

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

NOTEKŪDEŅU DŪŅU IZMANTOŠANA LATVIJĀ  
BAKALĀURA DARBS

Autors: Jēkabs Graudiņš  
Stud.apl.nr. jg16028  
Darba vadītāja:  
Dr. biol. Asoc. Prof. Gunta Sprinģe  
Zinātniskais konsultants:  
LVĢMC Iekšzemes ūdeņu nodaļas vecākais speciālists  
Lauris Siņics

RĪGA 2019

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darba nosaukums ir “**Notekūdeņu dūņu izmantošana Latvijā**”.

**Bakalaura darba mērķis** ir noskaidrot notekūdeņu dūņu izmantošanas tendences Latvijā.

Pirmajā daļā apskatīta notekūdeņu dūņu ieguve no notekūdeņiem, dūņu raksturojums, piesārņotāji un to avoti, balstītā likumdošana par notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu, dūņu apstrādes veidiem, izmantošanas virzieniem. Tika apkopota informācija un izveidota tabula par notekūdeņu dūņu izmantošanu Eiropas Savienībā. Otrajā daļā aprakstīti izmantotie materiāli un metodes, kā arī analizējamie dati. Trešajā daļā apkopoti un analizēti dati par kopējo notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaita izmaiņām, dūņu ražošanas un apstrādes īpatsvaru, dūņu sausnas apjomu, klasificētas dūņas pēc smago metālu koncentrācijām un noteikti notekūdeņu dūņu izmantošanas veidi. Datu apkopošana un analīze tika veikta par laika periodu no 2012. – 2017. gadam.

Bakalaura darbs sastāv no ievada, trīs galvenajām daļām, secinājumiem un pateicības. Darbs izstrādāts uz 50 lapām, kas ietver 9 attēlus un 7 tabulas. Darba tapšanā izmantoti 75 avoti.

**Atslēgvārdi:** Notekūdeņu dūņas, Izmantošanas veidi, Eiropas Savienība, apstrāde.

## ANNOTATION

The title of the bachelor's thesis is “**Sewage sludge usage in Latvia**”

**The aim of the bachelor thesis** is to find out the trends of sewage sludge usage in Latvia.

The first part deals with sewage sludge extraction from wastewater, sludge characterization, pollutants and their sources, based legislation on sewage sludge management, sludge treatment methods, usage possibilities. Information was collected and a table on the use of sewage sludge in the European Union was created. The second part describes the materials and methods used as well as the data to be analyzed. The third part summarizes and analyzes data on the total number of wastewater treatment plants, the proportion of sludge production and processing, the amount of sludge dry matter, the classified sludge by heavy metal concentrations and the types of sewage sludge usage. Data compilation and analysis was conducted for the period from 2012 to 2017.

Bachelor thesis consists of introduction, three main parts, conclusions and gratitudes. The bachelor thesis has been written on 50 pages, including 9 pictures and 7 tables. 75 publications were used in the work.

**Keywords:** Sewage Sludge, Uses, European Union, Processing.

## SATURS

|  |    |
|--|----|
| Anotācija .....  | 2  |
| Annotation .....   | 3  |
| Ievads .....   | 5  |
| 1. Literatūras apskats .....   | 7  |
| 1.1. Notekūdeņu raksturojums un to apstrāde dūņu ieguvei .....   | 7  |
| 1.2. Notekūdeņu dūņu raksturojums .....  | 9  |
| 1.2.1. Dūņu klasifikācija un īpašības .....  | 9  |
| 1.2.2. Galvenie dūņu piesārņotāji un to avoti .....  | 10 |
| 1.3. Aktuālie noteikumi par notekūdeņu dūņu izmantošanu un to sagatavošanu, uzglabāšanu un kvalitātes kontroli Latvijā ..... | 12 |
| 1.4. Notekūdeņu dūņu apstrāde .....  | 18 |
| 1.5. Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas .....   | 21 |
| 1.5.1. Dūņu izmantošana komposta ražošanā .....  | 21 |
| 1.5.2. Dūņu dedzināšana .....  | 21 |
| 1.5.3. Dūņu izmantošana biogāzes ražošanā .....  | 22 |
| 1.5.4. Dūņu izmantošana lauksaimniecībā .....  | 23 |
| 1.5.5. Dūņu izmantošana degradēto teritoriju rekultivācijā .....   | 24 |
| 1.5.6. Dūņu pagaidu uzglabāšana .....  | 24 |
| 1.5.7. Dūņu izmantošana apzaļumošanā .....   | 25 |
| 1.5.8. Dūņu izmantošana mežsaimniecībā .....   | 25 |
| 1.6. Notekūdeņu dūņu izmantošana Eiropas Savienībā .....   | 27 |
| 2. Materiāli un metodes .....  | 31 |
| 3. Rezultāti .....   | 32 |
| Secinājumi .....   | 41 |
| Pateicības .....   | 43 |
| Izmantotā literatūra un avoti .....  | 44 |
| Pielikumi .....  | 50 |

## IEVADS

Saskaņā ar Eiropas Parlamenta un padomes direktīvu (ES) 2018/850 (2018. gada 30. maijs), tā paredz bioloģiski noārdāmo atkritumu, tajā skaitā, notekūdeņu dūņu, aizliegumu apglabāt atkritumu poligonos līdz 2030. gadam. Lai arī līdz šīs direktīvas noteikto mērķu sasniegšanas termiņam ir krietns laiks, jau šodien ir jāveic būtiski pasākumi bioloģisko atkritumu šķirošanas un pārstrādes uzlabošanā.

Notekūdeņu dūņas liela daļa cilvēku vēl joprojām uzskata par materiālu bez tālākas izmantošanas iespējas, neskatoties uz pētījumu skaitu un rezultātiem par dūņu izmantošanu. Šī cēloņa rezultātā ir vienkāršs izskaidrojums – notekūdeņu dūņas tiek uzskatītas par atkritumiem. Tā rezultātā notiek lielāka problēmas aktualizācija, kuru pastiprina materiāla pievienotās vērtības samazinājums, materiāls tiek ekonomiski zemu novērtēts, nelabvēlīgi ietekmē potenciālo investoru, sadarbības partneru attiecības ar notekūdeņu attīrīšanas iekārtām, kā arī samazina iespējas šī materiāla padziļinātākai zinātniskajai izpētei. Lai arī šī brīža notekūdeņu dūņu daudzums pasaulē nav izraisījis būtiskas sabiedrības un vides negatīvas ietekmes sekas, kuras liktu veikt valstīm būtiskas bioloģiski noārdāmo atkritumu apsaimniekošanas sistēmas pārbūvi, tomēr šī brīža prognozes liecina, ka līdz 2020. gadam Eiropas Savienību dalībvalstis kopsummā ražos līdz pat 13 miljoniem tonnu notekūdeņu dūņu sausnas (Léonard S.a.).

Būtiska valsts pārvaldes, zinātnieku un sabiedrības iesaiste būtu jāveic tieši sakarā ar notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu Latvijā, kur maza daļa valsts iedzīvotāju izmanto notekūdeņu dūņu sniegtās iespējas tautsaimniecības attīstībā, kas diemžēl, nesekmē integrāciju būtiski risināmo vides jautājumu sarakstā.

**Mērķis:** Noskaidrot notekūdeņu dūņu izmantošanas tendences Latvijā.

### **Darba uzdevumi:**

1. Apkopot informāciju par notekūdeņu dūņu izmantošanas veidiem Eiropas Savienības 17 dalībvalstīs;
2. Apkopot datus par notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaitu Latvijā laika periodā no 2012. – 2017. gadam;
3. Apkopot un analizēt datus par notekūdeņu dūņu ražošanas kopējo apjomu un apstrādes īpatsvaru grupās pēc cilvēka ekvivalenta;
4. Apkopot datus par notekūdeņu dūņu sausnas apjomu un tās izmaiņām laika periodā no 2012. – 2017. gadam;
5. Novērtēt Latvijas notekūdeņu dūņu kvalitātes klases pēc smago metālu koncentrācijām;

6. Apkopot un analizēt notekūdeņu dūņu izmantošanas veidus laika posmā no 2012. – 2017. gadam.

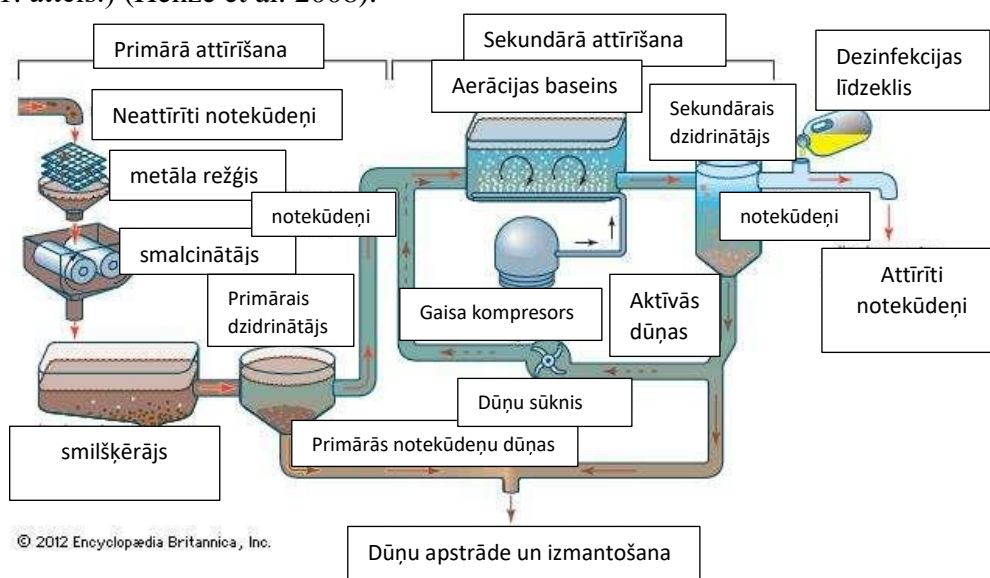
# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Notekūdeņu raksturojums un to apstrāde dūņu ieguvei

Notekūdeņi ir antropogēnās darbības rezultātā radušies ūdeņi, kura sastāvā ir dažādi piemaisījumi un ievadīti atmosfēras nokrišņi kanalizācijas tīklā. Tie ir mainījuši sākotnējās fizikālās, ķīmiskās un bioloģiskās īpašības. Tie tiek iedalīti - sadzīves notekūdeņos, kas ir radušies mājstāvēniecībā un sabiedrisko pakalpojumu sniegšanas vietās, lietus notekūdeņos, ražošanas notekūdeņos un komunālajos notekūdeņos, kas sevī ietver sadzīves, ražošanas un lietus notekūdeņus kopā (Gemste, Vucāns 2010).

Notekūdeņu sastāvā ir sastopamas dažādas vielas, kas ir tikušas transportētas pa kanalizācijas tīkliem, kas nosaka notekūdeņu piesārņotību un raksturu. Galvenokārt sastāvā ietilpst – suspendētās vielas, barības vielas (slāpekļi un fosfors) smagie metāli, organiskās un neorganiskās vielas, patogēnie organismi, retāk ir iespējams konstatēt arī toksiskas, radioaktīvas vielas, kā arī farmācijas ražošanas galaproduktu vielas. Atkarībā no notekūdeņu attīrīšanas pakāpes, to ievade ūdenstecēs, ūdenskrātuvēs un pazemes ūdeņos var pasliktināt ūdens kvalitāti, veicināt eitrofikāciju vai pat padarīt ūdeņus pilnībā neizmantojamus (Gemste, Vucāns 2010; Grabow 1968; Lester 1983; Matsuo et al. 2011).

Tādēļ, lai nenotiktu šāda veida negatīvas ietekmes sekas uz ūdens vidi, tiek veikti pasākumi notekūdeņu attīrīšanā. Notekūdeņu attīrīšanas procesā ūdens tiek attīrīts no piesārņojuma, kurš var būt organiskas vai neorganiskas dabas. Notekūdeņu dūņas ir notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas procesā radies blakusprodukts, tā rezultātā notekūdeņu attīrīšanā liela loma ir lielo frakciju materiālu nogulsnešanā un atdalīšanā no ūdens. Būtiska loma notekūdeņu dūņu savākšanā un to ieguvei ir procesiem, kuri norit primārajā un sekundārajā attīrīšanas posmā (1.1. attēls.) (Henze et al. 2008).



1.1.attēls. Notekūdeņu attīrīšana no cieto daļiņu piemaisījumiem (Pēc: Archis, Nathanson 2010)

Primārā attīrīšana ir pirmais procesu kopums notekūdeņu attīrīšanas iekārtās, kur tiek atbrīvots ūdens no lielākās cieto daļiņu piemaisījumu masas, kas ir brīvi peldoši vai viegli grimstoši (Henze et al. 2008).

Neattīrītie notekūdeņi nonākot notekūdeņu attīrīšana iekārtās, tiek izsijāti caur metāla režģi, lai atbrīvotos no lielākiem frakciju materiāliem, kas var nobloķēt caurules, pa kurām notiek notekūdeņu tālāka virzība. Atlikusī cieto daļiņu masa, kas ir izgājusi caur metāla režģi, tiek sasmalcināta nākamajā notekūdeņu attīrīšanas etapā, padarot cieto daļiņu materiālu par homogēnu masu (iekārtas nosaukums ir līdzīgs kā process – sasmalcinātājs). Nākamais etaps tiek akcentēts uz smilts frakciju un citu cieto daļiņu atdalīšanu no ūdens un notekūdeņu dūņām ar smilšķērāja iekārtas palīdzību. Tas tiek veikts, lai atbrīvotos no masas, kas neorganiskajām cietajām daļiņām ir lielāka, nekā organiskajām (AOS.. 2018; Archis, Nathanson 2010; Bloganica 2017; Schutte ed. 2006).

Kad neorganiskās cietās daļiņas un smilts ir atdalītas no ūdens un homogēnā, organiskā materiāla – tās tiek transportētas uz pirmreizējo dzidrinātavu, kur gravitācijas ietekmē norit daļiņu sedimentēšanās, kā arī dūņu sabiezēšanās, jeb norit dūņu slāņa veidošanās. Tā rezultātā, tiek iegūtas notekūdeņu dūņas, jeb primārās dūņas (AOS.. 2018; Archis, Nathanson 2010; Bloganica 2017; ClearCove Systems 2014; Henze et al. 2008).

Sekundārā notekūdeņu attīrīšanas procesu kopums norit ar baktēriju palīdzību, nodrošinot bioloģisko procesu iesaisti notekūdeņu attīrīšanā, lai atbrīvotos no ūdenī izšķīdušajiem organiskajiem savienojumiem. Parasti tiek izmantotas šādas bioloģiskās attīrīšanas metodes:

1. pilienu biofiltri jeb *trickling filter*;
2. attīrīšana izmantojot aktīvās dūņas;
3. biodīķi jeb *Oxidation pond*;
4. disku bioreaktori jeb *Rotating biological contactor*.

Izmantojot jebkuru no šīm bioloģiskajām metodēm, tiek iegūta bioloģiski aktīva, suspendēta masa, kas ir otrs notekūdeņu dūņu veids – sekundārās jeb aktīvās dūņas (Archis, Nathanson 2010).

Pilienu biofiltra metodes pamatā, tvertnes dibens ir piepildīts ar porainiem akmeņiem, kas ir paredzēti kā dzīvotne baktērijām. Tālākā procesa gaitā, notekūdeņi tiek izsmidzināti šajā tvertnē, kas gravitācijas ietekmē turpina ceļu cauri akmeņu krājumam, kur baktērijas barojas ar izšķīdušajiem organiskajiem savienojumiem, samazinot bioķīmiskā skābekļa patēriņu notekūdeņos. Šāda veida metode tiek izmantota arī sekundārās attīrīšanas otrreizējā dzidrinātājā, lai savāktu baktērijas, kas tikušas noskalotas no akmens krāvuma iepriekšējā attīrīšanas tvertnē (Archis, Nathanson 2010; Bloganica 2017; Pescod 1992).

Aktīvo dūņu attīrīšanas sistēma sastāv no diviem posmiem - aerācijas baseina, kam seko sekundārais dzidrinātājs. Aerācijas baseinā tiek ievadīti notekūdeņi, kas sajaukti ar svaigām dūņām, kas ir iegūtas no otrreizējā dzidrinātāja. Aerācijas baseinā tiek ievadīts gaiss, no tam piekļautā gaisa kompresora. Pievienojot aerācijas baseinā gaisu, gaiss izveido virsmas pārklājumu, kas nodrošina skābekli un sajaucas ar kopēju aerācijas baseinā esošo masu, veicinot mikroorganismu barošanu un attīstību (Archis, Nathanson 2010; ClearCove Systems 2014; Henze et al. 2008; Pescod 1992).

Biodīķi, kas saukti arī par lagūnām vai stabilizācijas dīķiem, ir lieli, sekli dīķi, kas paredzēti notekūdeņu attīrīšanai saules gaismas, baktēriju un aļģu mijiedarbības rezultātā. Aļģes aug, izmantojot saules gaismu un baktēriju izdalītos ķīmiskos savienojumus. Fotosintēzes procesā aļģes izdala skābekli, kas aktivizē aerobās baktērijas, tām baroties ar izšķīdušajiem organiskajiem savienojumiem ūdenī un vairoties (Archis, Nathanson 2010; Bloganica 2017).

