



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

VANDENTVARKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Ernesta Valeikaite

**BUITINIŲ NUOTEKŲ INDIVIDUALAUS BIOLOGINIO VALYMO
TYRIMAI**

**REASERCH OF INDIVIDUAL DOMESTIC WASTEWATER BIOLOGICAL
TREATMENT**

Baigiamasis magistro darbas

Vandens ūkio inžinerija studijų programa, valstybinis kodas 621H23001

Statybos inžinerija studijų kryptis

Vilnius, 2015

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

VANDENTVARKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Mindaugas Rimeika

(Vardas, pavardė)

(Data)

Ernesta Valeikaite

**BUITINIŲ NUOTEKŲ INDIVIDUALAUS BIOLOGINIO VALYMO
TYRIMAI**

**REASERCH OF INDIVIDUAL DOMESTIC WASTEWATER
BIOLOGICAL TREATMENT**

Baigiamasis magistro darbas

Vandens ūkio inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H23001

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. Dr. Aušra Mažeikienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lektorė Regina Žukienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2015

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
VANDENTVARKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Statybos inžinerija
Vandens ūkio inžinerija

studijų kryptis
studijų programa, valstybinis kodas 621H23001

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Mindaugas Rimeika

(Vardas, pavardė)

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

2013-11-25 Nr. 02

Vilnius

Studentei Ernestai Valeikaitei
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Buitinių nuotekų individualaus biologinio valymo tyrimas

patvirtinta 2013 m. lapkričio 21 d. dekanų potvarkiu Nr. 419ap.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2015 m. gegužės 28 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Atlikti mokslinės literatūros apie individualų buitinių nuotekų valymą apžvalgą bei analizę. Pasirinkti vieną individualaus nuotekų valymo įrenginį ir ilgiau, nei metus, tirti jo darbą pagal pasirinktą metodiką. Ištirti ir įvertinti pasirinkto nuotekų valymo įrenginio darbą pagal pasiekiamus nuotekų išvalymo rodiklius (likutines $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, BDS_7 ir SM koncentracijas). Pasirinkti metodiką ir atlikti mikrobiologinę veikliojo dumblo kokybės analizę, įvertinant indikatorinius mikroorganizmus. Ištirti ir įvertinti įrenginio veikliojo dumblo sedimentacinės savybės bei fermentinį aktyvumą. Palyginti darbo rezultatus su mokslinėje literatūroje pateiktais ar kitoje valykoje pasiektais biologinio nuotekų valymo rezultatais, pateikti išvadas.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

lekt. Regina Žukienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas
(Parašas)

dr. doc. Aušra Mažeikienė
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

Ernesta Valeikaite
(Parašas)

Ernesta Valeikaite

(Vardas, pavardė)

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Vandentvarkos inžinerijos katedra

ISBN _____ ISSN _____
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Vandens ūkio inžinerijos** programos magistro baigiamasis darbas 4 (vk)
Pavadinimas **Buitinių nuotekų individualaus biologinio valymo tyrimas**
Autorius **Ernesta Valeikaitė**
Vadovas **doc. dr. Aušra Mažeikienė**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Decentralizuota buitinių nuotekų tvarkymo sistema yra ne tik ilgalaikis sprendimas mažoms bendruomenėms, bet yra patikima ir ekonomiškai sistema. Baigiamajame darbe tiriamas AT-6 tipo individualus buitinių nuotekų valymo įrenginio darbas: analizuojami pagrindiniai pasiekiami išvalymo rodikliai pagal BDS7, nitratų azotą, amonio azotą, fosfatų fosforą ir skendinčiąsias medžiagas; tiriamas veiklusis dumblas (jo mikroorganizmų kompozicija, sedimentacinės savybės ir katalazinis aktyvumas). Tyrimai parodė, kad valytų nuotekų BDS7 per visą tyrimų laikotarpį nė karto neviršijo 21 mg O₂/l. Pagal nitratų azoto ir amonio azoto koncentracijas pasiekiamas aukštas nuotekų išvalymo laipsnis. Fosfatų fosforo koncentracijos valytose nuotekose maždaug 1,3 kartus mažesnės, nei gali būti pagal aplinkosauginę taisyklę LAND 21-01. Likutinės 3,57 – 9,33 mg/l PO₄-P koncentracijos išvalytose nuotekose aplinkosauginiu aspektu nepavojingos, nes nuotekos nėra išleidžiamos į paviršinį vandens telkinį. Skendinčiųjų medžiagų likutinės vertės valytose nuotekose nė karto neviršijo 12,5 mg/l ir atitinka gamintojo deklaruojamas vertes. Tiriamojo individualaus valymo įrenginio veikliojo dumblo katalazinis aktyvumas yra didesnis, nei Vilniaus nuotekų valyklos veikliojo dumblo, kas rodo, kad biologinis nuotekų teršalų skaidymas vyksta efektyviai. Beveik viso tyrimo metu veikliojo dumblo mikrobiologinė kompozicija pagal biologinius indikatorius atitiko geros kokybės veikliojo dumblo kriterijus. Ši kompozicija pakito dviem savaitėms sutrikus deguonies tiekimui į įrenginio aeracinę zoną, jai pilnai atstatyti prireikė kelių mėnesių. Veikliojo dumblo kokybei pagal biologinius indikatorius esant „blogai“, pagal katalazinį aktyvumą ir likutines teršalų koncentracijas ji išliko „gera“. Bendrai tirtasis įrenginys pagal išmatuotus rodiklius ir veikliojo dumblo tyrimo rezultatus aplinkosauginiu požiūriu yra saugus. Darbą sudaro 5 dalys: įvadas, literatūros apžvalga, eksperimentinė dalis, išvados ir naudota literatūra. Darbo apimtis 103 p. teksto be priedų, 45 iliustracijos, 14 lentelių.

Prasminiai žodžiai: individualūs buitinių nuotekų valymo įrenginiai, biologinis valymas, valytos nuotekos, veiklusis dumblas, BDS7, nitratų azotas, amonio azotas, fosfatų fosforas, indikatoriniai mikroorganizmai, katalazė.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Water Engineering

ISBN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Water Management Engineering** study programme Master Graduation
Thesis 4 (VK)

Title **Research of Individual Domestic Wastewater Biological Treatment**
Author **Ernesta Valeikaitė**
Academic supervisor **Assoc Prof Dr Aušra Mažeikienė**

**Thesis
language:**
Lithuanian

Annotation

Decentralized wastewater management system is not the only a long-term solution for small communities, but also is reliable and economical system. In this final work concerned the work of AT-6 type individual wastewater treatment plant: analyzing the main available indicators of cleaning by BOD7, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, phosphate and suspended substances; studied activated sludge (its composition of microorganisms, sedimentation characteristics and the activity of catalase). The studies showed that BOD7 of treated wastewater during the research period didn't exceed 21 mgO₂/l. According nitrate nitrogen and ammonium nitrogen concentrations achievable the high degree of wastewater. Phosphate-phosphorus concentrations in the treated wastewater was smaller about 1,3 times than can be by environmental rules LAND 21-01. The residual 3,57 to 9,33 mg/l PO₄-P concentrations in treated wastewater by environmental point aren't dangerous, because wastewater aren't discharged into surface water. The residual value of suspended solids in treated wastewater didn't exceed 12,5 mg/l and correspond values of manufacturer. The activated sludge catalase activity of testing treatment plant is higher than activated sludge in Vilnius wastewater treatment plant, which shows that the decomposition of biological wastewater pollutant are going on effectively. Almost in whole researching time the composition of activated sludge by the biological indicators matched a good quality criteria. This composition changed when the supplying of oxygen in the aeration zone was impaired for two weeks, it took several months to completely rebuild it. The activated sludge quality by biological indicators at „bad“, by the catase activity and by residual pollutants the quality remained „good“. In generally studied plant by measured indicators and activated sludge results are environmentally safe. The work consists of 5 parts: introduction, the review of literature, experimental part, conclusions and references. The volume of work: 103 p. text without appendixes, 45 illustrations, 14 tables.

Keywords: individual wastewater treatment plants, biological treatment, treated wastewater, activated sludge, BOD7, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, phosphorus, indicator microorganisms, catalase.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
egzaminų, sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei
gynimo organizavimo tvarkos aprašo
2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Ernesta Valeikaitė, 20094179

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Vandens ūkio inžinerija, VImf-13

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2015 m. gegužės 25 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Buitinių nuotekų individualaus biologinio valymo tyrimas“ patvirtintas 2013 m. lapkričio 21 d. dekanų potvarkiu Nr. 419ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas doc. dr. Aušra Mažeikienė.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parasas)

Ernesta Valeikaitė

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

IVADAS	14
1. LITERATŪROS APŽVALGA	17
1.1. Biologinis buitinių nuotekų valymas	17
1.2. Azoto ir fosforo junginių koncentracijos problema buitinėse nuotekose	19
1.2.1. Azoto ir fosforo junginių apytaka gamtoje	19
1.2.2. Buitinių nuotekų užterštumas azoto junginiais.....	22
1.2.3. Buitinių nuotekų užterštumas fosforo junginiais.....	24
1.2.4. Buitinių nuotekų užterštumas kitais junginiais.....	25
1.2.5. Azoto ir fosforo junginių poveikis vandenims ir žmonių sveikatai	26
1.2.6. Azoto ir fosforo junginių šalinimas iš valomų nuotekų	28
1.3. Norminiai reikalavimai mažų nuotekų kiekių tvarkymui	30
1.4. Mažų nuotekų kiekių tvarkymas Europos šalyse.....	35
1.5. Individualūs buitinių nuotekų valymo įrenginiai.....	37
1.5.1. Individualių buitinių nuotekų valymo įrenginių eksploatavimas Lietuvoje.....	41
1.6. Veikliojo dumblo kompozicijos ir kokybės nustatymas.....	43
1.6.1. Veikliojo dumblo indeksas	46
1.6.2. Katalazinis aktyvumas	47
2. EKSPERIMENTINĖ DALIS	49
2.1. Individualaus buitinių nuotekų valymo įrenginio darbo tyrimai	49
2.2.1. Tyrimų objektas.....	49
2.2. Buitinių nuotekų ir veikliojo dumblo tyrimų metodikos	51
2.2.1. Nitratų azoto, amonio azoto, fosfatų fosforo, BDS ₇ bei skendinčių medžiagų koncentracijos matavimo metodika.....	51
2.2.2. Veikliojo dumblo sudėties ir kokybės nustatymo metodika	57
2.2.3. Dumblo indekso nustatymo metodika.....	59
2.2.4. Katalazinio aktyvumo nustatymo metodika.....	59
2.3. Eksperimento rezultatai	60
2.3.1. Nuotekų išvalymo rezultatai.....	60
2.3.2. Veikliojo dumblo tyrimo rezultatai	77
2.3.2.1. Sedimentacinės savybės	78
2.3.2.2. Mikroskopinė analizė	79
2.3.2.3. Katalazinis aktyvumas.....	92

IŠVADOS.....	95
NAUDOTA LITERATŪRA	96
PRIEDAI	105

Paveikslėlių sąrašas

1.1 pav. Azoto apytakos ciklas (Azoto junginių...2013).

1.2 pav. Fosforo ciklas (Almaweri and Salens 2000).

1.3 pav Decentralizuotos sistemos užsienio valstybėse (GWP CEE...2012).

2.1 pav. AT 6-50 valymo įrenginio schema (Valeikaitė 2015).

2.2 pav. AT-6 buitinių nuotekų valymo įrenginio technologinė schema: 1 – įtekėjimas; 2 – mechaninis valymas (grotos); 3 – erlifteras Nr. 1; 4 – neaeruojama kamera (anaerobinė); 5 – aeruojama kamera (oksinė); 6 – vamzdinis difuzorius; 7 – antrinio nusodintuvo zona; 8 – erlifteras Nr.2; 9 – orapūtė; 10 – oro paskirstymo sistema; 11 – srauto reguliatorius; 12 – ištekėjimas (August ir Ko 2013).

2.3 pav. Bandinių ėmimo taškai AT-6 buitinių nuotekų valymo įrenginyje.

2.4 pav. Valytos nuotekos iš nuotekų valymo įrenginio AT-6 (iš 2 taško) (Valeikaitė 2015).

2.5 pav. Spektrofotometras „MERC Spectroquant NOVA 60“ (Valeikaitė 2015).

2.6 pav. Mėgintuvėliai su tiriamuoju mėginiu ir testas „Merck Spectroquant“ nitratų azoto koncentracijai nustatyti (Valeikaitė 2015).

2.7 pav. Mėgintuvėliai su tiriamuoju mėginiu ir testas „Merck Spectroquant“ amonio azoto koncentracijai nustatyti (Valeikaitė 2015).

2.8 pav. Mėgintuvėliai su tiriamuoju mėginiu ir testas „Merck Spectroquant“ orto-fosfatų fosforo koncentracijai nustatyti (Valeikaitė 2015).

2.9 pav. „MOTIC B1“ mikroskopas (Valeikaitė 2015).

2.10 pav. 1 L indas su veikliuoju dumbly (Valeikaitė 2015).

2.11 pav. Nitratų azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas tiriamuoju laikotarpiu.

2.12 pav. Amonio azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas tiriamuoju laikotarpiu.

2.13 pav. Bendro azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas valytose nuotekose.

2.14 pav. Geriamojo vandens šulinys Nr. 1 (Valeikaitė 2015).

2.15 pav. Geriamojo vandens šulinys Nr. 2 (Valeikaitė 2015).

2.16 pav. Geriamojo vandens šulinio Nr. 1 ir valymo įrenginio AT-6 vietos tiriamojoje teritorijoje (Valeikaitė 2015).

2.17 pav. Geriamojo vandens šulinio Nr. 2 ir valymo įrenginio AT-6 vietos tiriamojoje teritorijoje (Valeikaitė 2015).

2.18 pav. Orto-fosfatų fosforo koncentracijos (mg/l) palyginimas tiriamuoju laikotarpiu.

2.19 pav. Bendro fosforo ir fosfatų fosforo koncentracijos (mg/l).

2.20 pav. Azoto ir fosforo junginių koncentracijos anaerobinėje kameroje (1a) palyginimas su gamintojų pateikiamu pradiniu teoriniu nuotekų užterštumu.

2.21 pav. Skendinčių medžiagų (SM) koncentracijos palyginimas.

2.22 pav. Nitratų azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas (Adomaičių kaime).

2.23 pav. Amonio azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas (Adomaičių kaime).

2.24 pav. Orto-fosfatų fosforo koncentracijos (mg/l) palyginimas (Adomaičių kaime).

2.25 pav. Lėtūnas (*tardigrada*): a) aptiktas tiriamojame sistemoje (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį – lėtūno vidaus sandara (Šatkauskienė 2013).

2.26 pav. Verpetė (*rotifera*): a) vasario mėnesį, išsitiesusi; b) gruodžio mėnesį, susitraukusi (Valeikaitė 2014); c) bendroji verpetės schema (Bražėnaitė 2014).

2.27 pav. Verpetė (*rotifera*) – *rotaria trisecata*: a) aptikta tiriamojame sistemoje (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

2.28 pav. Lerva, verpetė, ameba (a- *Euglypha* ; b - *Trinema enchelys*) ir nitrifikuojančių bakterijų sanaua: a) aptikta tiriamojame sistemoje (Valeikaitė 2014); b) ameba *Euglypha*; c) ameba *Trinema enchelys* (Mažeikienė 2009).

2.29 pav. Kiautinės amebos (*Centropyxis sp.*): a) aptiktos tiriamojame sistemoje (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

2.30 pav. Infuzorija (*spirostomum teres*): a) aptikta tiriamojame sistemoje (Valeikaitė 2014) ; b) pagal literatūros šaltinį (Science guy 2014).

2.31 pav. Laisvai plaukiojančios infuzorijos ir dumblis (Valeikaitė 2014).

2.32 pav. Laisvai plaukiojančios infuzorijos: a) aptiktos tiriamojame sistemoje (Valeikaitė 2014); b) *Euplotes moebiusi*; c) *Holophryja*; d) *Plagiocampa rouxi* (Mažeikienė 2009).

2.33 pav. Sėslios infuzorijos: a) *Ep. Plitacilis*; b) *Epistylis sp* c) aptikta tiriamajame VD – sėsli infuzorija ir dumblis (Valeikaitė 2014); d) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

2.34 pav. Sėslioji infuzorija *Epistylis Longicaudatum* (Valeikaitė 2014).

2.35 pav. Sėsliosios infuzorijos (Valeikaitė 2014).

2.36 pav. Bakterijų suformuotas polisacharidų apvalkalas (Valeikaitė 2014).

2.37 pav. Apvalioji kirmėlė: a) aptikta tiriamajame VD (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

2.38 pav. Žieduotoji kirmėlė *Stylaria lacustris*: a) kirmėlės priekis; b) kirmėlės galas (Valeikaitė 2014); c) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

2.39 pav. Smulkūs, atviri veikliojo dumblo dribsniai, siūlinės ir zooglėjinės bakterijos (vasario mėn. viduryje) (Valeikaitė 2015).

2.40 pav. Laisvai plaukiojančios infuzorijos ir siūlinės bakterijos, negausios sėsliosios infuzorijos (balandžio ir gegužės mėn.) (Valeikaitė 2015).

2.41 pav. Siūliniai mikroorganizmai (Valeikaitė 2015).

2.42 pav. Aeracinėje kameroje užpuotojės veiklusis dumblas (Valeikaitė 2015).

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Bendrieji reikalavimai į gamtinę aplinką išleidžiamoms nuotekoms (Nuotekų tvarkymo... 2006).

1.2 lentelė. Į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normos (Nuotekų tvarkymo...2006).

1.3 lentelė. Nuotekų išvalymo laipsnio valymo įrenginiais, aptarnaujančiais iki 50 gyventojų, vertinimas (UAB „Ekosistema“ 2010).

1.4 lentelė. Ištrauka iš Nuotekų tvarkymo reglamento 2 priedo lentelės (Nuotekų tvarkymo...2006).

1.5 lentelė. Mažųjų buitinių nuotekų valymo įrenginių išvalymo efektyvumai bei pranašumai.

1.6 lentelė. Veikliojo dumblo kokybės nustatymo kriterijai (Eikelboom 2000).

2.1 lentelė. Nitratų koncentracijos geriamajame vandenyje.

2.2 lentelė. BDS₇ nustatymo rezultatai Liepos mėnesį.

2.3 lentelė. BDS₇ koncentracijos tiriamuoju laikotarpiu.

2.4 lentelė. Teorinės pradinės nevalytų nuotekų užterštumų vertės (Kirjanova 2014; Vilniaus vandenys 2014; August ir Ko 2013).

2.5 lentelė. Skendinčių medžiagų (SM) koncentracijos.

2.6 lentelė. Dumblo indekso tyrimo rezultatai.

2.7 lentelė. Dumblo kokybės rezultatai.

2.8 lentelė. Katalazinio aktyvumo tyrimo rezultatai.

Santrumpos

$\text{NO}_3\text{-N}$ – nitratų azotas.

$\text{NH}_4\text{-N}$ – amonio azotas.

$\text{PO}_4\text{-P}$ – fosfatų fosforas.

N_b – bendrasis azotas.

P_b – bendrasis fosforas.

BDS_7 – biocheminis deguonies suvartojimas per 7 paras.

BDS_5 – biocheminis deguonies suvartojimas per 5 paras.

BDS_n – biocheminis deguonies suvartojimas per n parų.

SM – skendinčiosios medžiagos.

VD – veiklusis dumblas.

DLK – didžiausia leistina koncentracija.

ChDS – cheminis deguonies suvartojimas.

PK organizmai – polifosfatus kaupiantys organizmai.

NTR – nuotekų tvarkymo reglamentas.

IBNVĮ – individualūs buitinių nuotekų valymo įrenginiai.

NVĮ – nuotekų valymo įrenginiai.

DI – dumblo indeksas.

Sąvokos

Aeravimas – oro arba deguonies tiekimas į skystį.

Amonio azotas – azoto amoninė forma.

BDS₇ – tai deguonies kiekis, kurio reikia, kad lengvai skylantys organiniai teršalai biochemiškai oksiduotųsi per 7 paras.

BDS₅ – tai deguonies kiekis, kurio reikia, kad lengvai skylantys organiniai teršalai biochemiškai oksiduotųsi per 5 paras.

Bendrasis azotas – bet kokio pavidalo medžiagose esančio azoto suminis kiekis, mg/l.

Bendrasis fosforas – bet kokio pavidalo medžiagose esančio fosforo suminis kiekis, mg/l.

Biologiniai indikatoriai – organizmai, iš kurių buvimo arba nebuvimo vienoje ar kitoje aplinkoje sprendžiama apie tos aplinkos savybes, pvz., vandenų užterštumą.

Centralizuotas nuotekų tvarkymas – nuotekų surinkimas iš aglomeracijos surinkimas, transportavimas ir valymas aglomeracijos nuotekų valymo įrenginiuose.

Decentralizuotas nuotekų tvarkymas – nuotekų iš individualių namų, jų grupių, pramonės įmonių ar kitų teritorijų surinkimas ir valymas netoli jų susidarymo vietoje.

Denitrifikacija – procesas, kai nitratai ir amonio jonai paverčiami azoto dujomis.

Eutrofikacija – ekosistemos kitimas, sukeltas cheminių maisto medžiagų, dažniausiai tirpių azoto ir fosforo junginių, pertekliaus.

Individualus nuotekų tvarkymas – vieno namo (iki 10 GE) nuotekų tvarkymas.

