedrīkst pieļaut to izdilšanu līdz tādai pakāpei, ka sākas paša rotora dilšanas process.

Ieliktņi ir maināmi, tos var pasūtīt ražotājam. Tomēr, rūpīgi sekojot ieliktņu dilšanas procesam, lielākai daļai centrifūgu ir iespējams ievērojami pagarināt ieliktņu darba mūžu. Raugoties pa aploci, izlādes dinamisko spēku rezultātā ieliktņu izdilums ir izteikti nevienmērīgs. Ja savlaicīgi tiek novērots izdilums, kas vēl nevienā punktā nav sasniedzis visa ieliktņa biezumu, ieliktņa stiprinājumu var atbrīvot un pagriezt ieliktņi par 120 grādiem, tā pakļaujot izdilumam citu, „svaigu”, aploces daļu. Šādā veidā tiek iegūti trīs ieliktņa ekspluatācijas periodi, kas kopumā nodrošina daudz racionālāku dārgā pretizdiluma materiāla izmantošanu.

Jebkurā gadījumā iekārtu ekspluatētājam ir jāievēro visas prasības un jāveic darbības, ko ir noteicis attiecīgo iekārtu ražotājs.

Pirmējām dūņām nepieciešams lielāks griezes moments un piemīt augstāks materiālu erozijas potenciāls nekā liekajām dūņām.

Maināmas pretnodilšanas uznavas uz skrūves gala un cieti metāla pārklājumi spēcīgai dilšanai pakļautajās zonās mazina tehniskās apkopes izmaksas.

Izmaksas

Kapitālās izmaksas ir atkarīgas no jaudas un parasti ir no 100 000 līdz 250 000 EUR. Iekārtas ekspluatācijas laiks parasti ir 15–20 gadi, taču tad, ja netiek pienācīgi veikta gultņu un citu dilstoši iekārtu daļu profilaktiskā tehniskā apkope, šis laiks var samazināties līdz 10–15 gadiem.

Elektroenerģijas patēriņš, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar centrifūgām, ir lielāks nekā lietojot citas notekūdeņu dūņu atūdeņošanas metodes.

Ja pieņemam, ka elektroenerģijas cena ūdenssaimniecībām ir aptuveni 0,15 EUR/kWh, tad 90–200 kWh/t sausnas gadījumā elektroenerģijas izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar centrifūgu, ir aptuveni 13,50–30,00 EUR/t sausnas. Jāņem vērā, ka mazākas centrifūgas strādā ar nedaudz mazāku efektivitāti, tāpēc arī elektrības patēriņš uz tonnu sausnas būs lielāks nekā lieljaudas centrifūgām.

Apstrādājot sadzīves notekūdeņu dūņas, lai paātrinātu un nodrošinātu ūdens atdalīšanu no cietvielu daļiņām, **centrifūgai nepieciešami polimēri**. Polimēru tips un īpašības ir jāpārbauda katram notekūdeņu dūņu tipam un katrai atūdeņošanas iekārtai. Centrifūgas nepatērē pārāk daudz polimēru un spēj apstrādāt apjomu, kas ir lielāks par nominālo apstrādājamo apjomu un satur lielāku polimēru devu, lai gan šajā gadījumā sausnas saturs atūdeņotajā masā var nedaudz samazināties.

Polimēra patēriņš, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar centrifūgām, salīdzinot ar skrūves presēm un filtrpresēm, ir vismazākais.

Tā notiek tāpēc, ka centrifūgas attīsta ļoti lielu paātrinājumu, kas sekmē pat vājāk stabilizētu notekūdeņu dūņu pārslu atdalīšanu no ūdens. Polimēra patēriņš ir atkarīgs no daudziem faktoriem, piemēram, notekūdeņu dūņu konsistences, fermentācijas pakāpes, pirmējo un lieko notekūdeņu dūņu attiecības un organisko vielu saturs notekūdeņu dūņās, kā arī no piemērotākā polimēra izvēles, jo labāk piemērota polimēra patēriņš ir mazāks.

Polimēra patēriņš ir no 3,7 kg līdz 12 kg uz vienu tonnu sausnas. Pieņemot, ka polimēra cena ir 3,00 EUR/kg, bet polimēra patēriņš ir no 3,7 kg līdz 12 kg uz 1 t sausnas, jāsecina, ka polimēra izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar centrifūgām, ir aptuveni 11,10–36,00 EUR/t sausnas. Atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar centrifūgām, polimēra izmaksas ir aptuveni vienādas ar elektroenerģijas izmaksām (20. tabula).

20. tabula

Kopējās centrifūgu ekspluatācijas izmaksas

Elektroenerģijas izmaksas, EUR/t sausnas	Polimēra izmaksas, EUR/t sausnas	Kopējās izmaksas, EUR/t sausnas
10,80–24,00	11,10–36,00	21,90–60,00

4.3.3.6. Skrūves preses

Skrūves prese ir moderna notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iekārta, kas nodrošina apmierinošu atūdeņotās masas sausnas saturu un labu filtrāta kvalitāti.

Minētie parametri vērtējami pēc tāda paša principa kā dekantercentrifūgām un lentes presēm, par izvēles kritērijiem minot utilizējamās masas apjomu, sausnas atgriešanas koeficientu un patērējamos resursus.

Salīdzinot ar dekantercentrifūgu, skrūves prese nodrošina nedaudz mazāku sausnas saturu atūdeņotajā masā.

Ja pārējie apstākļi ir līdzīgi, starpība vērtējama kā aptuveni 18 % sausnas ar skrūves presi un 22 % sausnas ar centrifūgu. Salīdzinot ar lentas presi, rezultāti ir līdzīgi. Tomēr jāņem vērā skrūves preses darbības rezultāta izteiktā atkarība no notekūdeņu dūņu padeves ātruma un flokulācijas kvalitātes. Pie optimālas notekūdeņu dūņu īpašību un flokulanta izvēles kombinācijas arī ar skrūves presi var izdoties sasniegt atūdeņošanas rezultātu, kas pārsniedz 20 % sausnas, bet, ja flokulācija nav optimāla, atbilstīgi augstu rezultātu nevarēs sasniegt, tikai pielāgojot skrūves preses darbības parametrus.

Salīdzinot ar centrifūgu, skrūves prese patērē mazāk elektroenerģijas.

Precīzi šo starpību norādīt ir sarežģīti, jo centrifūgas patērētā enerģija ir lielā mērā atkarīga no notekūdeņu dūņu īpašībām, īpaši sausnas koncentrācijas tajās.

Skrūves prese patērē daudz vairāk skalošanas ūdens, salīdzinot ar centrifūgu, bet aptuveni līdzīgu vai mazāku ūdens daudzumu, salīdzinot ar lentas presi.

Salīdzinot ar lentes presi, skrūves preseī ir vairākas priekšrocības – labāka filtrāta kvalitātes kontroles iespēja, vienkāršāka kinemātiskā shēma, jo gan priekšbiezināšanas, gan atūdeņošanas process ir apvienots ierīcē ar kopīgu piedziņu, kompaktāku konstrukciju, aizņemot mazāk telpas.

Piemērotība

Skrūves prese uzskatāma par piemērotu notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģiju NAI ar iedzīvotāju ekvivalentu līdz 50 000 CE, kur nedaudz lielākam atūdeņotās masas apjomam nav izšķirošas lomas. Tas gan neattiecas uz NAI, kur tiek veikta secīga termiska notekūdeņu

dūņu žāvēšana un dedzināšana, jo mazāks sausnas saturs prasīs lielāku papildu pievadāmās enerģijas daudzumu.

Salīdzinot ar centrifūgu, skrūves preseī ir mazāk ātri dilstošu detaļu un vienkāršāka apkope.

Salīdzinot ar lentes presi, par priekšrocību var uzskatīt to, ka nav salīdzinoši dārgās un nolietojumam pakļautās detaļas – lentes (vai vairāku lenšu).

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Patērē daudz mazāk elektroenerģijas nekā centrifūga	Prasa kvalificētu darbaspēku
Nav ātri rotējošu komponentu	Nepieciešams rūpīgi piemeklēt polimēra marku un kvalitatīvi sagatavot darba šķīdumu
Mazāk ātri dilstošu detaļu (salīdzinot ar centrifūgu)	Zemāks sausnas saturs nekā centrifūgai
Vienkārša apkope	Liels polimēra patēriņš
Nav dārgas un nolietojumam pakļautas detaļas – lentes (salīdzinot ar lentes presi)	Patērē vairāk skalošanas ūdens (salīdzinot ar centrifūgu)
Labāka filtrāta kvalitātes kontroles iespēja (salīdzinot ar lentes presi)	
Kompakta konstrukcija, aizņem mazāk telpas	

Tehnoloģija

Skrūves prese ir paredzēta nepārtrauktam notekūdeņu dūņu atūdeņošanas procesam. Atūdeņošana tiek realizēta, radot spiedienu uz filtrējošā elementa virsmu. Skrūve nepārtraukti transportē notekūdeņu dūņas cauri presi – no ieklūdes līdz izlādei. Notekūdeņu dūņas tiek saspīestas un rotācijas kustībā izvadītas cauri presi, bet atbrīvotais ūdens tiek izfiltrēts caur sietu.

Notekūdeņu dūņas preseī tiek padotas ar pozitīvās darbības, parasti – ekscentriskās skrūves sūkni. Tūlīt aiz sūkņa tiek izveidots flokulanta šķīduma pieslēgums. Aiz flokulanta šķīduma pieslēguma novietots sajaukšanās mezgls, kas parasti tiek izveidots kā ar atsvaru

regulējams vārsts ar šauras spraugas atveri. Šādā veidā tiek nodrošināta efektīvam sajaukšanās procesam nepieciešamā turbulence. Pēc notekūdeņu dūņu un flokulanta šķīduma sajaukšanās nepieciešams noteikts flokulācijas laiks, lai izveidotos noturīgas notekūdeņu dūņu struktūras – flokulas. Šim nolūkam ir izveidots flokulācijas reaktors ar atbilstīgu tilpumu, kas plānotās notekūdeņu dūņu padeves režīmas gadījumā nodrošina vajadzīgo flokulācijas laiku – parasti ne mazāku par 40 sekundēm.

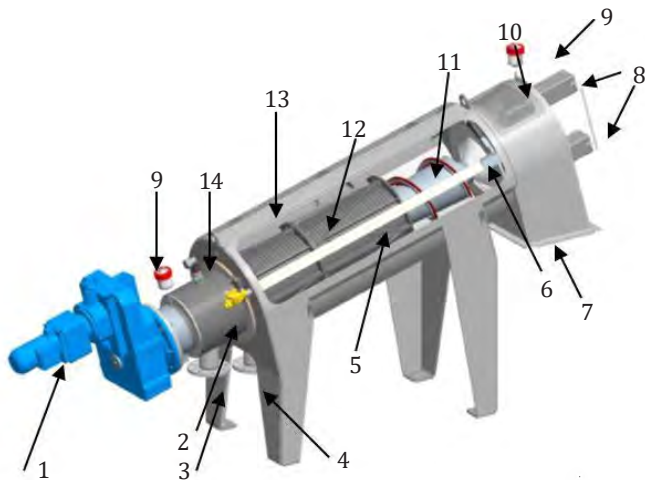
Uzbūve

Skrūves preses darbības princips balstīts uz filtrāciju caur sietu, tāpēc ir ļoti svarīgi, lai notekūdeņu dūņu flokulas būtu iespējami izturīgas. Flokulu izmēram ir sekundāra nozīme.

Skrūves preses uzbūve var atšķirties (39. un 40. attēls), tomēr galvenais darbības princips abām konstrukcijām ir vienāds. Atšķirīgs ir skrūves piedziņas novietojums, skalošanas sistēmas darbība un automatizācijas pakāpe. Vecākās preses konstrukcijai ir fiksēts skalošanas sprauslu kolektors, jaunākajai konstrukcijai – kustīgs skalošanas sprauslu kolektora grozs.

Skrūves preses iekārtas galvenie mezgli ir koniska skrūves vārpsta un cilindrisks siets, kas sastāv no trijām apstrādes zonām: ieplūdes zona, trīsdaļīgas iebiezīnāšanas un atūdeņošanas zonas un preses zonas ar pneimatiskas piedziņas pretspiediena konusu. Skrūves presē jāpadod pietiekami stabili flokulētas notekūdeņu dūņas.

- 1 – skrūves piedziņa,
- 2 – skalošanas ūdens pievienojums ar solenoīda vārstu,
- 3 – dūņu ieplūdes savienojums,
- 4 – filtrāta izplūdes savienojums,
- 5 – skalošanas sprauslu kolektors / skalošanas sprauslas,
- 6 – pretspiediena konuss,
- 7 – dūņu izlādes kamera,
- 8 – pneimocilindrs ar saspiesta gaisa pievienojumu,
- 9 – skrūves gultņa eļļošanas nipelis,
- 10 – dūņu izlādes inspekcijas pārsegs,
- 11 – skrūve,
- 12 – cilindrisks siets,
- 13 – sieta zonu inspekcijas pārsegs,
- 14 – dūņu ieplūdes kameras spiediena slēdzis



39. attēls. Vecākās konstrukcijas skrūves prese²⁶

²⁶ www.huber.de

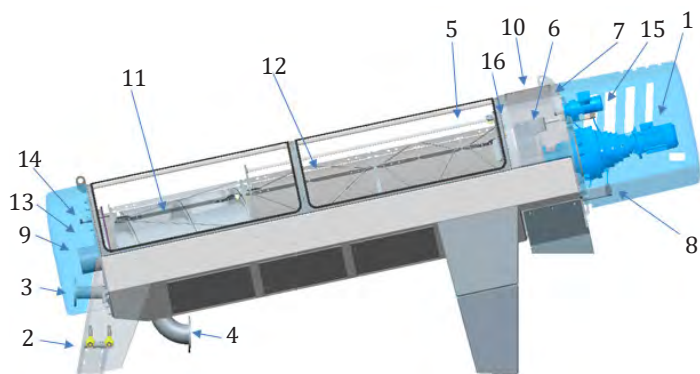
Pirmajā sieta sekcijā ar padeves sūkņa radīto plūsmu un nelielu spiedienu notekūdeņu dūņu sastāvā esošais brīvais ūdens tiek ātri atdalīts caur lielo sieta virsmu. Spiediena sensors ieplūdē aizsargā iekārtu no pārmērīgi augsta primārā spiediena un pārmērīga filtrāta piesārņojuma.

Otrajā sieta sekcijā skrūves vārpstas koniskās formas dēļ materiāla tilpums starp skrūves vijumiem tiek samazināts un notekūdeņu dūņas tiek spiestas pret sieta iekšējo virsmu, tādā veidā atūdeņojot un pakāpeniski samazinot atūdeņotās masas slāņa biezumu. Šajā sieta sekcijā sieta acis ir daudz mazākas.

Trešajā sieta sekcijā ar saspīestu gaisu darbināmais pretspiediena konuss izspiež atlikušo mehāniski atdalāmo ūdeni. Šajā sekcijā atūdeņojamās masas slānis ir visplānākais. Ņemot vērā notekūdeņu dūņu flokulu tipu un konsistenci, dūņām pielikto spiedienu pēc vajadzības var mainīt.

Transportējošā skrūve spiež atūdeņotās notekūdeņu dūņas gar pretspiediena konusu izlādes kamerā. Notekūdeņu dūņu uzturēšanās laiku skrūves presē un līdz ar to arī filtrēšanas laiku var noregulēt atbilstīgi individuālām prasībām, pielāgojot skrūves vārpstas rotācijas ātrumu.

Skrēperi, kas uzstādīti uz vijumiem, nodrošina nepārtrauktu automātisku sieta tīrīšanu no iekšpuses. Sieta skalošana ar noteiktiem laika intervāliem no ārpuses tiek nodrošināta ar skalošanas sprauslu kolektoru. Šī funkcija dažādām preses konstrukcijām darbojas atšķirīgi.



- 1 – skrūves piedziņa,
- 2 – skalošanas ūdens pievienojums ar solenoīda vārstu,
- 3 – dūņu ieplūdes savienojums,
- 4 – filtrāta izplūdes savienojums,
- 5 – skalošanas sprauslu kolektors / skalošanas sprauslas,
- 6 – pretspiediena konuss,
- 7 – dūņu izlādes kamera,
- 8 – pneimocilindrs ar saspīesta gaisa pievienojumu,

- 9 – skrūves gultņa eļļošanas nipelis,
- 10 – dūņu izlādes inspekcijas pārsegs,
- 11 – skrūve,
- 12 – cilindrisks siets,
- 13 – sieta zonu inspekcijas pārsegs,
- 14 – dūņu ieplūdes kameras spiediena slēdzis,
- 15 – skalošanas sprauslu groza piedziņa,
- 16 – skalošanas sprauslu groza

40. attēls. Jaunākās konstrukcijas skrūves prese²⁷

²⁷ www.huber.de

Vecākas konstrukcijas presēm skalošanas sprauslu kolektors ir uzstādīts stacionāri, bet siets ir rotējošs elements. Darba režīmā, kad notiek notekūdeņu dūņu padeve, skrūves piedziņa darbojas vienā virzienā, bet siets ir fiksēts. Kad sākas skalošana, notekūdeņu dūņu padeve tiek pārtraukta, skrūves vārpsta rotē pretējā virzienā. Sprūdu mehānisms atbrīvo sietu, un tas rotē kopā ar skrūvi. Šādā veidā skalošanas laikā notiek sieta rotācija pa pilnu apli, nodrošinot vienmērīgu skalošanu no visām pusēm. Pēc tam atsākas darba režīms, kad skrūves vārpsta rotē notekūdeņu dūņu transportēšanas virzienā, sprūdu mehānisms atkal nofiksē sietu, atsākas notekūdeņu dūņu padeve un atūdeņošanas process turpinās.

Jaunākas konstrukcijas presēm atūdeņošanas process skalošanas laikā netiek pārtraukts. Šajā gadījumā ir izveidots kustīgs grozs ar vairākiem sprauslu kolektoriem, kas, grozam veicot kustību noteikta sektora ietvaros, pilnībā noskalo sieta virsmu.

Galvenie skrūves preses atūdeņošanas procesa aspekti

Preses skrūves vārpstas ātruma vadība aiz primārā spiediena pielikšanas vietas (spiediena ieplūdes zonā).

Ar frekvences pārveidotāju aprīkotā skrūves piedziņa nodrošina notekūdeņu dūņu un flokulanta šķīduma maisījuma nepārtrauktu transportēšanu no ieplūdes zonas caur visu skrūves preses tilpumu.

Ja notekūdeņu dūņu un/vai flokulācijas īpašības nemainās, nemainās arī skrūves rotācijas ātrums, tas ir aptuveni 1 apgr./min.

Ja notekūdeņu dūņu un/vai flokulācijas īpašības ievērojami mainās, tām pielāgoties iespējams, izmantojot skrūves rotācijas ātruma vadību aiz primārā spiediena pielikšanas vietas jeb spiediena ieplūdes zonā. Jāņem vērā, ka šajā zonā notekūdeņu dūņas satur lielu ūdens daudzumu, viskozie spēki, kas saista masas daļas, ir nelieli. Sieta acis ir salīdzinoši lielas, caur tām jāizvada liels ūdens daudzums. Minēto faktoru dēļ dūņām uz sieta virsmas nedrīkst pielikt pārmērīgi augstu spiedienu, lai tas nenovestu pie flokulu sagraušanas un liela daudzuma sausnas daļiņu izspiešanas caur sietu kopā ar filtrātu. Faktiski notekūdeņu dūņu spiedienu uz filtra virsmas šajā zonā rada notekūdeņu dūņu padeves sūknis, bet skrūve transportē notekūdeņu dūņu masu uz nākamajām zonām, tādā veidā atbrīvojot telpu jaunu notekūdeņu dūņu ieplūdei un pazeminot spiedienu. Tāpēc automātiskā vadības režīmā tiek iestatīta lineāra sakarība starp spiedienu ieplūdes zonā un skrūves rotācijas ātrumu. Optimālo primārā spiediena vērtību nosaka vizuāli pēc filtrāta kvalitātes šajā zonā. Parasti spiediena vērtība ir neliela – 200–300 mbar. Pēc

šķidrums difūzijas masā filtrācijas procesu šajā zonā var salīdzināt ar rotējošā sieta blīvētāja darbību.

Ja tiek sasniegts maksimālais skrūves rotācijas ātrums, bet primārais spiediens ir pārāk augsts, un filtrātā redzams ievērojams notekūdeņu dūņu daļiņu daudzums, jāsamazina notekūdeņu dūņu padeve preseī.

Modernās vadības sistēmās tiek iekļauta funkcija, kas automātiski pārtrauc notekūdeņu dūņu padevi, sasniedzot noteiktu spiediena robežu. Spiediena vērtībai mazinoties līdz iestatītam padeves atjaunošanas līmenim, padeve tiek atsākta. Šāda funkcija ir praktiski labi izmantojama, darbinot presi griezes momenta vadības režīmā, jo ļauj vienlaikus par prioritāti izvirzīt maksimālu sausnas saturu atūdeņotajā masā, nepasliktinot iebiezināšanas zonas filtrāta kvalitāti.

Skrūves vārpstas ātruma vadība aiz griezes momenta pielikšanas vietas

Šajā vadības režīmā skrūves rotācijas ātrums ir tieši proporcionāls griezes momentam uz tā vārpstas, ko uzrāda piedziņas frekvences pārveidotājs. Šī režīma izvēle nozīmē, ka prioritāra loma vadības procesā ir procesam atūdeņošanas zonā. Jo lēnāka skrūves darbība, jo ilgāk notekūdeņu dūņas uzturas presē, attiecīgi pieaug spiediens uz filtra virsmas atūdeņošanas zonā. Šāda preses darbība ir vēlama, jo nodrošina maksimālu sausnas saturu atūdeņotajā masā. Tomēr to ierobežo gan risks sasniegt skrūves piedziņas slodzes limitu, gan (biežāk) liela daudzuma notekūdeņu dūņu izspiešana caur filtra sietu atūdeņošanas zonā, t. s. „notekūdeņu dūņu tārpīni”. Tāpat kā primārā spiediena vadības režīmu, arī griezes momenta vadības režīmu var papildināt ar notekūdeņu dūņu padeves pārtraukšanas/atsākšanas funkciju.

Pretspiediena konusa darbība

Pretspiediena konuss, kas iebūvēts iekārtas notekūdeņu dūņu izlādes mezglā, darbojas kā pretreakcija ass virzienā plūstošajām atūdeņoto notekūdeņu dūņām. Šī detaļa pēc formas ir nošķelts gredzenveida konuss, kuru ar pneimatisko piedziņu var iespiest mainīgā dziļumā gredzenveida notekūdeņu dūņu izlādes spraugā. Atkarībā no iespiešanas dziļuma mainās atūdeņoto notekūdeņu dūņu plūsmas pretestība spraugā un attiecīgi spiediens uz filtra virsmas atūdeņošanas zonā.

Normālā atūdeņošanas procesā pretspiediena konusa pozīciju nosaka dinamisks līdzsvars starp izplūstošo masu un saspīestā gaisa spiedienu konusa piedziņas pneimosistēmā.

Pneimosistēmā iestatāmo spiedienu izvēlas atbilstīgi vēlamo spiedienam uz filtra virsmas. Jānorāda, ka pretspiediena konusa ārējais

diametrs ir mazāks par notekūdeņu dūņu izlāides spraugas ārējo diametru, tāpēc pat augsta pneimosistēmas spiediena gadījumā notekūdeņu dūņu izlāides sprauga netiks pilnīgi noslēgta. Ja pretī plūstošās notekūdeņu dūņas neradīs atbilstīgu aksiālo spēku, konuss tiks iebīdīts spraugā līdz atdurei, un notekūdeņu dūņu plūsmas pretestībai tiks saglabāta maksimālā pieejamā vērtība.

Pneimosistēmas spiediens visbiežāk tiek noregulēts dažu bāru robežās.

Jāņem vērā, ka šī vērtība ir atkarīga no pneimocilindra diametra un notekūdeņu dūņu izlāides spraugas šķērsriezuma laukuma attiecības, tāpēc spiediens pneimosistēmā **NAV** ekvivalents notekūdeņu dūņu atūdeņošanas spiedienam.

Atūdeņoto notekūdeņu dūņu izlādes mezgla darbībā lielu lomu spēlē notekūdeņu dūņu un flokulanta savietojamība. Pat, ja izvēlētais flokulants nodrošina labu ūdens atdalīšanos, tas nav pietiekami sekmīgai preses darbībai. Nepareizi izvēlēts vai pārdozēts flokulants bieži noved pie atūdeņojamās notekūdeņu dūņu masas pielipšanas pie skrūves vijumiem, kā rezultātā ievērojama preses šķērsriezuma laukuma daļa tiek bloķēta, un pa atlikušo brīvo daļu „tuneļa” veidā tiek izspiesta notekūdeņu dūņu plūsma ar daudz mazāku sausnas saturu. Preses darbības procesā šo parādību var konstatēt, novērojot atūdeņotās masas izlādi gar pretspiediena konusu. Ja preses darbība ir optimāla, pa visu konusa perimetru veidojas vienmērīgs masas „paklājs”. Ja kādā sektorā nav masas plūsmas, bet citā novērojama strauja pazeminātas viskozitātes masas izplūde, var droši secināt, ka jāpārskata flokulācijas parametri.

Skalošanas sistēmas darbība

Vecākas konstrukcijas preses tiek skalotas, pārtraucot notekūdeņu dūņu padevi, reversējot skrūves piedziņu, atbrīvojot sietu no sprūdu fiksācijas un rotējot to. Skalošanas sprauslas nostiprinātas uz nekustīga kolektora, bet skalošanas sistēmas darbība aprobežojas ar solenoīda vārsta atvēršanu un aizvēršanu. Visu darbību secību – notekūdeņu dūņu padeves pārtraukšanu, piedziņas reversēšanu, solenoīda atvēršanu un aizvēršanu, piedziņas reversēšanu, notekūdeņu dūņu padeves atjaunošanu – iekļauj automātiskās vadības programmā.