Disku bioreaktora metodes pamatā tiek uzstādīti lieli plastmasas diski, kas uzstādīti uz horizontālas vārpstas un tiek daļēji iegremdēti primārajos notekūdeņos. Vārpstas tiek grieztas, lai diski tiktu pakļauti gaisa pieplūdei, tos ievadot atpakaļ notekūdeņu masā un aktivizētu baktēriju barošanu un vairošanu (Archis, Nathanson 2010; Pescod 1992).

## **1.2. Notekūdeņu dūņu raksturojums**

### **1.2.1. Dūņu klasifikācija un īpašības**

Notekūdeņu dūņas, jeb biosolīdi ir koloidālas nogulsnes, kas rodas, apstrādājot jebkura veida notekūdeņus – sadzīves, komunālos un ražošanas notekūdeņus. Šīs apstrādes tiek veiktas notekūdeņu attīrīšanas iekārtās, taču dūņas var rasties arī nosēdumu veidā septiskajās tvertnēs, kā arī cita veida iekārtās, kas tiek izmantotas notekūdeņu attīrīšanā. Notekūdeņu dūņas sākotnējā stāvoklī ir suspendētas, kuras satur organiskās, neorganiskās un izšķīdušās vielas un biomasas pārpalikums, kas iegūts, veicot bioloģisko attīrīšanu, kurā tiek asimilēts bioloģiski noārdāmais materiāls (Archis, Nathanson 2010; Cakars et al. 2013; Gemste, Vucāns 2007; Wang et al. 2008 ).

Notekūdeņu dūņas raksturo bioloģiskā aktivitāte, ķīmisko un netoksisko organisko vielu klātesamība, kas spēj nodrošināt un satur dzīvībai nepieciešamos ķīmiskos un organiskos elementus. Notekūdeņu dūņas satur galvenokārt olbaltumvielas, cukurus, deterģentus, fenolus un lipīdus. Taču šo vielu un elementu koncentrācijas, var krasi atšķirties dūņu ieguves procesā. Šīs izmaiņas ir skaidrojamas ar īpatnībām, kas katrās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās un kanalizāciju tīklos ir atšķirīgas – ģeoloģiskās īpatnības, izgatavoto kanalizācijas trubu izmantotais materiāls, kanalizācijā nokļuvušo lietus notekūdeņu ķīmiskais sastāvs, kanalizāciju

tīklā ieskalotās organiskās vielas un lielāku frakciju materiālu sastāvs, kā arī sezonālās īpatnības (Bresters et al.1997; Gabre 2015; Rulkens 2008).

Kā, piemēram, BAS “Daugavgrīva” vadītājs Māris Zviedris norāda, ka veicot pētījumus par smago metālu saturu notekūdeņu dūņās, to lielākā koncentrācija ir konstatēta pārejā no ziemas uz pavasara gadalaiku, kad sniega kušanas ūdeņi nonāk kanalizāciju tīklā. Izmantotais sāls, ko kaisa uz brauktuvēm un ietvēm ziemā, noārda automašīnu virsbūves aizsargpārklājumu, kā rezultātā palielinās kadmija koncentrācija dūņās kā arī visos notekūdeņos kopumā. Sakarā ar materiālu no kā ir gatavotas kanalizācijas trubas, izmainās smagā metāla koncentrācijas notekūdeņos un to dūņās, piemēram, varam, kur notekūdeņi tek cauri vara trubām (šobrīd visplašāk izmantotais kanalizācijas trubu veids) un cinkam, kur notekūdeņi tek cauri cinkotajām trubām (šāda tipa trubas vairs neizmanto kanalizāciju tīklos) (Gabre 2015).

Dūņas tiek iedalītas primārajās un sekundārajās, jeb aktīvajās dūņās. Primārās dūņas, pamatā iegūst no notekūdeņu attīrīšanas iekārtu primārās attīrīšanas posma. Tām ir raksturīgs salīdzinoši liels vidējais sausnes daudzums (4%), un tās ir bioloģiski vērtīgas. Primārajās dūņās esošās, dažāda lieluma un sastāva daļiņas, sastāda vismaz 67% no kopējās masas (Baltijas pilsētu.. 2012). Sekundārās, jeb aktīvās dūņas ir dūņas, kas ir iegūtas sekundārajā attīrīšanas posmā, sekundārajā dzidrinātājā. Vidējais sausnes daudzums ir 0,5 – 1,0 % un raksturīga liela baktēriju koncentrācija. Baktērijas ietekmē notekūdeņu dūņu sablīvēšanās spējas, kas arī šī apstākļa ietekmē, pasliktina sekundāro dūņu kvalitāti salīdzinājumā ar primārajām dūņām, taču sekundārās dūņas lielākoties tiek izmantotas kā ūdens attīrītāji aerācijas baseinos (Archis, Nathanson 2010; Baltijas pilsētu.. 2012).

Dūņu sausna ir galvenais produkts, kas tiek iegūts un tālāk izmantots no notekūdeņu dūņām. Pēc dūņu ieguves no attīrīšanas procesiem, tās tiek pakļautas apstrādes procesiem – dūņu sabiezīšanai, dūņu pārstrādei un atūdeņošanai. Procesa rezultātā dūņas zaudē mitrumu (mērāms līdz pat 70% un vairāk) un kļūst par relatīvi sausu bioloģisko materiālu. Apstrādes laikā dūņu sausna ir viegli manipulējama, lai iegūtu konkrētu procentuālo daudzumu mitruma tajās un ķīmisko vielu koncentrācijas, kas tiek pielāgotas gan pēc ES noteikto robežvērtību skalas, gan pēc konkrētas valsts ieviestas notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas sistēmas. Kā, piemēram, veidojot notekūdeņu dūņu kompostu, sausnas daudzums dūņās ir jāsasniedz atzīmi, kas ir ne mazāka par 15%, lai būtu iespējams pievienot dūņu sausnai citas organiskās atliekas komposta veidošanā (Brestens et al.1997; Cakars et al. 2013; Patel 2018).

### 1.2.2. Galvenie dūņu piesārņotāji un to avoti

Dūņās koncentrējās lielākā daļa esošajos notekūdeņos sastopamās vielas, kur to koncentrācijas ir atkarīgas no notekūdeņu veida. Industriālajos notekūdeņos ir vairāk sastopamas bīstamās ķīmiskās vielas, kas var būt kā apdraudējums videi. Sadzīves

notekūdeņos esošās vielas ir plašā diapazonā gan ķīmisko, gan organisko, gan neorganisko vielu aspektā, atkarībā, ko patērētājs novada šajos notekūdeņos. Komunālajos notekūdeņos, tāpat kā sadzīves notekūdeņos, ir raksturīgs plaša vielu daudzveidība, taču ar lielāku organisko vielu koncentrāciju. Taču praktiski visas šīs vielas, kas nonāk notekūdeņos, ir piesārņojošās vielas, kas nonāk cilvēka darbības, retāk, dabisko procesu rezultātā – smagie metāli, noturīgie organiskie piesārņotāji, patogēnie mikroorganismi, kurā ietilpst baktērijas, vīrusi un parazīti (Gemste, Vucāns 2010).

Pēc definīcijas smagie metāli ir metāli, kuru blīvums ir vairāk nekā 5 g/cm<sup>3</sup>. Pie smagajiem metāliem ietilpst – kadmijs (Cd), hroms (Cr), varš (Cu), dzīvsudrabs (Hg), niķelis (Ni), svins (Pb), cinks (Zn). Vislielākajās koncentrācijās notekūdeņu dūņās ir sastopams cinks, kas nokļūst ar rūpnīcas notekūdeņu un ūdensvadu cauruļu nolietojuma rezultātā. Vismazākajās koncentrācijās dūņās ir sastopami toksiskais dzīvsudrabs un kadmijs, kas nonāk dūņās no lietus notekūdeņiem un no medicīnisko iestāžu notekūdeņiem. Tāpat kā cinks, varš un svins notekūdeņu dūņās nonāk no ūdensvadu nolietojuma vai korozijas rezultātā. Niķelis un hroms dūņās nonāk no apstrādes rūpnīcām, kā arī fosilā kurināmā sadedzināšanas rezultātā (Čakars et al. 2013; Gemste, Vucāns 2007; Järup, L. 2003).

Notekūdeņu apsaimniekošana un attīrīšana attīstītajās valstīs ir sarežģīta, pateicoties noturīgajiem organiskajiem piesārņotājiem. Visbiežāk pēc notekūdeņu dūņu attīrīšanas tajos paliek noturīgie organiskie piesārņotāji (NOP), DDT, polihlorētie bifenili (PHB), policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži (PAO), polihlorētie dioksīni (PHDD). Tie pārsvarā nonāk notekūdeņos un to dūņās no rūpnieciskajiem notekūdeņiem un ķīmisko rūpnīcu notekūdeņiem, vai no lietus notekūdeņiem un no sadzīves notekūdeņiem, kuru sastāvā ir pārtikas un mājsaimniecības vielas taukskābes un to metil- un etilesteri, kuru izcelsme ir izkārņījumi, ziepes, pārtika un eļļas. Satur broma, hlora, ūdeņraža savienojumus, kas ir noturīgi (līdz pat desmitiem gadu), ar bioakumulācijas spēju, spēju sasaistīties ar organiskajiem savienojumiem un organisko materiālu. Tie ir toksiski dzīvībai organismiem. Kā būtisks starptautiskais normatīvais akts, kas ierobežo NOP izmantošanu un nodrošina NOP pilnīgu utilizāciju, ir Stokholmas konvencija, kas stājās spēkā 2005. gada 26. janvārī. Šīs konvencijas rezultātā, globālajā mērogā ir sācis samazināties NOP daudzums notekūdeņu dūņās (Bradley, Porter 2010; Gemste, Vucāns 2007; ICON 2001; Nylund et al. 1992).

Kaut arī patogēnie mikroorganismi pastāv jebkurā vietā, kur pastāv dzīvie organismi vai apstākļi, kas ir piemēroti mikroorganismu dzīvošanai un vairošanās procesiem, tie notekūdeņu dūņās ir uzskatāmi kā piesārņotāji. Visbiežāk patogēnie mikroorganismi nonāk līdz notekūdeņu dūņām notekūdeņu attīrīšanas procesā. Kā galvenais izcelsmes avots ir cilvēka radītās fekālijas. Taču bieži vien par vaininiekiem var uzskatīt arī floras un faunas pārstāvjus,

kas var mitināties kanalizācijas sistēmās, kā arī dzīvnieku mēsliem, kas ar lietus ūdeņu notecēm, ieskalo tās notekūdeņos un veicina patogēno mikroorganismu skaita palielināšanos. Notekūdeņos arī var atrasties augu patogēni un nezāļu sēklas, kas būtiski palielina patogēno mikroorganismu barības pieejamību. Galvenie patogēnie mikroorganismi, kas ir sastopami notekūdeņos un to dūņās ir baktērijas, vīrusi, parazitiskie viensūņi un parazitisko tārpu oļiņas (Cakars et al. 2013; Gemste, Vucāns, 2007).

Baktērijas viensūņu vai vienkāršu daudzšūnu organismu formas, kas ir pielāgojušās dzīvei dažādās vides formās (ūdens, augsne, atmosfēra, dzīvajos organismos). Izplatītākās notekūdeņu dūņās sastopamās baktērijas ir zarnu nūjiņas *Escherichia coli* (*E.coli*). Tās pieder pie zarnu baktērijām, kas apdzīvo dzīvnieku un cilvēka zarnu traktu. Tās ir nosacīti patogēnas baktērijas, kas tikai lielā *E.coli* baktēriju daudzumā rada negatīvu ietekmi uz cilvēka veselību. *E.coli* ir indikators, kas nosaka organiskā piesārņojuma līmeni (fekālijas) ūdenstilpēs. Notekūdeņu dūņu kvalitātes novērtēšanā *E.coli* izmanto kā indikatoru dūņu tīrībai un apstrādes efektivitātes noteikšanai. Kā cilvēkam kaitīgās patogēnās baktērijas, dūņās ir sastopamas *Salmonella spp.* un *Clostridium perfringens*. *Salmonella spp.* cilvēkam izraisa vemšanu, caureju, bet *Clostridium perfringens* – stinguma krampjus, botulismu ((Bibby, Peccia 2013; Gemste, Vucāns 2007; Lasobras et al. 2001; Lopes et al. 2017).

Vīrusi parazitorganismi, kuru dzīvotne un barotne ir saimniekorganisms. Vīrusiem ir atsevišķs taksonomiskais iedalījums, jo tā uzbūve nav līdzīga nevienai prokariotu vai eikariotu šūnai. Notekūdeņu dūņās ir sastopamas vismaz 43 vīrusu formas, kuru avots ir cilvēka fekālijas. Visbiežāk ir sastopamas Polivirus, Echovirus, Adenovirus, Rotavirus formas, enterovīrusi un hepatīta A vīrusformas (Gemste, Vucāns 2007; Krug, Wagner S.a.).

Parazīti ir organismi, kuriem ir nepieciešams saimniekorganisms, kura dzīves cikls lielākoties tiek pavadīts saimniekorganismā (līdz pat organisma nāvei). Pie parazītiem ir pieskaitāmi arī viensūņi (daži no tiem rada malāriju), tārpi un pat posmkāji, piemēram, blusas. Visbiežāk dūņās ir sastopami sūcējtārpu, jeb helmintu parazīti (*Ascaris* un *Taenia helmiti*). Lielākoties šie parazīti, lai būtu imūni pret vides ietekmi, veido oļiņas, kas paliek dūņu izvietošanas vietās, to mazkustīguma dēļ (Gemste, Vucāns 2007; Wastewater Technology Centre 1981).

### **1.3. Aktuālie noteikumi par notekūdeņu dūņu izmantošanu un to sagatavošanu, uzglabāšanu un kvalitātes kontroli Latvijā**

Šobrīd Latvijas teritorijā darbojas divu veidu likumi, kas nosaka dūņu izmantošanu un to sagatavošanu, uzglabāšanu un kvalitātes kontroli – Eiropas Savienības direktīva 86/278/EEC (1986. gada 12. jūnijs) “Par vides, jo īpaši augsnes, aizsardzību, lauksaimniecībā izmantojot notekūdeņu dūņas”. Izmantojot šīs direktīvas vadlīnijas, Latvijā tika izveidoti Ministru kabineta

noteikumi 02.05.2006 Nr. 362 “Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli” (Noteikumi par notekūdeņu dūņu. 2006; Par vides, jo īpaši augsnes, aizsardzību. 1986).

Direktīvas mērķis ir regulēt notekūdeņu dūņu izmantošanu lauksaimniecībā tā, lai novērstu kaitīgu iedarbību uz augsni, veģetāciju, dzīvniekiem un cilvēkiem, tādējādi veicinot notekūdeņu dūņu pareizu izmantošanu. MK noteikumi Nr. 362 pārņēma direktīvā aprakstītās normas, kuras nosaka (Čakars et al. 2013):

- notekūdeņu dūņu apstrādes veidus;
- notekūdeņu dūņu un to komposta kvalitātes noteikšanu;
- notekūdeņu dūņu un to komposta pagaidu uzglabāšanu to izmantošanas vietā;
- notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu augsnes mēslošanai lauksaimniecības zemēs;
- notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu mežsaimniecībā;
- notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu teritorijas apzaļumošanai;
- notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu degradēto platību rekultivācijai;
- apstrādātu notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu un apglabāšanu atkritumu poligonos un izgāztuvēs;
- notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanas vides monitoringu;
- notekūdeņu dūņu saražotās masas, kvalitātes un izmantošanas uzskaiti.

Likuma noteiktajā kārtībā, par apstrādātām dūņām uzskata dūņas, kas ir pakļautas vismaz vienai no apstrādes metodēm (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006):

1. uzglabāšana, arī šķidrā veidā, vismaz 12 mēnešus (aukstā fermentēšana) bez sajaukšanas un pārvietošanas glabāšanas laikā;
2. mezofilā anaerobā sadalīšana 35 °C ( $\pm$  3 °C) temperatūrā, minimālais apstrādes ilgums — 21 diennakts ( $\pm$  5 diennaktis);
3. termofilā anaerobā sadalīšana 55 °C ( $\pm$  5 °C) temperatūrā, minimālais apstrādes ilgums — 10 diennaktis;
4. termofilā aerobā stabilizēšana 55 °C ( $\pm$  5 °C) temperatūrā, minimālais apstrādes ilgums — 10 diennaktis;
5. kompostēšana, kuras laikā vismaz trīs diennaktis temperatūra kaudzes iekšienē, 50 cm no kaudzes virskārtas, ir ne mazāka par 60 °C;
6. apstrāde ar kaļķi līdz pH 12 vai vairāk, ne mazāk kā divas stundas pēc tās, temperatūrai jābūt vismaz 55 °C;

7. pasterizācija vismaz 30 minūtes 70 °C temperatūrā;
8. žāvēšana līdz 100 °C temperatūrā, līdz sausnas saturs dūņu masā sasniedz vismaz 70 %.

Par neapstrādātajām notekūdeņu dūņām, direktīva nosaka, ka ES dalībvalstis ir lemtspējīgas, lai ar konkrētiem nosacījumiem varētu izmantot neapstrādātas dūņas, neradot risku cilvēku vai dzīvnieku veselībai, ja dūņas ievada vai iestrādā augsnē, kas MK noteikumos Nr. 362 ir atļauts, ja netiek pārsniegtas notekūdeņu dūņu sausnā esošo smago metālu masas koncentrācija, kas ir attiecināma gan uz augsnes mēslošanu, gan degradējamo teritoriju rekultivācijā un apglabāšanai atkritumu poligonos (1.1. tabula). Zīmīgi, ka augšņu 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 %.