Katalazė – fermentas, skaidantis vandenilio peroksidą į vandenį ir deguonį ir katalizuojantis reakcijas, kuriose peroksida oksiduoja kai kuriuos alkoholius.

Nitratų azotas – azoto nitratinė forma.

Nitrifikacija – bakterinis amonio druskų oksidavimas, paprastai iki nitratų.

Nuotekos – tai namų ūkyje (skalbiančios, plaunant indus ir atliekant kitus darbus) ar įmonėse, gamybos proceso metu, panaudotas vanduo, kurį būtina išvalyti, kad būtų kuo mažiau teršiama aplinka ir sumažinamas neigiamas poveikis gamtai.

Skendinčios medžiagos – mineralinių ir (arba) organinių medžiagų pakibusios dalelės, esančios nuotekose arba vandenyje (upių, ežerų ir pan.).

Veikliojo dumblo sistemos – sistemos, kuriose nuotekos valomos sumaišant ir aeruojant nuotekų ir veikliojo dumblo mišinį.

Veiklusis dumblas – tai dribsnių pavidalo biomasė, kurią skendinčio būvio palaiko maišymas ar į vandenį specialiais įtaisais tiekiamas oras.

IVADAS

Buitinės nuotekos – tai skystos atliekos, susidarančios žmonių buitinės veiklos metu. Vieno gyventojų sukuriama tarša vidutiniškai sudaro 60 g organinių medžiagų (pagal BDS₅), 12 g azoto ir 2,7 g fosforo (Adamonytė ir Misevičienė 2012).

Biologinis nuotekų valymas yra svarbus etapas ir neatsiejamas nuo biologinių nuotekų valymo įrenginių, kurie „gydo“ nuotekas (Mittal 2011).

Vieni iš didžiausių gamtos priešų, patenkančių iš nekokybiškų valymo įrenginių yra fosforas ir azotas. Būtent dėl per didelės fosforo koncentracijos Baltijos jūroje šiuo metu yra maždaug Lietuvos dydžio mirusi zona, kurioje nėra gyvybės. Manoma, kad situacija tik blogės, jei fosforo kiekiai nebus sumažinti (Aplenkusios laiką...2014).

Organinės medžiagos yra pagrindinis teršalas nuotekose. Be organinių teršalų, nuotekose aptinkama ir mineralinių bei bakterinių-biologinių teršalų (LAND 21-97).

Azotas yra svarbi maistinė medžiaga gyviesiems organizmams, tačiau per dideli jo kiekiai gali būti toksiški. Didėjanti azoto koncentracija buitinėse nuotekose tampa labai reikšmingu teršalu, kuris (daugiausia amoniako pavidalu) gali sukelti eutrofikaciją ir gali turėti toksinį poveikį įvairioms vandens rūšims. Amoniakas ir amonio jonai gali sukelti nepageidaujamus kvapus ir įvairias ligas (Luob *et al.* 2011; Balci 2004).

Fosforas taip pat yra labai svarbus elementas visoms gyvosioms ląstelėms, tačiau šis elementas gali sukelti rimtų problemų aplinkai – vandens telkinių eutrofikaciją (Aivasidis *et al.* 2011).

Šiandien azoto ir fosforo šalinimui yra keliami griežti reikalavimai, tačiau valant mažus buitinių nuotekų kiekius azoto junginių vertės valytose nuotekose Lietuvoje kol kas nėra normuojamos. Valant buitines nuotekas individualiais nuotekų valymo įrengiais (iki 5 m³/h) Lietuvoje reglamentuojama tik BDS reikšmės.

Didelę problemą valant nuotekas valymo įrenginiuose sudaro bendrojo azoto (N_b) ir bendrojo fosforo (P_b) šalinimas iš nuotekų. Azoto junginiai nuotekose gali būti efektyviai pašalinti tik biologiniais metodais (Guo *et al.* 2008). Fosforas šalinamas biologiniu ir cheminiu metodais. Tai ekonomiškiausi nuotekų valymo metodai. Biologiniai valymo metodai ne tik ekonomiški, bet aplinkai „draugiški“, kurie remiasi mikroorganizmų gebėjimu skaidyti organines medžiagas iki neorganinių komponentų (Aivasidis *et al.* 2011; Mittal 2011).

Decentralizuota buitinių nuotekų tvarkymo sistema yra ne tik ilgalaikis sprendimas mažoms bendruomenėms, bet yra patikima ir ekonomiška sistema (Joumana *et al.* 2009).

Nors šiuo metu Lietuvoje individualių buitinių nuotekų valymo įrenginių tankumas nėra didelis, tačiau jų skaičius vis didėja. Atsiranda įvairių buitinių nuotekų valymo technologijų, naujausios ir mažiausiai ištirtos iš jų – biologinio valymo technologijos, kurių veikimo pagrindas yra veiklusis dumblas. Testuojant tokius valymo įrenginius, jų veiklai sudaromos geros sąlygos: mažai kinta tiekiamų nuotekų sudėtis ir debitas, išvengiama toksinių medžiagų įtakos. Realios sąlygos tokiems įrenginiams veikti dažnai nebūna ypač tinkamos. Įrenginių veiklai neigiamą įtaką gali daryti į nuotekų tinklą patenkančios toksinės medžiagos, didesnės rūgščių ar riebalų koncentracijos, nuotekų debito svyravimai, žema temperatūra šaltuoju laikotarpiu. Statistinis vartotojas, gyvenantis Lietuvoje, nesudaro įrenginio darbui idealių sąlygų (kurios sudaromos laboratorijose), todėl tikslinga ištirti, kaip individualūs buitinių nuotekų valymo įrenginiai išvalo nuotekas Lietuvos sąlygomis.

Darbo tikslas ir uždaviniai

Tikslas – atlikti individualaus gyvenamojo namo buitinių nuotekų valymo įrenginio darbo ir veikliojo dumblo tyrimus, įvertinti įrenginio darbą aplinkosauginiu aspektu.

Uždaviniai:

1. Atlikti mokslinės literatūros apie individualų buitinių nuotekų valymą apžvalgą bei analizę;
2. Ištirti ir įvertinti pasirinkto biologinio nuotekų valymo įrenginio darbą pagal pasiekiamus nuotekų išvalymo rodiklius (likutines $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, BDS_7 ir SM koncentracijas);
3. Pasirinkti metodiką ir atlikti mikrobiologinę veikliojo dumblo kokybės analizę, įvertinant indikatorinius mikroorganizmus;
4. Ištirti ir įvertinti įrenginio veikliojo dumblo sedimentacines savybes bei fermentinį aktyvumą.
5. Palyginti darbo rezultatus su mokslinėje literatūroje pateiktais ar kitoje valykloje pasiektais biologinio nuotekų valymo rezultatais, pateikti išvadas.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Biologinis buitinių nuotekų valymas

Nuotekų valymas yra aktuali problema, ypač užmiestyje, sodų bendrijose ir kaimuose esančių namų savininkams, kurių nepasiekia miesto nuotekų tinklai (Biologinis nuotekų...2014).

Mokslininkas A. Mitalas (2011) teigia, kad biologinis nuotekų valymas yra svarbus etapas ir neatsiejamas nuo biologinių nuotekų valymo įrenginių, kurie „gydo“ nuotekas. Biologinis nuotekų valymas remiasi savaiminio apivalymo reiškiniu, būdingu paviršiniams vandens telkiniams (Bražėnaitė 2014). Jis pagrįstas aerobinių mikroorganizmų, kurie oksiduoja ir mineralizuoja organines medžiagas, veikla (Nuotekų valymo...2014).

Buitinės nuotekos susidaro gyvenamuosiuose ir visuomeniniuose pastatuose, pramonės įmonių buitinėse patalpose, skalbyklose ir pan. Pagal teršalų kilmę jos yra fekalinės, užterštos fiziologinėmis atliekomis, ir ūkinės, kurios užterštos įvairiomis ūkinėmis atliekomis, plovimo priemonėmis. Vieno gyventojo per dieną sukurama tarša vidutiniškai sudaro 60 g organinių medžiagų, 70 g skendinčiųjų medžiagų, 12 g azoto ir 2,7 g fosforo. Apytiksliai 58 % taršos sudaro organinės medžiagos ir 42 % mineralinės medžiagos.

Biologinio (aerobinio) nuotekų valymo esmė – sudarius palankią aplinką, vandenyje esant ištirpusiam deguoniui ir organinėms medžiagoms kontaktuojant tarpusavyje (maišant) sudaromos sąlygos intensyviai bakterijų maitinimuisi, organinių medžiagų, teršalų perėjimui iš vandens į bakterijų masę, todėl vanduo švarėja, t.y. mikroorganizmai, esantys reaktoriuje, suskaido ir maistui suvartoja nuotekose esančius teršalus (organines medžiagas, azoto, fosforo junginius), taip išvalydami nuotekas (Adamonytė ir Misevičienė 2012). Mokslininkai I. Alis ir V. K. Gupta (2013) taip pat teigia, kad biologinis nuotekų valymas yra pagrįstas bakterijų veikla, kurios, esant aerobinėms sąlygoms, suskaido ir minta organinėmis medžiagomis, teršalais (N ir P junginiais).

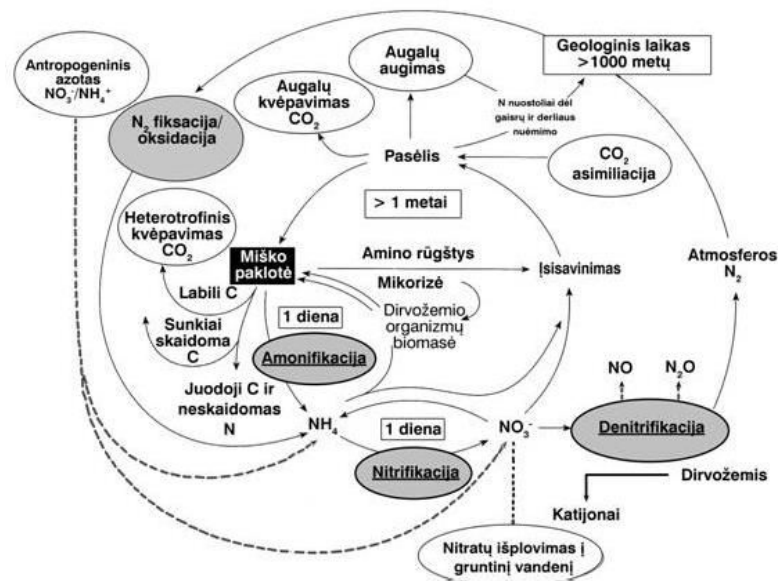
Buitinės nuotekos nėra labai užterštos, lyginant su kitomis nuotekų rūšimis, kurių užterštumas priklauso nuo sunaudojamo buityje švaraus vandens kiekio ir kuo jis didesnis, tuo teršalų koncentracija buitinėse nuotekose mažesnė. Buitinių nuotekų užterštumas organinėmis medžiagomis pagal BDS₅ paprastai yra 200 – 450 mgO₂/l, skendinčiomis medžiagomis (SM) – 250–500 mg/l, azoto junginiais – 30 – 80 mg/l ir fosforo junginiais – 5 – 15 mg/l (Adamonytė ir Misevičienė 2012).

1.2. Azoto ir fosforo junginių koncentracijos problema buitinėse nuotekose

1.2.1. Azoto ir fosforo junginių apytaka gamtoje

Azoto ciklas yra neabejotinai antras pagal svarbumą ciklas (po anglies ciklo) gyviesiems organizmams. Azotas yra svarbus augalų augimui, todėl nemažai prisideda prie žmogaus maisto grandinės dalies, tačiau šio elemento buvimas aplinkoje labai priklauso nuo žmogaus veiklos (Burt and Widdison 2008). Azotas yra svarbi augalų maistinė medžiaga, kuri riboja pirminį produktyvumą daugelyje sausumos ekosistemų (Corre and Veldkamp 2014).

Nors atmosfera susideda iš 78 % azoto (N_2), tačiau tiesiogiai kaip elementas jis negali būti naudojamas augalų ir gyvūnų. Kad azotą galėtų pasisavinti organizmai, jis turi būti „fiksutas“ į reaktyviąją formą (NO_3 ir NH_4) (Corre and Veldkamp 2013). Augalams prieinamas tik dirvožemio junginiuose, dažniausiai nitratuose (NO_3^-) esantis azotas. Azoto biogeocheminės apytakos ciklą sudaro šios fazės: fiksacija arba kaupimas, amonifikacija arba mineralizacija, nitrifikacija ir denitrifikacija (Azoto junginių...2013). Azoto apytakos ciklas pateiktas 1.1 paveiksle.



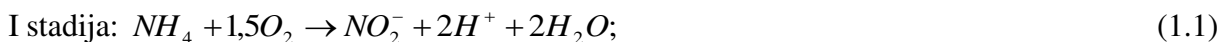
1.1 pav. Azoto apytakos ciklas (Azoto junginių...2013).

Azoto fiksacija yra dujinio azoto pavertimas organizmams prieinamais neorganiniais junginiais, dažniausiai amoniaku (NH_3), nitritais (NO_2^-) ir nitratais (NO_3^-).

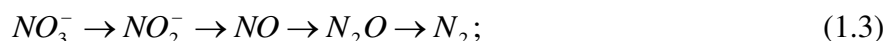
Amonifikacija remiasi cheminėmis reakcijomis, kuriose amino grupės (NH_2) azotas konvertuojamas į amoniaką (NH_3) ir amonio joną (NH_4^+) (Strock 2008).

Nitrifikacija yra amoniako (NH_3) oksidacija į nitritus (NO_2^-) ir nitratus (NO_3^-) (García - González and Riaño 2013; Stravinskienė 2003).

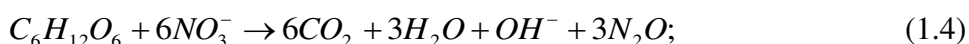
Nitrifikacijos procesas vyksta 2 stadijomis:



Denitrifikacija yra atvirkštinis nitrifikacijai procesas, kai bakterijos ir grybai amoniaką, nitritus ir nitratus vėl paverčia augalams neprieinamu molekulinio azotu (N_2), azoto monoksidu (NO) ir diazoto oksidu (N_2O). Tai biocheminis procesas, kurio metu denitrifikuojančios bakterijos nitratus redukuoja daugiausia į dujinį azotą (Kirjanova *ir kt.* 2014):



Denitrifikacija vyksta dviem etapais Pirmasis – nitratų redukavimas iki nitritų, o antrasis – nitritų redukavimas iki dujinio azoto (Droste 1997; Matuzevičius ir Vabolienė 2007). Denitrifikacija iki molekulinio azoto vyksta anaerobinėmis sąlygomis blogai aeruotuose, daug organinių medžiagų turinčiuose dirvožemiuose arba eutrofiniuose vandenyse, kur dideli deguonies kiekiai yra sunaudojami mirusios organinės medžiagos skaidymui (Stravinskienė 2003).



Kad denitrifikacija būtų efektyvi, turi būti lengvai oksiduojamų organinių medžiagų (spiritų, mažamolekulinių organinių rūgščių), kurios būtų anglinis maitinimo šaltinis (Strikša 2001). Nė vienas iš etapų neįvyks, kol sistemoje bus pakankamai ištirpusio deguonies (Matuzevičius ir Vabolienė 2007).

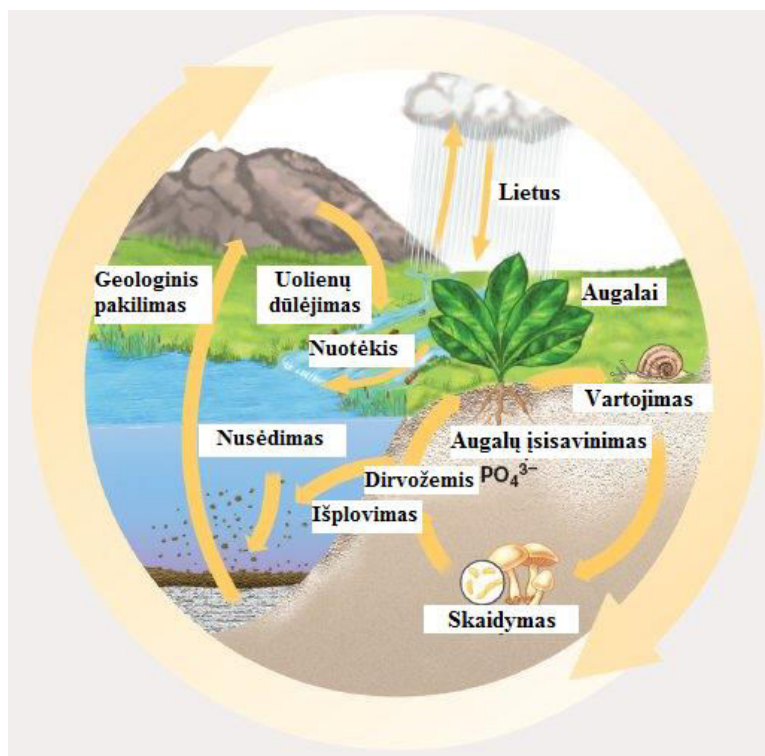
Nitrifikacijos ir denitrifikacijos procesų atskyrimas leidžia gerinti kiekvieno iš jų eigos sąlygas ir atitinkamai laiduoti tinkamą azoto pašalinimą. Šių procesų metu apie 10 – 20 % patekusio azoto netenkama (Strikša 2001).

Remiantis Delviche'o (1970) duomenimis, pasaulyje kasmet fiksuojama 92 mln. t, o denitrifikuojama tik 83 mln. t. azoto. Azoto perteklius kaupiasi gruntiniame ir paviršiniame (ežerų, upių ir jūrų) vandenyse. Dėl nitrifikacijos proceso į jūras kiekvienais metais papildomai patenka po

20 mln. t azoto. Iš visų šaltinių į jūras patenkančių azotą iš dalies atsveria denitrifikacija. Pramoninė azoto fiksacija didėja, o denitrifikacija beveik nekinta, tad ši pusiausvyra yra labai trapi (Stravinskienė 2003).

Moksliniame straipsnyje (Chen *et. al* 2008) teigiama, kad fosforas (P) yra svarbus elementas augalų augimui ir maisto gamybai. Natūralus biocheminis fosforo ciklas didžiulis, tačiau lėtas. Žmonių veikla žymiai paspartino natūralų fosforo ciklą, kurie sukėlė rimtas ekologines problemas.

V. Stravinskienė (2003) teigia, kad fosforas yra svarbus biogenas fotosintezėi, medžiagų bei energijos apykaitai ir, kuris dalyvauja nukleorūgščių (RNR ir DNR) sintezėje, įeinantis į ląstelių membranų fosfolipidų sudėtį. Sveiko augalo sausoje masėje yra apie 0,25 % fosforo. Trūkstant fosforo augalai nustoja augę, jų ūgliai plonėja ir trumpėja, šoniniai pumpurai apmiršta ir visai neišsprogsta, lapų galai parausta, paruduoja, vaisiai bręsta lėtai, pakinta jų forma. Fosforas yra labai svarbus augalų vegetacijai. Tai augimą reguliuojantis elementas. Pavasarį pumpuruose padidėjęs fosforo kiekis skatina gyvybinius procesus. Augalų poreikiai P patenkinami tręšiant dirvožemius neorganiniais fosforo junginiais. Fosforo apytakos ciklas pateiktas 1.2 paveiksle.



1.2 pav. Fosforo ciklas (Almaweri and Salens 2000).

Laisvo fosforo gamtoje neaptinkama, nes cheminiu požiūriu jis yra labai aktyvus elementas. Žemės plutoje P yra vienas labiausiai paplitusių biogeninių elementų ir sudaro apie 0,009 % jos masės.

Gyvūnai naudoja augaluose sukauptus organinius fosfatus, o augalai naudoja neorganinius. Neorganinis fosforas į ciklą įtraukiamas per fosfato joną (PO_4^{3-}). Fosfatai tampa augalams prieinami dūlėjant dirvadarinei uolienai ir vykstant išplovimui. Fosfatai blogai tirpsta, todėl jų dalis nuolat iškrenta iš ciklo. Šiame P cikle nėra dujinės fazės.

Fosforo apytaka vyksta greitai. Sausumos augaluose dalis fosfatų išlieka 15 – 20 d. dėl vidinės fosforo apytakos metu susidarančių junginių, kurie po trumpesnio ar ilgesnio laiko suyra. Gyvuosiuose organizmuose didžioji dalis P yra fosfatų, dažniausiai kalcio fosfato pavidalu, o likusioji dalis – kaip neorganinės molekulės ir organiniai junginiai.

Dauguma fosfatų iš apytakos ciklo prarandami dėl nusėdimo. Su Al, Ca, Fe, Mg katijonais fosforas sudaro netirpius junginius. Jūrose fosforo nusėdimą lemia intensyviai vykstantys denitrifikacijos procesai (Stravinskienė 2003).

Fosfatai nutekamuosiuose vandenyse sudaro fosforui atskilus iš organinių junginių.

Fosforo atsinaujinimas yra greitas, todėl jo atsargų pakanka. Ypač greitai fosforo apytaka vyksta vandens ekosistemose, kur didžiąją dalį fosfatų regeneruoja pirmuonys ir maži vienaląsčiai organizmai. Remiantis Riglerio (1964) duomenimis, fosforo atsinaujinimas gėluose vandenyse yra tik „minučių reikalas“. Jūrose tai gali trukti 1 – 56 val. Vasarą atsinaujinimas vyksta greičiau negu žiemą. Žiemą fosforo atsinaujinimo laikas jūrose (30 – 196 val.) ir ežeruose (13 – 166 val.) mažai skiriasi. Sausumoje fosforas atsinaujina per 200 m.