Jaunākas konstrukcijas presēm notekūdeņu dūņu atūdeņošana un attiecīgi notekūdeņu dūņu padeve skalošanas laikā netiek pārtraukta. Izmantojot atsevišķu motorreduktora piedziņu, pa noteiktu leņķi abos virzienos tiek pagriezts sietu aptverošs grozs, uz kura samontēti vairāki sprauslu kolektori. Skalošanas plūsma sadalīta vairākās sekcijās, kas ļauj programmēt dažādus skalošanas režīmus, kurus var secīgi izpildīt atkarībā no sieta aizsērēšanas ātruma. Šāda konstrukcija dod iespēju

racionālāk izmantot preses darba laiku, neizjaukt stacionāro flokulācijas procesu, ietaupīt skalošanas ūdeni, kā arī mazināt atsevišķu preses detaļu izdilumu.

Atūdeņošanas rezultāts

Pie pareizas ekspluatācijas un vidēja notekūdeņu dūņu tilpuma indeksa skrūves preses atūdeņotajās notekūdeņu dūņās spēj nodrošināt sausnas saturu līdz 20 %. Neskatoties uz teorētiski augsto sasniedzamo sausnas saturu atūdeņotajās notekūdeņu dūņās, pārsvarā skrūves preses atūdeņo notekūdeņu dūņas tikai **līdz 10–14 % sausnas**, kas ir vājš rādītājs. Ja vidējais sausnas saturs filtrprešu atūdeņotajās notekūdeņu dūņās ir 14,65 %, tad skrūves presēm tas ir 13,48 %.

Ekspluatācija un apkope

Skrūves preses apkope ir salīdzinoši vienkārša. Strikti jāievēro ražotāja instrukcijas, īpaši attiecībā uz dažādu drošības sistēmu darbību, eļļošanu. Modernas skrūves preses vadības sistēma ir izveidota tā, ka aizsargā no visa veida pārslodzēm un vajadzības gadījumā signalizē par kāda sensora vai cita signāla avota bojājumu.

Jāseko ne tikai automātiskās vadības sistēmas funkcijām, bet arī skalošanas ūdens kvalitātei un spiedienam, jāpārlicinās, vai skalošanas cikla laikā darbojas visas sprauslas un tiek atbilstīgi noskalotas visas sieta daļas, vai notekūdeņu dūņas nekļūst lipīgas.

Dilstošās daļas ir maināmās birstes uz skrūves vijumiem, ilgāk ekspluatējot iekārtu, arī pretspiediena konusa virsma; bet vecākās konstrukcijas presēm – sieta gala flanča atbalsta virsma, gar kuru notiek rotācija skalošanas laikā.

Piedziņu, izpildmehānismu un sensoru apkope jāveic atbilstīgi ražotāja instrukcijai un labai inženiertehniskai praksei.

Izmaksas

Ja pieņemam, ka elektroenerģijas cena pašvaldību ūdenssaimniecības pakalpojumu uzņēmumiem ir aptuveni 0,15 EUR/kWh, tad, ja ir 4–12 kWh/t sausnas, elektroenerģijas izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar skrūves presēm, ir aptuveni 0,60–1,80 EUR/t sausnas.

Lieko notekūdeņu dūņu atūdeņošana ar skrūves presēm prasa apmēram tādu pašu polimēra patēriņu kā atūdeņošana ar filtrpresēm, bet lielāku nekā ar dekantercentrifūgām. Ja mērķis ir sasniegt maksimālo sausnas saturu atūdeņotajās notekūdeņu dūņās, parastais polimēra patēriņš, strādājot ar skrūves presēm, ir 8–12 kg polimēra uz 1 t notekūdeņu dūņu sausnas. Ja atūdeņotajās notekūdeņu dūņās ir pieļaujams zemāks sausnas saturs, polimēra patēriņš attiecīgi samazinās.

Pieņemot, ka polimēra cena ir 3,00 EUR/kg, tad gadījumā, kad polimēra patēriņš ir 5–12 kg/t sausnas, polimēra izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar skrūves presi, ir aptuveni **15–36 EUR/t sausnas**. Kopējās ekspluatācijas izmaksas tipiska skrūves prešu elektroenerģijas patēriņa gadījumā apkopotas 21. tabulā.

21. tabula

Kopējās izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar skrūves presēm

Elektroenerģijas izmaksas, EUR/t sausnas	Polimēra izmaksas, EUR/t sausnas	Kopējās izmaksas, EUR/t sausnas
0,48–1,44	15,00–36,00	15,48–37,44

Atūdeņojot liekās aktīvās notekūdeņu dūņas ar skrūves presēm, polimēra izmaksas ir būtiski (vismaz desmit reizes) lielākas par elektroenerģijas izmaksām. Līdz ar to polimēra izmaksas sastāda apmēram 95 % no kopējām tiešajām notekūdeņu dūņu atūdeņošanas izmaksām.

4.3.3.7. Disku preses

Disku preses pēc darbības principa ir skrūves preses paveids, kam filtrējošais siets aizstāts ar disku struktūru. Daudzu, pārmaiņus nekustīgu un kustīgu gredzenveida disku struktūra, kas aptver notekūdeņu dūņu transporta skrūvi, veido filtrējošo elementu. Filtra sieta acs analogs veidojas kā sprauga starp nekustīgo un kustīgo disku.

Piemērotība

Tāpat kā skrūves preses, arī disku preses ir piemērotas ne pārāk liela NAI radīto notekūdeņu dūņu apjoma atūdeņošanai, kur iedzīvotāju ekvivalents ir līdz 50 000 CE un nevajag nodrošināt maksimāli augstu sausnas saturu.

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Vienkārša un ērti pārraugāma darbība	Prasa kvalificētu darbaspēku
Salīdzinoši zems enerģijas un ūdens patēriņš	Nepieciešams rūpīgi piemeklēt polimēra marku un kvalitatīvi sagatavot darba šķīdumu
Mazāk ātri dilstošu detaļu (salīdzinot ar centrifūgu)	Zemāks sausnas saturs nekā centrifūgām
Vienkārša apkope	Liels polimēra patēriņš
Kompakta konstrukcija, aizņem mazāk vietas	Patērē vairāk skalošanas ūdens (salīdzinot ar centrifūgu)

Tehnoloģija

Notekūdeņu dūņas no notekūdeņu dūņu tvertnes tiek padotas uz augšējo tvertni (41. attēls), kas ar daļēju sienu nosacīti sadalīta divās sekcijās – dozēšanas un flokulēšanas. Sūknis iesūknē notekūdeņu dūņas dozēšanas sekcijā, kas aprīkota ar noteiktā augstumā ieregulējamu pārplūdes cauruli. Sūkņa ražība ir garantēti lielāka par vēlamo padeves apjomu preseī. Attiecīgs pārplūdes augstums nodrošina nemainīgu hidrostatisko spiedienu preses darba cilindru ieplūdes vietā. No dozēšanas sekcijas notekūdeņu dūņas pārtek flokulācijas sekcijā, kur tiek sajauktas ar iepriekš atsevišķā iekārtā (tāpat kā visām atūdeņošanas tehnoloģijām) sagatavotu flokulanta šķīdumu un pa elastīgu cauruli paštecē nonāk preses darba cilindros. Jāpiezīmē, ka reālā notekūdeņu dūņu caurplūde caur darba cilindru atkarīga no atūdeņošanas procesa parametriem, kas var būt laikā mainīgi neatkarīgi no konstantā hidrostatiskā spiediena dozēšanas sekcijā. Tas uzskatāms par disku preses trūkumu, īpaši tāpēc, ka flokulanta šķīduma padeve notiek ar regulējamās ražības sūkni, bet bez atgriezeniskās saites ar mainīgo notekūdeņu dūņu plūsmu. Tāpēc sausnas saturam un notekūdeņu dūņu plūsmai atbilstīga flokulanta aktīvās vielas pievienošana iespējama visai nosacīti. Flokulanta šķīduma pievienošana neliela izmēra flokulācijas sekcijai tieši pirms ieplūdes preses darba cilindros arī nenodrošina homogēnu flokulāciju ar vienmērīgu izturēšanas laiku visā flokulācijas zonas tilpumā. Darba cilindra konstrukcija arī neļauj panākt augstu atūdeņošanas spiedienu.

Atūdeņotās masas sausnas saturs parasti nepārsniedz 15 %.



41. attēls. Disku preses kompakta instalācija²⁸

²⁸ <https://www.tsurumi.eu/>

Atsevišķa notekūdeņu dūņu tvertne nepieciešamības gadījumā ļauj ērti dozēt kādu koagulantu, piemēram, dzelzs hlorīdu. Šāda divu reaģentu izmantošanas shēma var uzlabot sausnas saturu atūdeņotajā masā, bet tās lietošanas mērķtiecība atkarīga no konkrētajām notekūdeņu dūņu īpašībām un izskatāma katrā gadījumā atsevišķi.

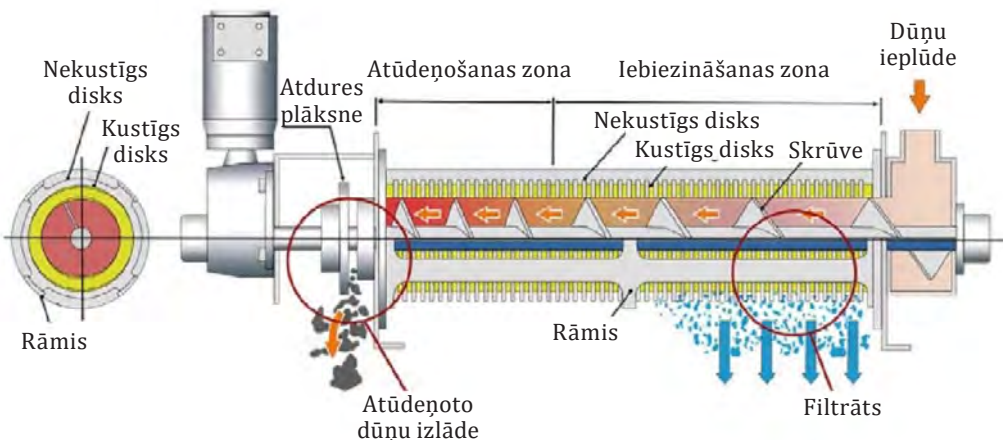
Konstruktīvi pielāgojot darba cilindru sekciju garumu, var mērķtiecīgi izgatavot disku presi, kas pielāgota dažādas sausnas koncentrācijas notekūdeņu dūņu atūdeņošanai. Ražotāji parasti uzrāda diapazonu 0,3–2 % sausnas. Dimensionējot disku presi konkrētai ražībai, jāņem vērā, ka, salīdzinot ar sieta filtra skrūves presi, spiediens biezināšanas zonā ir vairākkārt zemāks, tātad mazāka būs arī filtrācijas intensitāte.

Uzbūve

Disku preseī parasti ir vairāk nekā viens darba cilindrs – disku komplekts ar transporta skrūvi (42. attēls) dod iespēju veikt preses apkopi pa daļām, nepārtraucot atūdeņošanas procesu.

Galvenā disku preses darbības īpatnība ir filtrējošās virsmas veidošana, izmantojot attiecīgu kustību.

Transporta skrūvi aptver disku komplekts, kurā pārmaiņus uzstādīti nekustīgi un kustīgi diski. Disku komplekta un skrūves ģeometrija ir tāda, ka, skrūve rotējot, pieskaras kustīgajiem diskkiem un liek tiem veikt komplānu kustību ar dažu milimetru amplitūdu attiecībā pret



42. attēls. Disku preses darbības shēma²⁹

²⁹ <https://www.tsurumi.eu/>

nekustīgajiem diskkiem. Šādā veidā tiek nodrošināta filtrējošo spraugu attīrīšanās. Atšķirībā no skrūves preses ar sietu nav nepieciešama intensīva augstspiediena skalošana, vajadzīgas tikai vieglas ūdens strūkliņas. Iepriekš flokulētas notekūdeņu dūņas ieplūst darba cilindrā. Cilindra priekšējā daļā gravitācijas ietekmē notiek notekūdeņu dūņu iebiezināšana – lielākās ūdens daļas filtrēšana starp diskkiem. Cilindra aizmugurējā daļā, kur notekūdeņu dūņās atlicis mazāk ūdens, skrūves vijumu solis ir mazāks, un, lietojot skrūves spiedienu, notiek atūdeņošana.

Cilindra izejā regulējamā attālumā no pēdējā diska uzstādīta atdures plāksne, kas nodrošina vajadzīgo pretspiedienu. Uz kolektora uzstādītās ūdens sprauslas nodrošina nelielu ūdens plūsmu, kas pietiekama nedaudzo, starp diskkiem izspiesto notekūdeņu dūņu daļiņu noskalošanai. Skrūves rotācijas ātrums ļoti mazs – 1–2 apgr./min. Šāds režīms nodrošina jūtamu enerģijas ekonomiju.

Disku materiāls var būt dažāds (43. attēls), bet visbiežāk tiek izmantots īpašas markas nodilumizturīgs tērauds. Komplekta diski ir iekārtas detaļas, kas tiek regulāri mainītas, tātad to nodilumam uzmanīgi jāseko. Katrā konkrētajā gadījumā disku nomaiņas biežums atkarīgs no disku materiāla un smilšu daudzuma notekūdeņu dūņās.



43. attēls. Disku preses darba zona atūdeņošanas procesa laikā³⁰

³⁰ www.ekoton.com

Salīdzinot ar sieta filtra skrūves presi, disku preses vadības sistēma ir daudz vienkāršāka – nenotiek spiediena un griezes momenta kontrole, nav arī pneimatiski regulējamas pretspiediena ierīces atūdeņotās masas izplūdes vietā.

Tāpēc disku preses instalācija tiek veidota atbilstīgi vienkāršai vadības shēmai, un tās palīgaprīkojums vairumā gadījumu uzskatāms par neatņemamu iekārtas daļu (t. i., tradicionāla notekūdeņu dūņu padeve ar sūkni neļautu realizēt preses tehnoloģisko shēmu).

4.3.3.8. Lentas preses

Kā jau liecina pats nosaukums, lentas filtrprešu darbības pamatā ir filtrēšana. Pēc tam, kad notekūdeņu dūņas ir reaģējušas ar polimēru, speciāls sadales mezgls notekūdeņu dūņu masu uzklāj uz kustīgas filtrējošas lentas. Ūdens iztek lentai cauri, bet speciāli ruļļi notekūdeņu dūņu masu nospiež, veicinot atūdeņošanu.

Piemērotība

Lentas preses bieži izmanto fermentēto notekūdeņu dūņu atūdeņošanai, taču iekārtas var lietot, arī atūdeņojot notekūdeņu dūņas, kas nav fermentētas. Agrāk šīs iekārtas plaši izmantoja mazās un vidējās NAI, taču tagad tās arvien biežāk tiek aizstātas ar centrifūgām, ņemot vērā to kompakto un slēgto uzbūvi. Tiek izgatavotas arī kravas automašīnā uzstādāmas lentas preses, ko var izmantot vairākas mazas NAI, nodrošinot izmaksu sadalījumu starp ūdenssaimniecībām.

Latvijā lentas preses pārsvarā tiek izmantotas nelielu pilsētu NAI lieko notekūdeņu dūņu atūdeņošanai.

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Cena zemāka nekā centrifūgai	Sausnas saturs – 12–16 %
Neliels elektroenerģijas patēriņš	Skalošana prasa ievērojamu tīrā ūdens patēriņu
Nav ātri rotējošu komponentu	Salīdzinoši lielas iekārtas un aizņem daudz vietas
Nav daudz dilstošu detaļu, kas būtu regulāri jāmaina	
Vienkārša tehniskā apkope	
Neprasa dārgus un sarežģītus remontdarbus	

Tehnoloģija

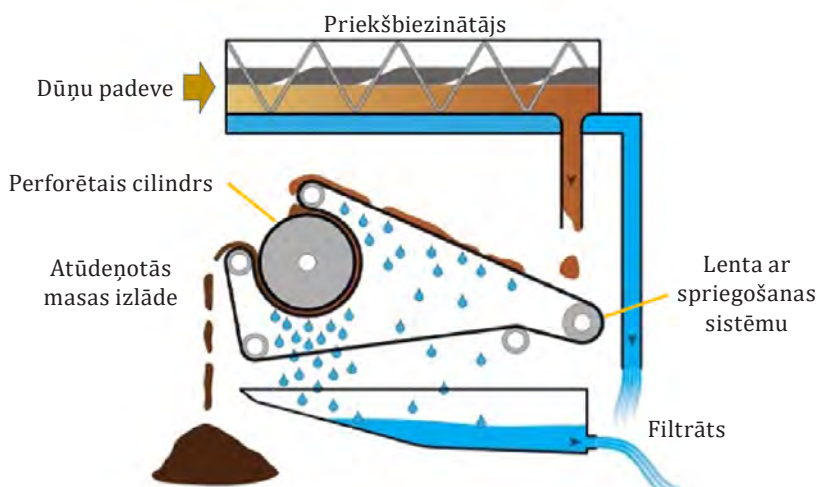
Pastāv vairāki lentas preses konstrukcijas veidi, kas pamatā atšķiras ar lentu un ruļļu skaitu. Ir vienkāršas konstrukcijas lentas preses (44. attēls), kas ir lētas un vienkārši ekspluatējamas.

Nepieciešamā platība ir atkarīga no lentas preses ietilpības, parastie izmēri: platums 3–6 metri, garums 5–10 metri, augstums 3–6 metri, ieskaitot tehniskai apkopei vajadzīgo platību. Šo aprīkojumu var uzstādīt tikai telpās.

Atūdeņošanas rezultāts

Atūdeņošanas rezultāts ir sliktāks, nekā atūdeņojot ar centrifūgu. Pirmējās notekūdeņu dūņas var atūdeņot līdz sausnas saturam apmēram 30–35 %, pirmējo un lieko notekūdeņu dūņu maisījumu līdz sausnas saturam apmēram 24–30 %, aerobi stabilizētas notekūdeņu dūņas līdz sausnas saturam apmēram 15–22 % un fermentētas notekūdeņu dūņas līdz 20–28 %.

Ar lentes presēm notekūdeņu dūņas parasti atūdeņo līdz 13–16 % sausnas.



44. attēls. Lentas filtrpreses vienkāršota shēma³¹

³¹ www.technofangi.it

NAI operatori reti tiecas sasniegt augstāku sausnas saturu atūdeņotājās notekūdeņu dūņās, jo tas prasītu lielāku polimēra patēriņu, kas rada lielākas atūdeņošanas izmaksas. Pārsvārā tiek uzskatīts, ka atūdeņot notekūdeņu dūņu utilizācijas izmaksas ir pietiekami nelielas un atūdeņot notekūdeņu dūņas līdz augstākam sausnas procentam neatmaksājas.

Atūdeņošanas efektivitāti nosaka ne tik daudz lēnas preses modelis vai izgatavošanas gads, bet gan notekūdeņu dūņu īpašības konkrētajās NAI, izvēlētā polimēra marka un doza, kā arī operatora prasme noregulēt atūdeņošanas procesu.

Ekspluatācija un apkope

Lēnas preses ir paredzētas darbināšanai nepārtrauktā režīmā (24/7), taču iespējams arī organizēt darbu maiņās (8 vai 16 stundas dienā piecas dienas nedēļā). Ieteicams izmantot bufertvertni, kas aprīkota ar maisītāju, bet, ja prese netiek darbināta nepārtraukti, jāpalielina bufertvertnes tilpums. Bufertvertne garantē procesa stabilitāti. Iespējama arī tiešā padeve.

Lēnas preses ir vienkārši ekspluatējamas, tām nav ātri rotējošu detaļu, un tām nav vajadzīgi dārgi un sarežģīti remontdarbi. Filtrpresēm nav daudz dilstošu daļu, kas prasītu regulāru nomaiņu: periodiski ir jāmaina ruļļu bukses (slīdgultņi) un lēnas mazgāšanas sistēmas sprauslas. Abas šīs komponentes nav dārgas. Pēc samērā ilga perioda (vismaz 5–10 gadu darba) ir jāmaina filtrējošā lenta.

Ja lēnas preseī regulāri tiek veikta profilaktiska tehniskā apkope, tā ir droša iekārta.

Lokālie vadības paneli un tālvadības pultis nodrošina iespēju viegli noregulēt lēnas filtrpresi un kontrolēt tās darbību. Filtrpreses regulēšana ir samērā vienkārša un neprasa augstu personāla kvalifikāciju.

Izmaksas

Kapitālās izmaksas atkarībā no jaudas ir no 80 000 eiro līdz 250 000 eiro. Iekārtu ekspluatācijas laiks parasti ir 15–20 gadi. Investīciju izmaksas var pieaugt, ja tiek uzstādīts smaku nosūkšanas pārsegs vai palielināta atsevišķu sekciju veiktspēja.

Uzstādītā jauda ir apmēram 20–50 kW, elektroenerģijas patēriņš apmēram 4–9 kWh/t sausnas. Šīs iekārtas elektroenerģijas patēriņš, salīdzinot ar kopējo NAI elektroenerģijas patēriņu, ir niecīgs.

Ja pieņemam, ka elektroenerģijas cena ūdenssaimniecībām ir aptuveni 0,15 EUR/kWh, tad pie 4–9 kWh/t sausnas, elektroenerģijas

izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar lentas presēm, ir aptuveni 0,60 – 1,35 EUR/t sausnas.

Teorētiski, lieko notekūdeņu dūņu atūdeņošana ar lentas presēm prasa apmēram tādu pašu polimēra patēriņu kā atūdeņošana ar skrūves presēm, bet, salīdzinot ar centrifūgām, tas ir lielāks. Ja mērķis ir sasniegt maksimālo sausnas saturu atūdeņotajās notekūdeņu dūņās, parasts polimēra patēriņš, strādājot ar lentas presēm, ir 8–12 kg polimēra uz 1 t notekūdeņu dūņu sausnas. Ja atūdeņotajās notekūdeņu dūņās ir pieļaujams zemāks sausnas saturs, polimēra patēriņš attiecīgi samazinās. Pieņemot, ka polimēra cena ir 3,00 EUR/kg un polimēra patēriņš ir 3–10 kg/t sausnas, iegūstam, ka polimēra izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar lentas presēm, ir apmēram **9–30 EUR/t sausnas**. Kopējās ekspluatācijas izmaksas tipiska lentas prešu elektroenerģijas patēriņa gadījumā apkopotas 22. tabulā.

22. tabula

Kopējās izmaksas, atūdeņojot notekūdeņu dūņas ar lentas presēm

Elektroenerģijas izmaksas, EUR/t sausnas	Polimēra izmaksas, EUR/t sausnas	Kopējās izmaksas, EUR/t sausnas
0,48–1,08	9,00–30,00	9,48–31,08

Atūdeņojot liekās aktīvās notekūdeņu dūņas ar lentas presēm, polimēra izmaksas ir būtiski (vismaz desmit reizes) lielākas par elektroenerģijas izmaksām un sastāda aptuveni 95 % no kopējām tiešajām notekūdeņu dūņu atūdeņošanas izmaksām.





4.3.3.9. Kopsavilkums par Latvijā izplatītākajām notekūdeņu dūņu atūdeņošanas tehnoloģijām

Latvijā visizplatītāko notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iekārtu darbību raksturojošo parametru salīdzinājums ir apkopots 23. tabulā. Salīdzinājums ir veikts atbilstīgi iepriekšējās nodaļās izklāstītajai informācijai. Tā kā disku preses tehnoloģija Latvijā tiek lietota samērā reti, atsevišķās tabulas ailēs trūkst informācijas par to faktisko darbību Latvijas apstākļos.

Savukārt tehnoloģiju priekšrocību un trūkumu apkopojums redzams 24. tabulā. Iekārtu salīdzinājums rāda, ka katrai no tām ir savas priekšrocības un vājās vietas. Izvēloties notekūdeņu dūņu atūdeņošanas iekārtas, liela nozīme ir to parametru un darba režīma sasaistei ar notekūdeņu attīrīšanas iekārtām un notekūdeņu dūņu apstrādes un utilizācijas tehnoloģisko shēmu.