1.1. tabula.

Smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes mēslošanai un rekultivācijai vai apglabāšanai sadzīves atkritumu poligonos un izgāztuvēs paredzētajās notekūdeņu dūņās un to kompostā (Avots. Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006)

| 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                               |

Dūņu kvalitātes noteikšanu veic dūņu ražotājs, kas apsaimnieko kādu no notekūdeņu apsaimniekošanas iekārtām, kuru tehnoloģisko procesu rezultātā veidojas notekūdeņu dūņas. Notekūdeņu dūņu kvalitāti nosaka katrai notekūdeņu dūņu sērijai (notekūdeņu dūņu masa ar vienvērtīgu ķīmisko sastāvu, līdzīgām fizikālām un citām īpašībām), veidojot vienu vidējo paraugu. Attiecīgās kvalitātes kontroles tiek veiktas pēc notekūdeņu attīrīšanas iekārtu slodzes jeb darbības laika, kas tiek aprēķināts pēc cilvēka ekvivalenta (CE) (1.2. tabula).

Notekūdeņu dūņu vidējā parauga veidošanas kārtība attīrīšanas iekārtās un apraksts apzīmējumiem  
(Avots. Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006)

| Vidējo paraugu skaits gadā | Vidējā parauga veidošanas periods (mēn.) | Individuālo paraugu ņemšanas periodiskums | Testējamo paraugu skaits gadā |                                  |                             |
|----------------------------|--|---|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
|                            |  |   | Smago metālu noteikšanai***   | Agroķīmisko rādītāju noteikšanai | Sausnas saturs noteikšana** |
| 1                          | 12                                       | 2 reizes mēnesī                           | 1*                            | 1                                | 2                           |
| 1                          | 12                                       | 2 reizes mēnesī                           | 1*                            | 1                                | 4                           |
| 2                          | 6  | 3 reizes mēnesī                           | 2                             | 1                                | 6                           |
| 3                          | 4  | 1 reizi nedēļā                            | 3                             | 2                                | 12                          |
| 4                          | 3  | Reizi trijās dienās                       | 4                             | 3                                | 24                          |
| 12                         | 1  | Katru dienu                               | 12                            | 4                                | 52                          |

\*Ja pēdējo divu gadu laikā visās notekūdeņu dūņu sērijās atsevišķu smago metālu koncentrācijas nav pārsniegušas pirmajai klasei atbilstošos 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.

Vidējā parauga testēšana ir atļauta laboratorijā, kas akreditēta valsts aģentūrā "Latvijas Nacionālais akreditācijas birojs" atbilstoši Latvijas nacionālajam standartam LVS EN ISO/IEC 17025:2005 "Testēšanas un kalibrēšanas laboratoriju vispārīgās prasības". Laboratorijā notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas vidējam paraugam nosaka (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006):

- smago metālu — kadmija (Cd), hroma (Cr), vara (Cu), dzīvsudraba (Hg), niķeļa (Ni), svina (Pb) un cinka (Zn) — masas koncentrāciju sausnā (ja dūņas ir tikušas iegūtas no sadzīves notekūdeņiem un cilvēka ekvivalents (CE) nepārsniedz skaitli 5000, tad šāda veida analīzes nav jāveic);
- sausnas saturu un agroķīmiskos rādītājus — vides reakciju un organiskās vielas, kopējā slāpekļa (N) un fosfora (P) masas koncentrāciju sausnā;

- amonija slāpekļa (N-NH<sub>4</sub>) masas koncentrāciju sausnā — nosaka pirms notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanas lauksaimniecībā augšņu mēslošanai. Ja pēc notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas saražošanas pagājuši vairāk nekā 12 mēneši, tad pirms šīs sērijas izmantošanas sausnu un amonija slāpekli nosaka atkārtoti.

Kā arī nosaka dūņās cita veida rādītājus (Čakars et al. 2013):

- agroķīmiskos rādītājus (sausnas saturs, pH reakcija pēc KCl, organiskās vielas sausnā, kopējā slāpekļa saturs sausnā, kopējā fosfora saturs sausnā);
- mikrobioloģisko patogēnu rādītājus (baktērijas, vīrusi, parazītiskie viensūņi un parazītisko tārpu oļiņas);
- smago metālu un organisko piesārņotāju rādītājus.

Pamatojoties uz iegūtajiem analīžu rezultātiem, tiek izveidota kvalitātes apliecība dūņām (1. pielikums), kuru NAI reģistrē speciālā reģistrācijas žurnālā, uz 10 gadiem saglabājot gan testēšanas rezultāta pārskatus, gan kvalitātes apliecību oriģinālus (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006).

Testēšanā nosakot smago metālu koncentrācijas, dūņas tiek iedalītas klasēs, pēc smago metālu satura (1.3.tabula). Dūņas, kas ir noteiktas kā 5 klases, ir uzskatāmas par bīstamajiem atkritumiem un visas darbības ar šīs klases dūņām tiek veiktas atbilstoši “Atkritumu apsaimniekošanas likums” nosacījumiem (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006; Atkritumu apsaimniekošanas likums 2010).

1.3. tabula.

Notekūdeņu dūņu un to komposta iedalījums klasēs pēc smago metālu koncentrācijas

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

Sakarā ar notekūdeņu dūņu pagaidu uzglabāšanas vietām ir noteikti kritēriji (, kur šādas vietas nedrīkst izvietot (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006):

- tuvāk par 150 m no dzīvojamām ēkām un pārtikas pārstrādes un pārtikas tirdzniecības uzņēmumiem;

- vietās, kur tas ir aizliegts saskaņā ar Aizsargjoslu likumu;
- īpaši aizsargājamās dabas teritorijās, izņemot to neitrālās zonas, un mikroliegumos, kā arī tuvāk par 150 m no to robežām;
- tuvāk par 150 m no ūdens ņemšanas vietām;
- tuvāk par 100 m no ūdenstilpes vai ūdensteces krasta līnijas;
- applūdināmās zonās;
- nogāzēs, kuru slīpums lielāks par 5°.

Notekūdeņu dūņas vai kompostu novieto pagaidu uzglabāšanai un kompostu gatavo šim mērķim īpaši paredzētā un iekārtotā stacionārā vietā, kas nepieļauj notekūdeņu dūņu un komposta, kā arī filtrējošo ūdeņu nokļūšanu augsnē, virszemes ūdeņos un pazemes ūdeņos. Stacionārā pagaidu uzglabāšanas vietā notekūdeņu dūņas vai kompostu drīkst uzglabāt ne ilgāk kā trīs gadus. Ja notekūdeņu dūņas uzglabā ilgāk par trim gadiem, to dara atbilstoši “Atkritumu apsaimniekošanas likums” noteiktajām prasībām. Ja nav iekārtota dūņu uzglabāšanas stacionārā vieta, tiek izveidoti pagaidu risinājumi atbilstoši MK Nr. 362, 3. panta 17.1 un 17.2 punktam, kur dūņu uzglabāšanas laiks ir līdz vienam gadam (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006):

- tiek izvēlēts līdzens laukums, kur pazemes ūdens līmenis notekūdeņu dūņu vai komposta uzglabāšanas vai komposta gatavošanas laikā ir vismaz vienu metru no zemes virsmas;
- pirms notekūdeņu dūņu novietošanas vai komposta gatavošanas vietā, kas atbilst šo noteikumu 17.1.apakšpunktā minētajām prasībām, izveido vismaz 30 cm biezu paklāju no zāģu skaidām, kūdras, salmiem vai citiem līdzīgiem augu izcelsmes materiāliem.

Pirms notekūdeņu dūņu izmantošanas lauksaimniecībā dūņu ražotājs vai lietotājs nodrošina lai laboratorijā, kas akreditēta valsts aģentūrā “Latvijas Nacionālais akreditācijas birojs”, tiktu veikta augsnes virsējā slāņa vidējā parauga analīze, lai noteiktu šādus rādītājus (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006):

- smago metālu — kadmija (Cd), hroma (Cr), vara (Cu), dzīvsudraba (Hg), niķeļa (Ni), svina (Pb) un cinka (Zn) — masas koncentrāciju;
- vides reakciju pH KCl.

Augsnes virsējā slāņa vidējo paraugu veido, sajaucot ne mazāk kā 25 individuālos paraugus, kurus ņem no platības, kas nepārsniedz 5 ha. Augsnes individuālos paraugus ņem no trūdvielu horizonta virsējā 25 cm biezā slāņa. Ja trūdvielu horizonts ir plānāks, individuālos paraugus ņem visā tā biezumā, bet ne seklāk par 10 cm. Vienlaikus ar paraugu ņemšanu

noskaidro augsnes virsējā slāņa granulometriskā sastāva grupu. Smago metālu masas koncentrāciju augsnē nosaka pirms pirmās un pirms katras piektās notekūdeņu un to komposta iestrādes tajā pašā platībā. Ja augsnes mēslošanai izmanto notekūdeņu dūņas no attīrīšanas iekārtām, kas veic sadzīves notekūdeņu attīrīšanu un nepārsniedz cilvēka ekvivalentu (CE) 5000, tad smago metālu koncentrācijas analīzi nav jāveic. Notekūdeņu dūņas vai kompostu nedrīkst iestrādāt augsnē, kuras reakcija pH KCl virsējā slānī ir mazāka par 5. Ja notekūdeņu dūņu vai komposta ražotājs un šī mēslojuma lietotājs vienojas par notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanu augsņu mēslošanai, tie noformē attiecīgu rakstisku apliecinājumu par notekūdeņu dūņu vai komposta izmantošanu, pamatojoties uz šādiem dokumentiem (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006):

- notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas kvalitātes apliecības kopija;
- platības augsņu izpētes materiāli;
- kartogrāfiskais materiāls (mērogā 1:10000 vai 1:5000) ar iezīmētām platībām, kurās paredzēts iestrādāt notekūdeņu dūņas vai kompostu.

Ja notekūdeņu dūņas vai kompostu attiecīgajā platībā iestrādā atkārtoti, apliecinājumam pievieno tikai notekūdeņu dūņu vai komposta sērijas kvalitātes apliecības kopiju., kur norāda informāciju par:

- notekūdeņu dūņu vai komposta daudzumu;
- iestrādei paredzēto platību;
- iestrādei maksimāli pieļaujamo sausnas un dabiski mitru notekūdeņu dūņu vai komposta devu;
- audzējamās lauksaimniecības kultūras pirmajā gadā pēc notekūdeņu dūņu vai komposta iestrādes.

Attiecināmie noteikumi uz notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu lauksaimniecībā ir līdzīgi attiecināmi arī uz izmantošanu mežsaimniecībā, apzaļumošanā, apglabāšanā atkritumu poligonos un degradēto teritoriju rekultivācijā (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006).

#### **1.4. Notekūdeņu dūņu apstrāde**

Atbilstoši iepriekšējā sadaļā minētajām apstrādes metodēm, kas ir noteiktas ar MK noteikumiem Nr. 362, notekūdeņu dūņu apstrāde norit sekojošo iemeslu dēļ (Čakars et al. 2013):

- samazinātu dūņu apjomu un masu, galvenokārt samazinot to mitrumu;
- samazinātu nepatīkamo smaku;
- uzlabotu higiēniskās īpašības, samazinot patogēno mikroorganismu daudzumu;

- uzlabotu fizikālās īpašības – minimalizēt koloidālo struktūru, samazināt tilpummasu utt.,
- daļēji samazinātu atsevišķu noturīgo organisko piesārņotāju koncentrāciju.

Pirms notekūdeņu dūņu apstrādes, kā obligāta prasība, ir dūņu žāvēšana, lai atbrīvotos no liekā ūdens daudzuma, kas dažos gadījumos var sastādīt pat 95% no kopējās masas. Dūņu žāvēšanā ietilpst 4 procesu cikls – dūņu biezināšana, jeb blīvēšana, dūņu pārstrāde, jeb stabilizēšana, dūņu mehāniskā atūdeņošana un dūņu apstrāde (CLEANTECH LATVIA 2015; Patel 2018).

Pirmais posms notekūdeņu dūņu ūdens masas samazināšanas plānā ir dūņu biezināšana. Šajā posmā notekūdeņu dūņas parasti tiek sabiezinātas gravitācijas biezinātāja iekārtā, lai tiktu sasaistītas un apvienotas visas masā esošās cietās daļiņas. Tā rezultātā tiek samazināts kopējais dūņu tilpums, iekonomēts iekārtu enerģijas patēriņš, kā arī atbrīvota vairāk vieta iekārtā, lai varētu sablīvēt vēl lielākas dūņu masas vienā reizē. Veicot šo posmu, tiek palielināta dūņu īpatnējā pretestība, kas palielina saistītā ūdens daudzumu dūņās. Taču saistīto ūdens daudzumu ir iespējams samazināt, sajaucot, piemēram, aktīvās dūņas kopā ar primārajām dūņām, kas ir iegūtas no primārā dzidrinātāja (CLEANTECH LATVIA 2015; Patel 2018).

Pēc visu notekūdeņu dūņu cieto daļiņu uzkrāšanas, jeb sablīvēšanas norit dūņu pārstrādes, jeb stabilizēšanas process. Tas ir bioloģisks process, kurā dūņās esošās organiskās cietās vielas tiek sadalītas stabilās vielās, lai novērstu un nomāktu dūņās esošās pūšanas baktērijas. Šis process arī palīdz samazināt cieto vielu kopējo masu, vienlaikus iznīcinot visus esošos patogēnus, lai varētu vieglāk atūdeņot dūņas. Dūņu pārstrādes process ir divfāžu process. Pirmajā posmā dūņu sausna tiek sildīta un sajaukta slēgtā tvertnē, lai nodrošinātu anaerobu pārstrādi ar skābes veidojošām baktērijām. Šīs baktērijas sadala dūņās esošās lielās olbaltumvielu un lipīdu molekulas uz ūdenī šķīstošām molekulām, kuras pēc tam fermentē dažādās taukskābēs. Tad dūņas ieplūst otrajā tvertnē, kur citas baktērijas pārveido, lai iegūtu oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) un metāna maisījumus (CLEANTECH LATVIA 2015; Patel 2018).

Pirms pilnīgas dūņu apstrādes un tālākās izmantošanas norit dūņu atūdeņošana. Šajā procesā ūdens, kas dūņās dažos gadījumos sastāv pat 70% no kopējās dūņu masas, tiek dūņas praktiski atbrīvotas no kopējās ūdens masas. Latvijā visbiežāk pielietotās iekārtas dūņu atūdeņošanai ir lentveida filtrpreses un centrifūgas. Ieviešot notekūdeņu attīrīšanas iekārtās šāda veida mehāniskos atūdeņotājus, dūņu atūdeņošana norit daudz ātrākā laikā un ar lielāku ūdens masas savākšanas koeficientu (CLEANTECH LATVIA 2015; Patel 2018).

Pēc veiktajiem dūņu atūdeņošanas procesiem var norītēt dūņu apstrāde. Latvijā šobrīd visbiežāk izmanto šādas dūņu apstrādes metodes - uzglabāšana, arī šķidrā veidā, vismaz 12 mēnešus (aukstā fermentēšana) bez sajaukšanas un pārvietošanas glabāšanas laikā, jeb ilgstoša uzglabāšana, mezofilā anaerobā sadalīšana 35 °C (± 3 °C) temperatūrā, minimālais apstrādes

ilgums — 21 diennakts ( $\pm 5$  diennaktis) un trešais apstrādes veids kompostēšana, kuras laikā vismaz trīs diennaktis temperatūra kaudzes iekšienē, 50 cm no kaudzes virskārtas, ir ne mazāka par 60 °C (Gemste, Vucāns 2010).

Šobrīd Latvijā dūņu ilgstoša uzglabāšana ir viens no izplatītākajiem apstrādes veidiem. Tas tiek veikts īpašos rezervuāros vai dīķos, kas ir ūdensnecaurļaidīgi un ar drenāžas sistēmu filtrācijām. Ilgstošas uzglabāšanas rezultātā dūņu materiāls tiek pakļauts dabiskajiem faktoriem (sezonalitātei, nokrišņiem u.c.), kā rezultātā dūņu masa ilgākā laika periodā zaudē esošo mitrumu. Šāda veida apstrādes metode veido minimālas ekspluatācijas izmaksas, un nav būtiski nosacījumi to uzturēšanā, taču ir nepieciešamas lielas platības dūņu lauka izveidei, uzglabāšanas laikā dūņu dziļākajos slāņos norit anaerobie procesi, tā rezultātā izdalās metāns un citas siltumnīcefektu gāzes. Šāda veida metode, visbiežāk, ir izplatīta lauku rajonos, taču ir ekstensīva un prasa ilgu laiku. Optimālais dūņu slāņa biezums dīķī, lai būtu iespējams atbrīvoties no mitruma un patogēnajiem mikroorganismiem ir 30 – 40 cm biežumā (Čakars et al. 2013; Gemste, Vucāns 2010).