1.2.2. Buitinių nuotekų užterštumas azoto junginiais

Nutekamieji vandenys sudaro kiekvieną dieną, žmogui atliekant kasdieninius darbus. Nuotekos, susidarančios gyvenamuosiuose kvartaluose, vadinamos buitinėmis nuotekomis (Porteous 2000). Prie buitinių nuotekų priskiriamos ir nuotekos, kurios sudaro naudojant vandenį įmonių, įstaigų, organizacijų darbuotojų buitiniams poreikiams, tačiau jeigu jos surenkamos ir išleidžiamos atskirai nuo kitų objekte susidarančių nuotekų (Ademoroti *et al.* 2011).

C. M. A. Ademorotis ir kiti (2011) autoriai savo straipsnyje teigia, kad buitinės nuotekos yra mišinys, kurį sudaro vanduo, organinės ir neorganinės medžiagos bei mikroorganizmai. Baltymai ir angliavandeniai sudaro 90,0 % organinių medžiagų, esančių buitinėse nuotekose.

Buitinėse nuotekose yra daug stambių neištirpusių nešmenų: maisto likučių, daržovių, smėlio, fekalijų, mineralinės ir organinės kilmės teršalų tirpioje, koloidinėje ar netirpioje būsenoje, taip pat įvairių bakterijų, o tarp jų ir patogeninių, kurios yra itin pavojingos iš sanitarinės pusės. Buitinių nuotekų užterštumas priklauso nuo jų praskiedimo vandentiekio vandeniu: kuo daugiau vienas

nuotakyno vartotojas išnaudoja vandens, tuo mažesnė bus nuotekų užterštumų koncentracija (LAND 21-01).

Nuotekų užterštumas gali ženkliai padidėti dėl į nuotekas patenkančių cheminių medžiagų: ploviklių, dezinfektorių, taip pat šalinant virtuvės atliekas į buitines nuotekas arba labai taupant vandenį.

Azotas yra svarbus elementas nuotekų valymo procese, nes jis yra maistinė medžiaga bakterijoms, kurios veikia biologinio nuotekų valymo metu. Viena grupė, turinčių azoto junginių, yra baltymai bei jo skilimo produktas – amino rūgštys.

Kitas organinio azoto šaltinis, randamas buitinėse nuotekose, yra žmonių išskiriamas šlapalas. Šlapalas greitai skyla į amoniaką. Amoniakas – neorganinio azoto junginys, kuris turi keletą šaltinių – žmonės, jų šalinamo produkto – šlapalo skilimo produktas bei išsiskiria skylant baltymams (Other Compounds...2013). Baltymai sudaro didelę dalį organinio azoto. Baltymuose yra apie 16 % azoto. Baltymai suardomi į polipeptidus, o vėliau į amino rūgštis, riebiąsias rūgštis, azoto junginius, fosfatus ir sulfidus. Baltymai ir karbamidas yra pagrindinis azoto nuotekose šaltinis. Natūraliomis sąlygomis karbamidas skyla į amoniaką ir nitratus (Westgate *et al.* 2007). Nuotekos yra vienas iš nitratų tiekimo šaltinių į natūralius vandens telkinius. Apdorotos nuotekos iš įprastinių veikliojo dumblo nuotekų valymo įrenginių su nitrifikacija paprastai turi dideles nitratų koncentracijas, tačiau mažai organinių medžiagų (Chang *et al.* 2013).

Taigi azoto junginių pagrindiniai šaltiniai buitinėse nuotekose yra: buityje naudojamos valymo priemonės, kosmetikos priemonės, gydomieji šampūnai, vaistai ir įvairūs tepalai, maisto produktai, išmatos ir šlapimas (Gozukara *et al.* 2010).

Nors azotas yra svarbi maistinė medžiaga gyviesiems organizmams, tačiau per dideli jo kiekiai gali būti toksiški. Didesnė azoto koncentracija buitinėse nuotekose tampa labai reikšmingu teršalu. Jis (daugiausia amoniako pavidalu) nuotekose gali sukelti eutrofikaciją ir gali turėti toksinį poveikį įvairioms vandens rūšims, amoniako ir amonio jonai gali sukelti nepageidaujamus kvapus ir įvairias ligas (Luob *et al.* 2011).

Paprastai nuotekose bendrojo azoto (N_b) kiekiai siekia nuo 20 iki 85 mg/l. Namų ūkyje daugiau nei 85 % azoto susidaro iš **juodojo vandens**, kur N_b koncentracija svyruoja nuo 130 iki 180 mg/l (Gozukara *et al.* 2010). Azotas nuotekose būna tirpioje ir netirpioje būsenoje, mineralinėje ir organinėje formose. Nevalytose nuotekose mineralinis azotas sudaro apie 75 % azoto. Amonio azotas sudaro 95 % mineralinio azoto nevalytose nuotekose, kurių pH 7 – 8,5 (Dzakpasu 2011).

Amoniakas – tai azoto sudedamasis komponentas, vadinamas amoniakiniu azotu, kuris yra priimtas kaip rodiklis nustatant taršą srutomis. Kita bendrojo azoto sudedamoji dalis yra organinis azotas, nitratai ir nitritai. Tai natūralus produktas, susidaręs skylant organinio azoto junginiams ir

yra vienas iš daugelio teršalų vandens tiekime. Amoniakinis azotas (NH_3) yra labai tirpus vandenyje, reaguoja su vandeniu. Bendro azoto (N_b) kiekis buitinėse nuotekose sudaro apie 15 % – 20 % BDS₅.

Vidutinio užterštumo buitinių nuotekų sudėtis, įvertinant azotą ir jo sudedamąsias dalis yra: bendras azotas 35 mg/l, kjeldalio azotas 35 mg/l, amoniakinis azotas 25 mg/l, organinis azotas 10 mg/l, nitratai 0 mg/l ir nitritai 0 mg/l (Sewerage facts 2013).

Mokslininkai (Gu *et al.* 2010) nustatė tradicinius buitinių nuotekų cheminius parametrus, kurie yra: bendras azotas (N_b) 50 – 70 mg/l, ištirpusi organinė anglis 22,1 – 56,2 mg/l, bendroji organinė anglis 50,3 – 139 mg/l, visuminis ChDS 204 – 440 mg/l, tirpus ChDS 108 – 372 mg/l.

N. Ashboltas ir kiti (2015) mokslininkai teigia, kad didelę įtaką buitinių nuotekų taršai azoto junginiais turi septinių sistemų naudojimas.

Taigi azoto kiekiai nuotekose turi būti normuojami, kadangi šie organiniai junginiai gali sukelti neigiamą poveikį aplinkai.

1.2.3. Buitinių nuotekų užterštumas fosforo junginiais

Bendros fosforo formos nuotekose yra ortofosfatų (PO_4^{3-}), polifosfatų (fosforo rūšties polimerai) ir organinių kryptųjų fosfatai. Ortofosfatai susidaro vykstant natūraliems procesams ir yra randami nuotekose. Šiuos fosfatus lengvai pasisavina vandens mikroorganizmai. Polifosfatai randami cheminiuose plovikliuose. Organiniai fosfatai paprastai atsiranda iš organinių pesticidų, kurių sudėtyje yra fosfatų. Biologinės oksidacijos metu didžioji dalis fosforo virsta į ortofosfatus (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}). Tam įtakos turi nuotekų pH, temperatūra bei bakterijos, kurios išskiria fermentus (Hammer 2001; Santacroce 2002).

Fosforas yra vienas iš žymiausių vandens sistemos makroelementų, kuris gali veikti kaip maistingosios medžiagos apribojant arba sukeliant dumblių dauginimąsi. Tai esminis elementas augalų gyvenime, tačiau pernelyg didelis dumblių produkcijos kiekis gali sukelti eutrofikaciją, deguonies trūkumą (El-Shafeib *et al.* 2014; Phosphorus and...2014; Gozukara *et al.* 2010). Todėl yra pageidautina, kad nuotekos būtų valomos nuo fosforo junginių ir tik tada išleidžiamos į gamtinę aplinką. Fosforo junginių pašalinimas arba jų kiekių sumažinimas yra privalomas, tačiau daugelyje šalių ne visada to laikomasi.

Nuotekose fosforas paprastai yra tirpioje būsenoje. Tik 15 % bendrojo fosforo galima pašalinti pirminės sedimentacijos metu (be metalo druskų). Dėl to tradicinis fosforo šalinimo metodas yra pagrįstas tirpaus fosforo „pervedimu“ į kietą fazę ir kietos medžiagos atskyrimu iš

skysčio. Tirpaus fosforo „pervedimas“ į kietą būseną gali būti atliekamas ne tik cheminiu, bet ir biologiniu būdu bei jonų mainais (El-Shafeib *et al.* 2014).

Natūraliomis sąlygomis fosforo gamtoje (ežeruose, upeliuose) yra mažai (Phosphorus in... 2014). Biologinis fosforas – tai fosforas, sujungtas su biomase elemento augimui. Ortofosfatai ir polifosfatai gali būti pašalinti biologiškai ar cheminiais procesais. Ortofosfatas yra gausiausia fosforo rūšis ir gali būti pašalintas iš nuotekų biologiškai arba cheminėmis nuosėdomis. Biologinis fosforo pašalinimas yra siūlomas kaip alternatyva cheminiam nuotekų apdorojimui (Hammer 2001). Biologinis fosforo pašalinimas yra pagrįstas veikliajame dumble esančių organizmų gebėjimu sumažinti šių junginių kiekį nuotekose. Būtent fosforas yra šių mikroorganizmų maistinė medžiaga, kuris reikalingas organizmų augimui (El-Shafeib *et al.* 2014).

Pagrindiniai fosforo taršos šaltiniai buitinėse nuotekose yra buityje naudojamos cheminės valymo priemonės, kosmetikos priemonės, gydomieji šampūnai, maisto produktai, išmatos ir šlapimas (Gozukara *et al.* 2010; Santacrose 2002).

Nuotekos iš buitinių nuotekų valymo įrenginių turi tam tikras likutines fosforo koncentracijas ir tai gali turėti neigiamą poveikį aplinkai (Blais *et al.* 2012). Taigi, norint pagerinti fosforo junginių padarinius, būtina mažinti jų kiekius nuotekose.

1.2.4. Buitinių nuotekų užterštumas kitais junginiais

Buitinių nuotekų užterštumo pagrindiniai rodikliai yra biocheminis deguonies suvartojimas (BDS_5 , BDS_7 , BDS_n) ir skendinčiosios medžiagos (SM). Be šių rodiklių, aktualūs yra ir kiti – tai cheminis deguonies suvartojimas ($ChDS$), bendras azotas (N_b), bendras fosforas (P_b) ir kiti (Radzevičius *ir kt.* 2008; Nuotekų tvarkymo...2006).

Biocheminis deguonies suvartojimas yra susijęs su medžiagos, kuri gali būti biochemiškai oksiduojama, kiekiu (Taršos integruota...2004). BDS_5 yra nuotekų užterštumo organinėmis medžiagomis rodiklis. Tai dažniausiai naudojamas rodiklis, norint įvertinti nuotekų kokybę, kuris parodo deguonies kiekį biocheminiam lengvai skylančių organinių teršalų oksidavimui per 5 paras atlikti (Boukabache *et al.* 2014).

Organinės medžiagos yra pagrindinis teršalas nuotekose. Be organinių teršalų nuotekose aptinkama ir mineralinių bei bakteriniai-biologiniai teršalai.

Organinės kilmės teršalai skirstomi:

- augalinės kilmės (augalų, daržovių, žolių likučiai, popierius, augaliniai aliejai ir kt., į kurių sudėtį įeina pagrindinis cheminis elementas anglis (C);

- gyvulinės kilmės – fiziologinės žmonių ir gyvulių išskyros, gyvulių audinių likučiai, organiniai rūgščių tirpalai, riebalinės atliekos ir kt., į kurių sudėtį įeina pagrindinis cheminis elementas azotas (N) (Radzevičius *ir kt.* 2008).

Mineralinius teršalus sudaro smėlis, molis, rūdos dalelės, šlakai, ištirpusios vandenyje druskos, rūgščių tirpalai, geležis, kalcis ir kitos neorganinės medžiagos. Mineralinius teršalus būtina šalinti dėl jų abrazyvinių savybių ir svorio, kurie kenkia siurbliams bei vamzdžiams.

Bakteriniai-biologiniai teršalai – tai gyvi mikroorganizmai, tokie kaip pelėsiniai grybeliai, mielės, įvairios bakterijos. Dalis tokių bakterijų yra patogeninės, galinčios sukelti įvairius infekcinius žarnyno susirgimus. Šie teršalai būdingi buitiniams ir gamybinėms nuotekoms, susidarantioms perdirbant augalinės ir gyvulinės kilmės žaliavą: odas, vilną, mėsą, daržoves (Radzevičius *ir kt.* 2008).

Cheminis deguonies suvartojimas (ChDS) nuotekose yra išmatuojamas kaip atitinkamas deguonies sunaudojimas dėl oksidavimo bichromatu (ChDS_{Cr}) (Taršos integrata...2004). Tai vienas iš parametrų, palaikantis normalią ekologinę situaciją vandens telkiniuose. Jis rodo reikiamą deguonis kiekį, cheminiam lengvai skylančių organinių teršalų oksidavimui (jį rodo ir BDS₅) bei biocheminiu būdu sunkiai oksiduojamų arba visai neoksiduojamų organinių medžiagų kiekį (Hockridge *et al.* 2005).

Skendinčios medžiagos – tai suspenduotos dalelės (mineralinės ir organinės), kurios gali nusėsti stovinčiame vandenyje. Jos sudarytos iš smulkių pluošto fragmentų, užpildų, smulkių dalelių, nenusistovėjusio biologinio dumblo (mikroorganizmų aglomeracija), bei kitų mažesnių nei 1 µm dydžio dalelių. Mažiausios iš šių dalelių, prilygstančios koloidų dalelių dydžiui (< 0,4 µm), nusėda labai lėtai normaliomis sąlygomis (Taršos integrata...2004).

Buitinių nuotekų uterštumas azoto bei fosforo junginiais aptarti 1.2.2 ir 1.2.3 poskyriuose.

1.2.5. Azoto ir fosforo junginių poveikis vandenims ir žmonių sveikatai

Azotas yra svarbus gamtos elementas, tačiau didesni jo kiekiai gali būti toksiški ir sukelti neigiamą poveikį vandens šaltiniams bei juose gyvenantiems organizmams.

Nuotekų srautas, susidarantis mažuose kaimeliuose ar individuliuose namuose ir kurių sudėtyje yra azoto (N) bei fosforo (P), yra paviršinio ir požeminio vandens taršos šaltinis (Alonso and Camargo 2006). Jau senai yra pripažįstama, kad nitratai gali užteršti gruntinį vandenį, kai nuotekos valomos dirvožemio infiltracijos sistemomis. NO₃-N yra itin mobilus teršalas, kuris kelia grėsmę žmonių sveikatai, geriant vandenį iš užterštų šulinių (Metcalf and Eddy 2003). Nitratų toksinis poveikis žmogui atsiranda organizme jiems virstant į nitritus. Šie kraujo hemoglobina

paverčia į methemoglobina, galintį sukelti mirtį dėl vidinio deguonies bado. Vandenyje esantys nitratai ir nitritai visiems žmonėms didina vėžio riziką (Nitratais užterštas...2012).

Perteklinis azotas turi žalingą poveikį žmonių sveikatai ir ekologinėms funkcijoms, įskaitant ir gyvosios gamtos įvairovės mažinimą, tiek vandens, tiek sausumos sistemose (Howarth and Tartowski 2013).

A. J. Goldo ir kitų (2010) autorių straipsnyje teigiama, kad decentralizuotos arba vietinės nuotekų valymo sistemos jau seniai yra laikomos kaip pagrindinis šaltinis azoto patekimui į paviršinius ir gruntinius vandenis, todėl daugelyje reguliavimo institucijų buvo paskelbti bendro azoto (N_b) nuotekų valymo standartai.

Nuotekose esantis amonio azotas (NH_4-N) turi neigiamą poveikį hidrosferos aplinkai, nes pagreitina vandens telkinių eutrofikaciją ir yra toksiškas. Eutrofikacija – tai svarbus veiksnys, turintis įtakos vandens išteklių kokybei ir tai tapo pasauline problema, kurią patiria ne tik išsivysčiusios šalys, bet ir besivystančios šalys. Todėl reikia skubiai sumažinti eutrofikacijos galimybę ežeruose, tvenkiniuose bei upėse. Eutrofikacija yra lėtas, natūralus maistinių medžiagų sodrinimo procesas upeliuose ir ežeruose, ir yra atsakingas už tvenkinių, ežerų ir rezervuarų „senėjimą“. Pernelyg daug maistinių medžiagų, ypač azoto ir fosforo, gali pagreitinti eutrofikacijos procesą. Staigus dumblių augimas sumažina ištirpusio deguonies kiekį vandenyje. Ši sąlyga paprastai sukelia žuvų mirtį, nemalonius kvapus bei sumažina patrauklumą rekreacijai ir kitoms viešosioms reikmėms vandeniui (Nitrogen Management...2014).

Didesni kaip 10 – 15 mg/l bendrojo azoto kiekiai valytose nuotekose yra žalingi vandens telkiniams (Mažų nuotekų...2003). Azotas yra toksiškas tik tuo atveju, jei jo kiekiai nuotekose yra per dideli. Neigiamo poveikio sumažinimui, būtina reguliuoti azoto kiekį išvalytose nuotekose iki tokio kiekio, kuris nekenktų nei vandens šaltiniams, nei žmogui ar kitiems organizmams.

Fosfatai yra nepakeičiamas elementas žmonėms bei visiems kitiems gyviesiems organizmams, kuris yra svarbus kaulams, dantims ir t.t. Fosfatai naudojami ir maiste (Phosphates: a good...2007). Fosforas taip pat yra būtinas žemės ūkyje kaip trąša augalams (Sims and Vadas 2014). Tačiau apie neigiamą fosfatų įtaką žmogaus organizmui kalbos kyla vis dažniau: gausus šios medžiagos kiekis gali pakenkti ne tik inkstų ligomis sergantiems, bet ir sveikiems žmonėms. Organizme besikaupiančios fosfatų druskos slopina organizmo galimybes išvalyti kūną nuo jų pačių, o tai ilgainiui išsivysto į kraujagyslių ir širdies veiklos sutrikimus, kurie gali privesti prie neigiamų padarinių sveikatai – padidėjusio insulto ir infarkto tikimybės (Fosfatai: į ką...2014).

Aplinkai per dideli fosforo junginių kiekiai (kaip ir azoto) sukelia dumblių augimą, eutrofikaciją ir deguonies išsekvojimą vandens telkiniuose (Gozukara *et al.* 2010).

1.2.6. Azoto ir fosforo junginių šalinimas iš valomų nuotekų

Azoto ir fosforo tarša yra pagrindinis veiksnys, sukeliantis dumblių žydėjimą paviršiniuose vandenyse (Deportoli *et al.* 2015), todėl biogeninių medžiagų pašalinimas iš nuotekų yra viena iš svarbiausių priemonių sumažinti eutrofikaciją vandens telkiniuose.

Neorganinės azoto formos yra daug mobilesnes nei neorganinio fosforo, jos taip stipriai nesisorbuoja į mažas daleles, todėl iš vandens terpės nepasišalina. Organiniai azoto junginiai vandenyje yra suspenduotų medžiagų, koloidų ir ištirpusių molekulių pavidalo (Balaguer *et al.* 2011).

Azoto junginiai nuotekose gali būti efektyviai pašalinti tik biologiniais metodais (Guo *et al.* 2008), kur normaliai mikroorganizmų gyvybinei veiklai palaikyti reikalingas tam tikras biogeninių medžiagų kiekis. Pasak mokslininko A. Mittalo (2011) biologinis nuotekų valymas yra svarbus etapas ir neatsiejamas nuo biologinių nuotekų valymo įrenginių, kurie „gydo“ nuotekas. Didėjantis dėmesys biologiniam azoto šalinimui buvo palanki priemonė griežtesnių azoto kriterijų nuotekose nustatymui esamiems ir naujiems valymo įrenginiams. Daugeliu atveju biologinis azoto pašalinimas yra ekonomiškai būdas sumažinti azoto junginių koncentraciją nuotekose (Peng and Zhu 2006).

Biologinis azoto šalinimas iš nuotekų yra pagrįstas nitrifikacijos ir denitrifikacijos procesais. Tačiau labai dažnai organinės anglies ir azoto santykis (C/N) nuotekose yra per mažas, kad būtų užtikrintas veiksmingas azoto šalinimas, todėl būtina naudoti išorinį anglies šaltinį, kas padeda pasiekti leistiną bendrojo azoto koncentraciją, tačiau visa tai didina išlaidas. Nors didžiausias sąnaudas sudaro aeracija, kuri reikalinga nitrifikacijai vykti (Balaguer *et al.* 2011).

Mokslininkų M. Pello ir A. Wörmanno (2013) straipsnyje rašoma, kad dabartiniais laikais nuotekų valymas tikriausiai labiau orientuotas šalinti azotą ir fosforą, nei patogenus, nes būtent šie elementai prisideda prie eutrofikacijos ir natūralių vandens ekosistemų būklės pablogėjimo.