23. tabula

Atūdeņošanas iekārtu tehnoloģiju salīdzinājums

Kritērijs	IEKĀRTAS			
	Centrifūgas	Skrūves preses	Disku preses	Lentas preses
				
Lietošana	Lielās NAI, vidējās un mazās iekārtās (mobila iekārta)	Ieteicams līdz CE 50 000	Nelielās NAI	Nelielās NAI, (mobila iekārta)
Tehnoloģija	Sarežģīta konstrukcija. Iespējama regulēšana	Vienkārša konstrukcija. Plašas regulēšanas iespējas	Vienkārša konstrukcija. Plašas regulēšanas iespējas	Vienkārša konstrukcija. Maz regulēšanas iespēju
Piemērotība	Fermentētu vai aerobi stabilizētu notekūdeņu dūņu atūdeņošanai	Fermentētu notekūdeņu dūņu atūdeņošanai	Fermentētu notekūdeņu dūņu atūdeņošanai	Fermentētu notekūdeņu dūņu atūdeņošanai
Atūdeņošanas rezultāts, %	18–24 %	10–14 (maks. 20 %)	Līdz 15 %	13–16 %
Ekspluatācija un apkope	Prasa pastiprinātu uzmanību	Vienkārša ekspluatācijā	Vienkārša ekspluatācijā	Vienkārša ekspluatācijā
Vides aspekti	Nerada īpašas vides problēmas. Iespējams augsts trokšņa līmenis	Nerada īpašas vides problēmas	Nerada īpašas vides problēmas	Nerada īpašas vides problēmas
Kapitālās izmaksas, EUR	100 000–250 000	100 000–150 000		80 000–250 000
Iestatītā jauda, kW			0,3–20	20–50
Elektrības patēriņš, kWh/t sausnas	90–200	4–12	4–16	4–9
Elektrības izmaksas, EUR t/sausnas	10,80–24,00	0,48–1,44		0,48–1,08
Polimēra patēriņš, kg/t notekūdeņu dūņu sausnas	3,7–12	8–12		8–12
Polimēra izmaksas, EUR/t sausnas	11,1–36,0	15,00–36,00		9,00–30,00
Summārās izmaksas, EUR/t sausnas	21,9–60,0	15,48–37,44		9,48–31,08

24. tabula

Atūdeņošanas iekārtu priekšrocību un trūkumu salīdzinājums

Kritērijs	IEKĀRTAS			
	Centrifūgas	Skrūves preses	Disku preses	Lentas preses
				
Priekšrocības	<p>Iekārtu kompakts.</p> <p>Iespēja strādāt bez reagentu shēmām un lietojot flokulantus.</p> <p>Lielāks sausnes saturs atūdeņotajās notekūdeņu dūņās un mazākais polimēra patēriņš, salīdzinot ar citām šeit minētajām iekārtām</p>	<p>Nav nekādu ārēji rotējošu komponentu.</p> <p>Patērē daudz mazāk elektroenerģijas nekā centrifūgas.</p> <p>Var nodrošināt ievērojami labāku atūdeņošanas pakāpi, salīdzinot ar lentas tipa presēm.</p> <p>Rezerves daļu izmaksas zemākas nekā centrifūgām.</p> <p>Vienkārša un ērti pārbaudāma darbība</p>	<p>Vienkārša un ērti pārbaudāma darbība.</p> <p>Zems enerģijas un ūdens patēriņš</p>	<p>Nav daudz un ātri dilstošu detaļu un mezglu.</p> <p>Neliels elektroenerģijas patēriņš.</p> <p>Nevajag no dūņām atdalīt liela izmēra ieslēgumus un smiltis.</p> <p>Vienkārša ekspluatācijā.</p> <p>Neprasa dārgus un sarežģītus remontdarbus</p>
Trūkumi	<p>Nepieciešamība no dūņām atdalīt liela izmēra ieslēgumus un smiltis.</p> <p>Periodiska gliemežveida transportskrūvju uzmetināšana vai nomaiņa</p>	<p>Prasa kvalificētu darbaspēku.</p> <p>Rūpīgi jāpiemeklē polimēra marka un kvalitatīvi jāgatavo darba šķidrums.</p> <p>Rezerves daļu izmaksas ir augstākas nekā lentas presēm.</p> <p>Polimēra patēriņš lielāks nekā centrifūgām</p>	<p>Vajadzīgs kvalificēts darbaspēks.</p> <p>Prasa rūpīgi piemeklēt polimēra marku un kvalitatīvi sagatavot darba šķidrumu.</p> <p>Rezerves daļu izmaksas ir augstākas nekā lentas presēm.</p> <p>Polimēra patēriņš lielāks nekā centrifūgām</p>	<p>Salīdzinājumā ar centrifūgām ir lielāki izmēri.</p> <p>Smaku izdalīšanās iespējas.</p> <p>Filtrējošā auduma periodiska nomaiņa.</p> <p>Liels ūdens patēriņš skalošanai</p>

4.4. Notekūdeņu dūņu pārstrāde

Notekūdeņu dūņas veido organiska masa, kas sadalās mikroorganismu darbības rezultātā. To var pārstrādāt, izmantojot kontrolējamus biotehnoloģiskos procesus, kur notiek daļēja vai pilnīga bioloģiski sadalāmo vielu pārveide – biokonversija. Bioloģiskie procesi ir jānodrošina ar mikroorganismu augšanai atbilstīgu temperatūras un mitruma režīmu, vides pH līmeni.

Atkarībā no tā, vai notekūdeņu dūņas pārstrādā anaerobi vai aerobi, pirmajā gadījumā ir nepieciešama bezskābekļa vide, bet otrajā gadījumā process jānodrošina ar attiecīgo skābekļa daudzumu.

Tāpat vajadzīga arī citu procesu nodrošināšanai nepieciešamo parametru kontrole un optimizācija.

4.4.1. Izturēšana notekūdeņu dūņu laukos – aukstā fermentācija

Notekūdeņu dūņu izturēšana notekūdeņu dūņu laukos jeb aukstā fermentācija ir viens no notekūdeņu dūņu aerobās pārstrādes paņēmieniem.

MĒRĶIS – pārstrādāt notekūdeņu dūņas organiskā mēslojumā, ko var izmantot augsnes ielabošanā gan lauksaimniecībā, gan apzaļumošanā, gan citviet.

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 notekūdeņu dūņas tiek uzskatītas par pārstrādātām, ja tās ir uzglabātas (izturētas) arī šķidrā veidā, vismaz 12 mēnešus (aukstā fermentēšana) bez sajaukšanas un pārvietošanas glabāšanas laikā. Šajā laikā notekūdeņu dūņas gan izsalst, gan iziet termiskās apstrādes ciklu vasarā.

Notekūdeņu dūņu glabāšanas periods nedrīkst pārsniegt trīs gadus.

Atbilstīgi MK noteikumiem Nr. 362 notekūdeņu dūņas, kas glabātas ilgāk par trīs gadiem, tiek klasificētas kā atkritumi, un uz tām jāattiecinā atkritumu apsaimniekošanas normatīvie akti.

Notekūdeņu dūņu žāvēšanas lauki (45. attēls) visā pasaulē sadzīves un komunālo notekūdeņu pārstrādē ir zināmi un plaši lietoti jau vairāk nekā 100 gadu. Lai gan šādi notekūdeņu dūņu žāvēšanas lauki visefektīvāk darbojas siltos un saulainos reģionos, tos izmanto arī notekūdeņu

attīrīšanas iekārtās ziemeļu klimatiskajās joslās, kur ne tikai tiek īstēnota dūņu žāvēšana, paaugstinot sausnes saturu tajās, bet arī daļēja higienizācija, tās izsaldējot.

Piemērotība

Var pārstrādāt gan atūdeņotas, gan neatūdeņotas notekūdeņu dūņas. Var izmantot dažādas noslodzes un dažādu veidu notekūdeņu attīrīšanas iekārtas

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Zemas kapitālās izmaksas	Netiek nodrošināts pietiekams žāvēšanas process, jo to ietekmē nokrišņi
Neliels enerģijas patēriņš	Nepieciešama iepriekšēja notekūdeņu dūņu stabilizācija
Zemas ekspluatācijas izmaksas	Pārkraušanas un transportēšanas laikā izdalās nepatīkama smaka
Mazs polimēra patēriņš, jo nav vajadzīgs augsts sausnes saturs	Vajadzīgs ievērojamas platības/laukumu notekūdeņu dūņu izturēšanai
Nav nepieciešams speciālas operatoru prasmes un papildu darbspēks	Nepietiekami uzlabojas higiēniskās īpašības
Var izmantot lauksaimniecībā	Nav ieteicams izmantot pārtikas produktu audzēšanai

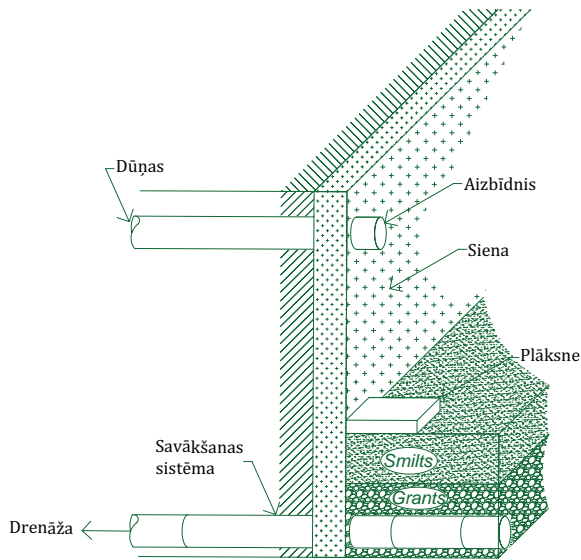


45. attēls. Atklāti notekūdeņu dūņu žāvēšanas lauki³²

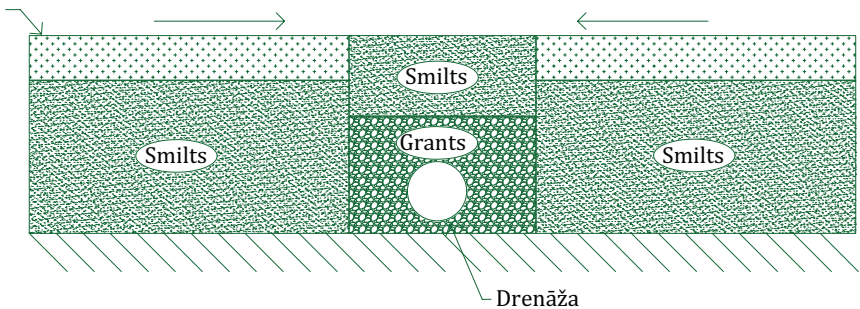
³² <https://commons.wikimedia.org/>

Tehnoloģija

Notekūdeņu dūņu žāvēšanas lauku izveidē ir iespējamas daudzas dizaina variācijas, tostarp atšķirīgs drenāžas cauruļvadu izkārtojums, grants un smilšu slāņu biezums un veids, kā tiek izmantoti celtniecības materiāli. Latvijas apstākļiem zināmākie un līdz šim biežāk izmantotie ir notekūdeņu dūņu žāvēšanas lauki ar cietu pamatni, liekā ūdens drenāžas slāni un drenāžas ūdeņu savākšanas sistēmu (46. attēls un 47. attēls).



46. attēls. Tradicionāls notekūdeņu dūņu žāvēšanas lauks ar smilšu pamatni³³



47. attēls. Notekūdeņu dūņu lauka ar cietu pamatni (asfalts vai betons) šķērsriezums

³³ Metcalf & Eddy, Inc. (2003)

Virš 200 mm līdz 460 mm šķembu slāņa uzber 230 mm līdz 380 mm biezu smilšu slāni. Biezāks smilšu slānis nodrošina labu filtrāta kvalitāti un samazina smilšu slāņa nomaiņas biežumu, kas var radīt smilšu slāņa sarukumu tā tīrīšanas rezultātā. Tomēr dziļāks smilšu slānis parasti aizkavē drenāžas procesu. Smilšu efektīvais diametrs parasti ir no 0,3 mm līdz 0,75 mm, un to vienmērīguma koeficients ir mazāks par 4,0. Grants parasti tiek klasificēta ar faktisko diametru no 3 mm līdz 25 mm.

Drenāžas cauruļvadus veido no perforētas plastmasas vai keramikas caurulēm, kuras uzstāda ar atvērtiem savienojumiem (bez starplikām), lai izvairītos no cauruļu bojājumiem, ņemot vērā transportlīdzekļu veidu, kas tiek izmantots notekūdeņu dūņu noņemšanas laikā. Cauruļu diametrs nedrīkst būt mazāks par 100 mm, un to minimālajam slīpumam jābūt 1 %.

Parasti notekūdeņu dūņas uzklāj uz lauka, izmantojot spiedvadus. Veidojot notekūdeņu dūņu žāvēšanas laukus, jāparedz iespēja, kā izskatīt cauruļvadus un, ja nepieciešams, novērst to sasalšanu aukstā laikā. Tāpat jāņem vērā, ka ir jānodrošina mehānisms, kas aizsargā lauka pamatnes no erozijas brīdī, kad notekūdeņu dūņas nolīst/nokrīt uz lauka pamatnes.

Var veidot arī daļēji vai pilnīgi slēgtus notekūdeņu dūņu žāvēšanas laukus (48. attēls), kas ļauj atūdeņot notekūdeņu dūņas visu gadu neatkarīgi no laika apstākļiem. Slēgto lauku papildu priekšrocība ir iespēja samazināt dūņu pārstrādes laikā radušos smaku izplatīšanos. Ir iespējams izmantot caurspīdīgas konstrukcijas materiālus, lai maksimāli izmantotu saules siltuma enerģiju liekā ūdens iztvaicēšanai tāpat kā siltumnīcās. Pilnīgi segtiem notekūdeņu dūņu žāvēšanas laukiem ir vajadzīgs par apmēram par 25 % līdz 30 % mazāks laukums nekā atklātiem laukiem.



48. attēls. Segti siltumnīcas tipa notekūdeņu dūņu žāvēšanas lauki³⁴

³⁴ www.huber.de

Segtos notekūdeņu dūņu laukos notekūdeņu dūņas nav pakļautas nokrišņu ietekmei. Atšķirībā no atklātiem notekūdeņu dūņu laukiem, kur izturēšanas laikā notekūdeņu dūņas parasti kļūst slapjākas (sausnas saturs tajās samazinās) un izvedamo notekūdeņu dūņu apjoms pieaug, segtos notekūdeņu dūņu laukos notekūdeņu dūņu sausnas saturs izturēšanas laikā nedaudz palielinās un izvedamo notekūdeņu dūņu apjoms mazliet samazinās.

Vienkāršākais notekūdeņu dūņu lauka izmēra kritērijs ir vienības noslodze kilogramos sausnas uz kvadrātmētru gadā konkrētam notekūdeņu dūņu veidam, ņemot vērā arī klimatiskos apstākļus (temperatūra, vēja ātrums un nokrišņi), kā arī notekūdeņu dūņu īpašības, piemēram, smilšu, tauku, organisko vielu saturu un koncentrāciju.

Vislielāko notekūdeņu dūņu higiēnizācijas efektu dod notekūdeņu dūņu iekļāšana plānā slānī 30–40 cm biezumā, kas ziemā izsalst, vasarā uzkarst un iztvaikojot atūdeņojas.

Biezāka slāņa veidošana nav ieteicama, jo tad dziļāko slāņu notekūdeņu dūņas neizsalst.

Uzklājot šāda biezuma slāni, optimālai slodzei pēc sausnas vajadzētu būt 10 līdz 15 kg sausnas/m². Kopējais nepieciešamais žāvēšanas laiks ir atkarīgs no vēlamā sasniedzamā sausnas satura. Papildus ūdenim, kas izplūst cauri smilšu slānim, mitrums tiek mazināts, arī to iztvaicējot. Laiks, kas nepieciešams mitruma iztvaikošanai, ir ievērojami ilgāks nekā laiks, kas vajadzīgs drenāžai. Tādēļ laiku, cik ilgi notekūdeņu dūņām jāatrodas notekūdeņu dūņu žāvēšanas laukā, nosaka ūdens daudzums, kas jāmazina, dūņas iztvaicējot. Žāvēšanas laiks ir īsāks reģionos, kur ir maz nokrišņu un mitruma, bet vairāk saules.

Labvēlīgos apstākļos notekūdeņu dūņas pēc 10 līdz 15 dienām var izžūt līdz aptuveni 40 % sausnas.

Dabiska notekūdeņu dūņu izsalšana un atkausēšana vēsajā ziemeļu klimatā uzlabo notekūdeņu dūņu atūdeņošanās spēju. Izžāvētām notekūdeņu dūņām ir rupja, saplaisājusi virsma, un tās ir tumši brūnas. Mazās NAI izžāvētās notekūdeņu dūņas parasti noņem, manuāli tās sastumjot kaudzēs un izvedot ar kravas automašīnām. Lielākās NAI izmanto frontālo iekrāvēju vai īpašu mehānisku izžāvēto notekūdeņu dūņu noņemšanas aprīkojumu.

Aukstās fermentācijas laikā dūņu masas apjoms samazinās uz ūdens iztvaikošanas rēķina. Ja notekūdeņu dūņu saistīšanai izmantoti ķīmiski koagulanti, iztvaikošana notiek ļoti lēni un ūdens saturs notekūdeņu dūņu dziļākajos slāņos var saglabāties nemainīgs vai pat palielināties.

Organiskās vielas noārdās minimālā apjomā vai arī anaerobo procesu laikā, kad izdalās metāna gāze.

Glabāšanas laikā nedaudz uzlabojas notekūdeņu dūņu fizikālās īpašības – tās kļūst sausākas un izsalšanas rezultātā arī mazāk saistīgas (vieglāk iestrādājamas ar mēsļu ārdītājiem). Notekūdeņu dūņu ķīmiskās īpašības apstrādes laikā neuzlabojas. Minerālais slāpeklis pāriet amonija sāļu formā. Smago metālu koncentrācija saglabājas attiecīgajā līmenī vai izskalošanās rezultātā nedaudz samazinās.

Vides aspekti

Pārstrādes laikā nav raksturīgs izteikts nepatīkams aromāts. Notekūdeņu dūņu uzglabāšanas laikā masas dziļākajos slāņos notiek anaerobi procesi, kad veidojas metāns un citas siltumnīcas efektu izraisošas gāzes. Dzīvnieki un insekti, kurus piesaista notekūdeņu dūņu masā esošās barības vielas, var pārnēsāt slimības. Notekūdeņu dūņu pārkraušanas un transportēšanas laikā izplatās nepatīkama smaka, ko veido galvenokārt reducēti sēra un amonija savienojumi. Izsaldējot notekūdeņu dūņas, lielākoties netiek veikta pilnīga to higienizācija.

Noturētu notekūdeņu dūņu izmantošana

Atūdeņotas, ilgi uzglabātas notekūdeņu dūņas ir viskoza masa – tās blīvums ir 1,0–1,2 kg/l. Notekūdeņu dūņu virskārta parasti labāk atūdeņojas. Šādas notekūdeņu dūņas transportējamās ūdensnecauraidīgās kravas kastēs, kas var būt vaļējas, jo notekūdeņu dūņas ir pusšķidrās un neput. Saskaņā ar Latvijas normatīviem uzglabātas notekūdeņu dūņas var lietot lauksaimniecībā, apzaļumošanā, degradētu teritoriju rekultivācijā. Ņemot vērā, ka uzglabāšanas laikā notekūdeņu dūņu higiēniskās īpašības būtiski neuzlabojas, tās nav ieteicams lietot pārtikā lietojamu kultūru, ko pārtikā izmanto bez termiskas apstrādes, audzēšanai paredzētās platībās vai arī darīt to vismaz gadu pirms pārtikas kultūru audzēšanas.

Izmaksas

Notekūdeņu dūņu uzglabāšanas izmaksas veido:

- 1) kapitālieguldījumi uzglabāšanas laukuma izbūvei, t. sk. ūdens necauraidīgs laukuma pamats un drenāžas sistēma;
- 2) notekūdeņu dūņu pārkraušana un transports no NAI;
- 3) elektroenerģijas izmaksas filtrācijas ūdeņu pārsūkņēšanai atpakaļ uz NAI.

Vidējās izmaksas notekūdeņu dūņu apstrādei, tās uzglabājot, ir 0,06–0,10 EUR uz 1 m³ notekūdeņu vai aptuveni 300–500 EUR uz 1 tonnu sausnas NAI iekārtās ar CE 2000–10 000 slodzi.

4.4.2. Kompostēšana

Kompostēšana ir aerobs sadalīšanās process, kura mērķis ir stabilizēt organiskas izcelsmes materiālus un atkritumus, kā arī ražot humusu (kompostu). Kompostēšana ir vienkārša un pārbaudīta tehnoloģija, kas tiek izmantota notekūdeņu dūņu pārstrādei un derīga produkta – komposta – ražošanai.

MĒRKIS – pārstrādāt notekūdeņu dūņas organiskā mēslojumā, ko var izmantot lauksaimniecībā, apzaļumošanā un citās augsnes ielabošanas vietās.

Viena no visbūtiskākajām dabiskās izcelsmes organisko vielu īpašībām ir spēja bioloģiskās sadalīšanās aerobo procesu rezultātā veidot ūdeni, minerālvielas, nitrītus, nitrātus, siltumu un humusam līdzīgu produktu – kompostu.

Atbilstīgi MK noteikumiem Nr. 362 kompostēšana ir process, kura laikā vismaz trīs diennaktis temperatūra kaudzes iekšienē, 50 cm no kaudzes virskārtas, ir ne mazāka par 60 °C.

Kompostēšanas procesā līdzdarbojas dažādas baktērijas, aļģes, sēnes, tārpji un citas organismu grupas. Kompostējot uzlabojas materiāla fizikālās un ķīmiskās īpašības, oksidējas toksiskie organiskie savienojumi, bet smagie metāli veido vāji šķīstošus savienojumus. Nozīmīgs faktors procesa sekmīgai norisei ir arī notekūdeņu dūņu īpašībām un toksisko piejaukumu iespējamai koncentrācijai.

Piemērotība

Var pārstrādāt gan atūdeņotas, gan neatūdeņotas notekūdeņu dūņas. Var izmantot dažādas noslodzes un atšķirīgās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās.

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Kompostēšana neprasa sevišķi augstu sausnes saturu dūņās, tāpēc kompostēšanai piemērotas notekūdeņu dūņas var atūdeņot gan ar skrūves presēm, gan centrifūgām, kā arī ar labi noregulētām un pareizi ekspluatētām filtrpresēm	Lielas investīcijas ražotnes ierīkošanai
Var izmantot gan lielam, gan nelielam notekūdeņu dūņu apjomam	Nepieciešamas noteiktas apjoma platības
Kvalitatīvā kompostēšanas procesā ievērojami samazinās patogēnisko mikroorganismu daudzums	Kompostēšanas pildvielas kļūst mazāk pieejamas un dārgākas
Komposts ir bioloģiski aktīvs, piemērots dažādiem lietojuma veidiem	Samērā lielas kvalitatīva komposta sagatavošanas izmaksas
Uzlabo notekūdeņu dūņu kā mēslojuma fizikālās un ķīmiskās īpašības	Smaku izplatīšanās risks, kompostu pārjaucot
Kompostā var izmantot arī citas organiskās un neorganiskās atliekas	
Gatavam kompostam nepiemīt nepatīkama smaka	
Komposta ražotnes jaudu var strauji palielināt vai samazināt atkarībā no notekūdeņu dūņu pieplūduma	
Nav nepieciešams papildus darbaspēks vai īpašas prasmes	

Tehnoloģija

Komposta gatavošanai plaši izmanto kompostēšanu atklātās stirpās (vējriņdās) vai tuneļos, slēgtās komposta ražotnēs, kur notiek paātrināts pārstrādes process, slēgtos angāros, kur kvalitatīvi tiek likvidētas dažādas smakas.

Komposta gatavošanai var izmantot kā apstrādātas, tā neapstrādātas notekūdeņu dūņas. Ja sausnes saturs dūņās ir mazāks par 15 %, komposta gatavošana ir apgrūtināta.

Kompostu var gatavot uz ūdensnecaurlaidīga seguma – asfaltēta vai betonēta laukuma, kur var pārvietoties attiecīga smaguma tehnika (49. attēls). Vēlams asfalta segumu veidot ar paaugstinātu stiprību, ņemot vērā smagās tehnikas darba intensitāti un specifiku. Pamatnes slīpumam kompostēšanas un sākotnējās masas glabāšanas zonā ir jābūt 2–4 %. Jānodrošina drenāžas ūdens savākšana ap šo laukumu.

Kompostēšanas laukumam nepieciešamo platību aprēķina, balstoties uz kompostējamās masas apjomu.

Komposta kaudzēm – stirpām – ir jābūt pietiekami apjomīgām, lai tajās nodrošinātu optimālu siltumu, bet vienlaicīgi kaudzēs ir jābūt arī pietiekamam gaisa daudzumam. Notekūdeņu dūņu kompostēšanai parasti izmanto stirpošanas tehnoloģiju (50. attēls). Šajā gadījumā trīsstūrveida stirpu platums pie pamatnes ir 7,5 m, bet augstums 3,3 m atkarībā no lietotās maisīšanas tehnikas. Lielāku stirpu veidošana nodrošina stabilāku temperatūru komposta masā. Garumā stirpas var veidot tik, cik atļauj attiecīgā platība.



49. attēls. Komposta sagatavošanas laukums Liepājas NAI³⁵



50. attēls. Kompostēšanas stirpu veidošana Liepājas NAI³⁵

³⁵ SIA „Liepājas ūdens” arhīvs

Lai iegūtu kvalitatīvu kompostu, jānodrošina virsmas vienmērīga izkaršana, intensīvi sajaucot kompostējamo materiālu un aerējot kauzdes. Pirmās nedēļas laikā pēc izejvielu sakārtošanas komposta stirpās tās pārjauc katru dienu, kamēr iegūst irdenu viendabīgu masu. Šajā laikā komposta masa uzkarst vismaz līdz 70 °C ar nosacījumu, ka tiek izmantots piemērots pildmateriāls un tas tiek pievienots pareizā proporcijā. Pēc tam pārjaukšanu var atkārtot divas reizes nedēļā.

Stirpu maisīšanai izmantotā tehnika ir viens no galvenajiem labas kvalitātes komposta iegūšanas faktoriem. Komposta sajaucšanai izmanto pašgaitas vai traktorvilkmes agregātus.

Izejvielas

Lai nodrošinātu nepieciešamo sausnas un barības vielu daudzumu kompostējamā masā, izmanto pildvielas. Par pildvielu var izmantot dažāda sastāva koksnes atliekas, tajā skaitā zāģu skaidas (51. attēls), šķeldu, sasmalcinātas mizas un zarus, kritušās lapas, kā arī kūdrā (52. attēls), salmus, jūras mēslus un citas bīstamus savienojumus nesaturošas organiskas atliekas.



51. attēls. Komposta pildmateriāls – zāģu skaidas³⁶



52. attēls. Komposta pildmateriāls – kūdra³⁶

³⁶ SIA „Liepājas ūdens” arhīvs

Ja komposta gatavošanai par pildvielu izmanto kūdru, jāņem vērā, ka veidojas skābs komposts, tāpēc tā izmantošana var būt ierobežota.

Procesa norise

Aerobo procesu izmantošana notekūdeņu dūņu pārstrādei ļauj būtiski samazināt patogēnu daudzumu masā, jo oksidēšanās reakcijas gaitā izdalītais siltums un līdz ar to paaugstinātā temperatūra līdz pat 60–70 °C iznīcina vairumu patogēnisko mikroorganismu un higienizē masu. Mikrobioloģiskais process, kas nodrošina komposta izveidi, noris plašā vides reakciju diapazonā no pH 5,5 līdz pH 7,6, taču nitrifikācijas procesi visaktīvāk noris, ja pH ir 6,8–7,3. Komposta mitrums aerobo procesu laikā mazinās, tā optimālais mitrums ir 50–60 %. Tādēļ mitrajām dūņām sākotnēji jāpievieno sausa organiskā masa, bet turpmākā kompostēšanas gaitā, ja tas nepieciešams, papildus jāmitrina.