Mezofilo anaerobo apstrādi Latvijā veic vienīgi BAS “Daugavgrīva”, kura ir vienīgā attīrīšanas stacija Latvijā, ar iespēju veikt šī tipa apstrādi – attīrīšanas iekārtām piesaistītais cilvēka ekvivalents (CE) skaitlis ir vairāk nekā 100000. Metodes pamatā, viss process norit tvertnē, jeb metāntankā, kurā dūņas tiek pakļautas anaerobajai raudzēšanai. Dūņas tiek noturētas šajās tvertnēs 12 dienas, 35 °C ( $\pm 3$  °C) temperatūrā, pakļaujot dūņu masā esošo komplekso proteīnu, cukuru un citu organisko savienojumu sadalīšanos. Šo sadalīšanu veic mikroorganismi, kas norit trīs posmos – pirmā posma mikroorganismu grupa sašķel lielmolekulāros savienojumus, otrā posma mikroorganismu grupa sadala mazmolekulārās vielas, kas pārvēršas organiskajās skābēs. Trešā posma mikroorganismu grupa, jeb metānu veidojošie mikroorganismi sadala atlikušos organiskos savienojumus, veidojot vienkāršus savienojumus, kā piemēram, ūdeni, oglekļa dioksīdu un metānu. Notekūdeņu dūņu masa tiek izsausināta līdz pat 30%, kā arī tiek iegūta biogāze, kas BAS “Daugavgrīva” gadījumā, tiek izmantota attīrīšanas stacijas kompleksa elektroapgādē, katlu mājas, koģenerācijas stacijas enerģijas avota nodrošināšanai un metāntanka iekšējās temperatūras (35 °C ( $\pm 3$  °C) ) uzturēšanai. (Čakars et al. 2013; Gemste, Vucāns 2010; Mohammed 2015; Bioloģiskās attīrīšanas.. S.a.).

Kompostēšanas metodes pamatā, dūņas tiek pakļautas aerobo organisko vielu noārdīšanās procesam, kurā izveidojas augsnes humusam līdzīgs substrāts, kas ir bioloģiski aktīvs. Procesā piedalās baktērijas, aļģes, sēnes, tārpi un citas organismu grupas. Metodes rezultātā uzlabojas materiāla ķīmiskās un fizikālās īpašības, materiāls tiek atbrīvots no toksiskajiem organiskajiem savienojumiem. Kompostam ir iespējams izmantot gan apstrādātas,

gan neapstrādātas dūņas, kurām ir jāpievieno papildus pildvielas, efektīvākai komposta izveidei. Tāpat kā ilgstošā uzglabāšanā, metode ir laikietilpīga, bet komposta materiāls pēc humusveida substrāta izveidošanās ir uzreiz izmantojams lauksaimniecības zemju mēslošanā (Cakars et al. 2013; Gemste, Vucāns 2010).

## **1.5. Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas**

### **1.5.1. Dūņu izmantošana komposta ražošanā**

Zinātniskie pētījumi ir pierādījuši, ka notekūdeņu komposts salīdzinājumā ar parasto kompostu, bez notekūdeņu dūņām, ir 3 reizes treknāks un auglīgāks, ja dūņu komposts ir sagatavots atbilstoši normatīvajām prasībām un testēšanas rezultātos nav pārkāptas noteiktās koncentrācijas. Dūņas var kompostēt, ja tām ir pietiekams organisko vielu daudzums, kā arī atbilstošs ūdens daudzums. Lai efektīvi kompostētu materiālus, ir vajadzīgas noteiktas barības vielas, tostarp slāpeklis un fosfors, kā arī pareizs mitruma un gaisa apmaiņas režīms, kas atvieglo un ļauj pēc sajaukšanas ar kopproduktu saglabāt mikroorganismu dzīvotspēju. Apstrādātās dūņas, kuru ūdens saturs ir lielāks par 15% ir viegli kompostējamas, jo īpaši sajaucot ar jebkāda veida koksnes materiālus (skaidas, šķelda u.c.) vai citus materiālus, kas veido kompostu porainu. Kopējā komposta masā, ūdens saturam ir jābūt aptuveni 55% robežās, kamēr organisko vielu saturam ir jābūt lielākam par 70%, veicinot bioloģisko procesu paātrinātāku norisi. Jebkāda veida nobīde šajos robežlielumos, ietekmēs baktēriju aktivitāti un procesu norises ātrumu. Baktēriju aktivitāti ietekmē arī pH, kas optimālajās vērtībās ir jābūt no 5,5 līdz 8. Ievērojot prasības kvalitatīva dūņu komposta izveidei, ir iespējama tā izmantošana lielākā mērogā lauksaimniecībā un kā produktu, kas aizstātu minerālmēslojuma ražošanas lielos apmērus (Bresters et al.1997; Gemste, Vucāns 2010).

### **1.5.2. Dūņu dedzināšana**

Dūņu izmantošana kā dedzināšanas materiāls, jau ilgu laiku ir viens no populārākajiem dūņu izmantošanas veidiem lielākajās Eiropas, tā arī pasaules valstīs, kas ir viegls risinājums kā atbrīvoties no saražotās lielās notekūdeņu dūņu masas ātrā laika periodā (Gemste, Vucāns 2010; Stasta et al. 2006) .

Dūņu dedzināšana parasti norit lielākajās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās, spēkstacijās, kur tās tiek dedzinātas kopā ar akmeņoglēm, vai cementa ražošanas rūpnīcās kā kurināmais materiāls, parasti dedzināšana tiek pielietota ļoti piesārņotām dūņām. Daļēji var uzskatīt, ka iegūtā enerģija no notekūdeņu dūņām ir videi draudzīga, taču tajā pašā laikā, dedzināšanas rezultātā, tiek zaudēta dūņu auglība ar lauksaimniecību saistītajās nozarēs. Kā, piemēram, Amerikas Savienotajās valstīs tas sastāda pat 50% neizmantotā notekūdeņu dūņu auglības potenciāla kā lauksaimniecības nozarē, tā arī biogāzes un biodegvielas ražošanā. Kā arī smago

metālu saturs notekūdeņu dūņu pelnos ir lielās koncentrācijās, tās padarot neizmantojamas kā fosfora mēslojumu (Gemste, Vucāns 2010; Seiple et al. 2017).

Svarīgs aspekts notekūdeņu dūņu termiskās apstrādes laikā ir tās sadegšanas mehānisms. Salīdzinot ar oglēm, notekūdeņu dūņām ir ļoti augsts mitruma un gaistošo vielu saturs, kas var ietekmēt sadegšanas procesus. Tādējādi tiek pārbaudīta žāvēšanas un iztvaikošanas procesu nozīme notekūdeņu dūņu sadedzināšanā. Īpašos gadījumos tiek analizēta arī gaistošo vielu izplūde un sadegšana dūņu sadedzināšanas procesā (Werther, Ogada 1999).

Dūņu dedzināšana ir ekonomiski izdevīga lielajām notekūdeņu attīrīšanas iekārtām, kur piesaistītais cilvēku ekvivalents (CE) ir vairāki miljoni, jo šādi ir iespējams tikai nodrošināt konkrētu dūņu daudzumu, kas ir jāievieto dedzināšanas katlos. Uzturot nepārtrauktas dūņu dedzināšanas apstākļus, ir iespējams iegūt siltumenerģiju no atgūtajām izplūdes gāzēm (Gemste, Vucāns 2010).

### 1.5.3. Dūņu izmantošana biogāzes ražošanā

Biogāzes ražošana no notekūdeņu dūņām šobrīd ir viena no potenciālajām nākotnes perspektīvām dūņu izmantošanā visā pasaulē, kura var atrisināt problēmas ar fosilās dabasgāzes izmantošanu. Ir pamats uzskatīt, ka iegūtā biogāze no dūņām ir zaļās enerģijas resurss, kuru jau šobrīd cenšas attīstīt un tās kvalitāti padarīt līdzvērtīgu kā dabasgāzei (Arthur, Hammond 2010; Makisha, Semenova 2018; Hanjie 2010).

Biogāze pamatā tiek iegūta no organisko vielu anaerobās fermentācijas, piemēram, kūstmēsliem, notekūdeņu dūņām, bioloģiski noārdāmiem atkritumiem un lauksaimniecības vircas. Pakļaujot masu anaerobajiem apstākļiem un konkrētajai temperatūrai, norit rūgšanas procesi un mikroorganismi barojas ar šīs masas organiskajiem savienojumiem. Biogāze sastāv no metāna (55–75%), oglekļa dioksīda (25–45%), slāpekļa (0–5%), ūdeņraža (0–1%), sērūdeņraža (0–1%) un skābekļa (0–2%), kas ir izmantojams siltumenerģijas, elektroenerģijas un biodegvielas ražošanā (Bachmann 2015; Demirbas et al. 2016; Makisha, Semenova 2018)

30 dienu anaerobās apstrādes laikā, 80–85% biogāzes tiek saražots pirmajās 15–18 dienās. Augstākās biogāzes koncentrācijas ir novērojamas temperatūras diapazonā no 30 līdz 60 °C un pH diapazonā no 5,5 līdz 8,5. Mūsdienu populārākā dūņu apstrāde ir mezofilajā režīmā, kurā temperatūra ir praktiski nemainīga 35 °C ( $\pm 3$  °C). Biogāzes ražošanas procesi šajā apstrādes veidā norit aptuveni 20 dienas vai vairāk. Termofilās apstrādes gadījumā temperatūra ir lielāka nekā 55 °C, un biogāzes ražošanas ilgums ir līdz 15 dienām, kas kļūst par nākotnes perspektīvu, jo procesi norit īsākā laika periodā, taču ir jānodrošina lielāks siltums, kas patērē vairāk enerģijas. Zīmīgi, ka apstrādēs, kas ir pakļautas anaerobajiem apstākļiem, saražotās gāzes termiskā efektivitāte ir aptuveni 6,5 kWh / m<sup>3</sup>. Tas atbilst vairāk nekā pusei no dabasgāzes

kopējās siltumspējas (~ 10 kWh / m<sup>3</sup>). Elektroenerģijas un siltuma ražošana termoelektrostacijās: aptuveni 35-40% elektroenerģijas (Demirbas et al. 2016; Makisha, Semenova 2018).

#### 1.5.4. Dūņu izmantošana lauksaimniecībā

Notekūdeņu komposts, tā izmantošana un sagatavošana ir izveidota saskaņā ar tā izmantošanu lauksaimniecībā, kam ir noteikti kritēriji, kādas notekūdeņu dūņas ir jāizmanto lauksaimniecībā, lai neradītu negatīvu ietekmi cilvēkam un dzīvajiem organismiem. Kā tika iepriekš minēts sadaļā par aktuālajiem notekūdeņu dūņu sagatavošanas un izmantošanas noteikumiem, pirms jebkāda veida saimnieciskās darbības ir jāveic dūņu vai dūņu komposta testēšana akreditētās laboratorijās. Nosakot vielu koncentrāciju daudzumus, kā arī citus robežlielumus, tiek noteikta dūņu komposta izmantojamība konkrētam augsnes tipam (1.4. tabula) (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006).

1.4.tabula.

Smago metālu masas koncentrācijas limits augsnes virsējā slānī notekūdeņu dūņu un to komposta iestrādei (mg/kg) (Avots. Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006)

| Nr. p.k. | 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             |

Ja tiek ievērotas visas noteiktās prasības MK noteikumos Nr. 362, tad dūņu komposta izmantošana lauksaimniecībā, var palielināt augsnes auglību, augu augšanas ātrumu. Dūņu izmantošana kā mēslojums lauksaimniecībā rada kā potenciālu resursu, jo dūņu komposts satur organisko slāpekli (kas augiem ir pieejams pēc tā mineralizēšanās), fosforu un citas minerālvielas, kas daļai trūcīgo augšņu ir limitētās vērtībās. Dūņu komposta organiskās vielas, galvenokārt, ietekmē augsnes struktūru, palielinot augsnes porainību, agregātu stabilitāti un ūdens kapacitāti augsnē. Citas īpašības, ko ietekmē organisko vielu pievienošana, ir augsnes pH un katjonu apmaiņas kapacitāte, kas mēdz pieaugt (Mininni, Santori 1987; Steritt, Lester 1980; Mahdavi, Jafari 2010).

Izmantojot notekūdeņu dūņu resursus, ir uzskatāms kā labas izmantošanas piemērs, ir jāvērtē liela uzmanība notekūdeņu dūņu komposta proporcijai pret augsni. Uzturot ideālus augsnes apstākļus, notekūdeņu dūņu kompostam ir jāveido 10% no kopējās masas attiecības pret augsni, lai netiktu pieļautas kādas no organisko vai ķīmisko vielu pārsātināmības, kas var radīt negatīvu reakciju – smago metālu koncentrācijas palielināšanos, kas var padarīt tos toksiskus, var veicināt vērtīgo vielu intensīvāku izskalošanos no augsnes, vai padarīt augsni neizmantojamu. Latvijas apstākļos var izmantot dūņu kompostu lauksaimniecībā, ja sevišķi toksisko smago metālu saturs nepārsniedz 2 klases rādītājus, organisko vielu saturs ir lielāks par 50% un sausas saturs ir vismaz 25%. Lai nepieļautu pārtikā lietojamo augu audzēšanu notekūdeņu dūņu kompostos, kuri nav pienācīgās proporcijās iestrādāti augsnē, ES direktīvā tika noteikts, ka šo kompostu izmantot kultūraugu audzēšanai, kas tikai tiek izmantoti enerģijas ieguvei. Šāda veida piemērs ir minams par Zviedriju, kur notekūdeņu dūņas tiek izmantotas ātraudzējamo kārkļu audzēšanā, lai pēc tam iegūtu šķeldu (Gabre 2015; Gemste, Vucāns 2010).

#### 1.5.5. Dūņu izmantošana degradēto teritoriju rekultivācijā

Šāda veida notekūdeņu dūņu izmantošana, īpaši, bijušo derīgo izrakteņu ieguves karjeru rekultivācijā ir labs piemērs, jo izmantojot dūņas, kas ir attīrītas un visi robežlielumi ir atbilstoši noteikumiem, veicinās degradēto platību ātrāku rekultivāciju, jo ideālajos apstākļos, notekūdeņu komposts spēj palielināt augu augšanas ātrumu (Gabre 2015; Ministry of the Environment 2015).

Notekūdeņu dūņas, kuras izmanto lauksaimniecībā, rekultivācijā un ainavu veidošanā, nedrīkst saturēt sastāvdaļas, kas kavē augu augšanu. Tāpēc šajās vietās izmantotajām notekūdeņu dūņām ir jābūt labi attīrītām. Tas nozīmē, ka organisko vielu saturam jābūt pēc iespējas zemākam. Ja organisko vielu saturs ir augsts, augsnē var veidoties anaerobā vide, ko izraisa pārmērīgs mitrums un necauraidīga augsnes struktūra organisko savienojumu sadalīšanās rezultātā. Tas radīs apstākļus dažādu toksisko savienojumu izveidošanai augsnē, kas kavē augu augšanu un var izraisīt augu izžušanu (Ministry of the Environment 2015).

#### 1.5.6. Dūņu pagaidu uzglabāšana

Dūņu pagaidu uzglabāšana ir viens no izmantošanas veidiem, kura pamatā materiāla uzglabāšana un saglabāšana norit finansiālu un / vai tehnisku iemeslu dēļ, bet ar izredzēm uz materiāla izmantošanu tuvākajā nākotnē. Atbilstoši, lai varētu ierīkot uzglabāšanas vietas ir jāievēro MK Nr. 362 noteikumus, kādos apstākļos un kādās vietās ir iespējams ierīkot šāda veida uzglabāšanas vietas. Maksimālais uzglabāšanas laiks notekūdeņu dūņām ir 3 gadi, kuru laikā ir jārod risinājumi dūņu tālākajai izmantošanai. Vienīgi šāda izmantošana prasa lielas teritoriju platības atkarībā no dūņu apjoma un citiem esošajiem faktoriem (Galek 2016; Afvalzorg 2018).

#### 1.5.7. Dūņu izmantošana apzaļumošanā

Notekūdeņu dūņu izmantošana ir iespējama arī apzaļumošanā, kas ir labs izmantošanas veids pilsētu zaļo zonu uzturēšanā un atjaunošanā. Tā kā notekūdeņu dūņas veicina augu ātrāku augšanu un ir bagātas ar uzturvielām, tas ir labs mēslojums, kas var atjaunot zaļo zonu iepriekšējo izskatu pēc dažāda veida remontdarbiem, kas ir ietekmējuši zaļās zonas zemsedzi vai uzlabot zāles kvalitāti, kas izmantojot notekūdeņu dūņas, zāli padara piesātināti zaļā tonī. Taču ir jāņem vērā, ka neskatoties uz augšanas intensitātes pozitīvajiem aspektiem, ir risks palielināt smago metālu koncentrāciju zaļo zonu augsnēs, kas ilgtermiņā šo augsni var padarīt toksisku augiem un kokiem. Vēl būtisks aspekts ir minams, sakarā ar pilsētas zaļo zonu apsaimniekotāju darbību, kas var radīt lielāku resursu patēriņu šo zaļo zonu uzturēšanā. Jo ātrākie augu augšanas apstākļi var radīt vajadzību uzturēt šīs zaļās zonas ik pēc trijām dienām, kas ir saistīta ar zāles pļaušanu, kas rada ekonomisko neizdevīgumu apsaimniekotājam (Gabre 2015).