Azoto pašalinimas iš nuotekų yra sudėtingas procesas, net ir dideliuose nuotekų valymo įrenginiuose. Azoto pašalinimo kokybės kontrolę atskirose vietinėse sistemose dar sunkiau valdyti. Dažniausiai naudojamos valymo sistemos užtikrina gana efektyvų BDS₅ ir kietųjų dalelių pašalinimą, tačiau azoto pašalinimas siekia tik 10 – 30 %. Dauguma azoto yra išleidžiama nitratų (NO₃⁻) forma, kuris yra labai mobilus dirvožemyje (Nitrogen reducing...2005).

L. Gillbergas ir kt. (2003) autoriai teigia, kad fosforas iš nuotekų gali būti pašalinamas cheminiu ir biologiniu metodais arba abiejų (biologinis-cheminis) procesų deriniu (Bashan *et al.* 2004).

Biologinis fosforo pašalinimas paremtas veikliojo dumblo procesais, kuris buvo sukurtas kaip alternatyva cheminiam fosforo šalinimui (Bashan *et al.* 2004). Pagrindiniai „veikėjai“ biologiniame

nuotekų valyme yra polifosfatus kaupiantys (PK) organizmai (Gillberg *et al.* 2003). Taigi biologinis fosforo šalinimas pagrįstas šiais pagrindiniais principais:

- anaerobinėmis sąlygomis PK organizmai iš nuotekų pasisavina nesudėtingas lakiąsias karboksirūgštis (LKR), kaip pavyzdžiui, acto rūgštis. Šios rūgštys PK organizmuose esti organinių polimerų, kaip polihidroksisviesto rūgštis (PHS), pavidalo. Kadangi anaerobinėmis sąlygomis energijos susidarymas yra ribotas, energija, būtina angliai įsisavinti bei kaupti, gaunama iš anksčiau (ne anaerobinėmis sąlygomis) PK organizmuose sukauptų polifosfatų. Vykstant polifosfatų hidrolizei atsiskiria laisvieji ortofosfatai. Tokiu būdu ortofosfatų koncentracija anaerobinėje zonoje padidėja.

- aerobinėmis sąlygomis PK organizmai saugomus organinius polimerus (PHS) metabolizuoja, kurie būtini augimui. Tuo tarpu vyksta aplinkoje esančių ortofosfatų pakartotinis sintetinimas į polifosfatus, šie kaupiasi PK organizmuose. Taip susidaro perteklinė energija, o ortofosfatų koncentracija aeracinėje zonoje sumažėja.

Biologinis fosforo šalinimas veikliojo dumblo sistemoje yra ekonomiškai fosforo šalinimo iš nuotekų būdas, tačiau tam turi įtakos keletas veiksnių, kuriuos reikia įvertinti, norint užtikrinti efektyvų biologinį fosforo šalinimą. Vienas iš jų, kuris netiesiogiai veikia biologinį fosforo šalinimą, yra nuotekų temperatūra. Maždaug prieš 20 metų mokslininkai nustatė, kad biologinis fosforo šalinimas efektyvesnis aukštesnėje temperatūroje. Laboratoriniais tyrimais buvo nustatyta, kad fosforo šalinimas efektyvesnis, kai nuotekų temperatūra 40 °C, o esant – 5 °C ženkliai sumažėjo. Tačiau kita mokslininkų dalis nustatė, kad fosforas biologiškai šalinamas efektyviau žemesnėje nuotekų temperatūroje. Esant žemesnei nei 10 °C nuotekų temperatūrai, bendrojo fosforo koncentracija valytose nuotekose siekė mažiau nei 0,3 mg/l. Temperatūros poveikis biologiniam fosforo šalinimui pasaulyje pradėtas tyrinėti visai neseniai, todėl dar daug lieka neatsakytų klausimų (Vabolienė 2007).

Kitas veiksnys, turintis įtakos fosforo šalinimui, yra organinių medžiagų kiekis nuotekose. Fosforo šalinimas efektyvus, jei yra pakankamai organinių fermentacijos produktų, reikalingų PK organizmams.

Biologiniam fosforo šalinimui neigiamos įtakos turi ir su apytakiniu veikliuoju dumblo į anaerobinę zoną patenkantys nitratai, kuriems denitrifikuoti naudojamos LKR, kad jas galėtų pasisavinti PK organizmai. Taigi fosforo šalinimo efektyvumas mažėja. Nustatyta, kad fosforo šalinimas vyksta efektyviai, kai nitratų koncentracija ištakyje neviršija 2 mg/l.

Siekiant fosforą šalinti efektyviai, reikia žinoti optimalią nuotekų ir aktyviojo dumblo mišinio išbuvimo anaerobinėje kameroje trukmę. Jei anaerobinio sąlyčio trukmė per trumpa, polifosfatus kaupiantys (PK) organizmai nespėja pasisavinti visų nuotekose esančių lengvai biologiškai

skaidomų organinių teršalų. Jeigu ši trukmė per ilgą, gali sutrikti polifosfatų kaupimasis PK organizmuose, nes anaerobinėmis sąlygomis jie ima išskirti fosfatus nepasisavindami lengvai biologiškai skaidomų organinių teršalų (Dauknys *ir kt.* 2001).

Nuotekos biologiškai gali būti valomos biofiltruose, biodiskuose, aerotankuose, biologiniuose tvenkiniuose, laistymo ir filtravimo laukuose. Straipsnio autorius H. Woutersas (2002) teigia, kad biofiltrai labai tinkami galutiniam azoto, fosforo, BDS₅, suspenduotų medžiagų pašalinimui iš nuotekų. Autorius rašo, kad naudojant biofiltrą azoto suspenduotų medžiagų sumažėja atitinkamai iki 1 – 4 mg/l ir 2 – 4 mg/l.

Cheminiis fosforo pašalinimas remiasi tirpaus fosforo pervedimu į netirpų, įterpiant į nuotekas metalo druskas. Susidaręs netirpus fosforas pašalinamas nusodinimo arba filtravimo būdais (Chemical Phosphorous...2014).

Naudojant abu metodus (cheminį ir biologinį) gali būti pasiekiamas 80 – 90 % išvalymas, tačiau bendrojo fosforo šalinimo efektyvumas priklauso nuo klimato sąlygų bei nuotekų prigimtės (Arundel 2000). Individuliuose valymo įrenginiuose fosforo kiekis svyruoja 0,65 – 4,8 g/žm.d, vidutiniškai 2,18 g/žm.d (Phosphorous removal...2005).

1.3. Norminiai reikalavimai mažų nuotekų kiekių tvarkymui

Nuotekų išleidimas į aplinką gali būti vykdomas tik per teisės aktų nustatyta tvarka įteisintą išleistuvą ir tik po to, kai nustatyta tvarka patvirtinamos nuotekų išleidimo į aplinką sąlygos (Nuotekų tvarkymo...2006).

Renkantis nuotekų tvarkymo sąlygas, tokias kaip tvarkymo būdą, išvalymo efektyvumą, išleidimo vietą, sprendimas turi būti priimamas vadovaujantis šiais kriterijais: pagal numatomą poveikį, pagal sistemos tipą ir pagal išvalytų nuotekų išleidimo vietą.

Individualus nuotekų tvarkymas gali būti taikomas, kai gyvenamosios teritorijos nepatenka į viešojo vandens tiekimo teritorijas.

Taigi individualios nuotekų tvarkymo sistemos gali būti įrengiamos šiais atvejais:

1. pavieniams objektams, esantiems mažesnėse kaip dešimties objektų grupėse;
2. pavieniams objektams ir objektams, esantiems dešimties objektų ir didesnėse grupėse, kuriose objektai išsidėstę taip, kad įrengiant grupines arba bendrąsias nuotekų tvarkymo sistemas vienam GE reikėtų įrengti daugiau kaip po 15 m lauko tinklų ir vidutinis atstumas tarp įvadų būtų didesnis kaip 45 m;
3. nuotekų kaupimo rezervuarus galima įrengti remiantis 1 ir 2 punkto reikalavimais, kai nėra galimybių pagal reikalavimus įrengti nuotekų valymo įrenginius ir išleisti nuotekas į aplinką:

kai nepakanka teritorijos valymo įrenginiams įrengti bei, kai nėra tinkamo nuotekų priimtovo (paviršinio vandens telkinio) ir kai negalima nuotekų infiltruoti į gruntą (Vilniaus rajono...2011).

Išlaidos tvarkyti mažus nuotekų kiekius yra didelės, neproporcingos nuotekų kiekiui ir jų taršos krūviui. Tai ir lemia būtinumą mažų nuotekų kiekių tvarkymą išskirti į atskirą kategoriją, reikalaujančią specifinių sprendimų, iš esmės skirtingų nuo taikomų ir tinkamų vidutiniams arba dideliems nuotekų kiekiams tvarkyti (Mažų nuotekų...2003).

Nustatant nuotekų išleidimo į aplinką sąlygas, turi būti vadovujamasi šiais pagrindiniais principais:

- negali būti viršijamos Nuotekų Tvarkymo Reglamente bei kituose teisės aktuose nustatytos teršalų DLK nuotekose bei ribinės koncentracijos nurodytos konkrečiai veiklos rūšiai parengtame „Geriausių prieinamų gamybos būdų“ informaciniame dokumente (jeigu yra parengtas bei privalomas taikyti pagal kitus teisės aktus), išskyrus Reglamente numatytas išimtis;
- negali būti viršijamas leistinas poveikis nuotekų priimtuvui, t. y. išleidžiamos nuotekos neturi paveikti priimančio vandens telkinio tiek, kad jame būtų viršytos DLK arba tiek, kad būtų užkirstas kelias pasiekti DLK ir kitus priimtuvui nustatytus vandensaugos tikslus. (Nuotekų tvarkymo...2006)

Į gamtinę aplinką išleidžiamos nuotekos turi atitikti 1.1 lentelėje nurodytas sąlygas.

1.1 lentelė. Bendrieji reikalavimai į gamtinę aplinką išleidžiamoms nuotekoms (Nuotekų tvarkymo... 2006).

Parametras	Matavimo vienetas	Ribinė vertė
Maksimali temperatūra	°C	ne didesnė kaip 30
pH		6,5–8,5
Mineralizacija	g / l	ne didesnė kaip 2
Nuotekų, praskiestų 3 kartus, kvapas negali būti stipresnis kaip	balai	2
Nuotekų, praskiestų 3 kartus, skaidrumas negali būti mažesnis kaip	cm	20
Nuotekos negali būti toksiškos		

Remiantis 1.1 lentele matoma, kad labai svarbu, jog nuotekos nebūtų toksiškos. Į gamtinę aplinką negali būti išleidžiami nuodingieji bei pavojingi teršalai, kurių reikšmės nurodytos teisės aktuose. Kitu atveju nuotekos jokių būdu negali būti išleidžiamos į gamtinę aplinką, nes gali sukelti neigiamus padarinius.

Lietuvoje į gamtinę aplinką išleidžiamų buitinių ir komunalinių nuotekų užterštumas yra normuojamas dokumentu – „Nuotekų tvarkymo reglamentas“, Nr. D1-236. Mažoms valykloms (iki 5 m³/d) šiame dokumente reglamentuojamas tik BDS₅, kai nuotekos išleidžiamos į paviršinius vandens telkinius. Mažų buitinių ir komunalinių nuotekų kiekių išleidimas į gamtinę aplinką negali viršyti 1.2 lentelėje nurodytų didžiausių leidžiamų koncentracijų.

1.2 lentelė. Į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normos (Nuotekų tvarkymo...2006).

Parametrai	Vidutinė metinė koncentracija, mg/l	Didžiausia momentinė koncentracija, mg/l
BDS₅ iki 5 m³/d	30/35	50/58
BDS₅ nuo 5 m³/d iki 2000 EGS	25/29	40/46
Bendras azotas	20	-
Bendras fosforas	2	-
ChDS	Nenormuojama	
Skendinčios medžiagos	Nenormuojama	

Mažiams nuotekų kiekiam (iki 5 m³/d) ChDS, SM, N_b ir P_b nenormuojami. Tačiau dėl skendinčių medžiagų koncentracijos nustatymo paprastumo ir greito kriterijaus nuotekų išvalymo efektyvumui įvertinti, daugelis laboratorijų vis dar naudoja šį būdą (Kirjanova ir Rimeika 2011).

Mažiams nuotekų kiekiam azoto ir fosforo junginiai nenormuojami, tačiau standartiniu atveju bendro azoto koncentracija valytose nuotekose neturi viršyti 20,0 mg/l. Vertinant jo „giminingą“ teršalą fosforą, jo kiekis nuotekose netūrėtų viršyti 2,0 mg/l.

Įvertinant tai, kad Europos Sąjungos šalių direktyvose, aplinkosaugos dokumentuose numatomas laipsniškas reikalavimų kėlimas valytų nuotekų kokybei, atsižvelgiant į Lietuvai stojant į Europos Sąjungą numatytus teisinius reikalavimus, siūloma nuotekų išvalymo laipsnio vertinimą susisteminti (UAB „Ekosistema“ 2010). Tuo tikslu 2010 metais UAB „Ekosistema“ parengė „Nuotekų ir dumblo tvarkymo mažuosiuose miestuose ir gyvenvietėse metodiką“, kurioje pateikė įvairių pajėgumų valymo įrenginių nuotekų išvalymo laipsnio vertinimą. 1.3 lentelėje pateikiamas susistemintas išvalymo laipsnio vertinimas, kai valymo įrenginiais aptarnaujama iki 50 gyventojų.

1.3 lentelė. Nuotekų išvalymo laipsnio valymo įrenginiais, aptarnaujančiais iki 50 gyventojų, vertinimas (UAB „Ekosistema“ 2010).

Išvalymo laipsnio vertinimas		Valytų nuotekų vidutiniai metiniai rodikliai iki 50 GE						
Žodinis	Balais	BDS ₇ (mg/l)	SM (mg/l)	ChDS (mg/l)	N _b (mg/l)	P _b (mg/l)	Koli indeksas, kolonijų sk./l	Enterkokai, kolonijų sk./l
Švarios upės kokybė	10	2	5	10	2	0,5	10 ⁴	<0
Ypač aukštas	9	5	10	25	15	1,5	10 ⁵	<100
Labai aukštas	8	10	15	50	20	2	10 ⁶	<500
Aukštas	7	15	20	75	30	3	10 ⁷	<2000
Normatyvinis	5	30	30	100	-	-	-	-
Žemas	3	40	80	200	-	-	10 ⁸	>2000
Labai žemas	1	50	100	250	-	-	10 ⁸	>2000
Ypač žemas	0	80	150	300	-	-	10 ⁸	>2000

Nors azoto ir fosforo junginiai, valant mažus nuotekų kiekius, nėra normuojami, tačiau Nuotekų tvarkymo reglamente nurodyta, kad šie junginiai priskiriami kontroliuojamoms medžiagoms, kurių leidžiamos koncentracijos pateiktos reglamento 2 priede „Pavojingų ir kitų kontroliuojamų medžiagų didžiausios leidžiamos koncentracijos (DLK)“, B dalyje esančiame B2 sąraše. Šis reglamentas taikomas, kai valytos nuotekos išleidžiamos į paviršinius vandens telkinius. Taigi, galima daryti išvadas, kad, bet koku atveju, nepaisant išleidžiamų nuotekų kiekių, būtina riboti šių medžiagų išleidimus į aplinką. NTR 2 priedo B2 sąrašo lentelės ištrauka pateikiama šio darbo 1.4 lentelėje.

1.4 lentelė. Ištrauka iš Nuotekų tvarkymo reglamento 2 priedo lentelės (Nuotekų tvarkymo...2006).

Medžiagų grupės pavadinimas	Medžiagos pavadinimas	CAS Nr. ¹	DLK į nuotekų surinkimo sistemą	DLK į gamtinę aplinką	DLK vandens telkinyje-priimtuve	Ribinė koncentracija į nuotekų surinkimo sistemą	Ribinė koncentracija į gamtinę aplinką
B dalis							
Sąrašas B2							
Kitos medžiagos	Bendras azotas		100	30	*	20	12
	Nitritai (NO ₂ -N)/NO ₂		-	0,45/1,5	*	-	0,09/0,3
	Nitratai (NO ₃ -N)/NO ₃		-	23/100	*	-	9/39
	Amonio jonai (NH ₄ -N)/NH ₄		-	5/6,43	*	-	2/2,57
	Bendras fosforas		20	4	*	10	1,6
	Fosfatai (PO ₄ -P)/PO ₄		-	-	*	-	-

Valant mažus buitinių nuotekų kiekius filtravimo įrenginiais, nuotekas paskleidus žemės paviršiuje arba podirviniame, aeracijos zonos sluoksnyje taikomas LR aplinkos ministro įsakymas 2001 m. gegužės 9 d. Nr. 252 „Dėl aplinkosauginių buitinių nuotekų filtravimo įrenginių įrengimo gamtinėmis sąlygomis taisyklių (LAND 21-01) patvirtinimo“. Šiose taisyklėse nurodyta, kad infiltruojant nuotekas į natūralios sanklodos gruntus po pirminio valymo, jų užterštumas neturi viršyti:

- organinėmis medžiagomis (pagal BDS₇) - 150 mg O₂/l, ChDS/BDS₇ < 2, bendruoju azotu - 50 mg/l, bendruoju fosforu - 10 mg/l, riebalais - 25 mg/l, sintetinėmis veikliosiomis paviršiaus medžiagomis (detergentais): anijoninėmis - 5 mg/l, nejoninėmis - 10 mg/l, pH turi būti tarp 6,5 ir 8,5 kaime;
- organinėmis medžiagomis (pagal BDS₇) - 50 mg O₂/l, ChDS/BDS₇ < 2, bendru azotu - 20 mg/l, bendru fosforu - 8 mg/l, riebalais - 25 mg/l, sintetinėmis veikliosiomis paviršiaus medžiagomis (detergentais): anijoninėmis - 3 mg/l, nejoninėmis - 8 mg/l, pH turi būti tarp 6,5 ir 8,5 miesteliuose ir miestuose (LAND 21-01).

2012 metų balandžio 2 d. šios nuotekų filtravimo sistemų įrengimo aplinkosaugos taisyklės buvo pakeistos ir išleista nauja redakcija Nr. D1-281, kuriose nurodyta, kad į natūralios sanklodos gruntus infiltruojamos buitinės ar komunalinės nuotekos turi būti apvalytos ir jų užterštumas negali viršyti 150 mg O₂/l pagal BDS₇. Taigi matoma, kad pakeistose taisyklėse reglamentuojamas tik vienas parametras – BDS₇, kurio užterštumo dydis vienodas, nepaisant to, kur įrengiamos filtracinės sistemos – kaime ar mieste.

Lietuvoje nuotekų valymo įrenginių taikymas (projektavimas, statyba, naudojimas) reglamentuojamas pagal aplinkos ministro 2006 m. rugsėjo 11 d. įsakymą Nr. D1-412 „Dėl nuotekų valymo įrenginių taikymo reglamento patvirtinimo“.

Pastaraisiais metais sparčiai pradėjo plisti mažųjų buitinių nuotekų valymo įrenginių statyba. UAB „August ir Ko“ įmonė, gaminanti mažuosius buitinių nuotekų valymo įrenginius teigia, kad nuo įmonės gyvavimo pradžios iki dabar pagamintų mažųjų valymo įrenginių skaičius siekia apie 10 000 vienetų ir jis vis dar auga. UAB „Traidenis“ teigia, kad jų gaminamųjų mažųjų valymo įrenginių skaičius taip pat yra panašus. Nedidelėse gyvenvietėse arba individualiuose namuose susidaro nedideli nuotekų kiekiai, kuriuose, kaip jau minėta anksčiau, nėra normuojami azoto bei fosforo junginių kiekiai. Tačiau, jeigu tam tikroje teritorijoje individualių buitinių nuotekų valymo įrenginių skaičius padidėtų, o valytos nuotekos būtų išleidžiamos į paviršinius vandenis arba infiltruojamos į gruntą yra nemaža tikimybė, kad didesnės azoto ir fosforo junginių likutinės vertės valytose nuotekose galėtų sukelti neigiamą poveikį paviršiniams vandenims arba gali užteršti

gruntinius vandenį. Todėl likutinės teršalų vertės turi būti normuojamos visais atvejais, nepaisant nuotekų kiekių, kad gamtinė aplinka būtų apsaugota.

1.4. Mažų nuotekų kiekių tvarkymas Europos šalyse

Daugelyje pasaulio šalių yra didelis skaičius namų ūkių, kurie nėra prijungti prie centralizuoto nuotekų tvarkymo sistemos. Ši problema ypač aktuali besivystančiose šalyse, kur centralizuoto vandens tiekimo ir nuotekų šalinimo sistemų paslaugų negauna 25 % miesto gyventojų ir net 82 % kaimo gyventojų (Massoud *et al.* 2009; Mbuligwe *et al.* 2005).

Išsivysčiusiose šalyse namų ūkių, kurie prijungti prie centralizuoto nuotekų tinklo, yra žymiai daugiau, tačiau decentralizuotas nuotekų tvarkymas užima svarbią vietą nuotekų tvarkymo srityje (EPA's Report...2008).

Per pastaruosius dešimtmečius įvyko dideli pokyčiai dėl nuotekų valymo technologijų. Namų ūkiai Europoje vidutiniškai per dieną pagamina 150 litrų buitinių nuotekų. A. Ruokojärvi (2007) teigia, kad šiame nuotekų kiekyje yra 50 g organinių medžiagų, 2,2 g fosforo ir 14 g azoto.