Svarīgs kompostēšanas procesa intensitātes rādītājs ir C:N (oglekļa un slāpekļa attiecība). Vēlamajai C:N attiecībai, lai mikrobioloģiskie procesi noritētu sekmīgi, sākotnēji jābūt 35–30:1.

Lai varētu iegūt maksimāli kvalitatīvu kompostu, to gatavojot, jāis-teno četras atbilstīgas darbības fāzes

1) Augsnes uzsilšanas fāze

Kompostēšanas sākumā temperatūra sagatavotajā materiālā sāk lēnām pieaugt. Maksimālā temperatūra, ko var sasniegt kompostēšanas procesā, ir virs 70 °C. Šajā stāvoklī patogēniskās baktērijas, sēnītes un helmintu oļiņas, kas atrodas kompostējamā materiālā, tiek iznīcinātas. Sasilšana sākas vidēji trešajā dienā pēc procesa aktivācijas un turpinās vēl divas vai trīs nedēļas.

2) Aerācijas fāze

Šajā fāzē sāk rasties gāzes. Kompostējamo materiālu vajag pietiekami aerēt, lai nodrošinātu nepieciešamo skābekļa daudzumu un optimālo mitrumu visā tā tilpumā. Šo nosacījumu izpilde nodrošina nepieciešamās mikrofloras vairošanos. Ja mitruma ir par maz un temperatūra sāk strauji celties, masa ir jāmitrina. Pēc divām līdz trim nedēļām temperatūra kompostējamās masas iekšienē sāk mazināties līdz 30 °C. Šajā brīdī strauji sāk vairoties augsnes baktērijas un sēnītes, kas veicina organisko vielu noārdīšanos un sāk veidoties CO₂ gāze, kā arī amonjaks un metāns.

3) Strukturēšanas fāze

Šajā fāzē notiek kompostējamā materiāla strukturēšana un stabilizācija, veidojas humuss un pārējās komposta sastāvdaļas. Jaunizveidotie mikroorganismi aktīvi patērē slāpekli, lai izveidotu vajadzīgos proteīnus.

4) Komposta nogatavināšanas fāze

Komposta galīga izveidošana noris turpmākajos 6–9 mēnešos. Nav ieteicams kompostu turēt vēl ilgāk, jo tas tikai sekmē daļēju organisko vielu mineralizāciju, tāpēc komposts zaudē kvalitāti.

Komposts atšķirībā no dūņām veido irdenu augsnei līdzīgu struktūru, ir viegli transportējams un iestrādājams. Pareizi sagatavotam kompostam nepiemīt nepatīkams aromāts, arī kompostēšanas procesa laikā, nepieļaujot anaerobu apstākļu veidošanos, var izvairīties no smaku izplatīšanās.

Kvalitāte

Beidzot kompostēšanas procesu, ir jāpārbauda, vai komposts ir nogatavojies, kāds ir tā ķīmiskais un mikrobioloģiskais raksturojums, vai tas nesatur kaitīgus savienojumus. Lai iegūtu kvalitatīvu produktu, pārstrādājamiem materiāliem jāatbilst šādiem nosacījumiem:

- 1) smago metālu un citu piesārņojošo vielu saturs nedrīkst pārsniegt normatīvos noteiktās prasības;
- 2) nedrīkst saturēt plastmasas, stiklu u. c. piemaisījumus, kas procesa laikā netiek pārstrādāti.

Kvalitātes prasības kompostam ir noteiktas MK noteikumos Nr. 362.

Notekūdeņu dūņu un komposta kvalitāti garantē komposta ražotājs. Komposta kvalitāti nosaka katrai komposta sērijai (komposta masa, kas veidota no notekūdeņu dūņām un augu izcelsmes pildmateriāliem un kompostēšanas sākumā nepārsniedz 1000 tonnu). Šim nolūkam veido vienu vidējo paraugu, kurā apvienoti vismaz 25 individuālie paraugi.

Notekūdeņu komposta ražotājs, pamatojoties uz iegūtajiem notekūdeņu dūņu un komposta kvalitātes rādītājiem, katrai komposta sērijai noformē attiecīgu kvalitātes apliecību saskaņā ar MK noteikumu Nr. 362 3. un 4. pielikumu (turpmāk – kvalitātes apliecība).

Notekūdeņu dūņu un komposta ražotājs:

- 1) reģistrē katras sērijas kvalitātes apliecību īpašā reģistrācijas žurnālā (5. pielikums);
- 2) notekūdeņu komposta kvalitātes testēšanas pārskatus un kvalitātes apliecību oriģinālus, kā arī reģistrācijas žurnālus glabā ne mazāk kā desmit gadu.

Notekūdeņu dūņu un komposta ražotājs izsniedz kvalitātes apliecības kopiju komposta lietotājam.

Tipiski pilnvērtīgi pārstrādātu notekūdeņu dūņu komposts:

- 1) irdens, viendabīgs, daļiņu izmērs ne lielāku par 120 mm;
- 2) mitrums 60–70 %;
- 3) ar vāji sārmainu vai neitrālu vides reakciju (pH ne mazāks par 6,0)

- 4) barības vielas ir augiem uzņemamā veidā un ne mazāk par 50 % no kopējā sastāva;
- 5) tas satur 25–35 % sausas, apmēram 0,6 % N, 0,2 % P₂O₅ un 0,6 % K₂O;
- 6) tajā vairs nav helmintu oļiņu, kāpuru, kā arī patogēnisko mikroorganismu un dīgtspējīgu nezāļu sēklu bīstamā koncentrācijā.

Vides aspekti

Komposta gatavošanas procesā notekūdeņu dūņas tiek atšķaidītas ar citiem komponentiem, tātad smago metālu masas daļa samazinās, šie elementi kompostēšanās procesā veido nešķīstošus savienojumus. Kompostēšanai tiek izmantoti arī citi nelīkvīdi, kas tradicionāli mēdz tikt apglabāti vai sadedzināti – skaidas. Lietojot kompostu par mēslošanas līdzekli, uzlabojas augsnes struktūra – tajā tiek ienesta organiskā viela. Ja kompostēšanas process norit, kā to paredz tehnoloģijas, neveidojas sērūdeņraža savienojumi, bet izdalās amonjaks NH₃. Tādēļ kompostēšanas laikā izdalās smaka, kuru var samazināt, lietojot attiecīgas tehnoloģijas. Ja tiek izmantota pareiza tehnoloģija, uzturot kompostēšanas procesam nepieciešamo temperatūru, iet bojā patogēniskie mikroorganismi, kas nespēj izdzīvot augstā temperatūrā.

Ja netiek ievēroti visi komposta gatavošanas nosacījumi, pastāv šādi riski:

- 1) pārāk zema temperatūra – process notiek lēni un ir iespējams, ka izdzīvo patogēniskie mikroorganismi, ja tādi bijuši komposta izejmateriālā;
- 2) netiek pietiekami aerēta komposta masa – nepilnīgā organisko vielu noārdīšanās procesā veidojas sērūdeņradis un tā savienojumi – rodas smaka;
- 3) ja laukums nav piemērots attiecīgajam procesam, ar lietus ūdeni no komposta masas gruntsūdenī var nokļūt komposta masas šķīstošās vielas, tajā skaitā nelielā daudzumā smagie metāli;
- 4) ja komposta masa netiek regulāri apmaisīta, komposta kaudzē uzdzīgst nezāļu sēklas un tās nonāk gatavajā komposta masā.

Notekūdeņu dūņu komposta izmantošana

Notekūdeņu dūņu komposta lietošanas iespējas ir ievērojami plašākas, salīdzinot ar nepārstrādātām notekūdeņu dūņām. Kompostu var izmantot:

- 1) apzaļumošanai;
- 2) sporta laukumu seguma ierīkošanai;
- 3) mēslošanai kokaudzētavās, tajā skaitā ietvarstādu substrāta gatavošanai;
- 4) nogāžu un uzbērumu nostiprināšanai;

- 5) lauksaimniecības un meža kultūru mēslošanai;
- 6) piesārņotu un degradētu augšņu atveseļošanai;
- 7) sadzīves atkritumu poligonu rekultivācijai;
- 8) istabas augu substrāta gatavošanai.

Iestrāde augsnē lauksaimniecībā

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 lauksaimniecībā izmantojamās zemēs augšņu mēslošanai drīkst izmantot apstrādātas notekūdeņu dūņas, kā arī kompostu, kas gatavots no apstrādātām vai neapstrādātām notekūdeņu dūņām un kam sausnā smago metālu masas koncentrācija nepārsniedz MK noteikumu Nr. 362 9. pielikumā minētās limitējošās koncentrācijas (25. tabula). Augsnes mēslošanai drīkst izmantot notekūdeņu dūņas un kompostu arī tad, ja ne vairāk kā triju smago metālu masas koncentrācija pārsniedz limitējošās koncentrācijas ne vairāk kā par 10 %.

25. tabula

Smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes mēslošanai un rekultivācijai vai apglabāšanai sadzīves atkritumu poligonos un izgāztuvēs paredzētajās notekūdeņu dūņās un to kompostā

Nr. p. k.	Smagie metāli	Masas koncentrācija sausnā, mg/kg
1.	Kadmijs (Cd)	10
2.	Hroms (Cr)	600
3.	Varš (Cu)	800
4.	Dzīvsudrabs (Hg)	10
5.	Niķelis (Ni)	200
6.	Svins (Pb)	500
7.	Cinks (Zn)	2500

Izmaksas

Kopējās izmaksas kompostēšanai sadalās šādi – aptuveni 1/3 investīcijas, 1/3 transporta izmaksas un 1/3 kompostēšanas procesa nodrošināšanai. Kapitālās izmaksas atkarībā no maisīšanas tehnikas jaudas, kompostēšanas teritorijas platības un notekūdeņu dūņu apjoma, kas tiek pārstrādāts kompostā, ir no 500 000 EUR līdz 3 000 000 EUR, plānotās dūņu lauku platības no 2000 m² līdz 29 000 m². Kapitālās izmaksas veido ražotnes ierīkošana, kas sastāv no ūdensnecaurlaidīga laukuma, drenāžas ūdeņu savākšanas un pārsūkņēšanas sistēmas, asfaltētiem piebraucamiem ceļiem, slēgta angāra izbūves, kā arī smaku novēršanas tehnoloģijas ieviešana, komposta sagatavošanas iekārtas un apsaimniekošanas tehnikas u. c.

Komposta ražošanas izmaksas ir aptuveni 10–12 EUR par 1 tonnu un būtiskākās izdevumu pozīcijas ir:

- 1) pievienotā pildmateriāla izmaksas;
- 2) specializētās tehnikas ekspluatācijas izmaksas;
- 3) stirpu veidošana un sajaukšana;
- 4) procesa kontrole;
- 5) kvalitātes pārbaudes analīzes;
- 6) komposta iekraušana un transportēšana;
- 7) administratīvās izmaksas un darbinieku algas.

Jo lielāks komposta apjoms tiek saražots, jo ražošanas izmaksas par 1 tonnu komposta ir mazākas.

Vienkāršam kompostēšanas procesam nav nepieciešama elektroenerģija vai ķīmikālijas, jo tiek izmantota mobilā tehnika.

Pasaules praksē tiek lietotas arī sarežģītākas kompostēšanas metodes, kur tiek izmantota elektroenerģija, piemēram, stirpās ar gaisa pūtējiem tiek pūsts gaiss, komposts tiek gatavots siltumnīcu tipa ēkās, izmantojot dažādus rotorus, pūtējus u. c.

Neraugoties uz to, ka stirpas ir jāmaisa, izmantojot specializētu tehniku, nav vajadzīgs papildu darbspēks vai īpašas prasmes, izņemot tās, kas nepieciešamas ikdienas darbiem NAI. Tomēr kvalitatīva komposta iegūšanai darbiniekam ir jābūt pieredzei un traktora vadītāja apliecībai.

4.4.3. Notekūdeņu dūņu fermentācija – biogāzes ražošana

Anaerobā notekūdeņu dūņu pārstrāde jeb anaerobā fermentācija ir metāna rūgšanas process, kurā mikrobioloģiski noārdāmās organiskās vielas anaerobā vidē sadalās, veidojot biogāzi, kam pamata sastāvdaļa ir metāns. Anaerobā fermentācija ir viena no vecākajām un joprojām visbiežāk izmantotajām notekūdeņu dūņu stabilizācijas metodēm. Notekūdeņu dūņās koncentrētās organiskās un neorganiskās vielas tiek mikrobioloģiski sadalītas bez skābekļa un pārvērstas metānā un neorganiskos galaproduktos.

MĒRĶIS – pārstrādājot notekūdeņu dūņas, iegūt biogāzi kā enerģijas resursu un uzlabot utilizējamo notekūdeņu dūņu kvalitāti, kā arī līdz minimumam samazināt bioloģiskās un ķīmiskās reakcijas.

Metāns ir gāze, kuras molekula sastāv no viena oglekļa un četriem ūdeņraža atomiem (CH₄). Metāns ir galvenā dabasgāzes sastāvdaļa. Tās

siltumietilpība ir apmēram 70 kcal/m³. Dabaszgāze ir fosilais kurināmais, kas veidojās pirms vairākiem simtiem tūkstošu gadu, anaerobos apstākļos sadaloties organiskai vielai. Dabaszgāzi parasti atrod naftas un ogļu atradnēs.

Galvenie pozitīvie fermentācijas rezultāti ir notekūdeņu dūņu stabilizācija, apjoma samazināšana un biogāzes rašanās.

Metāntenkos saražotā biogāze sastāv no metāna (50–80 %), oglekļa dioksīda (20–50 %) un neliela daudzuma citu gāzu (ūdeņradis, oglekļa monoksīds, slāpekļis, skābeklis un sērūdeņradis). Piemaisījumu apjoms biogāzē atkarīgs no notekūdeņu dūņu sastāva un tehnoloģiskā procesa.

Piemērotība

Anearobā fermentācija tiek izmantota galvenokārt vidējās un lielās NAI. Tāpat kā visos notekūdeņu dūņu apstrādes procesos, arī fermentācijā izšķiroša nozīme ir apstrādājamo notekūdeņu dūņu īpašībām. Primārās notekūdeņu dūņas ir vieglāk fermentējamas un atūdeņojamas, salīdzinot ar liekajām dūņām, kas satur baktērijas. Lieko notekūdeņu dūņu fermentācijai vajadzīgs ilgāks laiks. Nepieciešamā notekūdeņu dūņu priekšapstrāde pirms to pārstrādes metāntenkos galvenokārt ir atkarīga no notekūdeņu dūņu tipa un kvalitātes. Visbiežāk izmantotā atūdeņošanas metode ir blīvēšana, parasti – mehāniskā, lai nodrošinātu lielāku sausnas saturu.

Lai notekūdeņu dūņas izmantošana biogāzes iegūšanai būtu mērķtiecīga, sausnas saturam jābūt 4–7 %.

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Novērš patogēnisko piesārņojumu	Lieli sākotnējie kapitālieguldījumi
Samazina smakas	Nepieciešams kvalificēts personāls
Sezonālitate neietekmē biogāzes ražošanu	Regulāra procesa uzraudzība
Nav vajadzīgs augsts sausnas saturs piegādātajās dūņās (4–7 %)	Jāsaņem daudzas un dažādas atļaujas
	Biogāzes iegūšanas procesā rodas fugāts, kura pilnvērtīgai apstrādei jālieto papildu tehnoloģijas, bet ar tām saistītas lielas investīcijas, ja tuvumā nav lielas NAI ar lielu jaudu

Tehnoloģija

Metāntenku (53. attēls) efektīvai ekspluatācijai ir nepieciešams liels notekūdeņu dūņu apjoms, tādēļ ieteicams notekūdeņu dūņas pārstrādāt kopā ar citām izejvielām, piemēram, sadarbojoties ar lauksaimniekiem.

Biogāzes iekārtas sastāv no šādām galvenajām sistēmām:

- 1) izejvielu sagatavošana un ievadīšana bioreaktorā;
- 2) bioreaktors ar pastāvīgas temperatūras uzturēšanas un maisīšanas ierīcēm;
- 3) biogāzes attīrīšana, glabāšana un izmantošana;
- 4) digestāta izkraušana, glabāšana, apstrāde un izmantošana.

Metāntenki/bioreaktori parasti ir betona vai tērauda tvertnes (atkarībā no metāntenka tilpuma un materiālu izmaksām), visbiežāk tās atrodas virs zemes un ir izolētas, lai metāntenkā saglabātu vienmērīgu temperatūru.

Saistībā ar salīdzinoši ilgu izturēšanas laiku notekūdeņu dūņu fermentācijai vajadzīgi lieli reaktori, kas aizņem daudz vietas. Papildus reaktora tvertnei (-ēm), kas līdzsvaro biogāzes ražošanas svārstības, saražotā biogāze arī kaut kur jāglabā, un šim nolūkam vajadzīga papildu platība. Parasti reaktora un gāzes uzkrājēja diametrs ir 6–15 m un platība, kas lielām notekūdeņu attīrīšanas iekārtām nepieciešama fermentācijas procesa nodrošināšanai, ir apmēram 25–35 m × 30–40 m. Visus reaktorus var novietot ārā, bet tie ir jāizolē. Sūkņi un pārējās palīgiekārtas jānovieto telpās, parasti zem reaktoriem vai atsevišķās sūkņu telpās.

Visiem metāntenkiem ir vienādi galvenie uzbūves pamatelementi – sajaukšanas kamera, slēgts metāntenks, kur notiek biogāzes veidošanās, biogāzes izmantošanas sistēma un notekūdeņu dūņu aizvadīšanas sistēma.



53. attēls. Dažādu formu bioreaktori Lībekā (Vācijā)³⁷ un Rīgā³⁸

³⁷ <https://entsorgung.luebeck.de/>

³⁸ SIA „Rīgas Ūdens” arhīvs

Metāntenki vienmēr ir aprīkoti ar maisīšanas un apsildīšanas iekārtām, kas ļauj labi samaisīt dūņas un nodrošināt pastāvīgu temperatūru. Fermentētās notekūdeņu dūņas var izvadīt no metāntenka ar sūkni vai pašteces ceļā.

Praksē izmanto galvenokārt divu veidu metāntenkus – pārtrauktas un nepārtrauktas darbības. Pārtrauktas darbības metāntenki ir vienkāršāki. Tajos iepludina noteiktu daudzumu notekūdeņu dūņu un atstāj sadalīties. Apstrādes laiks atkarīgs no temperatūras un citiem faktoriem.

Nepārtrauktas darbības metāntenkos notekūdeņu dūņas iepludina pakāpeniski. Apstrādājamais materiāls pārvietojas pa metāntenku, lietojot transporti vai jaunās notekūdeņu dūņu partijas spiediena rezultātā. Atšķirībā no pārtrauktas darbības metāntenkiem šī tipa iekārtas ražo biogāzi nepārtraukti. Tās piemērotas lielākām notekūdeņu attīrīšanas sistēmām.

Process

Anaerobās fermentācijas process var norisināties gan mezofilā (apmēram 35–40 °C), gan arī termofilā temperatūrā (53–57 °C). Galvenās termofilās apstrādes priekšrocības ir lielāka notekūdeņu dūņu apstrādes jauda un pilnīgāka atūdeņošana, kā arī augstāka apstrādāto notekūdeņu dūņu sanitārā kvalitāte. Metodes trūkumi ir lielākas energoresursu izmaksas un sliktāka fugāta kvalitāte, kurā novērojama suspendēto vielu klātbūtne. Termofilā fermentācija, salīdzinot ar mezofilo, rada spēcīgāku smaku, turklāt process ir mazāk stabils. Vairāk nekā 30 gadus tiek veikti laboratoriskie un praktiskie eksperimenti, lai atrastu iespēju fermentēt sadzīves notekūdeņu dūņas termofilā temperatūrā, taču diemžēl šiem eksperimentiem nav praktiski izmantojamu rezultātu. Visbiežāk problēmas rada apjomīgais enerģijas patēriņš, tādēļ termofilā fermentācija ir piemērota tikai reģioniem ar siltu klimatu³⁹. Turpmāk šajā rokasgrāmatā tiek aplūkota tikai fermentācija mezofilajā temperatūras diapazonā. Galvenās mezofilās fermentācijas procesa priekšrocības ir procesa stabilitāte un fugāta kvalitāte, kā arī droša darbība.

Fermentācija notiek vienā vai vairākos metāntenkos, kurus var papildīt gan vienlaicīgi, gan arī pēc kārtas, tipiskais izturēšanas laiks ir no 20 līdz 25 dienām.

Minimālais pieļaujamais izturēšanas laiks ir apmēram 14–15 dienas, jo īsāks izturēšanas laiks parasti samazina gāzes ražošanas apjomu.

³⁹ Projekta eitrofikācijas samazināšanai pilsētās (PURE) nodevums, c/o Baltijas pilsētu Vides komisija, Vanha Suurtori 7, FIN-20500 Turku (2012)

Izšķir procesus ar nelielu organiskās masas sausnas saturu (8 %–12 %) un augstu sausnas saturu (>22 %).

Jāņem vērā, ka ūdens daudzums, kāds bija pārstrādājamā notekūdeņu dūņu masā gazifikācijas sākumā, saglabājas arī vēlāk.

Tāpēc tas bioloģiski jāattīra vai, ja ir pieejamas attiecīgas platības, jāizmanto lauksaimniecības zemju mēslošanai, izlaistot uz lauka. Organisko vielu sadalīšanās anaerobos apstākļos ir komplekss process. Tas notiek trīs posmos dažādu mikroorganismu darbības rezultātā.

1) Pirmā fāze

No organiskajām vielām ūdens klātbūtnē veidojas skābes, spirti, gāzes, aminoskābes, glicerīns u. c. vielas. Šo sadalīšanu veic parastie saprofili vai hidrolītiskās baktērijas, kas dabā ir plaši izplatītas, strauji savairojas un dzīvo vidēji skābā vidē ar pH 4,5–7. Skābo rūgšanu raksturo skābju veidošanās, vides paskābināšanās un nepatīkama smaka.

2) Otrā fāze

Acidogēniskie mikroorganismi turpina vielu sadalīšanu un skābju veidošanu. Galvenā viela, no kuras veidojas metāns, ir etiķskābe (ap 72 %).

3) Trešā fāze

Metānu veidojošie mikroorganismi izmanto iepriekš izveidojušās vielas. Izdalās CO₂, CH₄, H₂, N un citi. Šajā stadijā darbojas anaerobie acidogēniskie mikroorganismi, kas konkurē ar sulfātu reducējošiem mikroorganismiem. Parasti metanogēni ir pārsvarā, tādēļ izdalās tikai nedaudz H₂S. Visprasīgākās ir metānu veidojošās baktērijas. To augšanai nepieciešams plašs barības vielu spektrs: ogleklis, fosfors, slāpeklis, sērs, kalcijs, magnijs, kālijs, nātrijs u. c., kā arī aminoskābes, vitamīni un mikroelementi.

Metānu veidojošās baktērijas pabeidz procesu, sadalot organiskās skābes metānā un citos vienkāršos savienojumos.

Organiskās vielas sadalīšanās procesu ietekmē dažādi faktori. **Vis svarīgākais ir temperatūra.** Lai uzlabotu organisko vielu sadalīšanās procesu, metāntenkā jāuztur pastāvīga temperatūra, jo pat nelielas temperatūras svārstības var radīt būtiskus traucējumus mikroorganismu darbībā.

Notekūdeņu dūņu un reaktora sildīšanu var īstenot vai nu ar parastajiem siltummaiņiem un notekūdeņu dūņu recirkulāciju, vai arī ar notekūdeņu dūņu padevi atsevišķās daļās. Saražotā siltumenerģija tiek izmantota padodamo notekūdeņu dūņu un bioreaktora sildīšanai. Ja ievadāmo notekūdeņu dūņu temperatūra ilgu laiku gadā ir relatīvi zema

(5 °C), padodamās notekūdeņu dūņas parasti iepriekš sasilda padeves un maisīšanas tvertnē, ko savukārt apsilda ar caurušiltummaini vai plāksņu siltummaini un notekūdeņu dūņu recirkulatoru, lai sasniegtu nepieciešamo mezofilās temperatūras amplitūdu 35–40 °C.

Anaerobās baktērijas turpina darboties līdz 57,2 °C temperatūrā, tomēr optimālā temperatūra ir 36,7 °C (mezofilās baktērijas) un 54,4 °C (termofilās baktērijas). Mikroorganismu aktivitāte samazinās temperatūras diapazonā no 39,4 °C līdz 51,7 °C un būtiski krītas, ja temperatūra ir 35,0 °C.

Katru notekūdeņu dūņu devu silda ar tvaiku vai karstu ūdeni atsevišķā tvertnē un pakāpeniski padod uz bioreaktoru. Padodot notekūdeņu dūņas pa daļām, notekūdeņu dūņu recirkulācija nav vajadzīga. Abos gadījumos nepieciešamo papildu siltumenerģiju saražo, sadedzinot biogāzi karstā ūdens katlā.

Otrs svarīgākais faktors ir mitrums. Procesi straujāk notiek šķidrums. Sausajām dūņām mitrums (ūdens) ir jāpievada papildus.

Citi faktori, kas ietekmē biogāzes daudzumu un kvalitāti, ir pH, sausnas saturs, oglekļa slāpekļa attiecība, ievadīto notekūdeņu homogenitāte, sausnas granulometriskais sastāvs un apstrādes laiks. Ievadīto notekūdeņu homogenizācija un cietās frakcijas sasmalcināšana ļauj baktērijām darboties ātrāk. pH līmenis metāntenkos vairumā gadījumu ir pašregulējošs. Lai uzturētu pastāvīgu pH gadījumos, kad apstrādājamajā materiālā ir liels slāpekļa īpatsvars, tam var pievienot nātrija bikarbonātu. Ja apstrādājamo materiālu ir pārāk sauss vai tajā ir daudz slāpekļa, to atšķaida ar ūdeni. Optimālā oglekļa un slāpekļa attiecība ir no 20:1 līdz 30:1.