#### 1.5.8. Dūņu izmantošana mežsaimniecībā

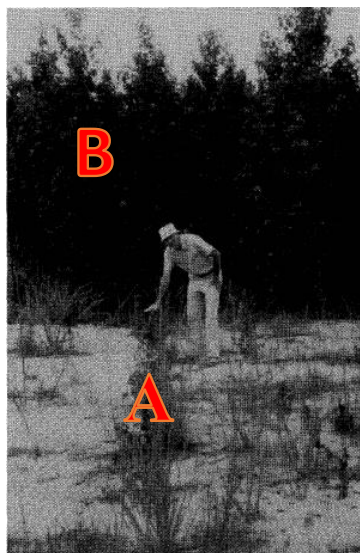
Kā labs notekūdeņu dūņu izmantošanas virziens ir mežsaimniecības sfēra. Parasti šāda notekūdeņu dūņu izmantošana mežsaimniecībā norit, lai novērstu augsnes auglības deficītu vietās, kur ir izveidojušās kailcirtes, kuru rezultātā no augsnes izzūd vērtīgās organiskās vielas un minerālvielas, vai vietās, kur ir ļoti smilšainas augsnes un ir nepieciešama apgādāšana ar augsnes auglības veicinošajām uzturvielām, kas ekonomiski, izmantojot notekūdeņu dūņas, padarītu to lētāku. Izmantošana mežsaimniecības sfērā ir akcentējama arī uz mežiem, kas ir cietuši ugunsgrēkā, piekrastes kāpu teritorijās un bijušajās lauksaimniecības zemēs, kuras jau kādu laiku ir pamestas (Moffat, Bird 1989; Kāposts et al. 2000).

Pētījumi, kā piemēram, Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava " no 1997. līdz 1999. gadam, veica vienu no pētījumiem par notekūdeņu dūņu izmantošanu mežsaimniecībā, kur pētījuma rezultāti norādīja pozitīvo notekūdeņu dūņu ietekmi uz koku augšanu un to auglības veicināšanu. Tika pētīts kā jaunie priežu (*Pinus*) un egļu (*Picea abies*) koku stādi (attiecīgi divu gadu veci un trīs gadus veci koku stādi), aug piekrastes kāpās ar iestrādātām notekūdeņu dūņām augsnē. Rezultātā šīm koku sugām palielinājās izdzīvotības iespēja - 78%, nekā kokiem, kas aug bez notekūdeņu dūņu mēslojuma – 28%. Tika arī konstatēts lielāks jauno koku stādu augšanas ātrums un to augstums (5. tabula), mitruma noturība augsnē (Kāposts et al. 2000).

Augšanas ātrums priedēm piekrastes kāpu zonā kontrolstādiem attiecībā pret koku stādiem ar iestrādātām notekūdeņu dūņām no 1997. līdz 1999. gadam (Pēc: Kāposts et al. 2000)

| Variants                               | 1997    |       | 1998     |       | 1999  |       |
|--|---------|-------|----------|-------|-------|-------|
|  | cm      | %     | cm       | %     | cm    | %     |
| kontrolstāds                           | 2,9±0,3 | 100,0 | 8,9±0,5  | 100,0 | 16,8± | 100,0 |
| 3 kg dūņu stādā ar neapstrādātu augsni | 5,1±0,4 | 175,9 | 15,0±0,6 | 146,1 | 19,3± | 114,9 |
| kontrolstāds                           | 3,0±0,2 | 100,0 | 9,1±0,4  | 100,0 | 21,5± | 100,0 |
| 3 kg dūņu stādā ar apstrādātu augsni   | 4,7±0,3 | 156,7 | 11,8±0,5 | 130,0 | 22,2± | 103,2 |

Cita veida pētījumā (Marx et al. 1995), kas tika veikts Amerikas Savienotajās valstīs, Dienvidkarolīnā, 5 gadu laikā tika salīdzināti augšanas apstākļi laukumos ar izmantotiem minerālmēslojumiem, kombinācijā ar kaļķa gabaliņiem un laukumiem, kuros ir izmantotas sadzīves notekūdeņu dūņas kā mēslojums, iestādot Sveķaino ambraskoku (*Liquidambar styraciflua*). Rezultāti pēc 5 gadiem norāda par notekūdeņu dūņu ietekmi uz šo koku augšanu. Laukumos, kuros tika izmantots minerālmēslojums un kaļķis, koku augstums bija 70 cm, bet laukumos ar izmantotām notekūdeņu dūņām koku augstums sasniedza pat 3,6 metrus (1.2.attēls) (Marx et al. 1995).



1.2. attēls. Sveķainā ambraskoka augšanas izmaiņas pēc 5 gadiem laukumos ar minerālmēslojumu un kaļķi (A), kā arī laukumos ar notekūdeņu dūņu mēslojumu (B) (Avots. Marx et al. 1995)

## **1.6. Notekūdeņu dūņu izmantošana Eiropas Savienībā**

Eiropas Savienības dalībvalstu ieguldījums notekūdeņu dūņu, kā nozīmīga resursa apzināšanā, ir ieguldījusi daudz, lai atrisinātu pieaugošo dūņu apjoma problēmu un to ilgtspējīgu izmantošanu, kas zinātniskajos pētījumos norāda par daudziem pozitīvajiem ieguvumiem tā izmantošanā, taču ir jāpievērš padziļinātāka izpratne par resursa negatīvo ietekmju ierobežošanu, kas norit arī šobrīd. Izmantošanas plašais spektrs ir pietiekams, lai katra dalībvalsts būtu spējīga, savu līdzekļu un iespēju robežās, rast piemērotāko izmantošanas veidu, kas nestu labumu valsts ekonomikai un attīstībai (1.6. tabula).



Kā viena no vadošajām valstīm notekūdeņu dūņu izmantošanā un izpētē ir uzskatāma Vācija, kas viena no pirmajām valstīm gan Eiropas mērogā, gan pasaules mērogā, kuras notekūdeņu dūņas netiek vispār noglabātas atkritumu poligonos, bet gan ir pilnīgs materiāla šķirošanas un pārstrādes process. Kopējā notekūdeņu dūņu izmantošana sastāda - 24% lauksaimniecībā, 60% sadedzināšanā/ enerģijas ieguvē, kas arī tiek izmantots kā kurināmais cementa ražošanā, vara pārstrādes rūpnīcās un 20%, kas iekļauj izmantošanu asfaltrūpniecībā, fosfora ieguvē, jeb atgūšanā, biogāzes ražošanā un pamesto ogļraktuvju aizbēršanā u.c. Kopš 2015. gada, kad Vācija pieņēma iekšējo valsts Augsnes auglības veicinošo mēslojumu likumu, kura rezultātā šobrīd notekūdeņu dūņas tiek izmantotas mazāk lauksaimniecībā, nekā tas bija 21. gadsimta sākumā – 32% (Bergs 2018; Wiechmann et al. 2013; Sewage sludge.. 2019).

Taču ir arī valstis, kurās ar likumu ir aizliegts izmantot notekūdeņu dūņas – Šveice un Nīderlande. Šveice kopš 2006. gada vairs neizmanto notekūdeņu dūņas lauksaimniecībā, jo iepriekš dūņu izmantošana būtiski piesārņoja Šveices virszemes ūdeņus. Kā arī kopš 2000. gada ir aizliegts apglabāt atkritumu poligonos organiskas izcelsmes materiālus, kas liek Šveicei izmantot citas izmantošanas iespējas. Praktiski visa saražotā notekūdeņu dūņu masa ~100%, tiek sadedzināta enerģijas ražošanai, vai kā kurināmais cementa ražošanas rūpnīcās. Maza daļa no dūņām, tiek arī izmantota biogāzes ražošanā (Fahrni 2011; Nättorp S.a).

Nīderlandes gadījumā, tika aizliegts ar likumu lauksaimniecībā izmantot notekūdeņu dūņas jau 1995. gadā un 2000. gadā apglabāt tās atkritumu poligonos. Situācija ir līdzīga kā Šveicē, kur praktiski viss iegūtais notekūdeņu dūņu apjoms tiek sadedzināts iegūstot enerģiju un siltumu, daļēji tiek izmantots biogāzes ražošanā. Taču šobrīd, Nīderlande veic darbības, lai atgūtu fosforu no notekūdeņu dūņu pelniem, kas gan zinātniski, gan realitātē tiek jau veikts (Betrancourt, Brabant 2018; Ruijters 2018; Wiechmann et al. 2013).

Tajā pašā laikā, Spānija, Francija, Anglija un Luksemburga, ir vieni no lielākajiem dūņu izmantotājiem lauksaimniecībā, attiecīgi 65% Francijai un Spānijai, Anglijā 70%, bet Luksemburgā – 90% (Roig et al. 2012; Wiechmann et al. 2013).

No Baltijas jūras reģiona valstīm Zviedrija ir viena no daudzpusīgākajām notekūdeņu dūņu izmantotājām. 2005. gadā tika pieņemts likums, aizliegt notekūdeņu dūņu apglabāšanu atkritumu poligonos, kas radīja iemeslu citām izmantošanas perspektīvām. Lauksaimniecībā tika izmantots 24% no kopējā notekūdeņu dūņu daudzuma, 29% tiek izmantoti komposta ražošanā, apzaļumošanā un rekultivācijā - 24%, 7% tiek uzglabāti, bet 16% - cita veida izmantošana. Zviedrija ir viena no valstīm, kas meklē risinājumus fosfora atgūšanā no notekūdeņu dūņām, kas daļēji tiek veikts ātraudzējamo kārklu audzēšanā, no tiem iegūstot šķeldu tālākajai enerģijas iegūšanai (Gabre 2015; Ministry of Environment 2019; Svinhufvud 2017).

Baltijas valstīs, Igaunijā un Lietuvā, ir dažāda veida izmantošanas variācijas. Igaunija notekūdeņu dūņas 54% izmanto apzaļumošanai, 13% rekultivācijā, 16% lauksaimniecībā, 11% uzglabā un 6% tiek izmantoti citos veidos. Turpretī Lietuvā teju 60% tiek uzglabāti vai noglabāti atkritumu poligonos, 14% tiek izmantoti lauksaimniecībā un 26% komposta veidošanai (Praspaliauskas, Pedišius 2017; Kriipsalu 2019).

Itālija notekūdeņu dūņas izmanto – 9,9% lauksaimniecībā, 26,4% komposta ražošanā, 17,2% apglabāšanai atkritumu poligonos, 5,9% tiek sadedzināti un 40,6% tiek izmantoti cita veida izmantošanā (Mininni et al. 2019).

Somija ir viena no lielākajām Eiropas valstīm, kura izmanto gandrīz pusi no notekūdeņu dūņām apzaļumošanā – 48%. Pārējā izmantošana ir 41% lauksaimniecībā, 4% rekultivācijā, 5% ilgstošai uzglabāšanai, bet 2% cita veida izmantošanai (Kangas 2018).

## 2. MATERIĀLI UN METODEDES

Bakalaura darbā tika izmantoti dati par notekūdeņu dūņām no Valsts statistikas pārskata "2-Ūdens. Pārskats par ūdens resursu lietošanu". Visa izmantotā informācija no 2-Ūdens pārskatiem ir ņemta laika periodā no 2012. – 2017. gadam.

Darba izstrādes laikā tika apkopots kopējais notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaits laika periodā no 2012. - 2017. gadam.

No pārskata 2-Ūdens datiem tika izmantota informācija:

- par notekūdeņu dūņu kopējiem apjomiem, tajā skaitā, kopumā saražotais notekūdeņu dūņu apjoms;
- kā arī apstrādāto un neapstrādāto notekūdeņu dūņu apjoms (t);
- par dabiski mitro notekūdeņu dūņu un notekūdeņu dūņu sausas apjomu (t);
- informāciju par smago metālu koncentrāciju;
- kā arī par notekūdeņu dūņu izmantošanu;
- par notekūdeņu dūņu sausu.

No iegūtās informācijas par smago metālu koncentrāciju dūņās, tika klasificēta katras notekūdeņu attīrīšanas iekārtās radušos notekūdeņu dūņas klasēs, kas tika veikts atbilstoši MK noteikumu Nr. 362, 6. pielikuma un tika procentuāli apkopots valsts mērogā.

Visa informācija par iedzīvotāju skaitu gada sākumā valstī, Latvijas reģionos (pilsētas, novadi) laika periodā no 2012. – 2017. gadam, tika ņemta no Centrālās statistikas pārvaldes publiski pieejamajām datubāzēm.

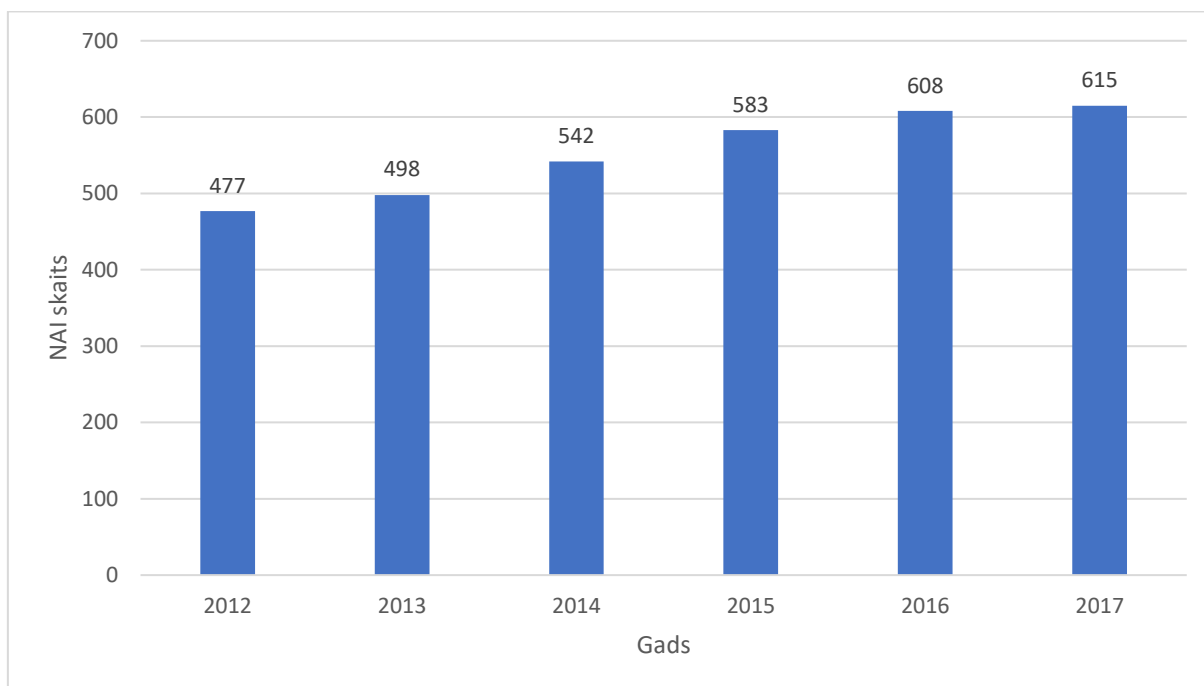
Dati tika analizēti un sagrupēti šādās grupās:

1. Kopējais Valstī;
2. Cilvēka ekvivalents (CE) > 100 000;
3. CE no 10 000 – 100 000;
4. CE < 10 000.

Datu apstrādē un apkopošanā tika izmantota datorprogramma Microsoft Excel pakalpojumam Office 365, versija 1808, datorā ar programmatūru Microsoft Windows 10 Pro.

### 3. REZULTĀTI

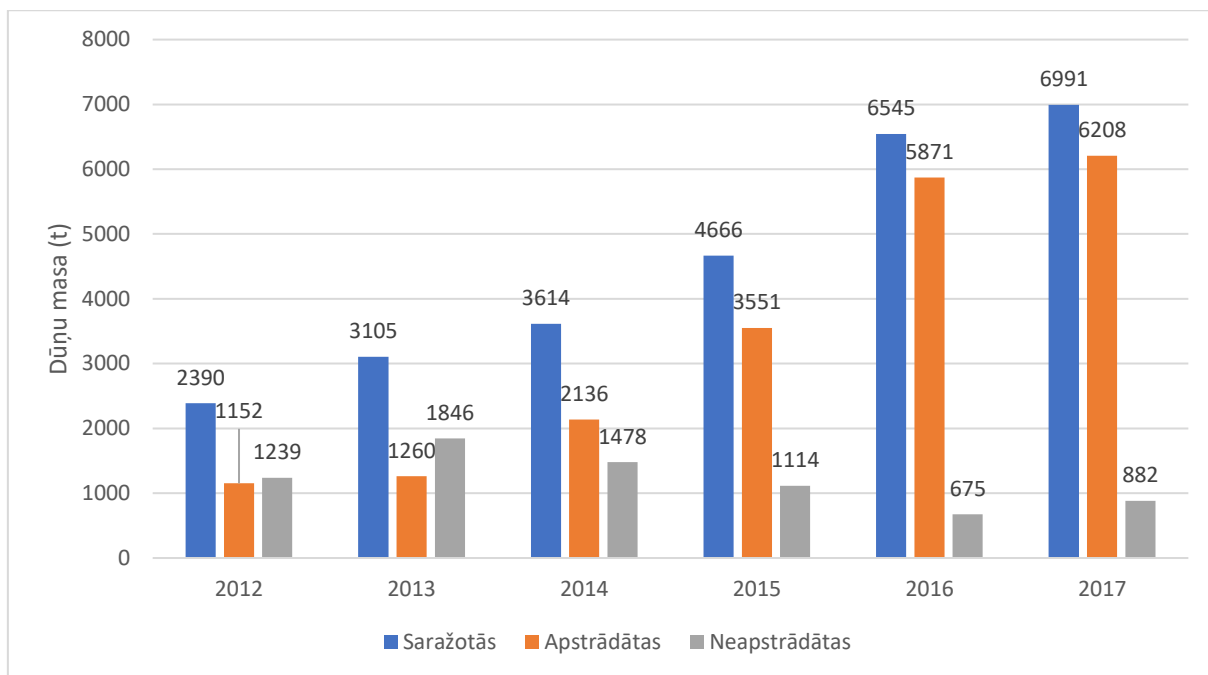
Rezultāti, kas ir apkopoti par notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaitu Latvijā, laika periodā no 2012. – 2017. gadam, norāda par pakāpenisku attīrīšanas iekārtu skaita pieaugumu (3.1. attēls).