Miesto nuotekų valymo direktyva (91/271/EEB) yra pagrindinis dokumentas, reguliuojantis nuotekų tvarkymą visoje ES teritorijoje. Direktyva įpareigoja valstybes, kad jos užtikrintų visose aglomeracijose miesto nuotekų surinkimo sistemų įrengimą. Kai nuotekų surinkimo sistemų įrengimas nėra pateisinamas dėl menkos naudos aplinkai arba dėl ekonominių sumetimų (sąlyginai didelė kaina) yra naudojamos atskiros individualios sistemos, užtikrinančios tokį pat aplinkos apsaugos lygį.

Europoje nedidelio masto nuotekų valymo įrenginiai turi būti išbandyti ir atitikti Europos standartą CE EN 12566-3.

Vokietijoje, kuri atstovauja didžiausią rinką tokių sistemų Baltijos jūros regione, yra įrengta maždaug 1,8 mln. mažųjų buitinių nuotekų valymo įrenginių (iki 50 GE), nepaisant to, kad net 96 % namų ūkių yra prijungti prie centralizuotos kanalizacijos sistemos ir tik 4 % gyventojų nuotekas valo individualiais nuotekų valymo įrenginiais (Decentralised...2013). M. Gajewska ir kt. (2011) autoriai straipsnyje teigia, kad Vokietijoje septikas yra labiausiai paplitęs įrenginys iš vietinių nuotekų valymo sistemų, kurie sudaro net 47 % (Ganesh *et al.* 2013). Tačiau septikai nėra labai veiksmingi šalinant teršalus. Numatomas bendro fosforo ir bendro azoto pašalinimo efektyvumas septikuose siekia tik 5 – 10 %, organinių medžiagų (BDS₅) – 25 – 35 %, skendinčių medžiagų – 95 %, suspenduotų kietųjų dalelių – 30 – 60 % bei labai mažai sumažina patogenų kiekį nuotekose.

Infiltracijos sistema yra gerai žinoma Norvegijoje. Naudojant infiltraciją į gruntą organinių medžiagų kiekis sumažinamas > 90 %, didelis nitrifikacijos efektyvumas (> 90 %) ir labai gerai

sumažinamas bakterijų kiekis. Taip pat, net 95 % pašalinama fosforo (Ganesh *et al.* 2013). Norvegijoje yra populiarī decentralizuota nuotekų valymo sistema, susidedanti iš septiko, aerobinio vertikalaus biofiltro su besileidžiančia tėkme ir anaerobinio požeminės horizontaliosios tėkmės grunto ir augalų filtro. Šioje sistemoje organiniams teršalams šalinti ir nitrifikacijai skirtas biofiltras, o grunto ir augalų filtre vykdomas fosforo šalinimas (Adam *et al.* 2007).

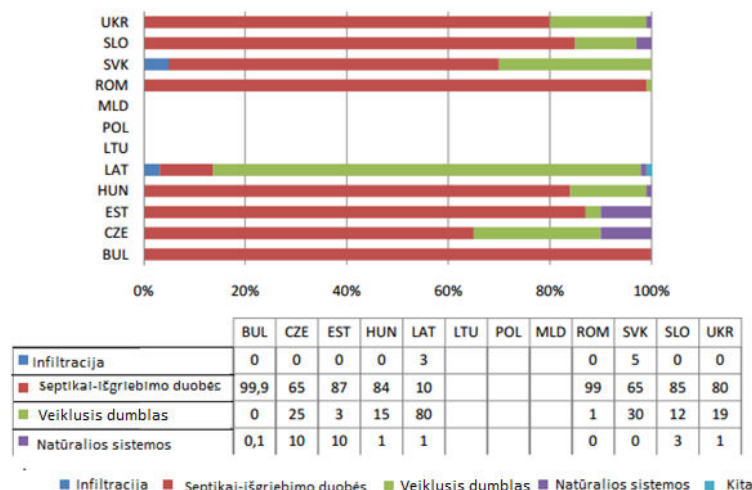
Šiuo metu pasaulyje dauguma decentralizuotų NVĮ yra pajėgūs šalinti iš nuotekų skendinčiąsias ir organines medžiagas, tačiau azoto ir fosforo šalinimas užtikrinamas nedaugeliu atveju (Abegglen *et al.* 2008). Net 61 % bendrojo azoto kiekio, išleidžiamo į aplinką su nuotekomis, sudaro azotas, išleidžiamas su nuotekomis iš decentralizuotų nuotekų valymo sistemų (Oakley *et al.* 2010). Švedijoje apie 1,25 mln. žmonių (10 – 15 % visų gyventojų) naudojami decentralizuota nuotekų valymo sistema, tačiau šių sistemų į aplinką išleidžiamo fosforo kiekis yra didesnis, nei fosforo kiekis, išleidžiamas iš didelių valyklų (Decentralised...2007-2013; Hedstrom 2006). J. P. Gustafsonas ir kiti (2008) autoriai straipsnyje teigia, kad vietiniai įrenginiai turi sumažinti BDS₇ ir fosforo iki 90 %, o azoto 50 % jautrioje zonoje. Kitose sistemos zonoje BDS₇ ir fosforas turi būti sumažinti iki 90 %, o azotas 70 %. Tačiau straipsnio autoriai teigia, kad šiuo metu daugelis vietinių valymo įrenginių neatitinka šių reikalavimų.

Pagrindinės sistemos mažiems nuotekų kiekiams valyti Švedijoje yra mažieji buitinių nuotekų valymo įrenginiai ir infiltracinės sistemos.

Estijoje 15 – 20 % gyventojų nėra prijungti prie centralizuotos kanalizacijos sistemos dėl išsklaidytų kaimo gyvenviečių (Decentralised...2013). Nuo 1996 iki 2010 metų mažose Estijos bendruomenėse buvo labai paplitę biofiltrai. Tai įtakojo mažos eksploatacijos išlaidos bei tai, kad biofiltrai nereikalavo daug priežiūros. Daugelis tokių valymo sistemų buvo suprojektuotos neteisingai ir netinkamai prižiūrimos, todėl nemažai šių sistemų buvo pakeista dėl prasto išvalymo efektyvumo.

Daugelyje kitų Europos Sąjungos šalių, ypač Vidurio ir Rytų Europos, įstojusių per pastaruosius dvejus plėtros etapus 2004 ir 2007 m. kaimo nuotekų valymo sistema yra labai menkai išplėtotą. Centrinėje ir Rytų Europoje apie 30 % žmonių gyvena gyvenvietėse, kuriose yra mažiau nei 2000 gyventojų.

1.3 paveiksle pateikta diagrama, kurioje pavaizduotos vyraujančios decentralizuotos nuotekų tvarkymo sistemos tam tikros valstybės kaimo vietovėse ir mažose gyvenvietėse.



1.3 pav. Decentralizuotos sistemos užsienio valstybėse (GWP CEE...2012).

Kaip matyti 1.3 paveiksle pateiktame grafike bei lentelėje dominuojantys nuotekų valymo įrenginiai beveik visose valstybėse yra septikai bei išgriebimo duobės. Išskyrus Latviją, beveik visose Rytų Europos šalyse šios technologijos sudaro nuo 65 – 99,9 %. Tai nėra išvystytas nuotekų valymo procesas, nes šiomis technologijomis nuotekos nėra pilnai išvalomos, o tik kaupiamos ir paruošiamos apdorojimui. Šiandien, apie 75 % kaimo gyventojų Rytų Europos šalyse naudoja nepilno valymo technologijas (GWP CEE...2012).

Rytų Europos regiono šalyse natūralios nuotekų valymo sistemos naudojamos ribotai. Ilgalaikę ir gerą patirtį naudojant biologinį valymo procesą turi šios šalys: Estija, Čekijos Respublika, Vengrija ir Slovėnija. Kita vertus, yra šalių, kurios be patirties naudoja natūralias nuotekų valymo sistemas, kaip pavyzdžiui Slovakija, Rumunija ir Bulgarija (GWP CEE...2012).

1.5. Individualūs buitinių nuotekų valymo įrenginiai

Nuotekų valymo įrenginių paskirtis – tarnauti žmogui ir nekenkti gamtai (Franklin...2014). Nors decentralizuotos nuotekų valymo technologijos pastaruoju metu plačiai paplitusios visame pasaulyje, tačiau valytų nuotekų kokybė, jos pokyčiai yra mažiau analizuojami, nei nuotekų išleidimas iš centralizuotų nuotekų valymo sistemų (Brooks *et al.* 2013).

Esant mažiems nuotekų kiekiams patogų įrengti decentralizuotą nuotekų tvarkymo sistemą, t.y. kai gyventojams įrengiamos išgriebimo duobės, septikai arba individualūs valymo įrenginiai. Jie ne tik sumažina neigiamą poveikį gamtai bei visuomenės sveikatai, bet ir padidina pakartotinio panaudojimo galimybes (Massoud *et al.* 2009).

Atskirai nėra vieningos nuomonės, ką reikėtų vadinti mažais nuotekų kiekiais. Remiantis Lietuvos Respublikos teisės aktais galima būtų išskirti tris nuotekų valymo įrenginių suskirstymo grupes:

- vartotojai, kurie į gamtinę aplinką išleidžia mažiau kaip $5 \text{ m}^3/\text{d}$ buitinių nuotekų;
- vartotojai, kurie į gamtinę aplinką išleidžia daugiau kaip $5 \text{ m}^3/\text{d}$ buitinių nuotekų, ir lietaus nuotekoms išleisti į paviršinio vandens telkinį nuo didesnio kaip 10 ha ploto teritorijų turi gamtos išteklių naudojimo leidimą;
- maži nuotekų kiekiai – buitinių ir pagal sudėtį jas atitinkančių gamybinių nuotekų srantai iki $400 \text{ m}^3/\text{d}$, kurie pagal juose esantį organinių teršalų kiekį neviršija 2000 GE, ir paviršinių nuotekų srantai iki 50 l/s.

Pasaulyje naudojamas individualias buitinių nuotekų valymo sistemas būtų galima suskirstyti į natūraliąsias ir gamyklines. Šios sistemos turi tam tikrų trūkumų. Natūralios užima daug vietos ir neefektyvios šalinant iš nuotekų azoto ir fosforo junginius. Gamyklinių sistemų eksploatavimas dėl jose taikomų technologinių sprendimų yra brangus ir sudėtingas, būtent todėl tokie valymo įrenginiai nėra labai patrauklūs vartotojui. Populiariausios gamykinės nuotekų valymo sistemos, kuriose valymo procesas pagrįstas veikliuoju dumbliu. Tokie įrenginiai dažniausiai jautrūs atitekančių nuotekų kiekiams ir sudėties svyravimams (Kirjanova 2014).

Svarbus biologinio valymo įrenginių komplekso įrenginys yra bioreaktorius. Bioreaktorius, tai talpa, kurioje valomos nuotekos ir aerojamas veiklusis dumblas, kuris, dalyvaujant fermentams, nuotekų teršalus naudoja maistui ir juos oksiduoja iki CO_2 , H_2O , nitritų, nitratų, fosfatų ir kt. Svarbiausia veikliojo dumblo savybė – sugebėjimas sudaryti dribsnius ir jų sedimentacija. Mokslininkas D.V. Vayenas (2013) teigia, kad tinkama reaktorių konstrukcija gali padidinti natūralių biologinių procesų efektyvumą.

Individualūs biologiniai buitinių nuotekų valymo įrenginių technologijos gali būti:

- Veikliojo dumblo reaktoriai – biomasė yra skendinčiame būvyje;
- Bioplėveliniai reaktoriai – biomasė yra prisitvirtinusi prie paviršių. Siekiant sudaryti optimalias sąlygas bioplėvelei susidaryti, naudojamos įvairaus tipo didelio paviršiaus įkrovos. Tai ir plaukiojantys 15 – 20 mm polistirolo gabalėliai, plastikiniai perforuoti vamzdžiai, iš jų padaryti blokai, įvairių formų (rutulinės, spiralinės, žvaigždės) skęstančios ar plaukiojančios įkrovos;
- Hibridiniai reaktoriai – reaktoriuje yra skendinčios ir prisitvirtinusios biomasės (Gebara 1999; Tchobanoglous 2003).

Bioplėvelinės technologijos sistemos stabilesnės, nes atsparios debito ir užterštumo svyravimui, hidraulinėms perkrovoms, agresyvių medžiagų poveikiui, laikiniams technologiniams

pažeidimams. Šių sistemų patikimumą užtikrina tai, kad susiformuoja gerai sėdantis dumbblas, perteklinio dumblo prieaugis 2 – 4 kartus mažesnis, aktyvaus dumblo koncentracija palaikoma iki 6 – 12 g/l (aktyvaus dumblo sistemose paprastai 3 – 6 g/l). Taip pat mažesnės energijos sąnaudos aeracijai ir svarbiausia, kad įrenginio tūris gali būti mažesnis 1,5 – 2 kartus. Ši sistema tinkama valyti koncentruotoms, specifinėms, problematiškoms ar mažai užterštoms nuotekoms (UAB „Ekosistema“ 2010).

Hibridiniuose reaktoriuose susiformuoja gerai sėdantis dumbblas, kurio didelę dalį sudaro kompaktškos bioplėvelės atplaišos. Dumblo prieaugis 2 – 4 kartus mažesnis, lyginant su kitomis sistemomis. Svarbu tai, kad juose sumažinama neigiama debito ir teršalų svyravimo įtaka nuotekų valymui. Tokios sistemos reaktoriaus tūris taip pat gali būti sumažinatas 1,5 – 2 kartus (UAB „Ekosistema“ 2010). Didelė veikliojo dumblo koncentracija ir bioplėvelė suteikia valymo įrenginiams lankstumą dideliems nuotekų debito ir sudėties svyravimams.

Kovojant su maistinių medžiagų pašalinimu iš nuotekų vis didesnis dėmesys skiriamas membraniniam bioreaktoriui, kuris tapo perspektyvia nuotekų valymo technologija per pastaruosius kelis dešimtmečius. Jis jungia biologinį valymą su mikro arba ultra-filtracija į vieną reaktorių, o membranos veiksmingai atskiria apdorotą vandenį iš dumblo (Ding *et al.* 2013). Y. Duano ir kitų (2013) autorių straipsnyje teigiama, jog įvairios konfigūracijos membraninių bioreaktorių sistemos yra veiksmingas būdas azotui pašalinti iš nuotekų, dėl vykstančių nitrifikacijos ir denitrifikacijos procesų.

Mažiams nuotekų kiekiams valyti biologiniu metodu taip pat naudojami ir šie įrenginiai: biodiskai, laistomasis reaktorius, biofiltras, perkeliamojo tipo biologinio valymo įrenginiai, periodinio veikimo biologiniai reaktoriai bei bioplėvelės (Kirjanova ir Rimeika 2011).

Mokslininkai C. Abeglenas ir kiti (2008) tyrė membraninį bioreaktorių (MBR), kuris yra įdomi galimybė nuotekų valymui individualiuose namuose arba mažose bendruomenėse. Buvo tiriamas biologinis maistinių medžiagų pašalinimo potencialas per metus, valant buitines nuotekas membraniniu bioreaktoriumi 4 asmenų šeimoje. Bioreaktorius susideda iš 2 nuosekliai sujungtų rezervuarų. Per pirmąjį laikotarpį pirmasis reaktorius veikė kaip pirminis skaidrinimo įrenginys, kurio rezultate gauta, kad pašalinta 50 % azoto ir 25 % fosforo. Trūkumai: pirminio dumblo gamyba ir nemalonūs kvapai. Pirmąjį reaktorių naudojant kaip anaerobinį/anoksinį reaktorių perdirbant veiklųjį dumblą ir maišant reaktorių, azoto ir fosforo pašalinimas atitinkamai buvo 90 % ir 70%.

Mažo kiekio nuotekų tvarkymui Lietuvoje siūlomas itin platus valymo įrenginių asortimentas. Pagal nuotekų valymo įrenginių taikymo reglamentą (Nr. D1-412) Lietuvoje, aplinkos ministerijai patvirtinus, yra daugiau nei 10 įmonių, tiekiančių ar gaminančių valymo įrenginius. Tačiau rinkoje

taip pat yra įmonių, tiekiančių valymo įrenginius sertifikuotus (CE ženklavimas) kitose valstybėse. Didžiausią rinkos dalį užima dvi įmonės – UAB „Traidenis“ ir UAB „August ir Ko“. Populiariausia nuotekų valymo technologija Lietuvoje parduodamuosiuose įrenginiuose yra veikliojo dumblo technologija su papildomu laikmeniu aerotanke arba be jo (Kirjanova 2014). Įmonės dar prekiauja ir periodinio veikimo reaktoriais ir septikais su tolesne nuotekų infiltracija į gruntą. Įmonių, tiekiančių ar gaminančių individualius valymo įrenginius Lietuvoje, sąrašas pateikiamas 1 priede.

Taigi Lietuvos rinkoje yra nemažai skirtingų individualaus valymo įrenginių sistemų. Pagal konstrukciją ir tipus valymo įrenginiai yra: ANVI, NV 1-4, BV-GP, AQUAmax, Labko BioKem, FEL, AT6-50, ATC, BCTS (*Bio Compact System*), AS – VARIOcomp K ir kt. (Senasis akvedukas 2013; Worbet-Hydret 2013; Valymo įranga 2013; Feliksnavis 2011; Wavin Labko 2008; AQUAmax 2007; Nuotekų valymo...2013; Traidenis 2010; Jakas 2012; Plastic formo 2013; Budreckas 2014).

1.5 lentelėje pateikiami naujausi duomenys apie Lietuvoje gaminamų ar parduodamų valymo įrenginių išvalymo efektyvumus ir pagrindinius jų pranašumus vienas kito atžvilgiu.

1.5. lentelė. Mažųjų buitinių nuotekų valymo įrenginių išvalymo efektyvumai bei pranašumai.

Įrenginio tipas		AN VI	BV-GP	NV 1-4	NV „Comfort EM“	AQUA max	Labko BioKem	FEL	AT 6-50	ATC	AS-VARIO comp K
Išvalymo efektyvumas	BDS ₇₍₅₎	95,0	95,8	94,3	-	-	90,0	98,0 ₍₅₎	98,2 ₍₅₎	95,8 ₍₅₎	-
	ChDS	88,0	89,3	88,9	-	-	-	93,0	94,4	91,7	-
	SS	94,0	96,2	95,1	-	-	-	94,0	97,1	95,5	-
	NH ₄ -N	-	51,5	51,5	-	-	-	87,0	99,5	98	-
	N _b	-	61,6	86,8	-	-	40,0	-	93,2	-	-
	P _b	-	66,5	58,8	-	-	85,0	-	93,3	-	-
Likutinės teršalų vertės nuotekose, mg/l	BDS ₇₍₅₎	29,0	-	28,0	10,0-15,0	15,0 ₍₅₎	-	-	6,7	-	25,0 ₍₅₎
	ChDS	-	-	125,0	-	125,0	-	-	44,8	-	125,0
	SS	-	-	-	-	25,0	-	-	12,5	-	-
	NH ₄ -N	-	-	-	-	10,0	-	-	0,2	-	-
	N _b	-	-	-	12,0-20,0	-	-	-	5,6	-	-
	P _b	-	-	-	0,3-0,8	-	-	-	0,6	-	-
Įrenginio pranašumai	Nesudėtinga konstrukcija	taip	taip	taip	ne	taip	taip	taip	taip	taip	taip
	Neskleidžia blogo kvapo	taip	taip	taip	taip	taip	taip	taip	taip	taip	ne
	Dirbatyliai	taip	taip	taip	taip	taip	taip	taip	taip	taip	taip

1.5 lentelės tęsinys

	Min. Elektros Sąnaudos	ne	taip	taip	taip	taip	ne	taip	taip	taip	taip
	N ir P pašali- nimas	-	taip	taip	taip	Tik NH ₄ -N	taip	Tik NH ₄ -N	taip	Tik NH ₄ -N	ne

Remiantis 1.5 lentelėje pateiktais duomenimis galima teigti, kad pagrindinis skirtumas tarp nagrinėjamųjų individualių buitinių nuotekų valymo įrenginių yra jų galimybė valyti nuotekose esančius azoto ir fosforo junginius bei teršalų išvalymo efektyvumas. Visos įmonės, tiekiančios valymo įrenginius, nenoriai kalba apie pasitaikančius valymo įrenginių trūkumus eksploatacijos metu, tačiau kalbant apie privalumus, beveik visi įrenginiai pasižymi tomis pačiomis teigiamomis savybėmis.

„ANVI“, „AS-VARIOcomp K“ tipo valymo įrenginiuose iš buitinių nuotekų nėra jokių duomenų apie azoto išvalymo efektyvumą.

Vertinant pagal azoto ir fosforo pašalinimo galimybę efektyviausi yra „AT6-50“ tipo buitinių nuotekų valymo įrenginiai. Antrieji pagal biogeninių medžiagų pašalinimo efektyvumą yra „NV 1-4“ tipo valymo įrenginiai.

Mažų kiekių buitinėms nuotekoms valyti mūsų šalyje plačiai taikomas filtracijos specialiai įrengtais filtravimo įrenginiais (FI) gruntuose metodas.

Filtravimo įrenginių paskirtis yra nuotekų biologinis valymas, naudojant natūralių grunto sluoksnių valomąsias savybes. FI valomų nuotekų užterštumas ir kiekis negali viršyti leistinų apkrovų. Sujungiant gruntinius nuotekų valymo būdus su paprasčiausiomis jų paruošimo filtracijai technologinėmis schemomis, ekonominiu ir aplinkosauginiu požiūriu pasiekiami neblogi rezultatai (LAND 21-01).