Ja notekūdeņos ievadīts daudz antibiotiku vai citu vielu ar baktericīdām īpašībām, tās var iznīcināt baktērijas metāntenkos, tāpēc, izmantojot metāntenkus, svarīgi atdalīt un ķīmiski apstrādāt rūpnieciskos un citus notekūdeņus, kas var saturēt minētās vielas.

Ekspluatācija un apkope

Strādājot ar biogāzi, jāievēro visas tās pašas prasības un noteikumi, kādi jāņem vērā, darbā ar dabas gāzi. Darbam ar anaerobās fermentācijas iekārtām nepieciešams vairāk speciālo prasmju un atbilstīgas kvalifikācijas darbinieku nekā darbam ar atūdeņošanas, piemēram, blīvēšanas iekārtām. Nepievēršot uzmanību svarīgiem procesa aspektiem,

ši tehnoloģija ir potenciālu smaku avots, biogāze ir sprādzienbīstama, tāpēc ir jānodrošina īpašs ekspluatācijas un drošības pasākumu kopums.

Operatoriem un tehnikās apkopes personālam jābūt labi apmācītam gan darbam parastos apstākļos, gan arī ārkārtas situācijās. Obligāti ir jāizstrādā darba drošības pasākumu un/vai risku novēršanas plāns.

Notekūdeņu dūņu termofilās fermentācijas rezultātā iegūto produktu izmantošana

Notekūdeņu dūņas

Dūņās, kas veidojas metāntenkos, ir daudz barības vielu (slāpekļlis, galvenokārt amonija un organisko savienojumu formā, fosfors un mikroelementi), un šo materiālu var izmantot augsnes uzlabošanai. Notekūdeņu toksiskie komponenti – smagie metāli, toksiskie organiskie savienojumi – pēc pārstrādes koncentrējas, balstoties uz organisko vielu noārdīšanos un notekūdeņu dūņu masas samazināšanos.

Digestāts

Digestāts satur ievērojamu daudzumu barības elementu un ir piemērots izmantošanai lauku mēslošanai un par piedevu dzīvnieku barībai, ja tajā esošie kaitīgie elementi (smagie metāli, helminti, patogēniski mikroorganismi) nepārsniedz pieļaujamo koncentrāciju. Sastāvs ir atkarīgs no izejvielu ķīmiskās struktūras un tehnoloģiskā procesa. Digestāts sastāv no šķidrums, kurā ir daudz minerālvielu, un organiskajām vielām, kas nav sadalījušās un kurās ir baktēriju šūnas un vielas, kurās ir daudz lignīna. Digestātā ir saglabājušies visi galvenie biogēniskie elementi (N, P, K), bet N ir daļēji pārgājis augiem viegli uzņemamā veidā – amonija formā. Digestāta izmantošana, salīdzinot ar nepārstrādātām dūņām, ļauj iegūt daudz augstākas ražas. Ja šķidro digestātu iestrādā augsnē ar virskārtu uzirdinošu metodi, tad N zudumi ir niecīgi.

Biogāze, elektroenerģija un siltumenerģija

Ja metāntenkā tiks nodrošināti optimāli apstākļi, anaerobās baktērijas ražos biogāzi nepārtraukti. Tās apjoma svārstības var veidoties svaiga apstrādājamā materiāla ievadīšanas laikā. Biogāzi var izmantot apkurei, iekšdedzes dzinējos automašīnās un elektroenerģijas ražošanai. Ja gāzi paredzēts izmantot iekšdedzes dzinējos, tā jāattīra no sērūdeņraža (tas veicina koroziju un ir toksisks). Lielas sistēmas var realizēt biogāzi dabasgāzes tirgotājiem, taču šajā gadījumā jāīsteno komplicēts biogāzes attīrīšanas process.

Biogāze ir reģeneratīvs energoresurss. Koģenerācijas iekārtās izmanto biogāzi, lai reizē ražotu elektroenerģiju un siltumu. Sadalījums starp siltuma un elektroenerģijas ražošanu vidēji ir 35–41 % elektrības un 59–65 % siltuma. Kopējie zudumi nepārsniedz 15 %. Modernu koģenerācijas iekārtu elektroenerģijas ražošanas lietderības koeficients ir

lielāks par 40 %. Lieko motora vai turbīnas saražoto siltumenerģiju, kā arī atgāzu siltumenerģiju var izmantot, lai sildītu fermentācijai padodamās notekūdeņu dūņas, apsildītu ražošanas ēku, kā arī notekūdeņu dūņu žāvēšanai.

Arvien biežāk biogāzi sāk izmantot par transportlīdzekļa degvielu. Biogāzi pirms iepildīšanas transportlīdzekļos parasti attīra no ogļskābās gāzes, sērūdeņraža un citiem piemaisījumiem līdz dabas gāzes standarta līmenim.

Elektroenerģiju atkarībā no spēkā esošajiem normatīvajiem aktiem var izmantot uz vietas vai pārdot citiem uzņēmumiem.

Izmaksas

Nepieciešamie kapitālieguldījumi vienas pilna cikla notekūdeņu dūņu pārstrādes un biogāzes ražošanas stacijas izbūvei ir robežās no 5 līdz 15 miljoniem eiro, ja aptuvenais pārstrādājamo slapjo notekūdeņu dūņu apjoms ir 130 000–500 000 t/gadā. Lai samazinātu metāntenka uzturēšanas izmaksas ziemā, jāatrod optimālā temperatūras un gāzes ražošanas attiecība, kas ļauj uzturēt metāntenka darbību, vienlaikus nepatērējot lielāko daļu saražotās biogāzes metāntenka apsildīšanai.

4.4.4. Notekūdeņu dūņu žāvēšana

Termiskā žāvēšana ir siltumenerģijas izmantošana, lai iztvaicētu ūdeni no dūņām pēc atūdeņošanas. Atūdeņošanai nepieciešamais energoresursu patēriņš ir daudz mazāks nekā žāvēšanai, tāpēc pēc atūdeņošanas sausas saturam jābūt pietiekami lielam. Termiskās žāvēšanas procesus, balstoties uz to, kāda siltumenerģija tiek izmantota notekūdeņu dūņu temperatūras paaugstināšanai, iedala divās galvenajās kategorijās:

1) tiešā (konvekcijas žāvēšana)

Siltuma konvekcija tiek panākta, tai tieši saskaroties ar karstu gaisu vai karstām gāzēm. Tipiskas žāvēšanas ierīces ir rotējošs žāvēšanas cilindrs vai lentas žāvētava. Žāvēšanas procesā notekūdeņu dūņas tiek pakļautas apmēram 450–460 °C (cilindrs) vai 120–160 °C (lentes žāvēšana) temperatūras iedarbībai apmēram 5–10 minūtes (cilindrs) vai 40–60 minūtes (lentes žāvēšana).

2) netiešā (kontaktžāvēšana)

Slēgta siena atdala notekūdeņu dūņas no siltumnesēja, parasti karsta ūdens, eļļas vai tvaikiem. Parastās netiešās žāvēšanas iekārtas ir vertikālā šķīvjuveida žāvētava un horizontālas žāvētavās ar diskveida, lāpstiņveida vai spirālveida sildelementiem, kā arī verdošā slāņa žāvētavas. Piemēram, žāvētavās ar diskveida sildelementiem

par siltumnesēju izmanto līdz apmēram 160–200 °C sakarsētu tvaiku vai līdz 190–240 °C sakarsētu eļļu ar augstu termisko stabilitāti, bet notekūdeņu dūņas žāvētājā tiek izturētas 45–60 minūtes. Žāvēšanas laikā notekūdeņu dūņu temperatūra ir 85–95 °C, bet izplūdes gāzu temperatūra ir 95–110 °C.

MĒRĶIS – būtiski samazināt ūdens saturu dūņās un nodot tās galīgai pārstrādei un/vai utilizācijai.

Tiešās žāvēšanas metode ir efektīvāka un nodrošina vairāk sausas, taču izmantotā gāze satur daudz piesārņojošu vielu, tāpēc jālieto papildu filtri. Tiešās žāvēšanas iekārtās pastāv eksplozijas draudi. Termiskās žāvēšanas rezultātā samazinās notekūdeņu dūņu apjoms un svars.

Priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Vairākkārt samazinās nelikvidā materiāla apjoms	Putekļi un smaka
Samazinās transportēšanas un glabāšanas izmaksas	Pirms žāvēšanas notiek arī notekūdeņu dūņu mehāniska atūdeņošana
Pilnībā tiek iznīcināti patogēniskie organismi dūņās	Iekārtu uzstādīšana atmaksājas tikai lielās NAI
Galaprodukts piemērots dažādiem izmantošanas veidiem (mēslojums lauksaimniecībā un mežsaimniecībā, mākslīgā augsnes virskārta izgāztuvēs, karjeros, sporta laukumos – vieglāk transportējams un iestrādājams, kurināmais elektrostacijām un atkritumu sadedzināšanas iekārtām)	Žāvēšana ir daudz dārgāka par mehāniskajām notekūdeņu dūņu atūdeņošanas metodēm
Uzlabo notekūdeņu dūņu siltumspēju un tās iespējams lietderīgāk izmantot enerģijas ražošanai.	Augsts elektroenerģijas patēriņš, lielas ekspluatācijas izmaksas
Var izmantot sekundāro siltumenerģiju, lai samazinātu energoresursu izmaksas	Nepieciešamas papildu prasmes un īpašas zināšanas par termisko procesu norisi
	Vajadzīga sprādzienbīstamo zonu tehniskā apkope
	Sadedzinot notekūdeņu dūņas, tiek zaudēts lauksaimnieciskais resurss
	Lielas investīcijas

Tehnoloģija

Ūdens atdalīšana, iztvaicējot no apstrādātām un atūdeņotām dūņām, palielina sausas saturu dūņās un samazina notekūdeņu dūņu apjomu.

Žāvēšanai tiek pakļautas atūdeņotas notekūdeņu dūņas – primārās un/vai liekās notekūdeņu dūņas ar sausnas saturu 20 % līdz 30 %, kā arī fermentētās notekūdeņu dūņas pēc atūdeņošanas.

Sausnas saturs atūdeņotās notekūdeņu dūņās parasti ir no 20 % līdz 30 %. Pēc žāvēšanas sausnas saturs ir no 30 % līdz 90 %.

Termiskās žāvēšanas procesā parasti ir iekļauta materiālu apstrāde, pagaidu glabāšana, turklāt pirms žāvēšanas jāveic notekūdeņu dūņu atūdeņošana un fermentācija. Termiskajai žāvēšanai vajadzīgs siltumenerģijas ražošanas un sadales aprīkojums, termiskā žāvētava, bioloģiskais izdalītais gāzu filtrs, pēcapstrādes iekārta, piemēram, granulators, kā arī galaproduktu glabāšanas iespēja.

Ekspluatācija un apkope

Žāvēšanas iekārtas ir jādarbina nepārtraukti visu diennakti, it īpaši tad, ja notekūdeņu dūņas pēc žāvēšanas sadedzina. Pat tad, ja apstrādes galaprodukts ir granulas, dažkārt gaisā var rasties putekļi, tāpēc, rīkojoties ar izžāvētām dūņām, jāizmanto individuālie aizsardzības līdzekļi.

Var pastāvēt arī ugunsgrēka un putekļu eksplozijas risks.

Telpās, kur atrodas atsevišķas iekārtas, jāveic sprādzienaizsardzības pasākumi. Saistībā ar termiski izžāvētu notekūdeņu dūņu sīkajām daļiņām un augsto sausuma pakāpi ugunsgrēka un putekļu eksplozijas risks var pastāvēt arī notekūdeņu dūņu transportēšanas un glabāšanas laikā. Organiskie putekļi, saskaroties ar aizdegšanas avotu, gaisā strauji uzliesmo.

Notekūdeņu dūņu žāvēšanas produktu izmantošana

Termiskas žāvēšanas rezultātā notekūdeņu dūņas tiek izžāvētas vai nu pilnīgi – līdz sausnas saturs pārsniedz 85 %, vai arī daļēji – līdz sausnas saturs ir mazāks par 85 %. Pilnīgi izžāvētas notekūdeņu dūņas tiek izmantotas vai nu kā pulveris, vai arī kā granulas. Pulveris parasti nonāk sadedzināšanas iekārtā, bet granulētas notekūdeņu dūņas ir daudz vienkāršāk apstrādājamas. Granulētas notekūdeņu dūņas var izmantot lauksaimniecībā par lauku mēslošanas līdzekli. Tā kā sausnas saturs dūņās ir 85–90 %, tās var glabāt tvertnēs vai lielos maisos.

Sadedzināšanai paredzētajās sausajās dūņās sausnas saturs ir atkarīgs no energo bilances un tiek noteikts katrā gadījumā atsevišķi. Monosadedzināšanai bez papildu kurināmā izmantošanas minimālais sausnas saturs ir 45–60 %. Termiski izžāvēts materiāls parasti atbilst standarta sanitārajām prasībām.

Turklāt, termiski žāvējot, samazinās notekūdeņu dūņu apjoms un svars. Ja notekūdeņu dūņu sausnas saturs pirms žāvēšanas ir 25 %, bet pēc žāvēšanas 95 %, svars ir samazinājies līdz apmēram 25 % sākotnējā svara.

4.4.5. Citas notekūdeņu dūņu pārstrādes tehnoloģijas

Hidrotermālā karbonizācija (*HTC*)

Hidrotermālā karbonizācija ir vienīgā termiskā dūņu pārstrādes metode, kad nav vajadzīga iepriekšēja žāvēšana. Mehāniski atūdeņotas dūņas tiek uzsildītas līdz aptuveni 200 °C temperatūrai un vairākas stundas izturētas noslēgtā tvertnē, nodrošinot attiecīgu ūdens tvaiku spiedienu. Tādā veidā dūņu masa tiek sadalīta trīs frakcijās – gāzu maisījums (ūdens tvaiki un gaistošo organisko savienojumu sadalīšanās produkti), ar slāpekļa savienojumiem smagi piesārņota šķidrā frakcija un dispersas „brūnogles” – cietā frakcija. Cietā frakcija pirms izmantošanas par kurināmo jāatūdeņo, piemēram, kameru presē. Gāzu un šķidrā frakcija kļūst par piesārņojumu, kas atbilstīgi jāattīra. Šī iemesla, kā arī mitro „brūnogļu” zemās kurināmā vērtības dēļ tehnoloģija nav populāra, kaut arī relatīvi zemā temperatūra un iespēja iekārtā tieši padot mehāniski atūdeņotas dūņas ir nenoliedzamas priekšrocības. Pēdējo desmit gadu laikā notiek mēģinājumi radīt precīzi vadāmu *HTC* procesu, lai kā cieto frakciju radītu daudz augstākas pievienotās vērtības oglekļa bāzes produktus – izejvielas plastmasas vai pat grafēna ražošanai. Ja šādas tehnoloģijas varēs komerciāli izmantot, tās var kļūt dominējošas, jo vislabāk iekļaujas oglekļa apritē. Acīmredzami, kā šādas tehnoloģijas būs sarežģītas, prasīs centralizāciju, izmantojot lielās notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, kurās dūņas tiks apstrādātas, savācot no mazajām iekārtām mehāniski atūdeņotas dūņas.

Gazifikācija

Gazifikācija ir termisks process, kad gaisa vai skābekļa klātbūtnē degoši materiāli tiek pārvērsti degošu gāzu maisījumā. Agrāk šādu tehnoloģiju izmantoja gāzģeneratoru darbināšanai un ogļu gazifikācijai. Kā gala produkti veidojas procesa jeb sintēzes gāze – degošs gāzu maisījums un izdedži, pelni. Gazifikācijai jāizmanto dūņas ar lielu sausnas saturu – apmēram 80 %, tāpēc metode nav enerģētiski racionāla, jo to nevar izmantot bez papildu enerģijas avota žāvēšanai, tāpēc metode tīrā veidā rūpnieciskā mērogā netiek lietota. Tomēr pēdējos gados, pastiprināti iegūstot oglekļa dioksīdu no rūpnieciskiem avotiem un ražojot tīru

ūdeņradi elektrolīzes ceļā, kā arī izmantojot atjaunojamus resursus (vējš, saule), parādās jaunas tehnoloģijas. Tās paredz vienlaicīgu no oglekļa dioksīda iegūta oglekļa atgriešanu aprites ciklā, kā arī augstākas kvalitātes sintezētas gāzes ražošanu. Tomēr šādas tehnoloģijas vēl nav sasniegušas rūpnieciskas izmantošanas līmeni. Gazifikācijas metodes atšķiras ar izmantotā reaktora uzbūvi.

Gazifikācijas rezultātā radušos gāzu sastāvs svārstās atkarībā no sadedzināto notekūdeņu dūņu sastāva. Gāzi var izmantot gazifikācijas reaktora uzkārsēšanai.

Gazifikācijas iekārtas pagaidām ir eksperimentālā stadijā, tāpēc grūti spriest par to efektivitāti, salīdzinot ar sadedzināšanas tehnoloģiju un citām notekūdeņu dūņu utilizēšanas metodēm.

Slapjā oksidācija

Notekūdeņu dūņu organisko daļu oksidē īpašos reaktoros 200–300 °C temperatūrā, kad spiediens sasniedzis 30–150 atmosfēras. Vajadzīgo spiedienu panāk ar augstspiediena sūkņiem vai īpaši konstruētā iekārtā – līdz 1200 m dziļumam zemē ieurbtu cauruli, pa kuru lejup plūst šķidrās notekūdeņu dūņas, apakšā izveidojas vajadzīgais spiediens un temperatūra, norisinās oksidācijas process, bet mineralizētās notekūdeņu dūņas pa otru cauruli tiek pumpētas augšup. Rezultātā veidojas maisījums, kurā ir 95 % minerālvielu un 3 % mazmolekulāru organisku savienojumu. Galaproduktu atūdeņo ar presi vai centrifūgu, deponē vai izmanto lauksaimniecībā.

Šim procesam nav vajadzīga iepriekšēja notekūdeņu dūņu atūdeņošana.

Ūdens, kas paliek pāri pēc oksidācijas, satur ļoti daudz amonjaka, tāpēc tas jādenitrificē turpat uz vietas vai arī jāsūknē atpakaļ uz NAI.

Vairākas slapjās oksidācijas iekārtas uzstādītas Nīderlandē, taču vēl arvien nav atrisināta virkne tehnisku jautājumu.

Pirolīze plazmas liesmā

Dūņu pirolīze tiek realizēta aptuveni 750 °C temperatūrā izteiktas skābekļa nepietiekamības apstākļos. Pirolīzes iekārta konstruktīvi ir vienkāršāka nekā dedzināšanas krāsns, bet tās darbībai vajadzīgs ļoti augsts sausnas saturs dūņās – vismaz 80 %. Pirolīzes gāzes, sadegot

atsevišķā kurtuvē, dod daļu žāvēšanai un pirolīzei nepieciešamā siltuma. Kā jau minēts, šādi iespējams izmantot tikai daļu dūņās „paslēptās” kurināmā siltumspējas, tāpēc process prasa papildu enerģiju no citiem avotiem. Otra pirolīzes īpatnība ir cietais gala produkts, kas satur gan fosfora savienojumus, gan koksu, gan smiltis. Fosfora saturs šādā maisījumā ir pārāk zems tā racionālai rūpnieciskai atgūšanai, tāpēc par mēslojumu tiek izmantots viss maisījums. Ņemot vērā augsto smilšu saturu dūņu sausnā, pirolīzes atlikuma apjoms ir tikai nedaudz lielāks par dedzināšanā iegūto pelnu apjomu. Pirolīzes gāzes var sadedzināt parastā kurtuvē kopā ar cita veida kurināmo. Ir iespējams veidot sinerģiju ar apkures sistēmu. Šāda tehnoloģija var būt ļoti racionāla nelielās iekārtās.

Vairākas šādas atkritumu (ne tikai notekūdeņu dūņu) sadedzināšanas rūpnīcas uzbūvētas ASV. Eiropas valstīs metode nav izplatīta.

4.5. Pārstrādātu notekūdeņu dūņu utilizācija

Šī nodaļa izstrādāta, izmantojot materiālus no šādām publikācijām: (1.) *I. Gemste, A. Vucāns „Notekūdeņu dūņas”, Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 2010;* (2.) *„Pozitīva notekūdeņu apsaimniekošanas pieredze” (2012), PURE;* (3.) *D. Lazdiņa „Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas kārkļu plantācijās”. Promocijas darba kopsavilkums, Jelgava, 2009;* (4.) *„Notekūdeņu dūņu izmantošana un to pārstrādes tehnoloģijas” izstrādāts saskaņā ar Eiropas zonas finanšu instrumenta un LR budžeta finanšu apakšprojektu „Efektīva standarta komplekta izstrāde notekūdeņu dūņu pārstrādes tehnoloģiju realizācijai Latvijā”, Latvijas Atkritumu saimniecības asociācija, 2000.*

Latvijā saskaņā ar normatīvo regulējumu⁴⁰ notekūdeņu dūņu utilizācija ir iespējama šādos veidos:

- notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana augsnes ielabošanai lauksaimniecības zemēs;
- notekūdeņu dūņu un to komposta lietošana mežsaimniecībā;
- notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana teritorijas apzaļumošanai;
- notekūdeņu dūņu un to komposta lietošana degradēto platību rekultivācijai;
- apstrādātu notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana un apglabāšana atkritumu poligonos un izgāztuvēs.

⁴⁰ MK noteikumi Nr. 362

4.5.1. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana augsnes ielabošanai lauksaimniecības zemēs

Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana augšņu mēslošanai lauksaimniecībā ir viens no izplatītākajiem to utilizācijas veidiem.

Notekūdeņu dūņām Latvijā (ņemot vērā notekūdeņu dūņu kvalitātes rādītājus) ir augsts potenciāls kļūt par sekmīgu aprites ekonomikas daļu, nodrošinot mikroelementu atkārtotu izmantošanu lauksaimniecībā, tādējādi samazinot minerālmēslu (piemēram, fosfora) lietošanu.

Izmantojot pārstrādātas notekūdeņu dūņas un to kompostu augšņu ielabošanai, pastāv zināmas pretrunas starp dūņu ražotāju un lietotāju vēlmēm, no vienas puses, un vides aizsardzības prasībām, no otras puses. Notekūdeņu dūņu ražotāji un notekūdeņu dūņu lietotāji parasti ir ieinteresēti iestrādāt pēc iespējas lielākas mēslojuma devas, ievadot augsnē lielāku barības vielu masu. Vienlaicīgi ar augu barības elementiem augsnē nonāk arī attiecīgs daudzums videi un cilvēku veselībai kaitīgu vielu. Ja šīs vielas pārsniedz zināmu koncentrāciju, tās var kļūt bīstamas videi – augsnei, ūdenim un augiem. Arī pārlietu liela augu barības elementu masa (galvenokārt slāpeklis un fosfors) var nodarīt kaitējumu videi, it sevišķi virszemes ūdens objektiem.

Pirms lēmuma pieņemšanas par notekūdeņu dūņu un/vai to komposta izmantošanu lauksaimniecībā ir jāveic notekūdeņu dūņu un to komposta un augsnes kvalitātes vērtējuma analīzes.

Analīzes atļauts veikt laboratorijā, kas akreditēta valsts aģentūrā „Latvijas Nacionālais akreditācijas birojs” atbilstīgi Latvijas [Nacionālajam standartam EN ISO/IEC 17025 T-261, smagiem metāliem atbilstīgi EN ISO/IEC 17025 T-139.

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 lauksaimniecībā izmantojamās zemēs augšņu ielabošanai drīkst izmantot apstrādātas notekūdeņu dūņas, kā arī kompostu, kas gatavots no apstrādātām vai neapstrādātām notekūdeņu dūņām un kam sausnā smago metālu masas koncentrācija nepārsniedz 9. pielikumā minēto limitējošo koncentrāciju (24. tabula).

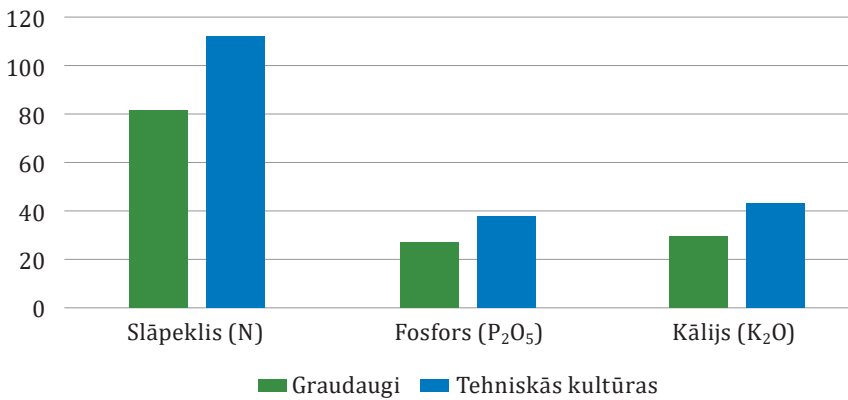
Notekūdeņu dūņu izmantošana var sniegt augiem vajadzīgos mikroelementus un barības vielas (piemēram, slāpekli, kāliju, fosforu), tomēr vienlaikus notekūdeņu dūņas ir samērā zemas pakāpes barības vielu avots (2–5 % N, 1,2–4 % P un 0,3–0,5 % K).