3.1. attēls. Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaits Latvijā no 2012. – 2017. gadam

Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaita kāpums ir skaidrojams ar aktīvu Eiropas Savienības, Eiropas reģionālās attīstības fonda un Kohēzijas fondu ieguldīšanu jaunu notekūdeņu attīrīšanas iekārtu izbūvē, kas ir paredzētas Latvijas aglomerācijās, kur cilvēka ekvivalents (CE) ir lielāks vai zemāks par 2000. Mērķis ir samazināt eutrofikācijas draudus Baltijas jūrai, ezeriem un upēm saskaņā ar Vides politikas pamatnostādņēm 2014. – 2020. gadam, kas ir atzīta kā viena no prioritārajām vides problēmām valstī. Tā rezultātā ir jānodrošina efektīvāka notekūdeņu attīrīšana lielajās aglomerācijās, piesārņojuma samazināšana un aktīva iedzīvotāju pievienošana kopējam kanalizācijas tīklam mazajās aglomerācijās, kas daļai Latvijas reģioniem bija maz sastopama iepriekš (Vides aizsardzības.. 2014).

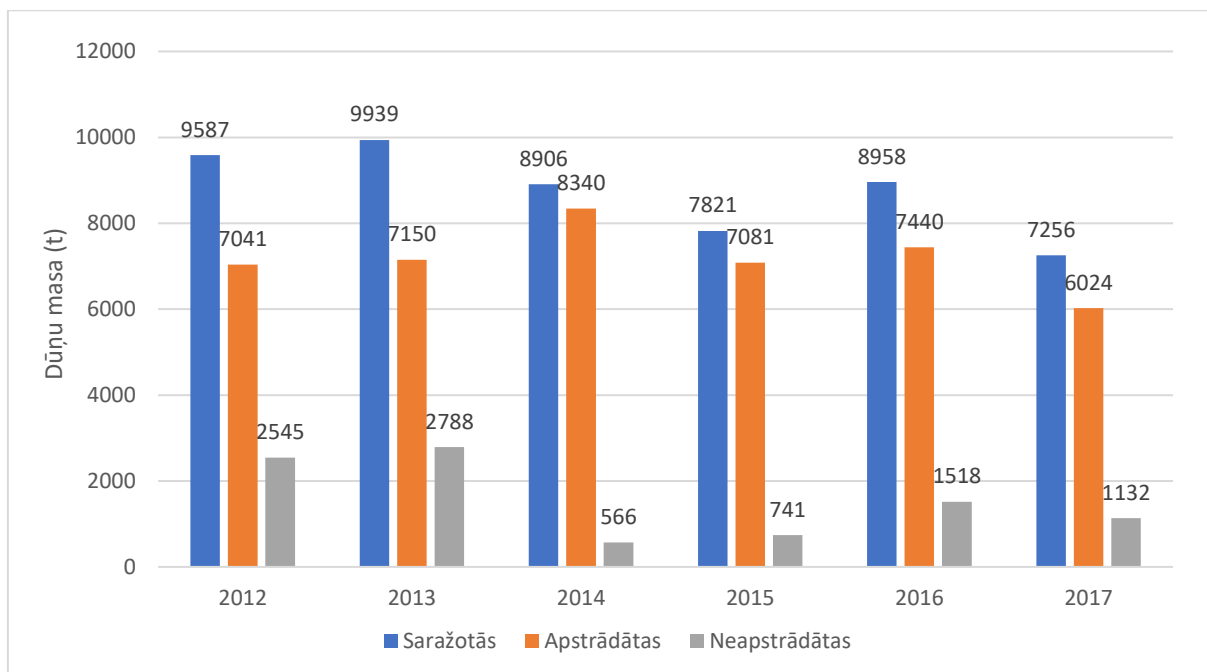
Notekūdeņu dūņu ražošana ir neatņemama sastāvdaļa notekūdeņu attīrīšanas procesā. Sākotnēji iegūtā notekūdeņu dūņu masa ir neizmantojama, jo dūņās ir pārāk liels mitruma daudzums (>80%), patogēno mikroorganismu klātesamība lielā skaitā, lielākas smago metālu koncentrācijas. Tāpēc pirms jebkāda veida dūņu izmantošanas ir jāveic dūņu apstrāde. Lai noskaidrotu dūņu ražošanas un to apstrādes apjomus, tika veikts datu apkopojums par laika periodu no 2012. – 2017. gadam grupējot tās pēc iedalījuma (3.2. attēls).



3.2. attēls. Notekūdeņu dūņu ražošanas un apstrādes īpatsvars laika posmā no 2012. – 2017. gadam grupā CE <10000

Ir būtiski pieaudzis saražoto dūņu daudzums cilvēka ekvivalenta grupā <10 000, ko var izskaidrot ar notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaita pieaugumā minētajiem faktiem par Eiropas Savienības iesaisti finansējot notekūdeņu attīrīšanas iekārtu izbūvi un modernizāciju, kā rezultātā būtiski ir pieaudzis tieši šīs grupas ietvaros pārstāvošo notekūdeņu attīrīšanas iekārtu dūņu ražošanas spēja no saražotām 2390 tonnām 2012. gadā līdz 6991 tonnām 2017. gadā. Pieaugot notekūdeņu dūņu ražošanai, ir pieaudzis arī apstrādes īpatsvars, ko var secināt no iekārtu tehnoloģiskās attīstības un kapacitātes pieauguma, kas nodrošina lielāku dūņu apjoma apstrādi.

Cita situācija ir novērojama CE grupā 10000 – 100000, kas ir novērojams kopējā apjoma saražošanā (3.3 attēls).



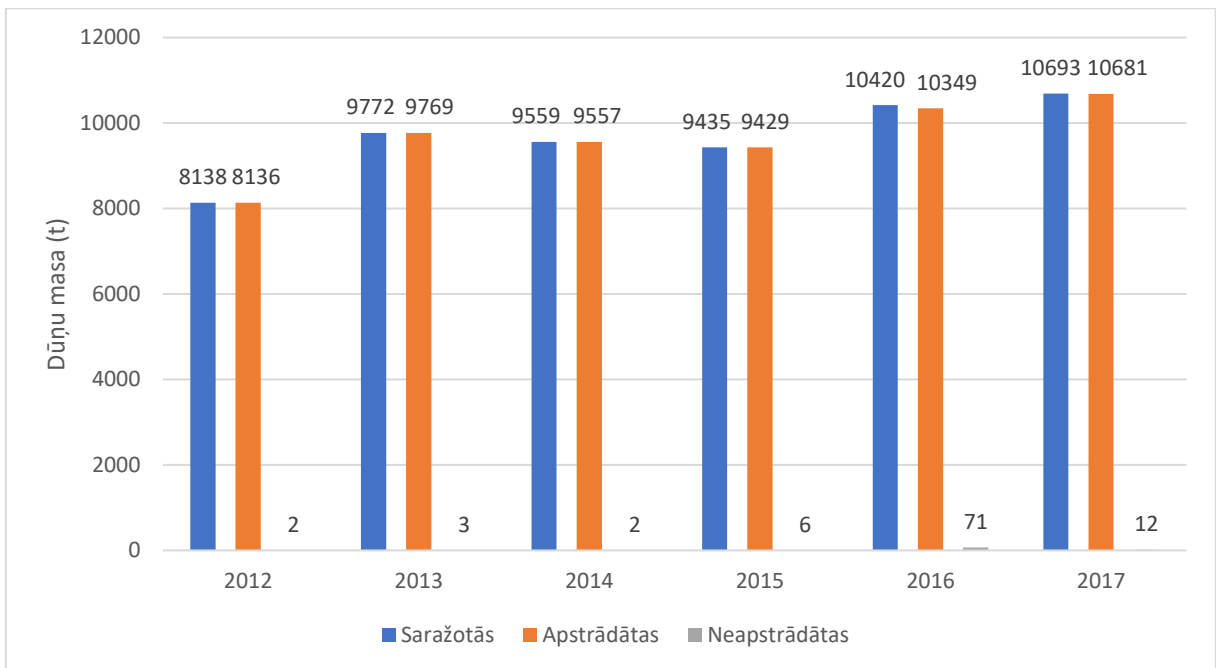
3.3. attēls. Notekūdeņu dūņu ražošanas un apstrādes īpatsvars laika posmā no 2012. – 2017. gadam CE grupā 10000 – 100000

CE grupā ir novērojama kopējo saražoto notekūdeņu dūņu apjoma samazinājums, kas no 9587 tonnām 2012. gadā ir samazinājies līdz 7256 tonnām 2017. gadā. Šī cēloņa dēļ ir iespējami pieņēmumi šādiem scenārijiem:

- Kopējais iedzīvotāju skaita samazinājums gan valstī, gan reģionos, kas ir piesaistīti notekūdeņu attīrīšanas iekārtām šajā CE grupā;
- Attīrīšanas iekārtu mazāka efektivitāte notekūdeņu attīrīšanā, kā rezultātā daļa no cieto daļiņu masas (dūņu sastāva komponenti) ir nokļuvusi kopējā ūdens apritē, kopā ar attīrītajiem notekūdeņiem;
- Notekūdeņu attīrīšanas iekārtām piesaistīto iedzīvotāju skaita sadalījuma izmaiņas, novadot daļu no notekūdeņiem tajās iekārtās, kur cilvēka ekvivalents (CE) ir mazāks par šīs grupas esošo, tādējādi palielinot iepriekš analizētās CE grupas saražoto notekūdeņu dūņu apjomu un samazinot šīs grupas dūņu apjomu.

Taču, lai noteiktu patieso cēloni šīs grupas saražoto dūņu apjoma samazinājumam, būtu jāveic padziļinātāka izpēte. Sakarā ar dūņu apstrādi, tā ir palielinājusies, kā tas bija arī novērojams CE grupā <10000.

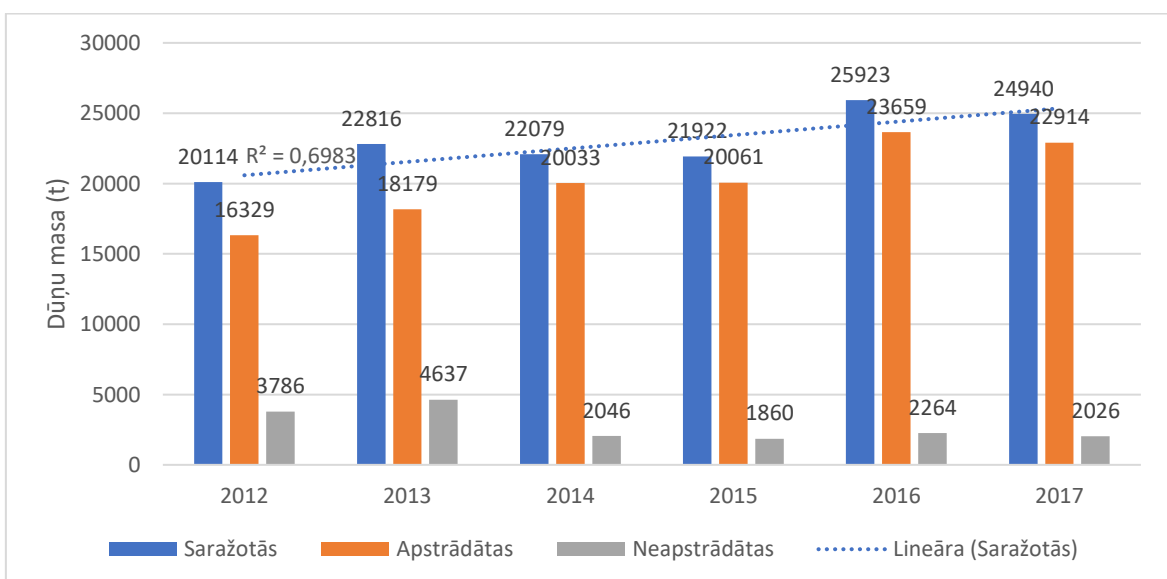
Bez lielām izmaiņām ir konstatēti rezultāti CE grupā >100000 (3.4. attēls).



3.4. attēls. Notekūdeņu dūņu ražošanas un apstrādes īpatsvars laika posmā no 2012. – 2017. gadam grupā CE >100000

Šīs CE grupas ietvaros ir konstatēts pakāpenisks saražoto dūņu apjoms, kas 2012. gadā bija 8138 tonnas, bet 2017. gadā - 10693 tonnas. Šīs grupas dūņu apstrādes īpatsvars ir nemainīgi liels, kas norāda par kopējo dūņu apjoma pilnīgu apstrādi, nodrošinot ideālus kvalitātes rādītājus tālākajai dūņu izmantošanai.

Iegūtie rezultāti par katras CE grupas saražoto un apstrādāto notekūdeņu dūņu apjomu tika apkopoti informācijā par kopējo situāciju valsts līmenī (3.5. attēls).

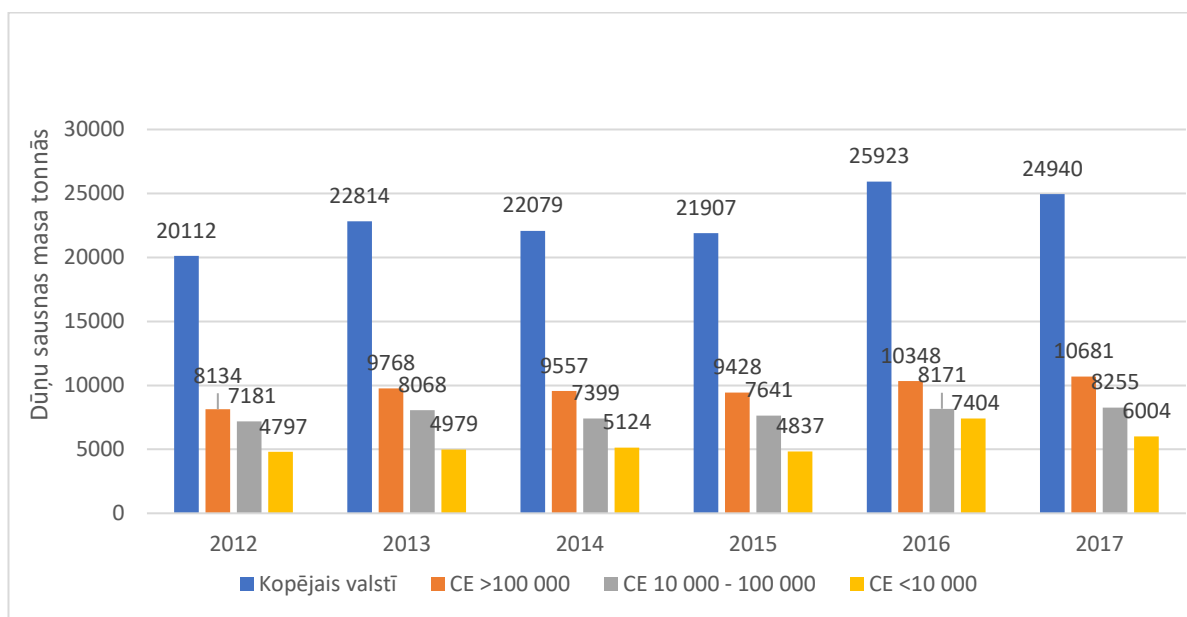


3.5.attēls. Notekūdeņu dūņu ražošanas un apstrādes īpatsvars laika posmā no 2012. – 2017. gadam Latvijas teritorijā

Apkopojot iegūtos rezultātus par laika posmu no 2012. – 2017. gadam visā valstī ir konstatējams saražoto notekūdeņu dūņu daudzuma pakāpenisks pieaugums, kas 2012. gadā bija mērāms 20114 tonnu, bet 2017. gadā – 24940 tonnu. Identiski kā kopēji saražotajam dūņu apjomam ir arī audzis apstrādes īpatsvars, kas bija būtiski novērojams CE grupās <10000 un 10000 – 100000.

Kā nākamais analizējamais parametrs ir galvenais dūņu izmantojamais materiāls – notekūdeņu dūņu sausna. Dūņu sausna ir mitro notekūdeņu dūņu produkts, kas tiek iegūts pakļaujot to apstrādes procesiem – dūņu sabiezīnāšanai, dūņu pārstrādei un atūdeņošanai. Procesa rezultātā dūņas zaudē daļu mitruma un kļūst par relatīvi sausu bioloģisko materiālu, kur lietderīgs sausnas saturs diapazons ir no 15 – 22%, lai to varētu izmantot, kā piemēram, komposta ražošanā, kur ir nepieciešams sausnas saturs vismaz 15% (Brestens et al.1997; Cakars et al. 2013; Dorset Group B.V. 2018; Patel 2018).

Ir veikts apkopojums par notekūdeņu dūņu sausnas izmaiņām laikā un apjomā no kā var secināt arvien pieaugošo tehnoloģisko attīstību un piemērotākās metodes izmantošanu dūņu atūdeņošanā (3.6. attēls).