1.5.1. Individualių buitinių nuotekų valymo įrenginių eksploatavimas Lietuvoje

Decentralizuoti NVĮ, kaip ir centralizuoti, reikalauja reguliaros priežiūros ir šio fakto negalima neįvertinti. Decentralizuoto nuotekų valymo sėkmė priklauso nuo to, kaip gerai įgyvendinama individualių valymo įrenginių priežiūra bei patikra. Paparastai už šių įrenginių priežiūrą atsako pats įrenginio savininkas, tačiau dėl laiko stokos, taupymo bei kitų priežasčių savininkas gali neužtikrinti tinkamos priežiūros (Massoud *et al.* 2009). Dažnai nuotekų valyklų savininkai nežino, kaip jų sistemos veikia ir kokios yra blogo įrenginių darbo pasekmės.

Renkantis decentralizuoto nuotekų valymo būdą, svarbiausi veiksniai yra reikalavimai valytoms nuotekoms, vietos sąlygos ir valomų nuotekų charakteristikos. Dėmesys atkreipiamas ir į sistemos prieinamumą (kainą), priimtinumą ir darnumą. Decentralizuotas nuotekų valymo įrenginys turi išvalyti nuotekas iki reikiamų reikšmių, būti kiek įmanoma kompaktiškesnis ir lengvai reguliuojamas, reikalauti minimalios priežiūros, būti tinkamas estetiniu požiūriu ir būti kiek įmanoma pigesnis. Decentralizuoto nuotekų tvarkymo atveju darnumą galima pasiekti paprasčiau nei centralizuotos sistemos atveju, kadangi dėl mažesnio aptarnaujamo ploto valytas nuotekas ir biogenines medžiagas galima pakartotinai panaudoti įvairiais būdais (Daude ir Stephenson 2003; Ho 2003; Massoud *et al.* 2009).

Efektyviam nuotekų valymo įrenginio darbui labai didelę įtaką daro pats vartotojas, jo supratimas kaip elgtis įsirengus individualų valymo įrenginį, ką galima pilti į nuotekų tinklus, kokias valymo priemones naudoti ir pan.

Norint sėkmingai naudotis aerobiniu principu veikiančiu buitinių nuotekų valymo įrenginiu, svarbu žinoti, kad valymo procesui būtinas suslėgtas oras biologiniam valymo procesui palaikyti. Deguonies tiekimas būtinas mikroorganizmams (jų daugimuisi ir išgyvenimui), kurie vykdo nuotekų valymo procesus. Tačiau deja, kartais tokią įrangą įsigiję žmonės būna linkę pasitikėti ne specialistais, o kaimynų, draugų ar giminaičių nuomone – taip atsiranda mitai apie būtinus bakterijų papildymus. Įrenginio efektyviam darbui palaikyti gamintojas pateikia technines eksploataavimo taisykles. Tačiau retas vartotojas jomis naudojasi.

Buitinių nuotekų valymo biologiniai įrenginiai skirti tik nuotekoms, patenkančioms iš virtuvės, vonios, unitazų. Į šiuos įrenginius negalima pilti tepalų, naftos produktų, riebalų, išskyrus nutekančių nuo indų, cheminių medžiagų, ypač turinčių chloro. Taip pat negali patekti paviršinės nuotekos nuo stogų, kiemų, drenažinis vanduo, vanduo iš baseinų. Normaliam valymo įrenginių veikimui palaikyti turi būti palaikoma kontrolė – tikrinimas ir vertinimas. Įrenginių kontrolės dažnumas ir apimtis, sudėtingumas ir trukmė priklauso nuo valymo įrenginių tipo, kokybės, klimato sąlygų (UAB „Ekosistema“ 2010).

Lietuvoje individualių buitinių nuotekų valymo įrenginių savininkai kol kas nėra tinkamai subrendę kaip vartotojai. Įgūdžių ir žinių trūkumas sutrikdo valymo įrenginių darbą, o to pasekoje blogėja išvalytų nuotekų kokybė. Lietuvos valymo įrenginių vartotojas renkasi pigesnes ir efektyvesnes chemines valymo priemones, kuriose yra aktyvaus chloro, tačiau to pasekoje gali būti neigiamai paveikiamas pats biologinis nuotekų valymo procesas, nes aktyvusis chloras naikina mikroorganizmus, kurie dalyvauja biologiniame nuotekų valyme. Naudojant ekologiškas valymo priemones šių problemų būtų galima išvengti, sumažėtų neigiamas poveikis aplinkai.

Eksploduojant valymo įrenginius, reikalaujama kartą į mėnesį patikrinti dumblo koncentraciją, kur nusėdusio dumblo koncentracija turi būti 30 – 50 % pasemto tūrio. Jei ši koncentracija viršijama, perteklinį dumblą būtina šalinti. Dažnas Lietuvos vartotojas tik kartą į metus patikrina arba visai netikrina veikliojo dumblo koncentracijos, kas taip pat slopina valymo proceso efektyvumą, susikaupęs dumblas gali pradėti šalintis kartu su išvalytomis nuotekomis, kurios turi tam tikrų priemaišų.

Lietuvoje yra problema, kad mažų buitinių nuotekų valymo įrenginių darbas praktiškai netikrinamas, dėmesys atkreipiamas tik atsiradus nesklandumams sistemoje. Taigi, norint išvengti nesklandumų, susijusių su valymo įrenginių eksploatacija, būtinas informacijos skleidimas vartotojams.

1.6. Veikliojo dumblo kompozicijos ir kokybės nustatymas

Veikliojo dumblo gyvybiniai procesai yra plačiai naudojami biologiniam nuotekų valymui. Proceso stabilumas ir galutinė nuotekų išvalymo kokybė priklauso nuo veikliojo dumblo sudėties. Veiklusis dumblas (VD) – tai dribsnių pavidalo pilka, gelsvai rusva ar ruda mikroorganizmų masė, aerotankų ir bioreaktorių biocenozė (Eikelboom 2000). Aeruojant nuotekas, susidaro palankios sąlygos augti įvairioms mikrobinėms kultūroms, esančioms nuotekose ir patenkančioms į jas iš aplinkos. Mikrobinių kultūrų rūšių augimas priklauso nuo nuotekose esančių organinių medžiagų cheminės sudėties bei koncentracijos, vandens temperatūros bei pH, maišymo intensyvumo ir kitų veiksnių (Matuzevičius 1998).

Bakterijos – tai pagrindiniai veikliojo dumblo masę sudarantys mikroorganizmai, kurių veikla lemia organinių medžiagų skaidymą ir biogeninių elementų pašalinimą. Dumble taip pat randama daugybė pirmuonių bei smulkių daugialąsčių mikroorganizmų, kurių dalyvavimas būtinas optimaliam valyklų darbui. Kai kurie veikliojo dumblo mikroorganizmai (indikatoriniai) svarbūs ne tik dėl savo gyvybinės veiklos, bet ir dėl to, kad yra lengvai identifikuojami, iš jų fiziologijos ir morfologijos galima spręsti apie visos biocenozės fiziologinį būvį.

Tarp veikliojo dumblo pirmuonių pagal rūšių skaičių ir biomasę vyrauja infuzorijos. Žiuželinų ir amebų randama mažiau, bet pastarųjų gali padaugėti tam tikromis sąlygomis. Veiklusis dumblas, kaip ir bet kuri biologinė sistema, yra jautrus nuotekų sudėties pasikeitimams bei įrenginių darbo režimo pokyčiams. Keičiantis aplinkos sąlygoms, vieno rūšių atstovų skaičius sumažėja ar net išnyksta, kitų – pagausėja. Dėl to tam tikri mikrofaunos atstovai gali būti valymo proceso indikatoriais. Žinoma, kad žiuželiniai ir amebos vyrauja veikliajame dumble pradinėje valymo

įreginių veikimo stadijoje, trumpaamžiamе VD. Žiuželiniai gali indikuoti dideles BDS koncentracijas, mažas ištirpusio O₂ koncentracijas, didelę apkrovą organinėmis medžiagomis bei nestabilią nuotekų aplinką. Amebos gali indikuoti didelį organinės medžiagos kiekį ir didelę VD apkrovą organinėmis medžiagomis. Laisvai plaukiojančių infuzorijų dominavimas būdingas vidutinės kokybės dumblui ir gali indikuoti toksiškumą, vidutinę organinę apkrovą bei stabilią nuotekų aplinką ir gyvybingą dumblą. Tai leidžia tikėtis, kad patenkinamos išvalyto vandens kokybės. Smulkios laisvai plaukiojančios infuzorijos randamos trumpaamžiamе VD arba esant didelei apkrovai. Sėslios infuzorijos dažniausiai randamos trumpaamžiamе ar vidutinio amžiaus dumble. Verpetės senesniame arba ilgaamžiamе VD. Jų buvimas byloja, kad teršalų skaidymas stabilizavosi, aplinkoje sumažėjo teršalų (BDS ir SM) kiekiai. Taigi, jei dumble vyrauja ropinėjančios ir sėslios infuzorijos bei verpetės, tai laikoma, kad veikslusis dumbblas yra puikios kokybės, todėl galima tikėtis aukšto išvalymo lygio (Eikelboom 2000).

Biologiniai indikatoriai yra saviti kiekvienai vandens rūšiai, nuotekų tipui, atskiriems įrenginiams, atskiroms technologijoms. Taigi negalima jų bendrai apibūdinti. Be to, ir tų pačių mikroorganizmų morfologinės ir fiziologinės savybės priklauso nuo vandens rūšies. Nustatant, charakterizuojant valymo stadijas rekomenduojama skaičiuoti mikroorganizmus pagal sistematines grupes (bakterijos, amebos, infuzorijos, verpetės, helmintai).

Biologiniams indikatoriums priskiriami šie mikroorganizmai:

1. Pirmuonys: Bakterijos (*Zoogloea ramigera*, „bakterinis medelis“, siūlinės bakterijos *Sphaerotilus natans*, siūlinės sierbakterijos *Beggiatoa*, *Thiotrix*) ir amebos (tikrosios amebos, kiautinės amebos).
2. Infuzorijos.
3. Verpetės (*Philodina*, *Monostyla*, *Cathypna*).
4. Helmintai: Apvaliosios kirmėlės, Žieduotosios kirmėlės *Aelosoma*, *Nais* būna vykstant pastoviai nitrifikacijai (Mažeikienė 2009).

Pirmuonys yra vandens švarumo indikatoriai. Jie minta bakterijomis ir suspenduotomis medžiagomis, todėl vanduo skaidrėja ir sumažėja bakterijų kiekis.

Infuzorijos yra veikliojo dumblo indikatoriai. Jos skirstomos į 2 pagrindines grupes: laisvai plaukiojančias ir prisitvirtinusias (sėsliosias). Kai plaukiojančių infuzorijų skaičius apytikriai lygus prisitvirtinusių skaičiui, galima teigti, kad valymo įrenginiai dirba gerai, dumblo cirkuliacija tinkama. Sutrikus dumblo cirkuliacijai, žymiai padaugėja laisvai plaukiojančių infuzorijų. Iš prisitvirtinusių infuzorijų gerai dirbančio dumblo indikatoriais laikomos *Opercularia*, *Vorticella*, *Carchesium*, *Epistylis*. Esant deguonies trūkumui, vorticelos atitrūksta nuo kotelių ir sudaro laisvai plaukiojančią formą (Mažeikienė 2009). Ypač sumažėjus deguonies kiekiui, vorticelių galvutė

išsipučia kaip rutulys ir sprogsta (Pečiulis 1990). Staigiai pasikeitus vandens sudėčiai, trūkstant maisto ar deguonies, infuzorijos (kaip ir kiti pirmuonys) sudaro cistas (Mažeikienė 2009).

Verpetės (*Philodina*, *Monostyla*, *Cathypna*) gerai dirbančiame, praturtintame deguonimi dumble yra aktyvios, o esant deguonies trūkumui arba apnuodytam dumbliui – nejudrios, kurios pamažu žūsta. Staiga pakitus nuotekų cheminei sudėčiai verpetės žūsta susitraukusios. Verpetės minta bakterijomis, suspenduotomis medžiagomis. Jų buvimas veikliajame dumble rodo, kad vyksta intensyvi nitrifikacija.

Apvaliosios kirmėlės dažniau sutinkamos biofiltruose, bet pasitaiko ir aerotankuose, kai trūksta deguonies. Jos indikuoja labai seną VD, didelį SM kiekį aplinkoje ir žemą maisto ir mikroorganizmų masės santykį (F/M). Šių kirmėlių augimo procesai leidžia deguoniui prasiskverbti į dumblo dribsnio struktūrą ir skatina mikroorganizmų aktyvumą. Taip pat jos smulkina bakterijų populiacijas ir perdirba maistines medžiagas.

Kartais veikliajame dumble gausu siūlinių bakterijų. Jos yra heterotrofinės, gerai mineralizuoja organines medžiagas, sudaro tinklą ir formuoja dribsnio struktūrą, nedidelis jų kiekis padeda dribsniams nusėsti, bet valymo įrenginiuose jos nepageidaujamos, nes esant jų pertekliui antriniuose nusodintuvuose trukdo nusėsti dumbliui, jį „išpučia“. Šios bakterijos atsiranda, kai aplinkoje nedaug ištirpusio deguonies, trūksta maistinių medžiagų, žemas pH, žemas arba aukštas F/M santykis, padidinta mažo molekulinio svorio organinių rūgščių koncentracija (Eikelboom 2000).

Norint įvertinti ne tik drastiškus, tačiau ir nedidelius pokyčius bei siekiant kuo anksčiau pastebėti valymo proceso sutrikimus, o tuo būdu išvengti ir rimtų sutrikimų, reikalinga:

- ✓ mikroorganizmų taksonominis identifikavimas;
- ✓ kiekio tūrio vienetu nustatymas;
- ✓ mikroorganizmų fiziologinės būklės įvertinimas.

Vertinant patį veikliojo dumblo dribsnį yra pageidautina, kad jis būtų tvirtas, aptakus, uždaras, kompaktiškas, tačiau praktiškai „idealus dribsnis“ ne visada atsiranda. Veiklusis dumblas apibūdinamas šiomis pagrindinėmis savybėmis: forma, struktūra, tvirtumu (stiprumu) bei dydžiu.

Veikliojo dumblo sudėtis: mikroorganizmų įvairovė, monokolonijos, organinės bei neorganinės dalelės (Eikelboom 2000). Veiklusis dumblas, dalyvaujant fermentams, nuotekų teršalus naudoja maistui ir juos oksiduoja iki anglies dvideginio, nitritų, nitratų, vandens ir kt. (Activated...2002).

Mikroskopinis dumblo tyrimas turėtų lemti išvadas apie veikliojo dumblo kokybę.

Kriterijai, pagal kuriuos nustatoma dumblo kokybė pateikiami 1.6 lentelėje.

1.6 lentelė. Veikliojo dumblo kokybės nustatymo kriterijai (Eikelboom 2000).

Kriterijai	Veikliojo dumblo kokybė		
	Geras	Vidutinis	Prastas
Siūlinių bakterijų indeksas (IF)	<3	3-4	4-5
Laisvai gyvenančios ląstelės	0-1	2-3	≥ 3
Spirilos	0	1	≥ 2
Infuzorijos/ test. amebos	≥ 1	<1	0
Žiuželiniai/amebos	0	1-2	≥ 3
% Dribsniai >25 μm	>80 iki 90	>50 iki 70	<50
Dribsnių struktūra	Kompaktiškas	Atviras	-
Dribsnio stiprumas	Tvirtas	Gležnas	-
Dribsnio forma	Aptakus	Neaptakus	-

Siūlinių bakterijų indeksas (IF) – tai siūlinių mikroorganizmų skaičius veikliajame dumble. Naudojama vertinimo skalė nuo 0 iki 5 (nuo 0 iki labai daug siūlinių mikroorganizmų). Šis indeksas nustatomas lyginant gautus rezultatus su D. H. Eikelboom (2000) knygoje esančiomis etaloninėmis nuotraukomis.

Taigi, mikroskopinė veikliojo dumblo analizė yra viena iš nuotekų valyklų eksploatacijos kontrolės ir veiklos efektyvumo didinimo priemonių, kurios uždavinys yra pagal dumblo dribsnių struktūrą ir mikroorganizmų rūšinę sudėtį bei atskirų rūšių gausumą pateikti išvadą apie nuotekų valymo proceso efektyvumą, veikliojo dumblo kokybę ir gebą perdirbti teršalus (Eikelboom 2000).

1.6.1. Veikliojo dumblo indeksas

Veikliojo dumblo įrenginių technologijose svarbu ne tik greitas veikliojo dumblo dribsnių susidarymas, bet ir greitas jų atsiskyrimas nuo valyto vandens, greita sedimentacija. Dribsnių sedimentacija priklauso jų tankumo, lyginamojo svorio, gyvų organizmų skaičiaus, nuo jų masės bei formos. Dribsnių tankumui reikšmės turi mikroorganizmų rūšinė sudėtis, kuri priklauso nuo nuotekų kokybės rodiklių, nuo nuotekų tiekimo greičio ir nuo aeracijos (Mažekienė 2009).

Valant nuotekas veikliuoju dumblu, gana dažnai susiduriama su dumblo išsipūtimu (išpurtimu). Išpurtes dumblas lėtai sėda nusodintuvuose, sudarydamas sluoksnį per visą nusodintuvo tūrį. Dėl blogo dumblo sėdimo dalis dumblo dribsnių išteka kartu su valytomis nuotekomis, taip pablogindami jų kokybę, kas lemia didesnės taršos išleidimą į aplinką. Dažniausiai dumblo išpurtimą lemia intensyvus siūlinių mikroorganizmų augimas. Suminis siūlų ilgis dumblo

kiekio vienetu koreliuoja su DI reikšme. Tačiau ši koreliacija priklauso nuo konkrečios siūlinių organizmų morfologijos (Bražėnaitė 2014).

Sedimentacinių veikliojo dumblo savybių įvertinimui naudojamas dumblo tūrio rodiklis (DTR), dažnai dar vadinamas dumblo indeksu (DI), kuris įvertina 1 g sauso sauso dumblo masės užimamą tūrį po 30 min sėdimo (Bražėnaitė 2014). Esant mažesnėms kaip 100 DI reikšmėms laikoma, kad dumblas yra gerai sėdantis. Kuo didesnės DI reikšmės, tuo blogesnis dumblo sėdimas (Bražėnaitė 2014).

1.6.2. Katalazinis aktyvumas

Be fermentų nevyksta daugelis gyvybinių procesų: mityba, kvėpavimas, augimas ir dauginimasis. Jie aktyvina organizmuose vykstančią biocheminę naujų junginių sintezę bei sudėtingų mitybinės terpės komponentų ardymą. Fermentai yra labai specifiški, katalizuoja tik tam tikras reakcijas (Grininė 1998).

Biocheminis aktyvumas – tai veikliojo dumblo sugebėjimas surišti ir oksiduoti nuotekų organines medžiagas. Dumblo biocheminis aktyvumas įvertinamas pagal ištirpusio deguonies sunaudojimo greitį ir pagal fermentų kiekį veikliajame dumble. Katalazė – tai fermentas, dehidruojantis vandenilio peroksidą H_2O_2 , susidarantį ląstelėse per gyvybinius procesus (Liužinas ir Jankevičius 2003). Katalazės pagalba aerobinės ląstelės ginasi nuo kenksmingo vandenilio peroksido (H_2O_2) poveikio (H_2O_2 sąveikauja su nesočiomis riebalų rūgštimis, todėl pažeidžiamos ląstelių membranos). Be to, H_2O_2 gali oksiduoti SH – grupes ir tuo būdu slopinti fermentų aktyvumą. H_2O_2 ląstelėse susidaro gliukozooksidazės, aminorūgščių oksidazių bei citochromoksidazės katalizuojamų reakcijų metu. Dėl katalazės poveikio suskaidomas H_2O_2 :

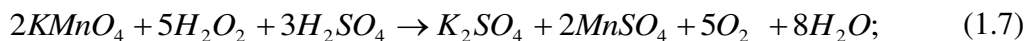


Pagal katalazės aktyvumą galima įvertinti nuotekų kokybę ir savaiminio vandens išsivalymo upėse greitį. Katalazės aktyvumas gali būti matuojamas keliais būdais:

- 1) mikrokolorimetriniu – matuojant katalazinėje reakcijoje išsiskyrusią šilumą;
- 2) manometriniu – matuojant deguonies, išsiskyrusio skaidant H_2O_2 , kiekį;
- 3) elektrocheminiu – matuojant nesuskaidyto H_2O_2 kiekį platinos elektrodu;
- 4) titimetriniu – titruojant nesuskaidytą H_2O_2 kalio permanganatu ($KMnO_4$) rūgštinėje terpėje;

5) spektrofotometrinis – matuojant H_2O_2 tirpalo šviesos absorbciją (skaidant H_2O_2 absorbcija mažėja) 230 – 250 μm bangos ilgio intervale.

Titrometrinis metodas yra patogiausias katalaziniam VD aktyvumui nustatyti, kurio esmė, kad į tiriamą mėginį pridedama tikslus kiekis H_2O_2 , o po tam tikro laiko nesuskaidyto H_2O_2 kiekis nustatomas titruojant $KMnO_4$:



Literatūros šaltiniuose (Design of...1998; Microorganisms and...2001) teigiama, kad mikroorganizmų biocheminis aktyvumas veikliajame dumble priklauso nuo aplinkos temperatūros. Temperatūra turi įtakos fermentacijos reakcijų greičiui, biomasės sudėčiai ir kiekiui. Atitinkamoje temperatūroje vystosi jai būdingos bakterijų rūšys.