Par pārstrādātu notekūdeņu dūņu izvešanu uz lauksaimniecības platībām SPS lielākoties maksā zemes apsaimniekotājiem vai atdod tās bez maksas, nodrošinot notekūdeņu dūņu izvešanu vai pašizvešanu, būtiski

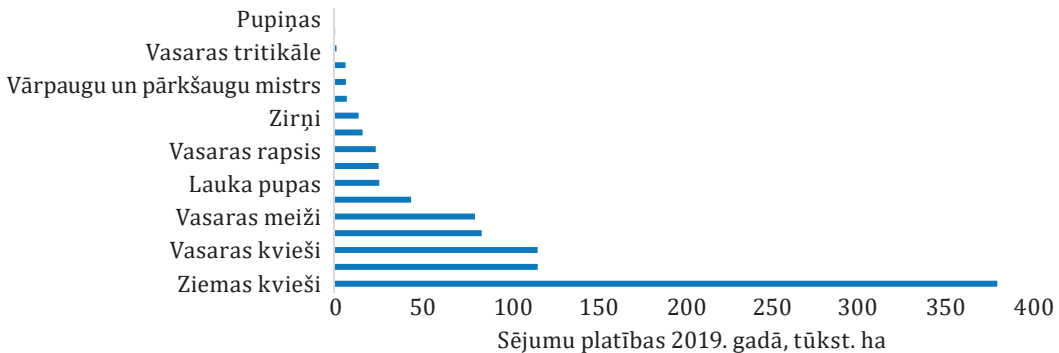
atšķirīga situācija ir ar notekūdeņu dūņu kompostu, kuram tiek noteikta pārdošanas cena.

Analizējot Centrālās statistikas pārvaldes apkopotos datus par 2019. gadu, jāsecina, ka graudaugiem un tehniskajām kultūrām tiek izmantots nozīmīgs minerālmēslojuma apjoms (54. attēls), ko vismaz daļēji varētu aizstāt ar dūņu materiāla izmantošanu.

Notekūdeņu dūņas un kompostu var izmantot graudzāļu un atsevišķu pākšaugu kultūru un kukurūzas mēslošanai. Centrālās statistikas pārvaldes informācija par 2019. gadu liecina, ka kopējā potenciālā platība dūņu un komposta iestrādei sastāda vismaz 947 500 ha (55. attēls).



54. attēls. Minerālmēslojums uz 1 ha sējumu kopplatību 2019. gadā, kg⁴¹



55. attēls. Notekūdeņu dūņu izmantošanai sējumu platībās 2019. gadā⁴²

⁴¹ <http://data1.csb.gov.lv>

⁴² <http://data1.csb.gov.lv>

Priekšrocības un trūkumi notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanai lauksaimniecības zemēs

Priekšrocības	Trūkumi
Ar notekūdeņu dūņām un kompostu augsnē atgriež ievērojamu daudzumu augu barības vielu, kas tiek izmantotas ražas iegūšanai, īpaši slāpekli, fosforu un mikroelementus	Iespējama augsnes, lauksaimniecības kultūraugu un ūdens kvalitātes atsevišķu rādītāju pasliktināšanās
Šis ir vislētākais notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas virziens	Nepieciešama regulāra vides situācijas kontrole
Notekūdeņu dūņas un to kompostu iespējams iestrādāt lielās platībās	Konkurē ar kūstmēsliem
Var plaši lietot ES dalībvalstu pieredzi šajā jomā	Varētu veidoties negatīva sabiedrības attieksme

Prasības notekūdeņu dūņu un to komposta kvalitātei

Lauksaimniecībā izmantojamās zemēs augšņu mēslošanai drīkst izmantot apstrādātas notekūdeņu dūņas, kā arī kompostu, kas gatavots no apstrādātām vai neapstrādātām notekūdeņu dūņām un kam sausnā smago metālu masas koncentrācija nepārsniedz MK noteikumus Nr. 362 minētās limitējošās koncentrācijas (25. tabula).

Augšņu mēslošanai drīkst izmantot notekūdeņu dūņas un to kompostu arī tad, ja ne vairāk kā triju smago metālu koncentrācija pārsniedz attiecīgo metālu koncentrāciju ne vairāk par 10 %.

Ir noteikts smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes mēslošanai un rekultivācijai vai apglabāšanai sadzīves atkritumu poligonos un izgāztuvēs paredzētajās notekūdeņu dūņās un to kompostā⁴³.

Lauksaimniecībai izmantojamo zemju mēslošanai vēlams izmantot notekūdeņu dūņas un kompostu, kurā:

- īpaši toksisko smago metālu – Cd, Pb, Hg – koncentrācija nepārsniedz II klases rādītājus;
- organisko vielu saturs ne lielāks par 50 %;
- sausnas saturs ne mazāks par 25 %.

Vērtējot aprites ekonomikas īstenošanas principus notekūdeņu dūņu un komposta izmantošanai lauksaimniecībā, plānots paplašināt un precizēt agroķīmisko rādītāju apjomu un izteiksmes formu, lai tā būtu racionāli piemērojama kultūraugu mēslošanas plāna izstrādei.

⁴³ MK noteikumi Nr. 362, 9. pielikums

Prasības augsnes kvalitātei pirms notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādes augsnē

Atbilstīgi MK noteikumiem Nr. 362 pirms notekūdeņu dūņu vai to komposta iestrādes lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (56. attēls) augsnes virsējā slāņa vidējā paraugā jānosaka šādi rādītāji:

- vides reakcija pH KCL, kas nedrīkst būt zemāka par 5;
- smago metālu Cd, Cr, CU, Hg, Na, Pb un Zn masas koncentrācija;
- augsnes granulometriskā sastāva grupa.

Augsnes vides reakcijas pH KCl rādītāja noskaidrošanai var izmantot arī pēdējos augsnes agroķīmiskās izpētes materiālus, ja tie nav vecāki par pieciem gadiem.

Smago metālu masas koncentrācija augsnē pirms dūņu un to komposta iestrādes nedrīkst pārsniegt MK noteikumos Nr. 362 minētās limitējošās koncentrācijas (26. tabula).

Smago metālu masas koncentrāciju augsnē nosaka pirms pirmās notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādes un atkārti pirms katras nākamās notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādes tajā pašā platībā.

Ja augsnes mēslošanai izmanto notekūdeņu dūņas un to kompostu no NAI, kuru slodze nepārsniedz 5000 CE, un tajās attīra tikai sadzīves notekūdeņus, tad smago metālu masas koncentrācija augsnē nav jānosaka.



56. attēls. Notekūdeņu dūņu un komposta iestrāde augsnē⁴⁴

⁴⁴ www.civileats.com

26. tabula

Smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes virsējā slānī notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādei (mg/kg)

Nr. p. k.	Smagie metāli	pHKCl 5-6		pHKCl 6,1-7		pHKCl >7	
		smilts, mālsmilts	smilšmāls, māls	smilts, mālsmilts	smilšmāls, māls	smilts, mālsmilts	smilšmāls, māls
1.	Cd	0,50	0,60	0,60	0,70	0,80	0,90
2.	Cr	40	50	60	70	80	90
3.	Cu	15	25	35	50	55	70
4.	Hg	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50
5.	Ni	15	25	35	50	60	70
6.	Pb	20	25	25	30	35	40
7.	Zn	50	65	70	80	90	100

Emisijas robežvērtības un notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojuma devas

Smago metālu, amonija slāpekļa un kopējā fosfora gada emisijas robežvērtības ir šo vielu maksimālā masa, ko vidēji gadā drīkst iestrādāt uz vienu hektāru ar notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojumu.

No vides aizsardzības un augu barības vielu apgādes viedokļa lielāka nozīme ir slāpekļa masai, ko augsnē ievada amonija ($N-NH_4$) un nitrātu ($N-NO_3$) formā. Šos savienojumus viegli uzņem augi, bet to pārpalikumi var izskaloties no augsnes un piesārņot ūdeņus. Tāpēc lauksaimniecībā izmantojamās platībās, iestrādājot mēslojumu, MK noteikumos Nr. 362 ir noteikta amonija slāpekļa ($N-NH_4$) emisijas robežvērtība – vidēji 30 kg/ha gadā. Ja pēc notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas saražošanas pagājuši vairāk nekā 12 mēneši, tad pirms šīs sērijas izmantošanas sausnes un amonija slāpekļa apjomu nosaka vēlreiz.

Tā kā fosfora savienojumi atšķirībā no slāpekļa izskalojas ļoti maz un spēj saistīties augsnē, emisijas robežvērtība, iestrādājot notekūdeņu dūņas un to kompostu, MK noteikumos Nr. 362 ir noteikta kopējam fosforam (P) – 40 kg/ha gadā.

27. tabula

**Smago metālu gada emisijas robežvērtības lauksaimniecībā izmantojamās
augsnēs⁴⁵**

Nr. p. k.	Smagie metāli	Vidēji piecu gadu periodam, g/ha gadā	
		smilts, mālsmilts	smilsmāls, māls
1.	Kadmijs (Cd)	30	35
2.	Hroms (Cr)	600	700
3.	Varš (Cu)	1000	1200
4.	Dzīvsudrabs (Hg)	8	10
5.	Niķelis (Ni)	250	300
6.	Svins (Pb)	300	350
7.	Cinks (Zn)	5000	6000

Vienā reizē iestrādei maksimāli pieļaujamo notekūdeņu dūņu vai to komposta sausnas devu aprēķina, ievērojot MK noteikumu Nr. 362 10. un 11. pielikumā noteiktās gada emisijas robežvērtības (27. tabula), turklāt, ņemot vērā, ka augsnē vienā reizē ar notekūdeņu dūņām vai kompostu drīkst iestrādāt tādu smago metālu masu (nosaka katram smagajam metālam atsevišķi), kas nepārsniedz piecu gadu emisijas robežvērtības.

Augsnē atļauts iestrādāt mazāko no aprēķinātajām notekūdeņu dūņu vai to komposta devām.

Dūņu un to komposta devu vienā reizē (sausnes masu) augsnē iestrādājamām dūņām un to kompostam parasti izsaka t/ha.

Notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojums pēc izkliešanas uz lauka jāiestrādā augsnē triju dienu laikā, bet to nedrīkst izkliegt laika posmā no 15. decembra līdz 1. martam.

Ļoti būtiski ir augsni nepārbagātināt ar smagajiem metāliem un slāpekļa un fosfora savienojumiem, līdz ar to vienā reizē iestrādei augsnē pieļaujamā smago metālu un augu barības elementu masa ir reglamentēta (28. tabula).

⁴⁵ MK noteikumi Nr. 362, 10. pielikums

28. tabula

Vienā reizē iestrādei pieļaujamā smago metālu un augu barības elementu masa⁴⁶

Nr. p. k.	Smagie metāli	Vienā reizē iestrādei pieļaujamā masa, g/ha	
		smilts, mālsmilts	smilšmāls, māls
1.	Kadmijijs (Cd)	150	175
2.	Hroms (Cr)	3000	3500
3.	Varš (Cu)	5000	6000
4.	Dzīvsudrabs (Hg)	40	50
5.	Niķelis (Ni)	1250	1500
6.	Svins (Pb)	1500	1750
7.	Cinks (Zn)	25 000	30 000
		kg/ha	kg/ha
8.	N-NH ₄	150	150
9.	P _{kop}	200	200

Notekūdeņu dūņu un to komposta devas aprēķins

Lai aprēķinātu notekūdeņu dūņu vai no tām ražotā komposta devas, kas pieļaujamas iestrādei augsnē, vajadzīga šāda informācija:

- smago metālu, amonija slāpekļa N-NH₄ un kopējā fosfora (P) emisijas robežvērtības, ņemot vērā konkrētās platības granulometriskā sastāvu;
- notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādes periods gados, kas ir laika posms starp divām notekūdeņu dūņu iestrādēm;
- smago metālu, amonija slāpekļa (vai N_{kop}) un P_{kop} koncentrācija notekūdeņu dūņu un to komposta sausrnā (notekūdeņu dūņu vai to komposta kvalitātes apliecības dati).

Notekūdeņu dūņu un to komposta devas aprēķinu veic šādi (aprēķina piemēra rezultāti apkopoti 29. tabulā):

- notekūdeņu dūņu un to komposta lietotājs nosaka iestrādes periodu (gados), kas nedrīkst pārsniegt piecus gadus;
- aprēķina iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamo atsevišķu smago metālu un augu barības elementu masu, reizinot attiecīgos emisijas robežvērtību rādītājus un iestrādes perioda gadu skaitu;
- iepriekš aprēķinātos katra smagā metāla, amonija slāpekļa un kopējā fosfora masas rādītājus, dalot ar šo vielu koncentrāciju vienā tonnā notekūdeņu dūņās un to kompostā, aprēķina katram rādītājam maksimāli pieļaujamo notekūdeņu dūņu un to komposta sausrnas devu iestrādei augsnē;

⁴⁶ Gemste, I., Vucāns, A. (2010)

- iestrādei augsnē pieļaujamā mazākā no visiem rādītājiem aprēķinātajām sausnas devām;
- iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamo dabiski mitra notekūdeņu dūņu vai to komposta mēslojuma devu aprēķina pēc šādas formulas:

$$N = \frac{100 \cdot d}{e}, \quad (5.)$$

kur

N – iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamā dabiski mitro notekūdeņu dūņu un to komposta deva, t/ha;

d – iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamā notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas deva, t/ha;

e – sausnas saturs notekūdeņu dūņās un to kompostā pirms iestrādes augsnē, %.

Atbilstīgi 28. tabulā aprēķinātajai iestrādei maksimāli pieļaujamai notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas devai 13 t/ha un pieņemot, ka dūņu mēslojuma sausnas saturs ir 25 %, var aprēķināt iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamo dabiski mitro notekūdeņu dūņu un to komposta devu:

Pirms dūņu un to komposta devas aprēķina jāņem vērā

- smago metālu koncentrācija – mg/kg = g/t
- kopējā fosfora koncentrācija sausnā – g/kg = kg/t
- kopējā slāpekļa koncentrācija sausnā – g/kg = kg/t

Ja N_{kop} un P_{kop} koncentrācijas dūņās un to komposta sausnā uzrādītas %, tad, šo rādītāju reizinot ar desmit, pārrēķina g/kg jeb kg/t

Pirmās un otrās klases notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādei maksimāli pieļaujamo sausnas devu aprēķina tikai pēc amonija slāpekļa un kopējā fosfora emisijas robežvērtībām, jo šajā gadījumā smagie metāli dūņu un to komposta devu nelimitē.

Faktiski izklaidēto dabiski mitro notekūdeņu dūņu devu ar pieņemamu precizitāti var noteikt pēc transportlīdzekļa tilpuma, ievērojot, ka 1 m^3 dabiski mitru notekūdeņu dūņu aptuvenā masa ir:

- ar sausnas saturu līdz 5 % – 0,95 t
- ar sausnas saturu 5–20 % – 0,90 t
- ar sausnas saturu virs 20 % – 0,85 t

29. tabula

**Iestrādei lauksaimniecības zemēs maksimāli pieļaujamās notekūdeņu dūņu
un to komposta sausnas devas aprēķina piemērs**

I	II	III	IV	V
Testēšanas pārskatā uzrādītie rezultāti*		Gada emisijas robežvērtības**	Iestrādei maksimāli pieļaujamā masa***	Iestrādei maksimāli pieļaujamā sausnes deva****
Vielas	Koncentrācija			
Smagie metāli	mg/kg vai g/t	g/ha	g/ha	t/ha
Kadmījs (Cd)	2	30	150	75
Hroms (Cr)	90	600	3000	33
Varš (Cu)	150	1000	5000	33
Dzīvsudrabs (Hg)	1,5	8	40	27
Niķelis (Ni)	30	250	1250	42
Svins (Pb)	100	300	1500	15
Cinks (Zn)	1000	5000	25000	25
Augu barības elementi	g/kg vai kg/t	kg/ha	kg/ha	t/ha
N _{kop}	40	–	–	–
N–NH ₄ *****	5*****	30	150	30
P _{kop}	15	40	200	13*****

* Pieņemti testēšanas pārskatā uzrādītie rezultāti.

** Dati atbilstīgi smago metālu gada emisijas robežvērtības lauksaimniecībā izmantojamās augsnes (26. tabula), pieņemot, ka augsnes tips ir smilts, mālsmilts.

*** Pieņemot, ka iestrādes perioda gadu skaits ir pieci gadi, III kolonna · 5 gadi.

**** Iestrādei maksimāli pieļaujamās masas dalījums ar testēšanas rezultātos uzrādītajām koncentrācijām.

***** Ja amonija slāpekļa koncentrācija dūņās nav noteikta laboratorijā, ko aprēķina, N_{kop} koncentrāciju pareizinot ar attiecīgo koeficientu 0,12.

***** Aprēķināta (40 · 0,12 = 5 g/kg).

***** Iestrādei maksimāli pieļaujamā notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas deva, t. i., mazākā no visām aprēķinātajām.

Dokumenti, kas nepieciešami izmantotās devas apliecinājumam

Iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamo notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas devu aprēķina notekūdeņu dūņu un to komposta ražotājs. Šo rādītāju ieraksta apliecinājumā, kas ir rakstisks dokuments par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu un kas kopā jānoformē notekūdeņu dūņu un to komposta ražotājam un to lietotājam.

Apliecinājumu noformē, pamatojoties uz šādiem dokumentiem, kurus pievieno kā pielikumu:

- notekūdeņu dūņu un to komposta sērijas kvalitātes apliecības kopija;
- platības augšņu izpētes rezultāti;

- kartogrāfiskais materiāls (mērogā 1:10 000 vai 1:5000) ar iezīmētām platībām, kurās paredzēts iestrādāt notekūdeņu dūņu mēslojumu.

Kartogrāfiskajā materiālā iezīmētajā kontūrā ieraksta notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādes gadu un sausnas devu.

Ja notekūdeņu dūņas vai kompostu attiecīgajā platībā iestrādā atkārtoti, apliecinājumam pievieno tikai notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas kvalitātes apliecības kopiju.

Apliecinājumā norāda:

- notekūdeņu dūņu vai komposta daudzumu;
- iestrādei augsnē paredzēto platību;
- iestrādei maksimāli pieļaujamo sausnas un dabiski mitru notekūdeņu dūņu vai komposta devu;
- audzējamās lauksaimniecības kultūraugus pirmajā gadā pēc notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes.

Katru apliecinājumu notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs numurē un reģistrē īpašā reģistrācijas žurnālā. To uztur un glabā notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs. Apliecinājumu oriģinālus un reģistrācijas žurnālu, kad tas ir pabeigts, glabā ne mazāk kā desmit gadus.

Platību izvēle

Notekūdeņu dūņu un to komposta lietošana augšņu mēslošanai lauksaimniecībā izmantojamās platībās saistīta ar normatīvajos aktos noteiktajiem ierobežojumiem. To mērķis – minimizēt šajā mēslojumā esošo piesārņojošo vielu nokļūšanu visos vides komponentos, kā arī slāpekļa un fosfora nokļūšanu ūdenī, lai nepaaugstinātu smago metālu koncentrāciju kultūraugu ražā un ierobežotu vai pilnīgi izslēgtu patogēnisko mikroorganismu iekļūšanu tajā.

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 dūņu un to kompostu nedrīkst izkliedēt un iestrādāt:

- nogāzēs, kuru slīpums ir lielāks par 7°;
- sasalušā vai sniega klātā augsnē;
- applūstošās un plūdu apdraudētās platībās;
- tuvāk par 100 m no individuālajām ūdens ņemšanas vietām;
- tuvāk par 100 m no dzīvojamām ēkām, pārtikas pārstrādes un pārtikas tirdzniecības uzņēmumiem;
- tuvāk par 50 m no ūdenstilpes vai ūdensteces krasta līnijas;
- vietās, kur tas ir aizliegts saskaņā ar normatīvajiem aktiem par aizsargjoslām.

Ja lauksaimniecībā izmantojamās platības atrodas īpaši aizsargājamās dabas teritorijās, notekūdeņu dūņu un komposta izmantošanu saskaņo ar reģionālo vides pārvaldi.

Notekūdeņu dūņu un to kompostu vēlams iestrādāt:

- 1) smagāka granulometriskā sastāva augsnēs (smilšmāls, māls), lai minimizētu ar notekūdeņu dūņu un to kompostu iestrādāto augu barības elementu (it sevišķi slāpekļa) izskalošanos);
- 2) platībās ar zemu kustīgā fosfora saturu ($P_2O_5 < 70$ mg/kg, $P < 30$ mg/kg), turklāt jāņem vērā, ka augsnēs ar zemu kustīgā kālija nodrošinājumu jāiestrādā kālija minerālmēsli, jo notekūdeņu dūņās un to kompostā ir ļoti maz kālija;
- 3) atgūstot aizlaistās lauksaimniecības platības; veicot platību ielabošanu, kur lietderīgi kombinēt notekūdeņu dūņu un to kompostu ar krustziežu zaļmēslojumu (eļļas augi, rutki u. c.).

Kultūraugu izvēle

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 notekūdeņu dūņas un kompostu **nedrīkst izmantot:**

- dārzeņu un ogu audzēšanai segtās platībās;
- kartupeļu, dārzeņu un ogu audzēšanai atklātā laukā, kas ir mazāks par 0,10 ha;
- par virsmēslojumu un rindu mēslojumu veģetācijas periodā pārtikas un lopbarības kultūraugiem;
- par virsmēslojumu ganībās to izmantošanas gadā, izņemot gadījumus, kad atjauno zelmeni, augsni pārarot, un notekūdeņu dūņas un to kompostu iestrādā augsnē.

Laikposmam starp notekūdeņu dūņu un komposta iestrādi augsnē un lauksaimniecības kultūraugu ražas novākšanu ir jābūt ne mazākam par:

- desmit mēnešiem, audzējot atklātā laukā augļus un ogas, kā arī sakņaugus, kartupeļus un dārzeņus, kas atrodas tiešā saskarē ar augsni;
- trim mēnešiem, audzējot pārējos lauksaimniecības kultūraugus, izņemot daudzgadīgos zālājus, ko izmanto pļaušanai vai ganīšanai.

Daudzgadīgo zālāju platībās, ko izmanto pļaušanai vai ganīšanai, notekūdeņu dūņas vai kompostu izkliedē pēc pēdējā siena savākšanas vai ganīšanas veģetācijas periodā.

Izvēloties audzējamo kultūraugu sugas platībās, kur iestrādā notekūdeņu dūņas un to kompostu, ieteicams ņemt vērā tādas kultūraugu sugu bioloģiskās īpatnības kā to spēju izmantot lielu daudzumu notekūdeņu dūņās un to kompostā esošo augu barības vielas elementus (slāpekļi, fosfors) un mazāk uzņemt smagos metālus.

Latvijā līdz šim ir samērā maz šāda veida novērojumu, kādas kultūraugu sugas būtu vēlams audzēt platībās, kur iestrādātas notekūdeņu dūņas un to komposts. Tomēr, balstoties uz salīdzinoši maza apjoma rezultātiem Latvijā un ārvalstu pieredzi, var secināt, ka kaitīgo vielu koncentrācijas izmaiņas graudaugos ir ļoti mazas un neapdraud pašu graudaugu vai no tiem ražoto produktu kvalitāti. Ieteicamās kultūras,

ko audzēt pēc notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādes augsnē, ir graudaugi, stiebrzāles, kukurūza, krustzieži (mēslojumam), kā arī rapsis sēklas ieguvei un tehniskām vajadzībām (galvenokārt biodegvielas ražošanai).

Dārzenos un bumbūļaugos konstatētās smago metālu koncentrācijas izmaiņas ir lielākas, turklāt tos biežāk izmanto termiski neapstrādātus. Termiskā apstrāde nodrošinātu mēslojumā esošo mikroorganismu bojāeju, tāpēc šo kultūraugu mēslošanā notekūdeņu dūņas un to pārstrādes produktus nav ieteicams lietot.

Lai racionālāk izmantotu ar notekūdeņu dūņām un to kompostu augsnē iestrādāto ievērojamo slāpekļa un fosfora daudzumu, pirmajos gados pēc notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādes varētu realizēt šādu augu maiņas režīmu:

- 1. gads – mieži lopbarībai vai sēklai un stiebrzāļu pasējai;
- 2. gads – stiebrzāles sienam vai ganīšanai;
- 3. gads – stiebrzāles sienam vai ganīšanai.

Visefektīvāk un ekoloģiski drošāk notekūdeņu dūņas un to kompostu var izmantot, pamatojoties uz kultūraugu mēslošanas plānu, ko izstrādā saskaņā ar Ministru kabineta 2014. gada 23. decembra noteikumiem Nr. 834 „Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma” 4. pielikumu „Kultūraugu mēslošanas plāns un kultūraugu mēslošanas plānu kopsavilkums”.

Lai nodrošinātu ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma ar nitrātiem, jāņem vērā prasības, kas noteiktas Ministru kabineta 2014. gada 23. decembra noteikumos Nr. 834 „Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma” attiecībā uz maksimāli pieļaujamo slāpekļa normu kultūraugiem (30. tabula).

ES Padomes direktīva attiecībā uz ūdeņu aizsardzību pret piesārņojumu, ko rada lauksaimnieciskās izcelsmes nitrāti (91/676/EEK), nosaka, ka zemē iestrādāto kūtsmēsli daudzums gadā uz katru lauku saimniecības vai ganāmpulka vienību, ieskaitot pašus dzīvniekus, nedrīkst pārsniegt noteikto daudzumu uz hektāru – mēslošanas līdzekļu daudzums, kas satur 170 kg N. Direktīva pieļauj šo prasību attiecināt arī uz notekūdeņu dūņām un to komposta iestrādi augsnē.

29. tabula

Maksimāli pieļaujamās slāpekļa normas dažādiem kultūraugiem (kg N/ha)*

Kultūraugs	Ražas līmenis, t/ha			
	<3,0	3-5	5-7	>7,0
Rudzi (130)	65	95	130	160
Ziemas mieži (150)	75	105	140	185
Ziemas tritikāle (140)	75	105	140	200
Vasaras mieži (150)	65	100	135	170
Auzas (110)	60	90	120	-
	<2,0	2,0-4,0	4,0-5,0	>5,0
Ziemas rapsis	90	150	190	230
	<2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	>4,0
Vasaras rapsis	90	120	160	200
	<40	40-60	>60	
Kukurūza, zaļmasa	110	160	200	
Lopbarības bietes, cukurbietes	90	150	190	
	<4,0	4,0-8,0	>8,0	
Stiebrzāles aramzemē un pļavā, siens	80	120	170	
	<20	20-30	>30	
Ganības, zaļmasa	100	155	240	

* Augsnēs, kurās 0–30 cm slānī organisko vielu saturs ir lielāks par 30 %, nosakot maksimāli pieļaujamās normas, tabulā norādītais lielums jāreizina ar koeficientu 0,7.