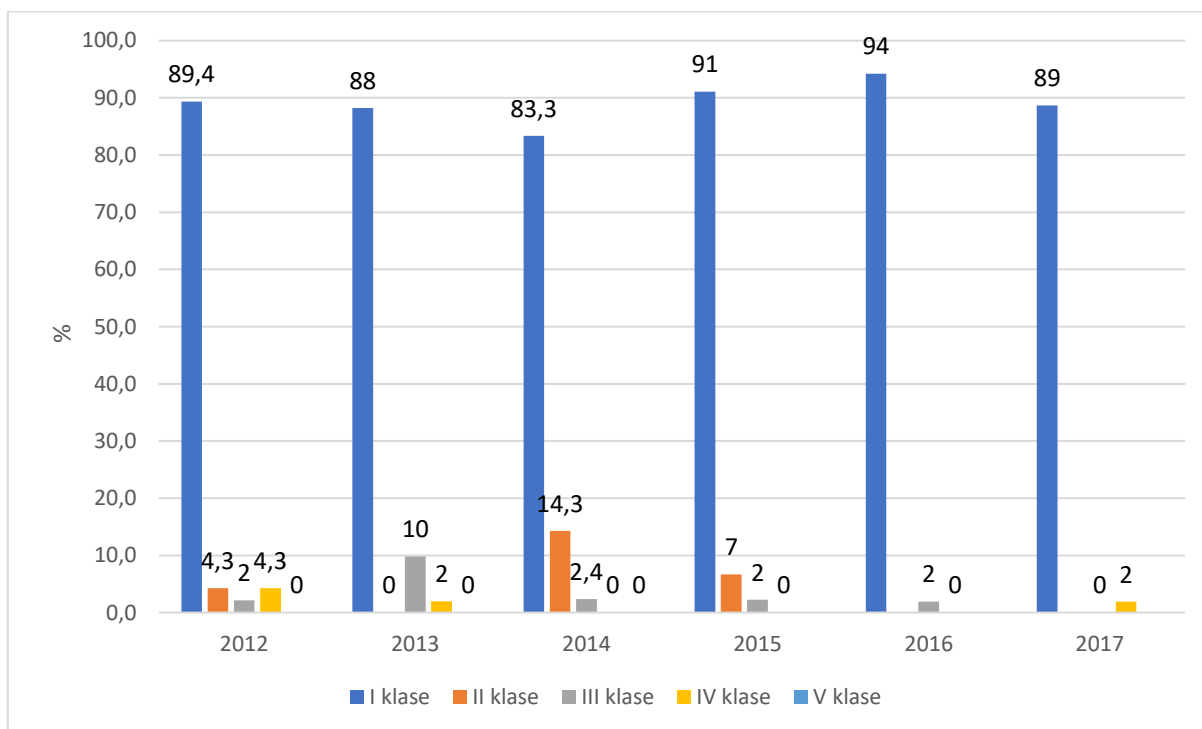


3.6.attēls. Notekūdeņu dūņu sausnas daudzuma izmaiņas no 2012. – 2017. gadam

Laika periodā no 2012. – 2017. gadam ir vērojama notekūdeņu dūņu sausnas apjoma pakāpenisks pieaugums, kas 2012. gadā bija 20112 tonnu, bet 2017. gadā sasniedza 24940 tonnu. Kā galvenais no iemesliem dūņu sausnas apjoma pieaugumam ir efektīvākās atūdeņošanas metodes izvēlē. Latvijā dūņu atūdeņošana parasti tiek veikta ar centrifugēšanu vai lentveida filtrpresēs. Centrifugēšanas rezultātā lielākais iegūstamais sausnas saturs ir ap 40%. Atūdeņojot tīras liekās aktīvās dūņas, šis lielums ir mazāks par 10%, bet aerobi stabilizētām dūņām - ap 15%. Anaerobi stabilizētām dūņām ar vidēju atūdeņošanas spēju var

sasniegt sausnas saturu no 22 līdz 30%. Lentveida filtrpresēs sausnas saturu var iegūt no 15% līdz 40% atkarībā no iekārtas iespējām un dūņu kvalitātes. No 1 tonnas notekūdeņu ir iespējams iegūt no 22 – 30% sausnas (CLEANTECH LATVIA 2015).

Viens no būtiskākajiem notekūdeņu dūņu piesārņotājiem ir smagie metāli. Latvijā balstoties uz MK noteikumiem Nr. 362, notekūdeņu dūņas tiek iedalītas 5 piesārņojuma klasēs, kuru rezultātā tiek noteikta dūņu tālāka izmantošanas iespēja. Procentuālais notekūdeņu dūņu iedalījums klasēs pēc smago metālu koncentrācijas Latvijā, laika posmā no 2012. – 2017. gadam (3.7. attēls).



3.7. attēls. Procentuālais notekūdeņu dūņu iedalījums klasēs pēc smago metālu koncentrācijas Latvijā, laika posmā no 2012. – 2017. gadam

Analizējot pieejamo informāciju par smago metālu koncentrācijām no publiskajiem “2-Ūdens” pārskatiem, tika konstatēts, ka katru gadu informācija par smago metālu koncentrāciju tiek iesniegta vidēji no 42 – 53 notekūdeņu attīrīšanas iekārtām, bet šis notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaits ir atbildīgs par 83 – 94% lielu notekūdeņu dūņu apjomu. Liela daļa no notekūdeņu attīrīšanas iekārtām, kas nav iesnieguši pārskatu par smago metālu koncentrāciju dūņās, kā to nosaka MK noteikumi Nr. 362, ir ar cilvēka ekvivalentu (CE), kas ir mērāms zem 5000 un attīra tikai sadzīves notekūdeņus, nav jāiesniedz ikgadējā pārskata informācija par smago metālu koncentrāciju.

Latvijas notekūdeņu dūņas dominējoši pieder I klases dūņām (83 – 94%), kuras ir potenciāli izmantojamas neradot būtisku vides piesārņojumu.

Kopumā saražotais notekūdeņu dūņu apjoms ir mazpiesārņots. Pētījumi (Bergs 2018; Wiechmann et al. 2013; Sewage sludge. 2019; Fahrni 2011; Nättorp S.a Betrancourt, Brabant 2018; Ruijters 2018; Roig et al. 2012; Ministry of Environment 2019; Svinhufvud 2017; Kāposts et al. 2000; Kriipsalu 2019; Mininni et al. 2019; Kangas 2018) par dūņu izmantošanu Eiropas Savienībā, liecina par augstas kvalitātes notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējām lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, apzaļumošanā, rekultivācijā, komposta ražošanā, biogāzes ražošanā, kā arī dedzināšanā enerģijas ieguvei.

Lai arī šī informācija ir vērtīga apzinoties potenciālās dūņu izmantošanas iespējas, kopš 2011. gada Latvijā nav veikta informācijas apkopošana par notekūdeņu dūņu izmantošanu. Taču šī bakalaura darba ietvaros, pēc 2011. gada ir veikta notekūdeņu dūņu izmantošanas Latvijā laika posmā no 2012. – 2017. gadam apkopošana (3.1. tabula).

3.1. tabula.

Notekūdeņu dūņu izmantošanas procentuālais sadalījums Latvijā laika periodā no 2012. – 2017. gadam

| <b>Izmantošana \ Gads</b>              | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> | <b>2015</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Apglabāšana atkritumu poligonos</b> | 2,2%        | 2%          | 2%          | 1,8%        | 1,7%        | 1,5%        |
| <b>Citi</b>                            | 17%         | 17%         | 22%         | 23%         | 30%         | 36%         |
| <b>Kompostēšana</b>                    | 10%         | 11%         | 8,5%        | 5,9%        | 6,1%        | 5,4%        |
| <b>Lauksaimniecība</b>                 | 36%         | 32%         | 28%         | 24%         | 23%         | 19%         |
| <b>Rekultivācija</b>                   | 1,3%        | 1%          | 0,8%        | 0,7%        | 0,5%        | 0,5%        |
| <b>Sadedzināšana</b>                   | 0%          | 0%          | 0%          | 0%          | 0%          | 0,2%        |
| <b>Pagaidu uzglabāšana</b>             | 29%         | 33%         | 34%         | 39%         | 34%         | 33%         |
| <b>Apzaļumošana</b>                    | 4,6%        | 4%          | 5,3%        | 5,5%        | 4,7%        | 3,4%        |

Apkopojot iegūtos notekūdeņu dūņu izmantošanas rezultātu ir konstatēts samazinājums izmantojot apglabāšanai atkritumu poligonos, kas iespējams norāda par citu notekūdeņu dūņu alternatīvo izmantošanu, jo Latvija šobrīd ražo labas kvalitātes dūņas.

Notekūdeņu dūņu izmantošanas apjoma samazinājums ir konstatēts arī rekultivācijā, apzaļumošanā, dūņu komposta ražošanā un lauksaimniecībā, kas ir konstatēts kā visstraujākais izmantošanas īpatsvara kritums (no 36% 2012. gadā līdz 19% 2017. gadā). Iespējamie straujā izmantošanas krituma cēloņi:

- liels transportēšanas attālums no notekūdeņu attīrīšanas iekārtām līdz dūņu lietotājam;
- iespējami lielas izmaksas sakarā ar transportēšanu un/vai notekūdeņu dūņu iegādi;
- iedzīvotāju neinformētība, par dūņu izmantošanas iespējām un to saņemšanu;
- iedzīvotāju skaita samazinājums laika gaitā;
- iespējamā patogēno mikroorganismu skaita palielināšanās, kas pēc analizētās informācijas (Agro Tops 2018; Graudiņš 2018), rada pēdējo gadu vēdera vīrusu, salmonelozes un citu infekcijas slimību uzliesmojumus, kas no likumdošanas viedokļa (MK Nr. 362) netiek analizēts vai veikti analīžu mērījumi patogēno mikroorganismu noteikšanai dūņās.

Lai arī patogēno organismu cēlonis ir viens no ticamākajiem un ir balstāma informācija, tomēr būtu jāveic padziļinātāka izpēte uz faktiem balstāmu cēloņu noteikšanā kāpēc samazinās notekūdeņu dūņu izmantošana lauksaimniecībā.

Straujākie dūņu izmantošanas īpatsvari ir auguši pagaidu uzglabāšanā un cita veida izmantošanā. Straujais izmantošanas kāpums uzglabāšanā ir negatīvais Latvijas vides politikas rezultāts, neveicinot dūņu izmantošanas potenciāla popularizēšanu gan likumdošanas ietvaros, gan iedzīvotāju informēšanā. Tā rezultātā pagaidu uzglabāšanas sekas var radīt negatīvu ietekmi uz vidi (Latvijas atkritumu.. 20005):

- Metāna un siltumnīcas efektu izraisīto gāzu izdalīšanās uzglabātās dūņu masas dziļākajos slāņos, kas norit ziemas periodā (izsalšana);
- Ar barības vielām bagātā notekūdeņu dūņu masa var piesaistīt dzīvniekus un insektus, kas pārnēsā slimības;
- Tiek radīts smakas piesārņojums pārkraujot vai transportējot uzglabāto dūņu masu, ko veido reducētie sēra un amonija savienojumi.

Lai noteiktu šī izmantošanas veida straujā pieauguma faktiskos cēloņus, būtu jāveic padziļinātāki pētījumi.

Cita veida izmantošana kā izmantošanas veids ir plašs jēdziens, kam daļā gadījumu nav zināma reālā izmantošana. Taču kā viens no reālākajiem izmantošanas virzieniem šajā izmantošanas kategorijā ir minama biogāzes ražošana, kas sevi būtiski pierāda kā par fosilā kurināmā aizstājēju enerģijas ražošanai tuvākajās desmitgadēs (Arthur, Hammond 2010; Makisha, Semenova 2018; Hanjie 2010).

Kā viens no jaunākajiem izmantošanas veidiem ir konstatēta notekūdeņu dūņu dedzināšana. Pēc publiski pieejamās informācijas, dūņu dedzināšana ir tikusi izmantota tikai Tērvetes novadā, 2017. gadā.

Būtiska notekūdeņu dūņu efektīva izmantošana ir atkarīga no valsts vides politikas uzlabošanas pasākumiem un iedzīvotāju informētības par šāda resursa izmantošanu tautsaimniecības nozarēs, jo ir pamats uzskatīt, ka liela daļa valsts iedzīvotāju vēl nav apzinājušies šī materiāla pozitīvo devumu, vai arī trūkst informācija.

## SECINĀJUMI

1. Laika periodā no 2012. – 2017. gadam ir pieaudzis notekūdeņu attīrīšanas iekārtu skaits, kas no 477 attīrīšanas iekārtām 2012. gadā, ir pieaudzis līdz 615 notekūdeņu attīrīšanas iekārtām 2017. gadā, pateicoties Eiropas Savienības fondu līdzfinansējumam attīstot ūdenssaimniecības nozari Latvijā.
2. Notekūdeņu dūņu apjoms Latvijā laika periodā no 2012. – 2017. gadam ir palielinājies, kas arī liecina par turpmāku dūņu apjoma palielināšanos.
3. Notekūdeņu dūņu ražošana laika periodā no 2012. – 2017. gadam ir pieaugusi, kas 2012. gadā bija 20114 tonnas, bet 2017. gadā – 24940 tonnas. Kā arī ir audzis notekūdeņu dūņu apstrādes īpatsvars, būtiski tam augot grupā CE <10000.
4. Tāpat ir arī audzis iegūtās notekūdeņu dūņu sausas apjoms, kas 2012. gadā bija 20114 tonnas, bet 2017. gadā 24940 tonnas.
5. Pēc Smago metālu koncentrācijas, Latvijas notekūdeņu dūņas ir lielākoties klasificējamās kā pirmās klases dūņas. Šādu dūņu klašu īpatsvars ir diapazonā no 83 - 94%,
6. Veicot notekūdeņu dūņu izmantošanas apkopošanu par laika periodu no 2012. – 2017. gadam, tika konstatēts:
  - ir pakāpeniski samazinājusies izmantošana kompostēšanā no 10 % līdz 5,4%, apglabāšanai atkritumu izgāztuvēs no 2,2% līdz 1,5%, rekultivācijā no 1,3% līdz 0,5% un apzaļumošanai no 4,6% līdz 3,4%;
  - straujš notekūdeņu dūņu izmantošanas samazinājums lauksaimniecībā (no 36 līdz 19%);
  - straujš notekūdeņu dūņu izmantošanas palielinājums cita veida izmantošanā no 17% līdz 36%
  - notekūdeņu dūņu izmantošanas palielinājums pagaidu uzglabāšanā no 29% līdz 33%;
  - 2017. gadā pirmo reizi ir informācija par notekūdeņu dūņu dedzināšanu (0,2%).
7. Ir jāveic padziļinātāki pētījumi cēloņu noteikšanai dūņu izmantošanas samazinājumam lauksaimniecībā un palielinājumam pagaidu uzglabāšanā, kas ir rezultāts neefektīvai valsts vides politikas darbībai, nenodrošinot pareizu un efektīvu aprites ekonomikas darbību uz ko šobrīd pasaule tiecas, lai samazinātu atkritumu apjomu un cenšoties otrreizēji izmantot resursus.
8. Ir jāprecizē cita veida izmantošanas kategorijā izmantotie notekūdeņu dūņu resursi, lai objektīvi varētu novērtēt kopējo valsts situāciju notekūdeņu dūņu izmantošanā un

iespējams, atklāt jaunas izmantošanas perspektīvas Latvijas tautsaimniecības attīstībā un notekūdeņu dūņu apsaimniekošanā.

## PATEICĪBAS

Vēlos izteikt pateicību zinātniskajam konsultantam, Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centra (LVĢMC) Iekšzemes ūdeņu nodaļas vecākajam speciālistam Laurim Siņicam par “2-Ūdens” publisko pārskatu apkopošanu viena faila formātā laika periodam no 2012. – 2017. gadam, atvieglojot datu apkopošanu un analīzi. Kā arī par metodiskajiem ieteikumiem un rekomendācijām darba izstrādes laikā.