Vandens užterštumui organinėmis medžiagomis įvertinti dažniausia naudojamas BDS_5 . Tyrimais įrodyta, kad tarp veikliojo dumblo katalazinio aktyvumo ir nuotekų BDS_5 yra tiesioginė priklausomybė. Todėl, nustatius katalazinį aktyvumą tiriamajame vandenyje, galima apytikriai įvertinti BDS_5 (nelaukiant 5 parų), greičiau gauti informaciją, o pasinaudojant šia informacija galima operatyviai valdyti nuotekų valymo įrenginių darbą. Pagal katalazės aktyvumą galima įvertinti nuotekų kokybę bei savaiminio vandens apsivalymo upėse greitį (maksimalus katalazės aktyvumas randamas zonose su aukštu BDS ir dideliu bakterijų kiekiu, todėl sumažėjęs katalazės aktyvumas gali būti laikomas upių apsivalymo rodikliu).

Pagal katalazės aktyvumą taip pat galima įvertinti veikliojo dumblo ar bioplėvelės fiziologinę būklę. Daugelis toksiškų medžiagų slopina katalazės veiklą, pvz., pastebėta tiesioginė priklausomybė tarp sieros vandenilio (H_2S) koncentracijos ir katalazinio aktyvumo sumažėjimo. Todėl katalazės aktyvumo veikliajame dumble sumažėjimas gali būti valomų nuotekų toksiškumo rodikliu (Mažeikienė 2009).

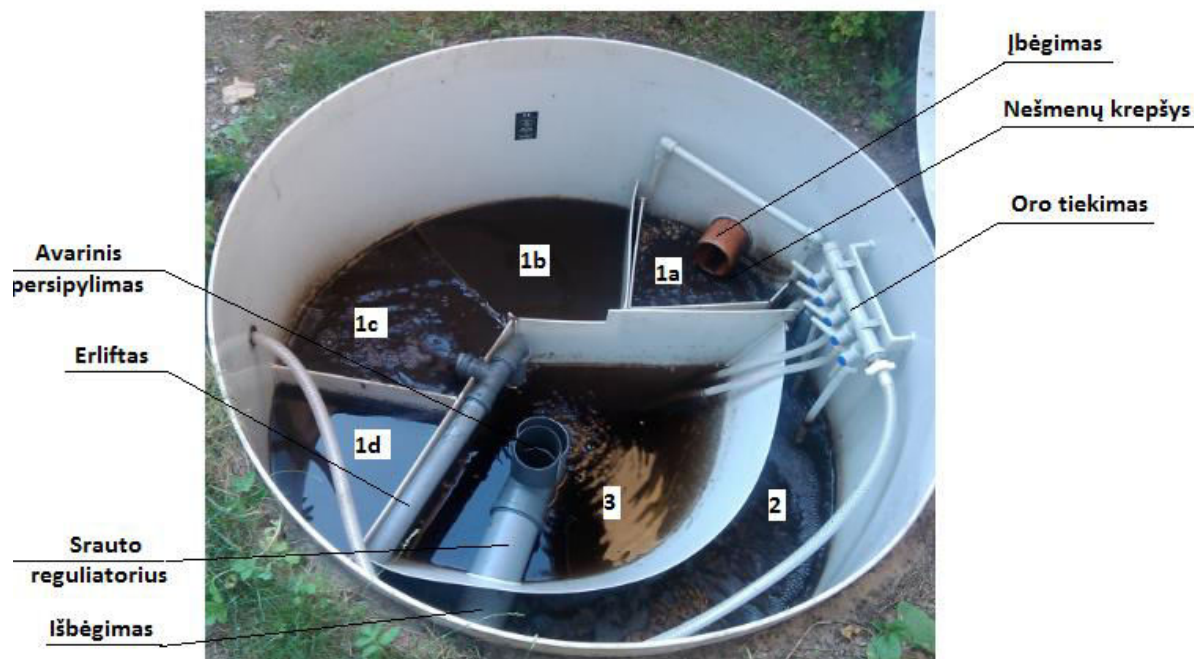
2. EKSPERIMENTINĖ DALIS

2.1. Individualaus buitinių nuotekų valymo įrenginio darbo tyrimai

2.2.1. Tyrimų objektas

AT 6-50 tipo mažieji buitiniai nuotekų valymo įrenginiai yra vieni iš populiariausių Lietuvoje, kurių veikimo principas pagrįstas veikliojo dumblo pagrindu.

Tokio tipo valymo įrenginiai sukomplektuoti vienoje talpoje (2.1 pav.), visas nuotekų valymo procesas vyksta vertikalios srauto labirinte, o deguonies tiekimas arba jo nebuvimas tam tikrose zonose valdomas tik orapūte ir erliftais. Talpoje yra: anaerobinė kamera (1), aeracinė kamera (2) ir antrinis nusodintuvas (3). Anaerobinė kamera pertvaromis suskirstyta į besileidžiančio ir kylančio srautų skyrius (1a, 1b, 1c ir 1d). Antriniame nusodintuve (3) yra srauto reguliatorius, kuris įrenginį apsaugo nuo persipylimo. Dumblo mišinys erliftais, kurie sumontuoti po nešmenų krepšiu, išpumpuojamas iš ketvirtos sekcijos (1d) į pirmą sekciją (1a), taip neaeruojuamoje kameroje užtikrinama vidinė cirkuliacija.



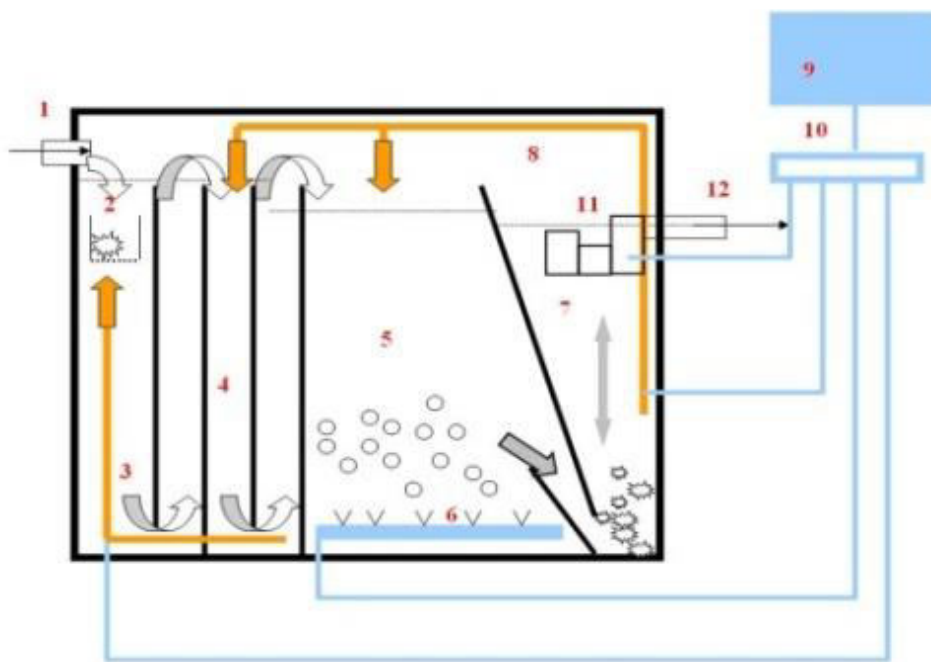
2.1 pav. AT 6-50 valymo įrenginio schema (Valeikaitė 2015).

Tiriamuoju IBNV įrenginiu pasiekiami pagrindiniai išvalymo rodikliai yra: $ChDS_{Cr} - 88,1 \%$, $BDS_5 - 97,2 \%$, $SM - 94,0 \%$, $N_b - 61,7 \%$, $NH_4-N - 96,7 \%$ ir $P_b - 47,4 \%$, kurie nustatyti Vokietijos Aacheno laboratorijoje (PIA), kas suteikia patikimumo garantiją ir finansinį decentralizuotų nuotekų sistemų pranašumą prieš dabar egzistuojančias centralizuotas (Budreckas 2014). Svarbu tai, kad iš nuotekų vienoje radialinėje talpoje šalinami azoto ir fosforo junginiai,

kurių per didelės koncentracijos nuotekose, išleidžiant jas į gamtinę aplinką, gali sukelti vandens telkinių eutrofikaciją bei užteršti geriamąjį vandenį. Šių junginių pašalinimas gali būti pasiekiamas tik pasitelkus technologines naujoves (Aivasidis *ir kt.* 2011; Ali ir Gupta 2013; Alonso ir Camargo 2006).

Tiriamąjį darbo objektą yra UAB „August ir Ko., AT-6 tipo biologinis nuotekų valymo įrenginys, kuris įrengtas ir pradėtas eksploatuoti 2010 metais. Šio įrenginio projektinis našumas 0,54 m³/d, projektinė paros apkrova organiniais teršalais 0,24 kg/d.

Valymo įrenginio technologinė schema pateikta 2.2 paveiksle.

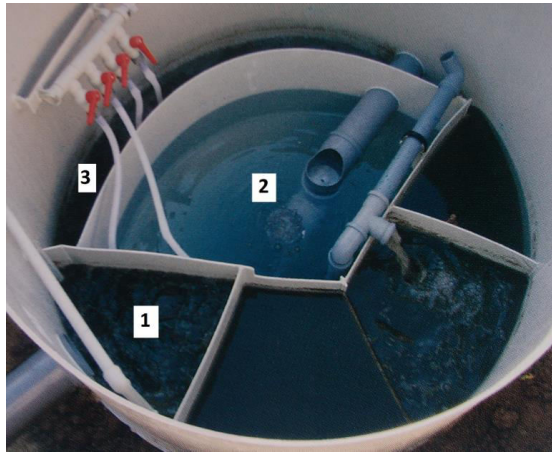


2.2 pav. AT-6 buitinių nuotekų valymo įrenginio technologinė schema: 1 – įtekėjimas; 2 – mechaninis valymas (grotos); 3 – erliftas Nr. 1; 4 – neaeruojama kamera (anaerobinė); 5 – aeruojama kamera (aerobinė); 6 – vamzdinis difuzorius; 7 – antrinio nusodintuvo zona; 8 – erliftas Nr.2; 9 – orapūtė; 10 – oro paskirstymo sistema; 11 – srauto reguliatorius; 12 – ištekėjimas (August ir Ko 2013).

Įrenginio AT-6 darbo tyrimas vykdytas 2014.02.11 – 2015.05.04 laikotarpiu. Tiriamasis įrenginys yra Vilniaus mieste (Rudausių Sodų 5-ojoje g.). Įrenginį eksploatuoja keturių asmenų šeima. Biologiškai išvalytos nuotekos suteka į infiltracinį šulinį, per kurį jos infiltruojamos į gruntą.

Tyrimams buvo imami šie bandiniai: 1) Valomų nuotekų ir veikliojo dumblo mišinys; 2) Valytos nuotekos; 3) Veiklusis dumblas.

Bandiniai buvo imami iš 3 taškų. Šie taškai parodyti 2.3 paveiksle.



2.3 pav. Bandinių ėmimo taškai AT-6 buitinių nuotekų valymo įrenginyje.

Bandinių ėmimo taškai: 1-as – valomų nuotekų ir veikliojo dumblo mišinys iš anaerobinės kameros 1a sekcijos, 2-sis – valytos nuotekos imamos iš antrinio nusodintuvo šalia išleidimo vamzdžio, 3-iasis – veikliojo dumblo bandinys imamas iš aeracinės zonos.

Netoli tiriamojo objekto AT-6 yra du šachtiniai geriamojo vandens šuliniai (už ~30 m ir už ~200 m). Kadangi biologiškai valytos nuotekos išleidžiamos į gruntą per infiltracinį šulinį, yra tikslinga išmatuoti nitratų kiekį šachtinių šulinių vandenyje bei įvertinti ar valytų nuotekų išleidimas į natūralius gruntus blogina geriamojo vandens kokybę.

2015 metais keletas momentinių bandinių buvo paimta dar iš vieno AT-6 tipo valymo įrenginio, esančio Vilniaus r., Adomaičių kaime. Šio įrenginio projektinis našumas taip pat 0,54 m³/d, projektinė paros apkrova organiniais teršalais 0,24 kg/d. Įrenginys įrengtas ir pradėti eksploatuoti taip pat 2010 metais. Biologiškai valytos nuotekos išleidžiamos į Vilnios upę.

2.2. Buitinių nuotekų ir veikliojo dumblo tyrimų metodikos

2.2.1. Nitratų azoto, amonio azoto, fosfatų fosforo, BDS₇ bei skendinčių medžiagų koncentracijos matavimo metodika

Valytų bei valomų nuotekų ir veikliojo dumblo bandiniai buvo imamai 2014.02.11 – 2015.05.04 laikotarpiu, esant skirtingoms aplinkos temperatūroms, kurios svyravo nuo -10 °C – +34 °C. Nuotekų valymo įrenginyje, aeracinėje kameroje, temperatūra matuota žiemos – pavasario laikotarpiu ir tiriamuoju laikotarpiu buvo +12 °C – +13 °C.

Iš buitinių nuotekų valymo įrenginio AT-6, Rudausių Sodų 5-ojoje g., Vilniuje, paimti valytų bei nevalytų nuotekų ir veikliojo dumblo mišinio bandiniai buvo vežami į VGTU Vandentvarkos inžinerijos katedros cheminę laboratoriją. Laboratorijoje nuotekų bandiniai buvo filtruojami per

popierinius filtrus ir juose tuoj pat buvo nustatomos BDS₇, amonio azoto (NH₄-N), nitratų azoto (NO₃-N), orto-fosfatų fosforo (PO₄-P), skendinčiųjų medžiagų (SM) koncentracijos. Kiekvienas mėginys buvo tiriamas tris kartus ir pateikiamos vidutinės rezultatų reikšmės. Skendinčioms medžiagoms nustatyti tiriamieji mėginiai buvo palaikomi kambaryje, kad pasiektų kambario temperatūrą ir tik tuomet nustatomos SM koncentracijos. Rezultatų palyginimui ir analizei keletą kartų buvo išmatuota bendrojo fosforo (P_b) ir bendrojo azoto (N_b) koncentracija (UAB „Grotė“ analitinėje laboratorijoje).

Visi gauti rezultatai buvo lyginami su Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pateikiamais išvalymo rodikliais, su mokslinėje literatūroje pateiktais (Kirjanova 2014) sukurto individualaus buitinių nuotekų valymo (IBNV) įrenginio, į kurį buvo tiekiamos Maišiagalos miesto nuotekos, pasiekiamais išvalymo rodikliais bei su gamintojo (August ir Ko 2013) deklaruojamais duomenimis.

Kadangi tiriamuoju įrenginiu išvalytos nuotekos yra infiltruojamos į gruntą, o tai gali paveikti gruntinius vandenius, tuo tikslu išmatuoti azoto junginių išvalymo rodikliai buvo lyginami su geriamojo vandens kokybei keliamais reikalavimais (pagal HN 24:2003) ir su aplinkosauginiame dokumente „LAND 21-01“ (Žin., 2001, Nr. 41-1438) pateiktais infiltruojamų nuotekų į gruntus leidžiamais užterštumais. Pastarasis dokumentas taikomas, nes individualus valymo įrenginys įrengtas 2010 metais, todėl reikšminga užterštumus lyginti su LAND 21-01 pateiktais reikalavimais valytoms nuotekoms. 2012 m. balandžio 2 d. šis dokumentas buvo pakeistas, išleista nauja redakcija, todėl LR aplinkos ministro įsakymas (Nr. D1-281 redakcija) dėl nuotekų filtravimo sistemų aplinkosauginių taisyklių šiuo atveju yra tik rekomendacinio pobūdžio.

Kitame tiriamajame įrenginyje (Adomaičių k.) išvalytos nuotekos išleidžiamos į Vilnios upę, todėl gauti rezultatai lyginami pagal „Nuotekų tvarkymo reglamentas“ (NTR) 2 priede, B2 sąraše pateiktomis teršalų DLK į gamtinę aplinką (1.4 lentelė). BDS₇ reikšmės lyginamos su Nuotekų tvarkymo reglamento reikalavimais mažoms valykloms (>5 m³/d) bei su LAND 21-01.

Valytų nuotekų bandinys, paimtas iš valymo įrenginio 2 taško (2.4 pav.).



2.4 pav. Valytos nuotekos iš nuotekų valymo įrenginio AT-6 (iš 2 taško) (Valeikaitė 2015).

Valytų nuotekų bandiniai iš tyrimo objekto atitinkamų taškų buvo paimami rankiniu būdu ir laikomi stiklinėje taroje apie 20 min, iki kol būdavo atvežami į cheminę tyrimų laboratoriją (2.4 pav.). Nuvykus į laboratoriją, mėginiai buvo filtruojami per popierinius filtrus ir juose tuoj pat buvo nustatomos amonio azoto, nitratų azoto, orto-fosfatų fosforo koncentracijos. Koncentracijos nustatomos naudojant atitinkamus testus ir spektrofotometrą “MERC Spectroquant NOVA 60“ (2.5 pav.).



2.5 pav. Spektrofotometras “MERC Spectroquant NOVA 60“ (Valeikaitė 2015).

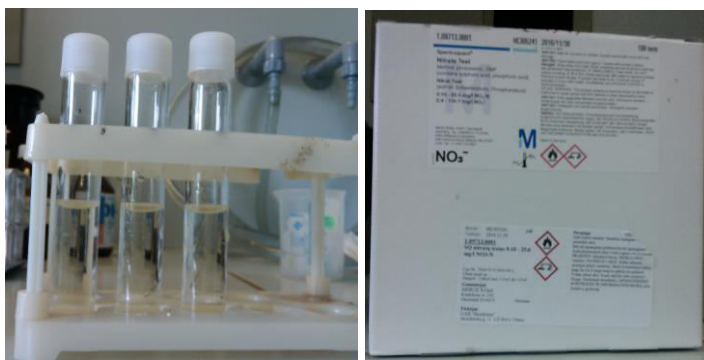
Pasirinktinai buvo nustatomos BDS₇ ir SM koncentracijos valybose nuotekose.

Nitratų koncentracijos nustatymas

Paruošiami trys švarūs ir sausi mėgintuvėliai, į kuriuos pipetės pagalba įlašinama po 4 ml reagento NO₃-1. Toliau iš stiklinės talpos su tiriamuoju mėginiu – valytomis nuotekomis – pipete paimamas 0,5 ml valytų nuotekų mėginys ir pernešamas į mėgintuvėlius (į kiekvieną po 0,5 ml). Taip pat paimamas reagentas NO₃-2, kurio įlašinama po 0,5 ml, mėgintuvėliai uždengiami kamšteliais ir sumaišomi. Maišant mėgintuvėliai įkaista. Po 10 minučių nustatoma nitratų koncentracija. Šiai koncentracijai nustatyti naudojamas spektrofotometras.

Nitratų koncentracijai nustatyti mėginiuose buvo naudojami testai „Merck Spectroquant, 1.09713.0001 Nitrate test“, kurio ribos 0,10–25,0 mg/l NO₃⁻ ir spektrofotometras “MERC Spectroquant NOVA 60“.

Nustatyta NO₃-N koncentracija buvo lyginama su HN 24:2003 pateikta leidžiama nitratų norma geriamajame vandenyje, aplinkosauginėse buitinių nuotekų filtravimo įrenginių įrengimo gamtinėmis sąlygomis taisyklėse (LAND 21-01) pateikiamais leidžiamais užterštumais, su gamintojo (August ir Ko 2013) pateikiamais duomenimis, su sukurto (Kirjanova 2014) IBNV įrenginio, bei Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pasiekiamais išvalymo rodikliais.



2.6 pav. Mėgintuvėliai su tiriamuoju mėginiu ir testas „Merck Spectroquant“ nitratų azoto koncentracijai nustatyti (Valeikaitė 2015).

Amonio jonų koncentracijos nustatymas

Paruošiami trys mėgintuvėliai (sausai ir švarūs). Į kiekvieną iš jų pipetės pagalba įlašinama po 5 ml tiriamųjų valytų nuotekų. Pipete paimama po 0,6 ml reagento $\text{NH}_4\text{-1}$ ir įlašinama į mėgintuvėlius. Toliau į kiekvieną mėgintuvėlį įdedama po mažą šaukštelį reagento $\text{NH}_4\text{-2}$, uždengiama kamšteliais ir sumaišoma, kol reagentas ištirpsta. Palaikoma 5 minutes. Praėjus šiam laikui į mėgintuvėlius įlašinama po 4 lašelius reagento $\text{NH}_4\text{-3}$, tiriamasis mėginys nusidažo geltona spalva ir vėl laukiama 5 minutes. Praėjus šiam laikui mėginys pasidaro žalios spalvos. Laikui paisibaigus spektrofotometru matuojama amonio azoto koncentracija.

Amonio jonų koncentracijai nustatyti mėginiuose buvo naudojami testai „Merck Spectroquant, 1.14752.0001 Ammonium-test“, kurio ribos 0,010–3,00 mg/l NH_4^+ ir spektrofotometras „MERC Spectroquant NOVA 60“.