4.5.2. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana apzaļumošanai

Ar apzaļumošanu parasti saprot daudzgadīgu dekoratīvo zālienu, koku, krūmu un puķu stādījumu iekārtošanu dzīves un atpūtas vietās, sporta kompleksos, transporta maģistrālu nomalēs u. c. Parasti platības, kas jāapzaļumo, ir mazauglīgas augsnes vai pat kaila grunts. Lai izveidotu labu zālienu un nodrošinātu pienācīgus augšanas apstākļus kokiem, krūmiem un puķēm, šajās platībās jāoptimizē augsnes (grunts) reakcija, turklāt jāiestrādā tajā ievērojams daudzums organisko vielu un augu barības elementu. Šiem mērķiem sekmīgi var izmantot notekūdeņu dūņas un to kompostu.

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362, veicot teritoriju apzaļumošanu:

- drīkst izmantot notekūdeņu dūņas un kompostu, kur sausnā smago metālu koncentrācija nepārsniedz otrajai klasei atbilstīgus rādītājus;
- drīkst izmantot gadu glabātas notekūdeņu dūņas ar sausnas saturu vismaz 25 % apmērā un bez nepatīkamas smakas;
- vienā reizē ar notekūdeņu dūņām vai kompostu augsnē drīkst iestrādāt tikai tādu smago metālu masu, kas nepārsniedz septiņu gadu emisijas robežvērtības.

Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas apzaļumošanā priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Organisko vielu un augu barības elementu atkārtota izmantošana	Pastāv risks, ka atsevišķos gadījumos cilvēki un dzīvnieki var tieši uzņemt ar notekūdeņu dūņām vai to kompostu mēslošanas daļiņas
Drīkst iestrādāt ievērojami lielākas dūņu un to komposta devas, salīdzinot ar lauksaimniecības platībām, jo nepastāv pārtikas produktu piesārņojuma risks	Paaugstinātas notekūdeņu dūņu un to komposta kvalitātes prasības
Iestrādātās notekūdeņu dūņas un to komposts iedarbojas ievērojami ilgāk nekā minerālmēsli	Vēlams izmantot pārstrādātas notekūdeņu dūņas
Zemas izmaksas	Varētu būt sabiedrības negatīva attieksme
Drīkst izmantot arī platībās, kas ir mazākas par 0,1 ha (mazdārziņos)	Mēslotajā platībā intensīvi augošais zāliens prasa biežāku laistīšanu un pļaušanu

Emisijas robežvērtības un notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojuma devas aprēķins

Ar notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojumu augsnē iestrādāto metālu gada emisijas robežvērtību saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 drīkst palielināt līdz 50 %, to absolūtie rādītāji un iestrādei maksimāli pieļaujamās sausnes devas aprēķini, pieņemot, ka mēslojums tiek iestrādāts mālsmits augsnē un tā sausnas saturs ir 27 %, apkopoti 30. tabulā.

Atbilstīgi 31. tabulā aprēķinātajai maksimāli pieļaujamai notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas devai 13 t/ha, ko drīkst iestrādāt augsnē, un pieņemot, ka dūņu mēslojuma sausnes saturs ir 25 %, var aprēķināt iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamo dabiski mitro notekūdeņu dūņu un to komposta devu:

$$N = \frac{100 \cdot 31 \text{ t/ha}}{27\%} = 115 \text{ t/ha jeb } 11,5 \text{ kg/m}^2.$$

31. tabula

Iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamās notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas devas apzaļumošanai (aprēķina piemērs)

I	II		III		IV	V
	Emisijas robežvērtības, g/ha gadā*		Iestrādei maksimāli pieļaujamā masa, g/ha**			
Smagie metāli	smilts, mālsmilts	smilts, mālsmilts	smilts, mālsmilts	smilts, mālsmilts	Koncentrācijas notekūdeņu dūņu un to komposta sausnā mg/kg (g/t)***	Iestrādei maksimāli pieļaujamās sausnas deva t/ha ****
Cd	45		315		2	157
Cr	900		6300		90	70
Cu	1500		10500		150	70
Hg	12		84		1,5	56
Ni	375		2625		30	87
Pb	450		3150		100	31*****
Zn	7500		52500		750	70

* Dati atbilstīgi smago metālu gada emisijas robežvērtībām lauksaimniecībā izmantojamās augsnēs (26. tabula), pieņemot, ka augsnes tips ir smilts, mālsmilts, un, palielinot emisijas robežvērtību par 50 %.

** Atbilstīgi pieļaujamajam maksimālajam periodam smago metālu iestrādei augsnē apzaļumošanas gadījumā – periodam 7 gadi, II kolonna · 7 gadi.

*** Pieņemti testēšanas pārskatā un dūņu komposta sērijas kvalitātes apliecībā uzrādītie rezultāti.

**** Iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamās masas dalījums ar testēšanas rezultātos uzrādītajām koncentrācijām.

***** Iestrādei maksimāli pieļaujamā notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas deva, t. i., mazākā no visām aprēķinātajām.

Notekūdeņu dūņas, kas izmantotas teritoriju apzaļumošanai, iestrādā augsnē 24 stundu laikā pēc izkļedēšanas.

Iestrādājot notekūdeņu dūņas un to kompostu augsnē, jāievēro, ka:

- reizē ar notekūdeņu dūņām un to kompostu ieteicams iestrādāt kālija minerālmēslus;
- notekūdeņu dūņas un to kompostu vislabāk sekli iestrādāt ar frēzi, bet mazās platībās, iekapājot ar kapli vai dzelzs grābekli.

Labā dekoratīvā zāliena izveidošanā liela nozīme ir zāļu sēklu maisījumam. Samērā vienkāršs, bet universāls ir šāds zāļu maisījums (% no kopējās sēklu masas): sarkanā auzene – 70–75 %, pļavas skarene – 20–25 %, daudzgadīgā airene – 5–10 %, turklāt laba zāliena veidošanu lielā mērā nodrošina:

- zāļu maisījuma izsējas norma 30–40 g/m²;
- zāliens jāiesēj līdz 15. augustam;

- zāļu sēkla jāiestrādā 2–3 cm dziļumā un pēc iestrādes stingri jāpieveļ;
- pirmoreiz zāliens jāapļauj 3–4 nedēļas pēc sējas.

Ja notekūdeņu dūņas un to kompostu lieto dekoratīvo krūmu un puķu mēslošanai, tad ir jāsaņem attiecīgās nozares speciālistu konsultācijas.

Dokumenti, kas nepieciešami devas apliecinājumam

Ja notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs un šī mēslojuma lietotājs vienojas par notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanu apzaļumošanai, tie noformē rakstisku apliecinājumu, pamatojoties uz šādiem dokumentiem, kurus pievieno kā pielikumu:

- notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas kvalitātes apliecības kopija;
- attiecīgās teritorijas kartogrāfiskais materiāls (mērogā 1:500 vai 1:1000) ar iezīmētām platībām, kurās paredzēts iestrādāt notekūdeņu dūņas vai kompostu.

Apliecinājumā norāda:

- notekūdeņu dūņu vai komposta daudzumu;
- iestrādei augsnē paredzēto platību;
- iestrādei augsnē maksimāli pieļaujamo sausnas un dabiski mitru notekūdeņu dūņu vai komposta devu.

Katru apliecinājumu notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs numurē un reģistrē īpašā reģistrācijas žurnālā. Reģistrācijas žurnālu uztur un glabā notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs. Apliecinājumu oriģinālus un reģistrācijas žurnālu, kad tas aizpildīts, glabā ne mazāk kā desmit gadus.

4.5.3. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana kārkļu audzēšanai

Kārkļu plantācijas ir viens no lauksaimniecības energokultūras veidiem. Šajās plantācijās enerģiju iegūst no koksnes šķeldas un eksperimentālā līmenī to lieto arī celulozes ieguvei. Kārkļu plantācijas ir viena no tām atjaunojamo energoresursu tehnoloģijām, kas ir komercializējušās un ieguvušas savu tirgus nišu.

Kārkli ir ātraudzīga kultūra un piesaista no augsnes daudz slāpekļa un fosfora. Šie augi netiek audzēti pārtikas produktu ražošanai, tāpēc to mēslošanai var izmantot notekūdeņu dūņas un to kompostu. Tā kā kārkli no augsnes intensīvi uzņem smagos metālus, t. sk. kadmiju, tad šajās platībās var atveseļot piesārņotu augsni.

Izmantojot notekūdeņu dūņas kārkļu plantāciju mēslošanai, samazinās ar notekūdeņu dūņu izmantošanu saistītie higiēnas un smago metālu

piesārņojuma riski. Kārkli tiek sadedzināti, tādējādi iet bojā visi izdzīvojošie patogēni. Intensīvi augošas kārķļu plantācijas no augsnes uzņem ar notekūdeņu dūņām ienestos smagos metālus, kas pēc sadedzināšanas nonāk pelnos.

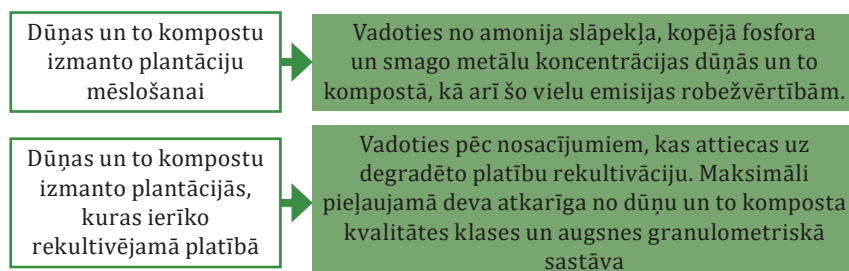
Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas kārķļu audzēšanai priekšrocības un trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Mazāks infekciju izplatīšanās un pārtikas produktu piesārņošanas risks	Lielas stādījumu ravēšanas izmaksas ierīkošanas gadā
Sadedzinot kārķļus, iet bojā visi izdzīvojošie patogēni	Vides piesārņojuma risks, izmantojot pārmērīgi lielas notekūdeņu dūņu devas
Pilnībā mehanizējams ražošanas cikls	
Mazākas izmaksas, nekā izmantojot dūņas mežsaimniecībā	
Plašas izmantošanas iespējas, ierīkojot kārķļu plantācijas lauksaimniecībā neizmantojamās zemēs	
Tiek iegūts atjaunojamais energoresurss – koksne	
Palielina bioloģisko daudzveidību lauksaimniecībā izmantojamās teritorijās	

Emisijas robežvērtības un notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojuma devas

Latvijā nav izstrādāti normatīvi notekūdeņu dūņu izmantošanai energokultūru mēslošanai. Ierīkojot kārķļu plantācijas lauksaimniecības zemēs, jāņem vērā MK noteikumu Nr. 362 nosacījumi, kas attiecas uz lauksaimniecības kultūru mēslošanu.

Mēslojuma devu nosaka atbilstīgi šādiem priekšnosacījumiem



Augoša kārķļu plantācija patērē 60–100 kg slāpekļa (N), 10–15 kg fosfora (P) un 35–50 kg kālija (K) uz 1 ha gadā. Ieteicamā mēslojuma

deva uz 1 ha gadā ir 100–200 kg N, 20–40 kg P un 100–200 kg K. Plantāciju ierīkošanas gadā N devu var samazināt līdz 60 kg/ha vai vispār nedot mēslojumu. Mēslojumu atkārtoti iestrādā pēc kārklu nopļaušanas, vienlaikus dodot 3–5 gadu devu.

2009. gadā veiktajos novērojumos lielāka vērība tika pievērsta notekūdeņu dūņu mēslojuma ietekmei uz galveno vides komponentu kvalitātes rādītāju izmaiņām, izmantojot notekūdeņu dūņu mēslojumu kārklu plantācijas mežos, tika konstatēts, ka⁴⁷:

- minerālaugšņu un kūdras augšņu virskārtā smago metālu koncentrācija palielinājusies par 14 %, kas nepārsniedz limitējošo koncentrāciju;
- koksne smago metālu koncentrācija palielinājusies tikai par 4–8 %, salīdzinot ar kontroles variantu;
- netika konstatēta smago metālu koncentrācijas palielināšanās virszemes ūdeņos.

Plantāciju apsaimniekošana un kārklu izmantošana



57. attēls. Kārklu audzes plaušana⁴⁸

⁴⁷ Lazdiņa, D. (2009)

⁴⁸ www.farmersjournal.ie

Plantācijas izmantošana var turpināties 20–30 gadus. No hektāra kārklu plantācijās vidēji iegūst 7–10 t koksnes sausnas gadā (20–40 cieškubikmetri). Pļaujot reizi četros gados (57. attēls), iegūst 28–40 t koksnes sausnas (80–160 cieškubikmetri). Labākajās plantācijās biomasas pieaugums ir līdz 12 tonnām sausnas gadā. Piemēram, Zviedrijā, zemnieku ieņēmumi, realizējot šķeldas siltumapgādes uzņēmumiem, ir līdzvērtīgi ieņēmumiem no kviešu sējumiem.

Izaudzēto kārklu ražu ir iespējams izmantot vairākos veidos:

- 1) siltumapgādē – kārklu šķeldu izmanto centralizētās siltumapgādes ūdenssildāmajos un tvaika katlos, kas piemēroti mežizstrādes atlieku sadedzināšanai, vai pārstrādā koksnes granulās, kas izmantojamas arī privātmāju apkurē. Kārklu šķelda ir tikpat kvalitatīva un dod tādu pašu siltumu kā citu lapu koku šķelda. Kārklu izmantošana siltumapgādē nepalielina oglekļa savienojumu vai citu siltumnīcas efektu izraisīto gāzu emisiju atmosfērā – sadedzinot augus, izdalās tikpat daudz oglekļa, cik tiek asimilēts fotosintēzes procesā;
- 2) plantāciju mēslošanā – kārklu pelnus var izmantot plantāciju mēslošanai, dodot augsnei notekūdeņu dūņās trūkstozo kāliju;
- 3) amatniecībā – kārkli ir pazīstami kā izejmateriāls visdažādākajiem pinumiem, sākot no vienkāršiem sēņu groziem un beidzot ar istabas un dārza mēbelēm;
- 4) ārstniecībā – kārkliem piemītošās ārstnieciskās īpašības izmanto arī skaistumkopšanā. To lapās un mizā ir glikozīdi, kam raksturīga pretiekaisuma, pretsāpju, temperatūru pazeminoša iedarbība.

4.5.4. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana mežsaimniecībā

Latvijā notekūdeņu dūņu perspektīvākās izmantošanas vietas mežsaimniecībā ir sausie smiltāji, meža degumi, kā arī lauksaimniecībā nederīgās un neizmantotās platības, kuru apmežošana prasa lielus kapitālieguldījumus. Sevišķi tas attiecināms uz sausajām meža augsnēm ar maziem trūdvielu un barības elementu krājumiem. Šajās platībās dažādu kultūru stādījumi prasa papildu pasākumus, tajā skaitā organisko vielu un minerālvielu piedevas.

Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas priekšrocības un trūkumi mežsaimniecībā

Priekšrocības	Trūkumi
Organisko vielu un augu barības elementu atkārtota izmantošana	Augšņu piesārņošana un līdz ar to ietekme uz floru, faunu, pazemes ūdeņiem un virszemes ūdenskrātuvēm ir grūti prognozējama
Mēslojums palielina meža produktivitāti	Nav nepieciešama intensīva meža augšņu mēslošana
Minimāls risks cilvēku un dzīvnieku veselībai	Vajadzīga vides situācijas kontrole
Mazas izmaksas	Diskutējams izmantošanas veids
	Mežu sertifikācijas FSC prasības

Prasības notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojuma lietošanai

Latvijā notekūdeņu dūņu izmantošanu mežsaimniecībā reglamentē MK noteikumi Nr. 362. Augšņu ielabošanai un mēslošanai mežsaimniecībā izmanto tikai apstrādātas notekūdeņu dūņas un kompostu, kam sausnā smago metālu masas koncentrācija nepārsniedz MK noteikumu Nr. 362 9. pielikumā minēto koncentrācijas limitu.

Plantāciju mežos atļauts izmantot apstrādātas notekūdeņu dūņas un kompostu, bet mazauglīgo smiltāju, degradēto meža augšņu un meža degumu apmežošanai – tikai kompostu. Augsnes izpēte pirms notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes nav vajadzīga.

Katras notekūdeņu dūņu un to komposta sērijas kvalitātes raksturošanai nosaka sausnas saturu un smago metālu masas koncentrāciju atbilstīgi MK noteikumu Nr. 362 2. pielikumam.

Augsnē vienā reizē ar notekūdeņu dūņām vai kompostu drīkst iestrādāt tādu smago metālu (nosaka katram smagajam metālam atsevišķi) masu, kas nepārsniedz piecu gadu emisijas robežvērtības.

Starptautiskā pieredze un mežu apsaimniekošanas standarti nosaka, ka nav pieļaujama notekūdeņu dūņu izmantošana dabiskajos mežos, tomēr iespējama notekūdeņu dūņu lietošana plantācijas mežos, tajā skaitā Ziemassvētku eglīšu plantācijās, kā arī meža atjaunošanai ar barības vielām nabadzīgās un noplicinātās augsnēs. Šādā gadījumā jālieto notekūdeņu dūņu iestrādes tehnoloģija – dziļa iearšana, tas nozīmē, ka virsmēslošana nav pieļaujama.

Meža augsnēm raksturīga neitrāla līdz skāba reakcija. Šādās augsnēs notekūdeņu dūņās esošie smagie metāli ir aktīvāki, tāpēc to ieskalošana dziļākajos augsnes slāņos notiek intensīvāk. Notekūdeņu dūņās ir daudz slāpekļa, un koki nespēj to pilnībā izmantot, tāpēc notekūdeņu dūņu mēslojums veicina nitrifikācijas procesu un barības vielu (slāpekļa, kālija, kalcija, magnija) izskalošanos no virsējiem augsnes horizontiem, tomēr nelielu notekūdeņu dūņu devu (līdz 10 tonnām sausnas uz 1 ha

gadā) ienešana augsnē parasti nerada šādu problēmu, jo atlikušo slāpekli izmanto zemsedzes veģetācija. Mitrās augsnēs notekūdeņu dūņu mēslojuma deva jāsamazina aptuveni divas reizes.

Liela notekūdeņu dūņu mēslojuma deva var veicināt augsnes trūdvielu horizonta sabrukšanu un slāpekļa ieskalošanos gruntsūdeņos, kā arī izraisīt būtiskas izmaiņas dabiskajos biotopos. Tāpēc notekūdeņu dūņu mēslojumu nav ieteicams lietot pieaugušās mežaudzēs, bet gan meža atjaunošanā kā starta mēslojumu un organiskās vielas rezervi.

Izmantojot notekūdeņu dūņu mēslojumu, īpaši, ja lietotas lielas mēslojuma devas, papildus jādod kālija saturošs mēslojums. Labākais un lētākais kālija mēslojums mežam, kas vienlaikus nodrošinās arī mikroelementu rezervi un paaugstinās augsnes pH, ir koksnes pelni.

Nepieciešamie dokumenti

Latvijā darbojas vairākas meža sertifikācijas sistēmas, piemēram, PEFC un FSC. PEFC vairāk paredz ekonomisko izdevīgumu un pārstāv mežrūpnieku intereses, savukārt FSC sertifikācija iekļauj pastiprinātas vides aizsardzības prasības mežu apsaimniekošanā. Lielākā daļa Latvijas mežu īpašnieku, t. sk. AS „Latvijas Valsts meži”, izmanto FSC sertifikācijas sistēmu. Saskaņā ar PEFC sertifikācijas noteikumiem mežā drīkst izmantot mēslojumu, tajā skaitā notekūdeņu dūņu kompostu. FSC sertifikācijas noteikumi nepieļauj mēslojuma izmantošanu mežaudzēs.

Ja notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs un šī mēslojuma lietotājs vienojas par notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanu augšņu mēslošanai mežsaimniecībā, tie noformē rakstisku apliecinājumu, pamatojoties uz šādiem dokumentiem:

- notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas kvalitātes apliecības kopiju;
- kartogrāfisko materiālu (mērogā 1:10000 vai 1:5000) ar iezīmētām platībām, kurās paredzēts iestrādāt notekūdeņu dūņas vai kompostu.

Apliecinājumā norāda:

- notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanas veidu;
- notekūdeņu dūņu vai komposta daudzumu;
- iestrādei paredzēto platību;
- iestrādei maksimāli pieļaujamo sausnas un dabiski mitru notekūdeņu dūņu vai komposta devu.

Ja platība, kuru paredzēts mēslot ar notekūdeņu dūņām vai kompostu, atrodas īpaši aizsargājamā dabas teritorijā, ievēro MK noteikumu Nr. 362 40. punktā minētās prasības.

Notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs pirms notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes augsnē nodrošina iestrādei maksimāli pieļaujamās dabiski mitru notekūdeņu dūņu un komposta devas aprēķināšanu un paziņo to šī mēslojuma lietotājam.

Katru apliecinājumu notekūdeņu dūņu ražotājs vai komposta ražotājs numurē un reģistrē īpašā žurnālā, kuru uztur un glabā saskaņā ar MK noteikumu Nr. 362 36. punktu.

4.5.5. Notekūdeņu dūņu un to degradēto platību rekultivācijai

Degradētas platības ir platības ar izpostītu augšņu segu, kas radušās, iegūstot mālu, smilti, granti un citus derīgos izrakteņus ar atklāto paņēmienu (karjeros) (58. attēls), veicot zemes darbus celtniecībā, kā arī citus darbus, kas saistīti ar augsnes segas izpostīšanu. Rekultivācija ir melioratīvo, kultūrtehnisko un agrotehnisko pasākumu komplekss, lai atjaunotu degradēto platību augsnes segu.

Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas priekšrocības un trūkumi degradēto platību rekultivācijai

Priekšrocības	Trūkumi
Organisko vielu un augu barības elementu atkārtota izmantošana	Lokāla teritorijas piesārņošana
Piesārņojošās vielas tiek izslēgtas no cilvēku pārtikas vai dzīvnieku barības ķēdes	Gruntsūdeņu piesārņošanas risks
Relatīvi nelielas izmaksas	Nepieciešama vides situācijas kontrole
Var izmantot lielas notekūdeņu dūņu un to komposta devas nelielā platībā, samazinot transportēšanas un iestrādes izmaksas	



58. attēls. Izstrādāts kūdras purvs⁴⁹

⁴⁹ Priede A., Silamiķele I. (2015)

Prasības notekūdeņu dūņu un to komposta mēslojuma lietošanai

Latvijā notekūdeņu dūņu izmantošanu degradēto platību rekultivācijai reglamentē MK noteikumi Nr. 362. Degradēto platību rekultivācijai atļauts izmantot apstrādātas notekūdeņu dūņas vai kompostu, kam smago metālu masas koncentrācija sausnā nepārsniedz MK noteikumu Nr. 362 9. pielikumā minēto koncentrācijas limitu.

Degradēto platību apsaimniekotājs pirms notekūdeņu dūņu vai komposta uzklāšanas attiecīgajai platībai nosaka grunts virsējā 25 cm biežā slāņa granulometriskā sastāva grupu un grunts vides reakciju pH KCl.

Notekūdeņu dūņas vai kompostu degradēto platību rekultivācijai nedrīkst izmantot, ja:

- grunts virsējā slāņa reakcijas rādītājs pH KCl ir mazāks par 5,0;
- rekultivējamā platība pastāvīgi vai īslaicīgi applūst.

Degradēto platību rekultivācijai drīkst izmantot notekūdeņu dūņu vai komposta sausnas devas, kas nepārsniedz MK noteikumu Nr. 362 12. pielikumā minētos devu limitus (32. tabula).

32. tabula

Notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas devas limits degradēto platību rekultivācijai (t/ha)

Nr. p. k.	Dūņu klase	Grants, smilts, mālsmilts	Smilšmāls, māls
1.	I	250	350
2.	II	140	200
3.	III	90	130
4.	IV	60	90

Ja izstrādātā kūdras karjerā pirms notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes vēl ir saglabājies vismaz 5 cm biezs kūdras slānis, tad, rekultivējot šīs platības, vides reakciju pH KCl nosaka atsevišķi atlikušajam kūdras slānim un zem tā esošajai minerālgruntij, bet granulometriskā sastāva grupu nosaka tikai minerālgruntij.

Izklīdētas notekūdeņu dūņas vēlams iestrādāt grunts virsējā slānī. Pēc notekūdeņu dūņu iestrādes rekultivējamā platībā ne vēlāk kā līdz 15. augustam jāiesēj piemērots zāļu maisījums. Jaunizveidotais zāliens vismaz divas reizes gadā jāpļauj, zāļu masu atstājot turpat.

Degradētās platības rekultivē, vienreiz iestrādājot augsnē ievērojami lielākas notekūdeņu dūņu devas, salīdzinot ar augšņu mēslošanu lauksaimniecības zemēs. Notekūdeņu dūņu devu lielums ir atkarīgs no rekultivācijas mērķiem. Veicot rekultivāciju, lai bagātinātu augsni (grunti) ar augu barības elementiem, parasti iestrādā 50–100 t/ha notekūdeņu

dūņu un to komposta sausnas, bet, ja mērķis ir paaugstināt organiskās vielas saturu, tad jāiestrādā 100–500 t/ha notekūdeņu dūņu un to komposta sausnas.

Dokumenti, kas nepieciešami rekultivācijas plāna sastādīšanai

Notekūdeņu dūņas un kompostu degradēto platību rekultivācijā izmanto atbilstīgi konkrētajai platībai īpaši izstrādātam **rekultivācijas projektam**, kurā papildus citiem rādītājiem norāda informāciju par:

- degradētās platības grunts virsējā slāņa granulometrisko sastāvu un vides reakciju;
- degradētās platības hidroģeoloģisko izpēti (grunts litoloģiskais raksturojums aerācijas zonai un ūdeni noturošajam slānim, pazemes ūdeņu plūsmas virziens, gruntsūdeņu patērētāji 0,5 km rādiusā).