Vēlos izteikt pateicību arī šī bakalaura darba vadītājai, Dr. biol. Asoc. Prof. Guntai Sprinģei par ieguldījumu šī darba izstrādē - metodiskajos ieteikumos, zinātniskās literatūras papildināšanā, rekomendācijas darba pilnveidošanā, kā arī morālajā atbalstā un cilvēciskajā sapratnē.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

### Publicētie materiāli

- Agro Tops. 2018. BĪSTAMAIS MĒSLOJUMS - NOTEKŪDEŅU DŪŅAS. Sk. 10.05.2019.  
Pieejams [https://www.atkritumi.lv/lv/zinas/20180612\\_01/](https://www.atkritumi.lv/lv/zinas/20180612_01/).
- Afvalzorg H. S. 2018. *Long term storage of waste*. Sk. 02.05.2019. Pieejams [https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user\\_upload/tx\\_tevprojects/library/file\\_1531232445.pdf](https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1531232445.pdf).
- AOS Treatment Solutions 2018. *Difference Between Primary and Secondary Treatment of Wastewater*. Sk. 01.05.2019. Pieejams <https://aosts.com/difference-between-primary-and-secondary-treatment-of-wastewater/>.
- Archis A., Nathanson J.A. 2010. *Wastewater treatment*. Encyclopædia Britannica. Sk. 15.03.19.  
Pieejams <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment>.
- Arizono, K., Matsuo, H., Sakamoto, H., Shinohara, R. 2011. Behavior of Pharmaceuticals in Waste Water Treatment Plant in Japan. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 87 (1), 31–35.
- Arthur R., Hammond A. B. 2010. Potential biogas production from sewage sludge: A case study of the sewage treatment plant at Kwame Nkrumah University of science and technology. Ghana. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY AND ENVIRONMENT*. 1 (6), 1009-1016.
- Bachmann N. 2015. *Sustainable biogas production in municipal wastewater treatment plants*. Switzerland, IEA Bioenergy.
- Baltijas pilsētu Vides komisija. 2012. *POZITĪVA NOTEKŪDEŅU DŪŅU APSAIMNIEKOŠANAS PIEREDZE*. Turku, SIA „Rīgas ūdens”.
- Bergs C. G. 2018. *EU perspective and German legislation concerning sludge*. Sk. 05.05. 2019.  
Pieejams [http://www.iwama.eu/sites/iwama/files/2\\_eu\\_perspective\\_and\\_german\\_legislation\\_concernin\\_g\\_sludge\\_bergs.pdf](http://www.iwama.eu/sites/iwama/files/2_eu_perspective_and_german_legislation_concernin_g_sludge_bergs.pdf).
- Bibby, K., Peccia, J. 2013. *Identification of Viral Pathogen Diversity in Sewage Sludge by Metagenome Analysis*. *Environ. Sci. Technol.* 47 (4), 1945–1951.
- Bioloģiskā attīrīšanas stacija Daugavgrīva*. (Buklets). SIA “Rīgas ūdens”.
- Blogonica 2017. *PRIMARY, SECONDARY, AND TERTIARY WASTEWATER TREATMENT: HOW DO THEY WORK?*. Sk. 29.04.2019. Pieejams <https://www.organicawater.com/primary-secondary-tertiary-wastewater-treatment-work/>.
- Bradley C. O., Porter N. A. 2010. Persistent Organic Pollutants in Sewage Sludge: Levels, Sources, and Trends. *Contaminants of Emerging Concern in the Environment: Ecological and Human Health Considerations*. 1048 (6), 137–171.

- Bresters A.R., Coulomb I., Deak B., Matter B., Saabye A., Spinosa L., Utvik Å. Ø.1997. *Sludge Treatment and Disposal. Management Approaches and Experiences*. Denmark, European Environment Agency.
- Cakars, I., Čičendajeva, M., Siņics, L. 2013. *Rokasgrāmata notekūdeņu dūņu apsaimniekošanā*. LVGMC.
- Clapp, C. E., Larson, W. E., Dowdy, R. H. (eds.) 1993. *Sewage Sludge: Land Utilization and the Environment*. Bloomington, American Society of Agronomy, Inc.
- Demirbas A., Taylan O., Durmus K. 2016. Biogas production from municipal sewage sludge (MSS). *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 38 (20), 3027-3033.
- Dorset Group B.V. 2018. *POSSIBILITIES FOR USING DRIED SEWAGE SLUDGE*. Sk. 09.05.2019. Pieejams <https://www.dorset.nu/green-machines/solutions/sludge/>.
- Fahrni H. P. 2011. *Sewage Sludge Disposal in Switzerland*. Sk. 02.05.2019. Pieejams <https://www.semanticscholar.org/paper/Sewage-Sludge-Disposal-in-Switzerland-Fahrni/3b113ec50b9cb12db8c33b3c650862cd14ce3adf>.
- Gabre A. 2015. *Notekūdeņu dūņas – vērtīgs resurss*. Sk. 04.04.19. Pieejams <https://nra.lv/latvija/riga/152359-notekudenu-dunas-vertigs-resurss.htm>.
- Galek T. 2016. *Methods of Temporary Storage and Transfer of Sewage*. SA Water Corporation.
- Gemste, I., Vucāns, A. 2007. *Notekūdeņu dūņas*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
- Gemste, I., Vucāns, A. 2010. *Notekūdeņu dūņas*. Otrais papildinātais izdevums. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
- Grabow, W.O.K. 1968. The virology of waste water treatment. *Water Research*. 2 (10), 675-701.
- Graudiņš U. 2018. *E-coli baktērija burkānos? Iedzīvotājus likumīgi indē ar bīstamu mēslojumu, ierēdņi atrunājas*. Sk. 10.05.2019. Pieejams <http://laukos.la.lv/1073005-2>.
- Hanjie Z. 2010. *SLUDGE TREATMENT TO INCREASE BIOGAS PRODUCTION*. Degree project. STOCKHOLM, Department of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology.
- Henze M., Loosdrecht M.C.M., Ekama G. A., Brdjanovic D. 2008. *Biological wastewater treatment. Principles, modelling and design*. IWA publishing.
- ICON. 2001. *POLLUTANTS IN URBAN WASTE WATER AND SEWAGE SLUDGE*. London, ICConsulltants Ltd.
- Intro to viruses. Sk. 25.04.18. Pieejams <https://www.khanacademy.org/science/biology/biology-of-viruses/virus-biology/a/intro-to-viruses>.
- Järup, L. 2003. *Hazards of heavy metal contamination*. British Medical Bulletin. 68 (1), 167–182.

- Kangas A. 2018. *Sludge legislation in Finland :sludge based fertiliser products for agricultural use*. Finland, The Ministry of the Environment.
- Kāposts V., Kariņš Z., Lazdiņš A. 2000. *Use of Sewage Sludge in Forest Cultivation*. Salaspils, Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava ".
- Kriipsalu M. 2019. *Sludge treatment in Estonia: planning*. Rīga, Estonian University of Life Sciences.
- Krug, R. M., Wagner, R. R. *VIRUS*. Sk. 22.04.18. Pieejams <https://www.britannica.com/science/virus>.
- Lasobras, J., Dellunde, J., Jofre, J., Lucena, F. 2001. Occurrence and levels of phages proposed as surrogate indicators of enteric viruses in different types of sludges. *Journal of Applied Microbiology*. 86 (4), 793.
- Latvijas atkritumu saimniecības asociācija, s/o Zemnieku Saeima, SIA "Agito", Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte, Augsnes un augu zinātņu institūts, Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava", SIA "Strasa konsultanti". 2005. *Notekūdeņu dūņu ilgstoša uzglabāšana*. (Buklets).
- Lester, J.N. 1983. Significance and behaviour of heavy metals in waste water treatment processes I. Sewage treatment and effluent discharge. *Science of The Total Environment*. 30, 1-44.
- Léonard, A. *CHALLENGES IN DRYING WASTEWATER SLUDGE: THE STAGES TOWARDS INCINERATION OR AGRICULTURAL USE*. Sk. 20.04.18. Pieejams <http://www.processinnovation.nl/file/download/46475842>.
- Llivina, L.M., Muniesa, M., Vale, H.P., Lucena, F., Jofre, J. 2003. *Survival of Bacterial Indicator Species and Bacteriophages after Thermal Treatment of Sludge and Sewage*. *Applied and Environmental Microbiology*. 69 (3), 1452-1456.
- Lopes, T.R., Periotto, F., Pletsch, A.L. 2017. *Bacterial resistance in sanitary sewage sludge in different treatment systems*. *Management of Environmental Quality An International Journal*. 28(1),32-42.
- LVĢMC pārskatu sistēmas publiskā pieeja. Sk. 18.04.2018. Pieejams [http://parissrv.lvģmc.lv/public\\_reports](http://parissrv.lvģmc.lv/public_reports).
- Makisha N., Semenova D. 2018. Production of biogas at wastewater treatment plants and its further application. *International Conference on Research in Mechanical Engineering Sciences (RiMES 2017)*. Moscow, Russia, 1 – 7.
- Mandal, A. What is a Virus?. Sk. 19.04.18. Pieejams <https://www.news-medical.net/health/What-is-a-Virus.aspx>.
- Mahdavi M., Jafari J. 2010. Environmental Risks due to Application of Sewage Sludge in Farmlands. *Ozean Journal of Applied Sciences*. 3(2).

- Mininni G., Santori M. 1987. Problems and perspectives of sludge utilization in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 18 (4), 291-311.
- (Mininni G., Mauro E., Piccioli B., Colarullo G., Brandolini F., Giacomelli P. 2019. Production and characteristics of sewage sludge in Italy. *Water science & technology*. 79 (4), 619-626.
- Ministry of the Environment 2015. *Development of regional solutions for sewage sludge treatment and end-of-waste criteria for sewage sludge*. Tartu, OÜ aqua consult baltic.
- Inquiry to propose ban on spreading sewage sludge on farmland and a phosphorus recycling requirement*. Sk. 06.05.2019. Pieejams <https://www.government.se/press-releases/2018/07/inquiry-to-propose-ban-on-spreading-sewage-sludge-on-farmland-and-a-phosphorus-recycling-requirement/>.
- Moffat A. J., Bird D. 1989. The Potential for Using Sewage Sludge in Forestry in England and Wales. *Forestry*. 62(1).
- Mohammed E. H. A. 2015. *METHANE PRODUCTION FROM SEWAGE SLUDGE TREATMENT BY ULTRASONICATED MEMBRANE ANAEROBIC SYSTEM (UMAS)*. Master thesis. Malaysia, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG.
- Nättorp A. S.a. Regions implementing sustainable phosphorus management. *Phosphorus flows, policy and perspectives*. Sk. 06.05.2019. Pieejams <https://phosphorusplatform.eu/images/Conference/ESPC2-materials/Nattorp%20-%20Sustainable%20Phosphorus%20management%20in%20Switzerland.pdf>.
- Nylund, K., Asplund, L., Jansson, B., Jonsson, P., Litzén, K., Sellström, U. 1992. *Analysis of some polyhalogenated organic pollutants in sediment and sewage sludge*. *Chemosphere*. 24 (12), 1721-1730.
- Patel J. 2018. *4-Step Wastewater Sludge Treatment Process*. Water online. Sk. 20.04.19. Pieejams <https://www.wateronline.com/doc/step-wastewater-sludge-treatment-process-0001>.
- Pescod M. B. 1992. *Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47*. Rome, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Praspaliauskas M., Pedišius N. 2017. A review of sludge characteristics in Lithuania's wastewater treatment plants and perspectives of its usage in thermal processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 67, 899-907
- Primary vs. Secondary Sludge* 2014. ClearCove Systems. Sk. 10.03.2019. Pieejams <http://www.clearcovesystems.com/primary-vs-secondary-sludge/>.

- Roig N., Sierra J., Marti E., Nadal M., Schuhmacher M., Domingo J. L. 2012. Long-term amendment of Spanish soils with sewage sludge: Effects on soil functioning. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 158, 41 – 48.
- Ruijter J. A. 2018. *Dutch Experience of sludgemanagement and P-recovery pathways*. Sk. 05.01.2019. Pieejams [http://www.nweurope.eu/media/3386/1\\_p4y\\_environ2018\\_hvc-snb\\_ruijter.pdf](http://www.nweurope.eu/media/3386/1_p4y_environ2018_hvc-snb_ruijter.pdf).
- Rulkens W. 2008. Sewage Sludge as a Biomass Resource for the Production of Energy: Overview and Assessment of the Various Options. *Energy Fuels*. 22 (1), 9–15.
- Seiple E. T., Coleman A. M., Skaggs R. L. 2017. Municipal wastewater sludge as a sustainable bioresource in the United States. *Journal of Environmental Management*. 197, 673-680.
- Sewage sludge disposal in Germany. 2019. Sk. 02.05.2019. Pieejams <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/sewage-sludge-disposal-in-germany>.
- Stasta P., Boran J., Bebar L., Stehlik P., Oral J. 2006. Thermal processing of sewage sludge. *Applied Thermal Engineering*. 26 (13), 1420-1426.
- Schutte F. (ed.) 2006. *HANDBOOK FOR THE OPERATION OF WATER TREATMENT WORKS*. Pretoria, University of Pretoria.
- Steritt R. M., Lester J.N. 1980. The value of sewage sludge to agriculture and effects of the agricultural use of sludges contaminated with toxic elements: A review. *Science of The Total Environment*. 16 (1), 55-90.
- Svinhufvud K. 2017. *PHOSPHORUS: STRATEGIES AND REUSE INITIATIVES IN SWEDEN*. Sk. 07.05.2019. Pieejams [https://portal.helcom.fi/meetings/SEWAGE%20SLUDGE%20HANDLING%20WS%201-2017-495/Related%20Information/Phosphorus\\_Strategies%20and%20reuse%20initiatives%20in%20Sweden\\_Svinhufvud.pdf](https://portal.helcom.fi/meetings/SEWAGE%20SLUDGE%20HANDLING%20WS%201-2017-495/Related%20Information/Phosphorus_Strategies%20and%20reuse%20initiatives%20in%20Sweden_Svinhufvud.pdf).
- Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. 2014. *Komunālo notekūdeņu un notekūdeņu dūņu apsaimniekošana Latvijā*. Sk. 07.05.19. Pieejams [https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Udens/notekudeni/2014\\_ZINOJUMS\\_NOTEKUD\\_PARSKATS.pdf](https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Udens/notekudeni/2014_ZINOJUMS_NOTEKUD_PARSKATS.pdf).
- Vucāns, A., Gemste, I., Bebris, R., Grase, M. 2004. *Bīstamo vielu koncentrācija un masa notekūdeņos un to dūņās*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
- Wastewater Technology Centre. 1981. *Parasites and the Land Application of Sewage Sludge*. Ontario, Ministry of the Environment.
- Werther J., Ogada T. 1999. Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*. 25 (1), 55-116.

Wiechmann B., Dienemann C., Kabbe C., Brandt S., Vogel I., Roskosch A. 2013. *Sewage sludge management in Germany*. Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt (UBA).

### **Normatīvie akti**

Atkritumu apsaimniekošanas likums. Pieņemts 28.10.2010. Latvijas Republikas Saeima.

Aizsargjoslu likums. Pieņemts 05.02.1997. Latvijas Republikas Saeima.

Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli. Latvija.

Republikas Ministru Kabineta noteikumi Nr. 362. Pieņemti 02.05. 2006.

Par vides, jo īpaši augsnes, aizsardzību, lauksaimniecībā izmantojot notekūdeņu dūņas. Eiropas Savienības padomes direktīva 86/278/EEK. Pieņemts 12.06.1986.

STOKHOLMAS KONVENCIJA PAR NOTURĪGAJIEM ORGANISKAJIEM PIESĀRŅOTĀJIEM. Apvienoto Nāciju Organizācija (ANO). Pieņemts 16.05.2001

# PIELIKUMI

1.pielikums

Notekūdeņu dūņu kvalitātes apliecības paraugs (Noteikumi par notekūdeņu dūņu.. 2006)

## Notekūdeņu dūņu kvalitātes apliecība

Sērija Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (vieta) \_\_\_\_\_ (datums)

1. Notekūdeņu dūņu ražotājs \_\_\_\_\_  
(fiziskās personas vārds, uzvārds, personas kods vai  
juridiskās personas firma, reģistrācijas numurs)

2. A, B kategorijas piesārņojošas darbības atļaujas  
vai C kategorijas apliecinājuma, vai ūdens  
lietošanas atļaujas numurs un izsniegšanas datums \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (reģionālā vides pārvalde, kas izdevusi atļauju vai apliecinājumu)

3. Notekūdeņu dūņu sērijas uzkrāšanas periods:

3.1. sākuma datums \_\_\_\_\_

3.2. beigu datums \_\_\_\_\_

4. Notekūdeņu dūņu sērijas masa (tonnas):

4.1. dabiski mitra \_\_\_\_\_

4.2. sausna \_\_\_\_\_

5. Notekūdeņu dūņu sērijas apstrādes veids \_\_\_\_\_

6. Notekūdeņu dūņu uzglabāšanas vieta kvalitātes apliecības noformēšanas brīdī

\_\_\_\_\_ (nosaukums)

7. Notekūdeņu dūņu kvalitātes rādītāji:

1.tabula

| Nr.<br>p.k. | Agroķīmiskie rādītāji                                | Testēšanas rezultāti |
|-------------|--|----------------------|
| 1.          | Vides reakcija (pH KCl)                              |                      |
| 2.          | Organiskās vielas sausnā (%)                         |                      |
| 3.          | Kopējais slāpeklis (N) sausnā (g/kg)                 |                      |
| 4.*         | Amonija slāpeklis (N-NH <sub>4</sub> ) sausnā (g/kg) |                      |
| 5.          | Fosfors (P) sausnā (g/kg)                            |                      |
| 6.          | Sausna (%)   |                      |

Ar šo apliecinām, ka bakalaura darbs

.....

.....

*darba nosaukums*

ir sagatavots aizstāvēšanai gala pārbaudījumu komisijā  
**dabaszinātņu bakalaura grāda vides zinātnē iegūšanai.**

Autors....., ....., .....  
*vārds, uzvārds paraksts datums*

Zinātniskais vadītājs ....., ....., .....  
*vārds, uzvārds paraksts datums*

**Noslēguma darba saņemšanas reģistrācija:**

Darba reģistrācijas Nr.....

Vides zinātnes nodaļas lietvede:

Inese Silamiķele .....  
*paraksts datums*

**Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:**

bakalaura darbs aizstāvēts bakalaura studiju

gala pārbaudījumu komisijā .....  
*datums*

un aizstāvēts ar atzīmi .....

Priekšsēdētājs: prof. Viesturs Melecis .....  
*vārds, uzvārds paraksts datums*

Sekretāre: doc. Zanda Penēze, .....  
*vārds, uzvārds paraksts datums*