Ja notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs un degradēto platību apsaimniekotājs vienojas par notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanu degradēto platību rekultivācijai, viņi noformē rakstisku apliecinājumu, pamatojoties uz teritorijas rekultivācijas projektu un notekūdeņu dūņu kvalitātes apliecības vai komposta kvalitātes apliecības kopiju.

Apliecinājumā norāda:

- notekūdeņu dūņu vai komposta daudzumu;
- iestrādei paredzēto platību;
- iestrādei maksimāli pieļaujamo sausnas un dabiski mitru notekūdeņu dūņu vai komposta devu.

Notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs pirms notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes aprēķina iestrādei maksimāli pieļaujamo dabiski mitro notekūdeņu dūņu vai komposta devu un paziņo to degradēto platību apsaimniekotājam.

Katru apliecinājumu notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs numurē un reģistrē īpašā žurnālā, kuru uztur un glabā saskaņā ar MK noteikumu Nr. 362 36. punktu.

4.5.6. Apstrādātu notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošana izgāztuvju rekultivācijai un apglabāšana atkritumu poligonos un izgāztuvēs

Atbilstīgi MK noteikumiem Nr. 362 ir iespējama apstrādātu notekūdeņu dūņu un notekūdeņu dūņu komposta apglabāšana atkritumu poligonos. Rokasgrāmatas izstrādes brīdī Latvijā ir desmit atkritumu apsaimniekošanas poligoni, no kuriem daļā ievesto atkritumu apjoms ir mazāks par sākotnēji prognozēto.

ES izvirzījusi mērķi par resursu atgūšanu no atkritumiem, turklāt notiek diskusijas par to, ka ES pārskatāmā nākotnē varētu pilnībā aizliegt apglabāt tādus atkritumus, kas ir pārstrādājami, t. sk. notekūdeņu dūņas.

Tādējādi notekūdeņu dūņu apglabāšana atkritumu poligonos netiek uzskatīta par ilgtermiņā iespējamu, izņemot gadījumus, kad notekūdeņu dūņas vai to komposts, kurā smago metālu koncentrācija atbilst piektajai klasei, un saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 tās ir apglabājamas tikai bīstamo atkritumu poligonā.

Notekūdeņu dūņu (izņemot piektās klases notekūdeņu dūņas) kompostu drīkst izmantot izgāztuvju un poligonu rekultivācijai (pārsegšanai) pēc atkritumu poligona vai izgāztuves pilnīgas vai daļējas slēgšanas saskaņā ar normatīvajiem aktiem par atkritumu apsaimniekošanu. Saskaņā ar Ministru kabineta noteikumiem Nr. 1032 „Atkritumu poligonu ierīkošanas, atkritumu poligonu un izgāztuvju apsaimniekošanas, slēgšanas un rekultivācijas noteikumi”, lai nodrošinātu slēgta poligona vai izgāztuves iekļaušanu ainavā un teritorijas turpmāku izmantošanu, poligona vai izgāztuves operators nodrošina poligona vai izgāztuves rekultivācijas projekta izstrādi. Tajā līdztekus citiem pasākumiem paredz atkritumu izgāztuvju vai poligona virsējā pārseguma izveidošanu no vismaz 0,2 m biezas augsnes kārtas. Šo kārtu visu kategoriju (I–III) atkritumu izgāztuvēs un poligonos var veidot no notekūdeņu dūņu komposta. Pārseguma slāņa uzdevums ir akumulēt nokrišņu ūdeņus, novēršot eroziju un nodrošinot labus apstākļus zāles augšanai.

Priekšrocības un galvenie trūkumi notekūdeņu dūņu apglabāšanai sadzīves atkritumu poligonos

Priekšrocības	Trūkumi
Daļēja enerģijas atguve, savācot biogāzi un izmantojot to siltuma vai elektroenerģijas ražošanai	Ja biogāzi nesavāc, tā nonāk atmosfērā un sekmē negatīvas klimata izmaiņas, bet gaistošās piesārņojošās organiskās vielas negatīvi ietekmē cilvēku veselību
Piesārņojošo vielu izslēgšana no aprites	Izslēdz no aprites organiskās vielas un augu barības elementus
Mazākas izmaksas, salīdzinot ar notekūdeņu dūņu sadedzināšanu	Pastāv risks, ka caurfiltrējošie ūdeņi, ja tos nesavāc un neapstrādā, var piesārņot augsni un gruntsūdeņus

4.5.7. Notekūdeņu dūņu sadedzināšana

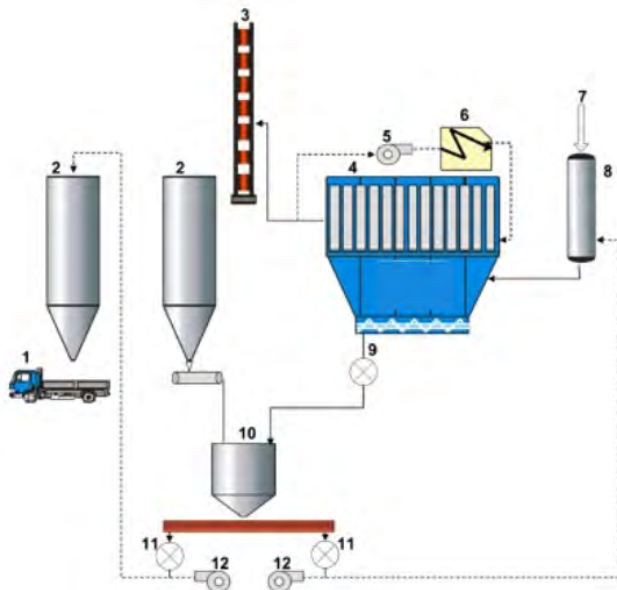
Latvijā notekūdeņu dūņas netiek sadedzinātas. Arī MK noteikumos Nr. 362 nav ietvertas prasības notekūdeņu dūņu sadedzināšanas iekārtu darbībai un to galaproduktu kvalitātei.

Sadzīves atkritumu sadedzināšanu Latvijā reglamentē MK noteikumi Nr. 323 „Prasības atkritumu sadedzināšanai un atkritumu sadedzināšanas iekārtu darbībai”.

Sadedzināšanas galvenā priekšrocība ir pilnīga organisko vielu oksidēšana. Sadedzinot radušies pelni ir inerts materiāls un to apjoms nepārsniedz 25 % no sākotnējā notekūdeņu dūņu sausnas apjoma. Tehnoloģija (59. attēls) piemērota piesārņotu (visbiežāk rūpniecisku notekūdeņu dūņu), bioloģiski grūti sadalāmu notekūdeņu dūņu likvidēšanai, ko nav iespējams izmantot citādi.

Atkarībā no organisko vielu satura notekūdeņu dūņās pēc sadedzināšanas barības elementu koncentrācija ir apmēram divas reizes augstāka nekā pirms tās. Aprēķinātais monosadedzinātu notekūdeņu dūņu fosfora saturs ir robežās no 8 % līdz 20 %. Organiskie mikropiesārņotāji sadegot tiek iznīcināti, bet dzīvsudrabs tiek atdalīts dūmgāzes attīrīšanas iekārtā. Diemžēl visu pārējo smago metālu koncentrācija sadedzināšanas rezultātā palielinās, neļaujot izmantot pelnus par tiešo mēslošanas līdzekli. Metālus var atdalīt ar skābēm vai jonapmaiņas iekārtām un izmantot atkārtoti. Pelnos smagie metāli ir vāji šķīstošu savienojumu veidā, tomēr skābā vai anaerobā vidē var notikt smago metālu izskalošanās.

- 1 – dūņu iekraušana,
- 2 – elevators,
- 3 – skurstenis,
- 4 – filtrs ar reaktoru,
- 5 – gaisa cirkulācijas ventilators,
- 6 – kurtuves reģistrs,
- 7 – siltummainis,
- 8 – reaktors,
- 9 – pelnu novadišana,
- 10 – glabāšanas konteiners,
- 11 – gaisa pieplūdes aizvari,
- 12 – gaisa pūtējs



59. attēls. Notekūdeņu dūņu dedzināšanas iekārtas principiālā shēma⁵⁰

⁵⁰ www.intensiv-filter.com

Eiropā notekūdeņu dūņu sadedzināšanu izmanto tikai lielās NAI (60. attēls), kur slodze atbilst vairākiem miljoniem CE vai arī rūpnieciskām notekūdeņu dūņām, kas nav izmantojamas citādi.

Notekūdeņu dūņu sadedzināšanas priekšrocības un galvenie trūkumi

Priekšrocības	Trūkumi
Sadedzināšanas un tās atkritumproduktu pārvietošana un glabāšanas laikā neizplatās nepatīkama smaka	Izslēdz no aprites organiskās vielas un augu barības elementus, pelni parasti satur pārāk daudz smago metālu, lai tos izmantotu lauksaimniecībā par mēslojumu
Iet bojā visi notekūdeņu dūņās esošie patogēni	Rezultātā veidojas siltumnīcas efektu veicinošas gāzes
Piesārņojošo vielu izslēgšana no aprites	Lielas izmaksas, izmantojama tikai lielās NAI
Iegūst enerģiju, ko var izmantot gan procesa uzturēšanā, gan realizēt siltumapgādes sistēmām	Notekūdeņu dūņu sadedzināšanas iekārtu darbība ļoti atkarīga no notekūdeņu dūņu piegādes stabilitātes
Iegūtie pelni ir inerti un, tos pareizi apsaimniekojot, nerada vides piesārņojumu	Kombinētā atkritumu sadedzināšanas sistēmā samazinās kurināmā siltuma atdeve un palielinās izmaksas papildu gaisa attīrīšanas iekārtu uzstādīšanas dēļ



60. attēls. Notekūdeņu dūņu dedzināšanas iekārta Cīrihes kantonā Šveicē⁵¹

⁵¹ www.mogroup.com

4.5.8. Notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas vides monitorings, kvalitātes kontrole un izmantošanas uzskaitē

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362 Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra notekūdeņu dūņu un komposta izmantošanas vides monitoringu veic lauksaimniecībā izmantojamās platībās atbilstīgi Vides nacionālajai monitoringa programmai.

Kvalitātes kontrole

Notekūdeņu dūņu un to komposta kvalitātes kontroles kārtību nosaka MK noteikumi Nr. 362. Dūņu un to kompostu kvalitātes noteikšanu nodrošina notekūdeņu dūņu ražotājs un komposta ražotājs.

Notekūdeņu dūņu un to komposta kvalitātes noteikšana ietver:

- paraugu ņemšanu un sagatavošanu testēšanai;
- paraugu testēšanu laboratorijā, kas akreditēta attiecīgu rādītāju noteikšanai;
- testēšanas rezultātu vērtēšanu;
- kvalitātes apliecības noformēšanu un tās reģistrāciju speciālā žurnālā;
- kvalitātes noteikšanas gada rezultātu apkopošanu un iesniegšanu VVD.

Notekūdeņu dūņu vai to komposta kvalitāti nosaka katrai sērijai.

Notekūdeņu **dūņu sērija** ir dūņu masa ar vienveidīgu ķīmisko sastāvu, līdzīgām fizikālajām un citām īpašībām.

Katras notekūdeņu dūņu sērijas kvalitāti raksturo vidējais paraugs, kura veidošanas kārtība parādīta 33. tabulā.

Komposta sērija ir komposta masa, kas veidota no notekūdeņu dūņām un augu izcelsmes pildmateriāliem un kompostēšanas sākumā nepārsniedz 1000 tonnu.

Komposta sērijas kvalitātes noteikšanai veido vienu vidējo paraugu, kurā apvienoti vismaz 25 atsevišķi paraugi.

33. tabula

Notekūdeņu dūņu vidējā parauga veidošana attīrīšanas iekārtās⁵²

Nr. p.k.	Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu noslodze CE	Vidējo paraugu skaits gadā	Vidējā parauga veidošanas periods (mēnešos)	Individuālo paraugu ņemšanas periodiskums	Testējamo paraugu skaits gadā		
					smago metālu noteikšanai*	agroķīmisko rādītāju noteikšanai	sausnas satura noteikšanai**
1.	<2000	1	12	2 reizes mēnesī	1***	1	2
2.	2001–5000	1	12	2 reizes mēnesī	1***	1	4
3.	5001–10 000	2	6	3 reizes mēnesī	2	1	6
4.	10 001–50 000	3	4	1 reizi nedēļā	3	2	12
5.	50 001–100 000	4	3	reizi trijās dienās	4	3	24
6.	>100 000	12	1	katru dienu	12	4	52

*Ja pēdējo divu gadu laikā visās notekūdeņu dūņu sērijās atsevišķu smago metālu koncentrācija nav pārsniegusi pirmajai klasei atbilstīgos rādītājus, testēšanu, lai noteiktu šos metālus, drīkst veikt divas reizes retāk, bet ne retāk par reizi gadā.

**Sausnas saturu atsevišķos paraugos nosaka tūlīt pēc to ievākšanas.

***Ja attīrīšanas iekārtā apstrādā tikai sadzīves notekūdeņus, smago metālu masas koncentrācija nav jānosaka.

Testēšanas metodes

Notekūdeņu dūņu un to komposta paraugu testēšana jāveic ar metodēm (34. tabula), kas uzrādītas MK noteikumu Nr. 362 2. pielikumā vai jaunākām metodēm, kas ir akreditētas un tiek izmantotas akreditētās laboratorijās.

⁵² MK noteikumi Nr. 362, 1. pielikums

34. tabula

Notekūdeņu dūņu un to komposta sēriju vidējā paraugā nosakāmie kvalitātes rādītāji un testēšanas metodes⁵³

Nr. p. k.	Smagie metāli	Metodes*	
		paraugu sagatavošanai	testēšanai
1.	Kadmiji (Cd)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
2.	Hroms (Cr)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
3.	Varš (Cu)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
4.	Dzīvsudrabs (Hg)	LVS 346:2005	LVS 346:2005
5.	Niķelis (Ni)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
6.	Svins (Pb)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
7.	Cinks (Zn)	LVS ISO 11466:1995	LVS ISO 11047:2003
8.	Vides reakcija (pH _{KCl})		LVS ISO 10390:2002
9.	Organiskās vielas daudzums (%)		LVS ISO 10694:1995
10.	Slāpeklis (N) sausnā (g/kg)		LVS ISO 11261:2002
11.	Amonija slāpeklis (N-NH ₄) sausnā (g/kg), ekstrahējot KCl		ISO/TS 14256-1:2003 ISO 14256-2:2005 (E)
12.	Fosfors (P) sausnā (g/kg)		LVS 398: 2002, EN 14672:2005
13.	Sausna (%)		LVS ISO 11465:1993, LVS EN 12880

* Var izmantot arī citas atomabsorbcijas spektrofotometrijas metodes, kuru metodes noteikšanas robežas rādītāji nav lielāki par 1 mg/kg – Cd, 12 mg/kg – Cr, 5 mg/kg – Cu, 12 mg/kg – Ni, 15 mg/kg – Pb, 0,2 mg/kg – Hg un 10 mg/kg – Zn.

Sausnas saturu notekūdeņu dūņās nosaka tūlīt pēc parauga ievākšanas parasti uz vietas NAI laboratorijā.

Notekūdeņu dūņu sausnas saturu noteikšanai notekūdeņu dūņu paraugu izžāvē 100–105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai. Ja žāvējamā notekūdeņu dūņu masa ir gabalaina, tad pēc 4–5 stundu žāvēšanas gabaliņi uzmanīgi jāasmalcina, lai nodrošinātu straujāku un vienmērīgāku to izžūšanu. Parasti notekūdeņu dūņu paraugs līdz nemainīgai masai izžūst 10–12 stundu laikā⁵⁴.

⁵³ MK noteikumi Nr. 362, 2. pielikums

⁵⁴ Gemste, I., Vucāns, A. (2010)

Neprecizitātes, kas tiek pieļautas, nosakot notekūdeņu dūņu sausnas saturu

- Notekūdeņu dūņu paraugus ievāc ne no svaigas, bet zināmu laiku glabātas un apžuvušas notekūdeņu dūņu masas.
- Ievāktie notekūdeņu dūņu paraugi netiek izžāvēti līdz nemainīgai masai.
- Notekūdeņu dūņu sausnas aprēķināšanai izmanto agronomisko rādītāju un smago metālu testēšanas pārskatos uzrādīto sausnas saturu.

Šie paraugi to uzkrāšanas un glabāšanas laikā ir apžuvuši, un sausnas saturs tajos parasti ir ievērojami augstāks nekā svaigu notekūdeņu dūņu masā.

Visu iepriekš minēto kļūdu dēļ aprēķinātā un pārskatos uzrādītā notekūdeņu dūņu sausnas masa ir lielāka par faktiski saražoto.

Svarīgi ir arī nodrošināt atbilstīgu notekūdeņu dūņu un to komposta paraugu ņemšanu un transportēšanu, lai nodrošinātu ticamus un reālai situācijai atbilstīgus rezultātus. Lai ievērotu labo paraugu ņemšanas praksi, ir jāņem vērā:

- dūņu paraugiem izmantot tikai tādu taru, kas nevar ietekmēt analīžu rezultātus – stikla vai plastmasas trauki vai sterili maisiņi (īpaši svarīgi gadījumos, ja paredzēts analizēt mikrobioloģisko sastāvu);
- paraugu ņemšanas aprīkojumam, ar kuru ņem paraugus mikrobioloģiskajām analīzēm, ir jābūt sterilam (apstrādātam ar 70–80 % spirta šķīdumu, ja tas ir no plastmasas, stikla vai metāla, vai apstrādātam ar liesmu vai vārot, ja tas ir no metāla);
- ņemot atūdeņotu dūņu paraugus, jāpārlicinās, vai dūņu atūdeņošanas iekārta ir strādājusi normālā darba režīmā vismaz 30 minūtes, dūņu paraugs jāņem vietā, kur atūdeņotās dūņas no atūdeņošanas iekārtas krīt konveijerā, piekabē, konteinerā vai arī atūdeņoto dūņu sūkņa pieņemšanas kamerā;
- ņemot komposta paraugus, jāpārlicinās, vai konkrētajā komposta stirpā kompostēšanās process ir pabeigts;
- notekūdeņu dūņu paraugus ieteicams nogādāt laboratorijā, izmantojot aukstuma kastes ar sasaldētiem aukstuma elementiem, lai nodrošinātu transportēšanas temperatūru 5 ± 3 °C;
- paņemtos paraugus transportēt uz laboratoriju pēc iespējas operatīvi.

Uzskaitē

Notekūdeņu dūņu ražotājs uzskaita katras notekūdeņu dūņu sērijas masu, kvalitāti un izmantošanu un attiecīgos datus ieraksta īpaši

iekārtotā reģistrācijas žurnālā saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 362. Uz šo ierakstu pamata notekūdeņu dūņu un to komposta ražotājs katrai notekūdeņu dūņu un to komposta sērijai noformē kvalitātes apliecību saskaņā ar MK noteikumu Nr. 362 prasībām. Kvalitātes apliecības kopiju notekūdeņu dūņu un to komposta ražotājs izsniedz notekūdeņu dūņu un to komposta lietotājam.

Reģistrācijas žurnālā iekārto atsevišķas uzskaites lapas, kurās ieraksta datus:

- par katras pārskata gadā saražotās notekūdeņu dūņu sērijas dūņu masu, kvalitāti un izmantošanu (MK noteikumu Nr. 362 13. pielikums);
- par iepriekšējos gados saražoto notekūdeņu dūņu izmantošanu (apglabāšanu) pārskata gadā (MK noteikumu Nr. 362 14. pielikums).

Reģistrācijas žurnālu glabā ne mazāk kā desmit gadus. Notekūdeņu dūņu ražotājs atbilstīgi reģistrācijas žurnālā ierakstītajiem datiem sagatavo un iesniedz VVD kopsavilkumu:

- par pārskata gadā saražoto notekūdeņu dūņu masu, kvalitāti un izmantošanu vai apglabāšanu;
- par apstrādāto un neapstrādāto notekūdeņu dūņu sausnas masu pārskata gada beigās, kā arī notekūdeņu dūņu apstrādes veidu;
- par pārskata gadā saražoto piektās klases notekūdeņu dūņu sausnas masu;
- par iepriekšējos gados saražoto, bet neizmantoto vai neapglabāto notekūdeņu dūņu masas izmantošanu vai apglabāšanu pārskata gadā, kā arī to atlikumu pārskata gada beigās.

Uzraudzība un kontrole

Notekūdeņu dūņu un komposta glabāšanas, izmantošanas, apglabāšanas un monitoringa uzraudzību un kontroli vides aizsardzības prasību ievērošanas jomā veic VVD.

Izmantotie literatūras avoti un resursi

1. MK noteikumi Nr. 362 „Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli” (02.05.2006.), <https://likumi.lv/ta/id/134653>
2. MK noteikumi Nr. 34 „Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī” (22.01.2002.), <https://likumi.lv/ta/id/58276>
3. ES Regulu, direktīvu un citu tiesību aktu sistēma, https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_lv
4. Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra 2-Ūdens pārskatu datu bāze, www.meteo.lv/lapas/vide/udens/udens-statistikas-apkopojumi/2-udens-parskati/2-udens-parskati?id=1104&nid=434
5. MK noteikumi Nr. 174 „Noteikumi par sabiedrisko ūdenssaimniecības pakalpojumu sniegšanu un lietošanu” (22.03.2016.), <https://likumi.lv/ta/id/281230>
6. Latvijas Republikas Valsts kontroles revīzijas ziņojums „Notekūdeņu savākšanā, novadīšanā un attīrīšanā joprojām daudz izaicinājumu” (2020), www.lrvk.gov.lv/lv/getrevisionfile/29453-Tq6gmubCPGzDlyIrwOdepQb-duKO.pdf
7. Jansons, J., Zviedris, J., Kazimiraitis, A., Vītoliņš, R., Grīntāle, D., Dejus, S. (2021). *Pētījums par Latvijā izmantotajām notekūdeņu dūņu apstrādes tehnoloģijām, biedrība Latvijas Ūdensapgādes un kanalizācijas uzņēmumu asociācija, LIFE GOODWATER IP projekta nodevums*. Rīga. 73 lpp., www.goodwater.lv
8. Zviedris, J., Jansons, J., Kazimiraitis, A., Vītoliņš, R., Grīntāle, D., Dejus, S. (2021). *Esošās situācijas izvērtējums par notekūdeņu dūņu apjomu, kvalitāti, pārstrādi un izmantošanu Latvijā, biedrība Latvijas Ūdensapgādes un kanalizācijas uzņēmumu asociācija, LIFE GOODWATER IP projekta nodevums*. Rīga. 135 lpp., www.goodwater.lv
9. Jansons, J., Tilgalis, Ē., Zviedris, M., Zviedris, J. (2006). *Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu operatoru un vides speciālistu apmācības kurss “NAI apkalpošana”*. Rīga
10. Pētersons, J., Likosts, V., Dejus, S., Dejus, S., Kazimiraitis, A., Grīntāle, D., Vītoliņš, R., Jansons, J. (2021). *Notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas stratēģija Latvijā, biedrība Latvijas Ūdensapgādes un kanalizācijas uzņēmumu asociācija, LIFE GOODWATER IP projekta nodevums*, Rīga, 135 lpp., www.goodwater.lv
11. Biedrība „Latvijas Biotehnoloģiju asociācija” struktūrvienība CLEANTECH LATVIA (2015). *Apsekojums – sadzīves notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijas ūdenssaimniecībās, to apstrādes un izmantošanas plānošanas priekšlikumu izstrāde*. Rīga, 76 lpp., <https://lvafa.vraa.gov.lv/faili/materiali/petijumi/2014/Apsekojums%20LVAF%20Cleantech%20Latvia%202014.pdf>
12. Gnida, A., Chorvatova, M., Wanner, J. (2006). *The role and significance of extracellular polymers in activated sludge. Part I: Literature review*. Acta hydrochimica et hydrobiologica. 34(5). pp. 411–424. DOI: 10.1002/ahch.200500640

13. Shi, Y., Huang, J., Zeng, G., Gu, Y., Chen, Y., Hu, Y., Tang, B., Zhou, J., Yang, Y., Shi, L. (2017). *Exploiting extracellular polymeric substances (EPS) controlling strategies for performance enhancement of biological wastewater treatments: An overview*. Chemosphere. 2017 Aug; 180. pp. 396–411.
DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.04.042
14. Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*. Boston : McGraw-Hill, p. 53.
15. Projekta eitrofikācijas samazināšanai pilsētās (PURE) nodevums, c/o Baltijas pilsētu Vides komisija, Vanha Suurtori 7, FIN-20500 Turku (2012). *Pozitīva notekūdeņu apsaimniekošanas pieredze*. Rīga: SIA Rīgas ūdens. 146 lpp., https://www.ubc-sustainable.net/sites/www.ubc-environment.net/files/publications/book_latvian_web.pdf
16. Gemste, I., Vucāns, A. (2010). *Notekūdeņu dūņas*. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte. 276 lpp.
17. Lazdiņa, D. (2009). *Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas kārkļu plantācijās*. Promocijas darba kopsavilkums, Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
18. Projekts “Efektīva standarta komplekta izstrāde notekūdeņu dūņu pārstrādes tehnoloģiju realizācijai Latvijā” (2000). *Notekūdeņu dūņu izmantošana un to pārstrādes tehnoloģijas*. Rīga: Latvijas atkritumu saimniecības asociācija.
19. Priede A., Silamiķe I. (2015). *Rekomendācijas izstrādātu kūdras purvu renaturalizācijai*. Salaspils: Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts.
20. SIA „Liepājas ūdens” arhīvs
21. SIA „Rīgas ūdens” arhīvs
22. Latvijas Republikas Centrālās statistikas pārvaldes datu bāze, <http://data1.csb.gov.lv>
23. www.basf.com
24. www.prominent.us
25. www.huber.de
26. www.alfalaval.com
27. www.tsurumi.eu
28. www.ekoton.com
29. <https://commons.wikimedia.org/>
30. <https://entsorgung.luebeck.de/>
31. www.civileats.com
32. www.farmersjournal.ie
33. www.intensiv-filter.com
34. www.mogroup.com
35. www.technofangi.it