Nustatytos $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijos buvo lyginamos su HN 24:2003 pateikta leidžiama amonio jonų norma geriamajame vandenyje, aplinkosauginėse buitinių nuotekų filtravimo įrenginių įrengimo gamtinėmis sąlygomis taisyklėse (LAND 21-01) pateikiamais leidžiamais užterštumais, su gamintojo (August ir Ko 2013) pateikiamais duomenimis, su sukurto (Kirjanova 2014) IBNV įrenginio bei Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pasiekiamais išvalymo rodikliais.



2.7 pav. Mėgintuvėliai su tiriamuoju mėginiu ir testas „Merck Spectroquant“ amonio azoto koncentracijai nustatyti (Valeikaitė 2015).

Fosfatų koncentracijos nustatymas

Paruošiami trys sausi, švarūs mėgintuvėliai. Į kiekvieną iš jų pipete įlašinama po 5 ml tiriamųjų nuotekų. Pipete paimama po 1,2 ml reagento PO₄-1, kurio įlašinama į visus mėgintuvėlius. Mėgintuvėliai sumaišomi. Tiriamasis mėginys nusidažo geltona spalva. Spektrofotometru nustatoma fosfatų koncentracija.

Fosfatų koncentracijai nustatyti mėginiuose buvo naudojami testai „Merck Spectroquant, 1.14842.0001 Phosphate-test“, kurio ribos 0,5 - 30,0 mg/l PO₄-P ir spektrofotometras „MERC Spectroquant NOVA 60“.

Gautos PO₄-P koncentracijos buvo lyginamos su aplinkosauginėse buitinių nuotekų filtravimo įrenginių įrengimo gamtinėmis sąlygomis taisyklėse (LAND 21-01) pateikiamais leidžiamais užterštumais, su gamintojo (August ir Ko 2013) pateikiamomis likutinėmis vertėmis, bei su sukurto (Kirjanova 2014) IBNV įrenginio ir Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pasiekiamais išvalymo rodikliais.



2.8 pav. Mėgintuvėliai su tiriamuoju mėginiu ir testas „Merck Spectroquant“ orto-fosfatų fosforo koncentracijai nustatyti (Valeikaitė 2015).

Bendrojo fosforo (P_b) ir bendrojo azoto (N_b) tyrimai atlikti atitinkamai pagal LAND 59:2003 ir LAND 58:2003 analizės metodus. Šie tyrimai atlikti UAB „Grotė“ analitinėje laboratorijoje. Valytų nuotekų mėginiai buvo paimti iš tiriamojo įrenginio ir iš karto nuvežti į analitinę laboratoriją.

BDS₇ koncentracijos nustatymas

BDS₇ nustatomas pagal LAND 47-1:2007 pateiktą analizės metodą.

Paruošiamas skiedimo vanduo. Į 500 ml vandens pridedama po 1,0 ml fosfatų buferinio, magnio sulfato, kalcio chlorido ir geležies chlorido tirpalų. Praskiedžiama iki 1000 ml ir sumaišoma. Tirpalo temperatūra pakeliama iki kambario temperatūros, aeruojama bent 1 valandą. Turi būti užtikrinta, kad ištirpusio deguonies koncentracija būtų ne mažesnė kaip 8 mg/l.

Atliekamos 3 analizės, taikant skirtingus skiedimo faktorius - 10, 5 ir 2. Skiedimo faktoriai parinkti atsižvelgiant į tai, jog tiriamos biologiškai valytos nuotekos. Mėginiui praskiesti buvo naudojamas 500 ml talpos skiedimo indas. Bendras nustatomojo mėginio tūris buvo 500 ml. Taikant skiedimo faktorių 10, buvo imama 50 ml, o taikant 5 – 100 ml nuotekų. Taikant skiedimo faktorių 2, buvo imta 250 ml nuotekų. Kiekvienas praskiestas mėginys supilamas į inkubacinį buteliuką iki pat viršaus taip, kad užpilant nebūtų pakeistas deguonies koncentracijos vidurkis. Elektrometriniu metodu išmatuojama ištirpusio deguonies koncentracija kiekviename buteliuke nuliniu laiko momentu. Tuomet inkubaciniai buteliukai užkemšami taip, kad po kamščiais neliktų oro burbulų ir sudedami į termostatą, kuriame palaikoma temperatūra 20 ± 2 °C ir paliekami 7 paras. Po indukcijos nustatoma ištirpusio deguonies koncentracija kiekviename buteliuke tuo pačiu elektrometriniu metodu.

Analizuojant mėginius, atliekamas ir tuščiojo mėginio nustatymas, naudojant vien skiedimo vandenį. Skiedimo vandens tuščiojo mėginio deguonies suvartojimas per 7 paras neturi viršyti 1,5 mgO₂/l.

Tiriamąjį mėginį BDS_n yra apskaičiuojamas, kai nustatymo eigoje išlaikomos šios sąlygos (LAND 47-1:2007):

$$c_1 / 3 \leq (c_1 - c_2) \leq c_1 \cdot \frac{2}{3} \quad (2.1)$$

čia c_1 – ištirpusio deguonies koncentracija viename iš tirianųjų mėginių nuliniu laiko momentu, mg/l; c_2 – ištirpusio deguonies koncentracija tame pačiame mėginyje po 7 parų inkubacijos, mg/l.

Biocheminio deguonies suvartojimas (BDS_n) apskaičiuojamas pagal formulę (LAND 47-1:2007):

$$BDS_7 = \left[(c_1 - c_2) - \frac{V_t - V_e}{V_t} \cdot (c_3 - c_4) \right] \cdot \frac{V_t}{V_e}, \text{mgO}_2 / l \quad (2.2)$$

čia c_1 – ištirpusio deguonies koncentracija viename iš tirianųjų mėginių nuliniu laiko momentu, mg/l; c_2 – ištirpusio deguonies koncentracija tame pačiame mėginyje po 7 parų inkubacijos, mg/l; c_3 – ištirpusio deguonies koncentracija tuščiame mėginyje nuliniu laiko momentu, mg/l; c_4 – ištirpusio deguonies koncentracija tuščiame mėginyje po 7 parų inkubacijos, mg/l; V_e – analizei paimtas mėginio tūris, ml; V_t – bendras nustatomojo mėginio tūris, ml.

Jei keli skirtingi skiedimai atitinka (2.1) sąlygoje nurodytas ribas, tai apskaičiuojamas gautų rezultatų vidurkis (LAND 47-1:2007).

Gauti rezultatai buvo lyginami su „Nuotekų tvarkymo reglamentas“ pateiktomis DLK, su aplinkosauginėse buitinių nuotekų filtravimo įrenginių įrengimo gamtinėmis sąlygomis taisyklėse

(LAND 21-01) pateikiamais leidžiamais užterštumais, bei su gamintojo (August ir Ko 2013) pateikiamomis likutinėmis vertėmis.

Skandinčių medžiagų (SM) koncentracijos nustatymas

SM nustatoma pagal LAND 46-2007 pateiktą nustatymo metodą.

Mėginiai palaikomi kambaryje, kad pasiektų kambario temperatūrą. Užtikrinama, kad koštuvas atitiktų reikalavimą – masės praradimas būtų mažesnis kaip 0,3 mg koštuvui. Toliau koštuvas pasveriamas analizinėmis svarstyklėmis 0,1 mg tikslumu. Į košimo įrangos piltuvą įdedamas koštuvas lygia puse į apačią ir prietaisas prijungiamas prie vakuumo.

Indas su mėginiu stipriai suplakamas ir supilamas į matavimo cilindrą 1 L mėginio. Mėginys nukošiamas, matavimo cilindras ir koštuvas praplaunamas 20 ml distiliuotu vandeniu. Vidinės piltuvo sienelės taip pat praplaunamos distiliuotu vandeniu.

Kai koštuvas beveik sausas išjungiamas vakuumas. Iš piltuvėlio atsargiai išimamas koštuvas, įstatomas į laikiklį ir džiovinamas spintoje 105 °C temperatūroje maždaug 2 valandas. Pasibaigus laikui koštuvas išimamas iš spintos ir sveriamas analizinėmis svarstyklėmis. Turint koštuvo masę prieš filtravimą ir po jo apskaičiuojama SM koncentracija pagal 2.3 formulę.

Skandinčių medžiagų koncentracija apskaičiuojama pagal formulę:

$$C = \frac{1000 \cdot (m_2 - m_1)}{V_b}, \text{ mg / l;} \quad (2.3)$$

čia m_2 – koštuvo masė po filtravimo, mg/l; m_1 – koštuvo masė prieš filtravimą, mg/l; V_b – bandinio tūris, ml.

Keletą SM koncentracijos tyrimų atliko įmonė UAB „Grota“ pagal LAND 46-2007 analizės metodą.

Gautos koncentracijos lyginamos su gamintojų pateikiamomis likutinėmis SM vertėmis, su Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pateikiamu išvalymo efektyvumu bei su sukurto (Kirjanova 2014) IBNV įrenginio pasiekiamais išvalymo rodikliais.

2.2.2. Veikliojo dumblo sudėties ir kokybės nustatymo metodika

Veikliojo dumblo mėginiai buvo imami 2014.02.11 – 2015.05.04 laikotarpiu.

Iš AT-6 buitinių nuotekų valymo įrenginio, esančio Rudausių Sodų 5-ojoje g., Vilniuje, tiriamuoju laikotarpiu buvo imami veikliojo dumblo mišinio bandiniai ir vežami į VGTU Vandentvarkos inžinerijos katedros cheminę laboratoriją, kurioje pro „MOTIC B1“ mikroskopą buvo stebima bei nustatoma veikliojo dumblo sandara, kokybė ir identifikuojama jo mikroflora.



2.9 pav. „MOTIC B1“ mikroskopas (Valeikaitė 2015).

Veikliojo dumblo bandiniai mėginiams buvo imami iš 3-io taško (2.3 pav).

Paimtas mėginys buvo laikomas stiklinėje taroje apie 20 min, iki kol pristatytas į tyrimų laboratoriją.

Pipete paimami veikliojo dumblo mėginio lašeliai ir užlašinami ant objektinio stiklelio centro. Dumblo lašelis prispaudžiamas dengiamuoju stikleliu ir dedamas po mikroskopo objektyvu. Stebimas vaizdas pro mikroskopą padidinamas 40 arba 100 kartų. Rezultatai užfiksuojami fotonuotraukose.

Kiekvieno tyrimo metu mikroskopuojama po 10 – 15 veikliojo dumblo mėginių ir nustatoma jo biologinė mikroflora. Gauti rezultatai lyginami su „Vandens mikrobiologija“ laboratorinių darbų metodikoje (Mažeikienė 2009) bei „Veikliojo dumblo biologija ir mikroskopinė analizė“ atlase (Bražėnaitė 2014) pateiktais etaloniniais mikroorganizmų paveikslėliais bei nuotraukomis, pateiktomis mokslinėje literatūroje (Eikelboom 2000).

Veikliojo dumblo kokybė nustatoma remiantis 1.6 lentele.

Siūlinių bakterijų indeksas nustatomas lyginant gautus rezultatus su Eikelboom (2000) knygoje esančiomis etaloninėmis nuotraukomis ir vertinamas nuo 0 iki 5 skalės ribose.

Gavus mikroskopavimo rezultatus tiriamuoju laikotarpiu bei identifikavus veikliojo dumblo mikroflorą, ji buvo lyginama su didelių nuotekų valyklų veikliojo dumblo mikroorganizmais. Lyginama, kaip skiriasi mikroflora, kai nuotekos tiekiamos pastoviai ir kaip tam tikrais periodais.

Taip pat veikliojo dumblo mėginiai buvo tiriami, esant „nepalankioms“ sąlygoms: kelioms dienoms nutraukus nuotekų tiekimą.

2.2.3. Dumblo indekso nustatymo metodika

Dumblo sėdimo savybėms įvertinti pirmiausia į 1 l talpos sugraduotą indą pripilama 1 l gerai išmaišytos veikliojo dumblo suspensijos ir paliekama 30 min. nusėsti (2.10 pav.).



2.10 pav. 1 l indas su veikliuoju dumblu (Valeikaitė 2015).

Praėjus šiam laikui nustatomas nusėdusio dumblo tūris. Pasveriamas sausas filtras (išdžiovintas 105 °C temperatūroje iki pastovaus svorio, atvėsintas eksikatoriuje ir pasvertas). Sausas filtras įdedamas į Büchnerio piltuvą, piltuvą įstatomas į Bunzeno kolbą ir prijungiama prie vandens siurbliuko. 20 ml gerai išmaišyto dumblas nufiltruojama per sausą filtrą. Išdžiovintas filtras su dumblu pasveriamas. Apskaičiuojamas dumblo tūrio rodiklis (dumblo indeksas) pagal 2.4 formulę:

$$TR = \frac{V}{(m_2 - m_1) \cdot 50}, \text{ ml/g}; \quad (2.4)$$

čia V – tūris, kurį užima per 30 min. nusėdęs veiklusis dumblas, ml; m_1 – sauso filtro masė (iki pastovaus svorio išdžiovinta 105 °C temperatūroje), g; m_2 – išdžiovinto filtro su dumblu masė, g.

Analogiškai nustatomas ir Vilniaus miesto nuotekų valyklos veikliojo dumblo indeksas.

2.2.4. Katalazinio aktyvumo nustatymo metodika

Katalazės aktyvumas nustatomas titimetriniu būdu – titruojant nesuskaidytą H_2O_2 kalio permanganatu ($KMnO_4$) rūgštinėje terpėje.

Katalazės aktyvumas nustatomas individualaus buitinių nuotekų valymo įrenginio AT-6 veikliajame dumble bei Vilniaus nuotekų valyklos veikliajame dumble.

Paruošiami 4 švarūs ir sausi stikliniai mėgintuvėliai (15 – 20 ml talpos), iš kurių vienas bus naudojamas kontroliniam mėginiui. Į 3 mėgintuvėlius įpilama po 5 ml gerai išmaišyto veikliojo dumblo ir pridedama po 1,7 ml 1 % H_2O_2 tirpalo. Išlaikoma 30 minučių kambario temperatūroje. Praėjus šiam laikui į kiekvieną mėgintuvėlį pipete įlašinama po 5 ml 10 % H_2SO_4 tirpalo. Mėgintuvėliuose esantys mišiniai perkeliama į Erlenmejerio kolbutes ir titruojama su 20 mM $KMnO_4$ tirpalu tol, kol tirpalas įgauna šiek tiek rožinę spalvą, kuri neturi išnykti per 30 sekundžių. Pasižymimas titruoti sunaudoto $KMnO_4$ tūris. Analogiškai titruojamas ir kontrolinis mėginys, kuriam naudojamas ketvirtas mėgintuvėlis su inaktyvuotu fermentu. Fermento inaktyvacijos metu į mėgintuvėlį su 5 ml veikliojo dumblo suspensijos iš karto įpilama 5 ml 10 % H_2SO_4 tirpalo ir tik tuomet įlašinama po 1,7 ml H_2O_2 .

Apskaičiuojami vidutiniai darbiniai mėginiai titruoti sunaudoto $KMnO_4$ tūriai.

Katalazės aktyvumas išreiškiamas $\mu M/(ml \times min.)$ arba $\mu M/(mg \times min.)$ ir apskaičiuojamas pagal formulę (Beržinskienė ir Četkauskaitė 1995):

$$C = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 50}{C \cdot t}, \mu M / (ml \times min.); \quad (2.5)$$

čia V_1 ir V_2 – 20 mM $KMnO_4$ tirpalo tūriai, sunaudoti kontroliniam ir bandomajam mėginiui nutitruoti (ml); 50 – koeficientas, parodantis H_2O_2 kiekį (μmol), atitinkantį 20 mM $KMnO_4$ tirpalo 1 ml; C – dumblo mėginio tūris (ml) arba baltymo kiekis mėginyje (mg); t – inkubacijos laikas (min.).

Analogiškas katalazinio aktyvumo tyrimas atliekamas ir Vilniaus nuotekų valyklos veikliajam dumbliui.

Apskaičiavus Vilniaus ir individualios (AT-6 valymo įrenginys) nuotekų valyklų VD katalazės aktyvumą, atliekamas palyginimas ir nustatoma, kurios aktyvumas didesnis.

2.3. Eksperimento rezultatai

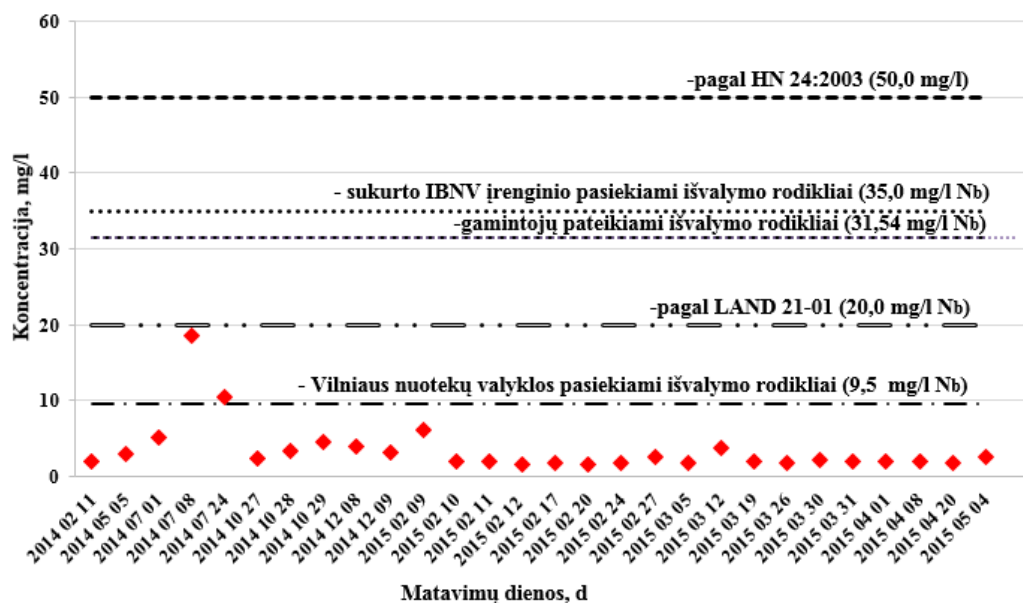
2.3.1. Nuotekų išvalymo rezultatai

1-ame ir 2-ame taškuose (2.3 pav.) paimti bandiniai ir išmatuotos amonio azoto, nitratų azoto, orto-fosfatų fosforo koncentracijos, BDS_7 bei SM ir apskaičiuotos vidutinės koncentracijos mėginiuose. Bendrojo fosforo, bendrojo azoto bei kelių dienų skendinčiųjų medžiagų koncentracijos pateikiamos remiantis UAB „Grota“ atliktais tyrimais.

Tyrimo laikotarpiu (2015.02.09 – 2015.05.04) nuotekų temperatūra įrenginyje visą laiką buvo pastovi – +12 °C – +13 °C, o aplinkos temperatūra svyravo nuo -10 °C iki +15 °C. Taigi,

nepriklausomai nuo aplinkos temperatūros, valymo įrenginyje esančių nuotekų temperatūra visose kamerose buvo pastovi.

2.11 paveiksle pateikiamos išmatuotos $\text{NO}_3\text{-N}$ reikšmės valytose nuotekose.



2.11 pav. Nitratų azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas tiriamuoju laikotarpiu.

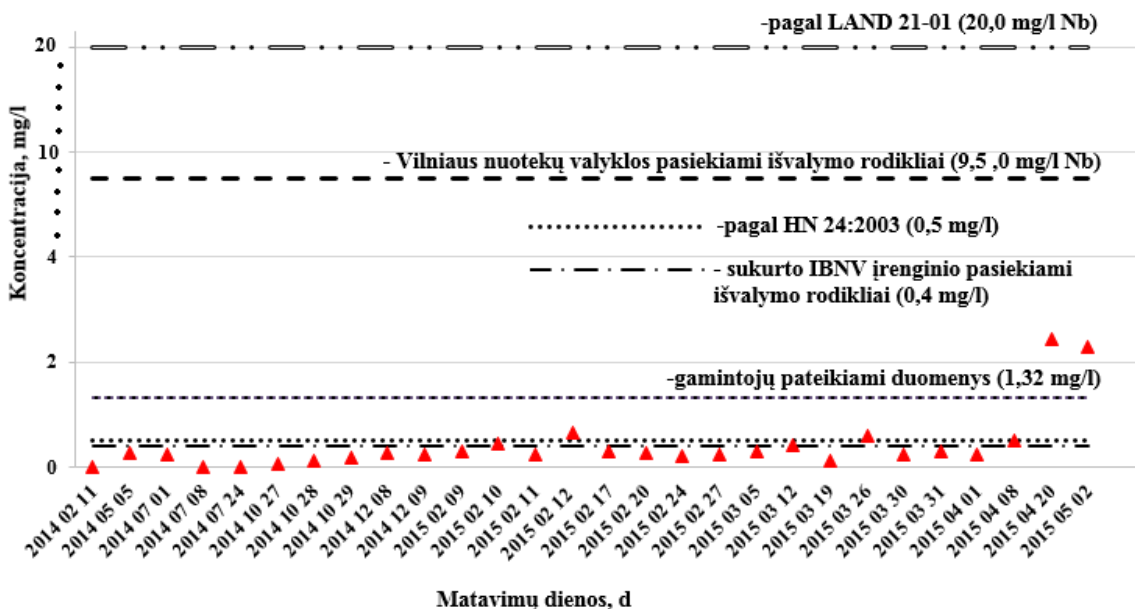
Iš 2.11 paveikslo matyti, kad per visą tyrimo laikotarpį nitratų azoto koncentracijos nei karto neviršijo jokių rodiklių su kuriais buvo lyginami, išskyrus liepos mėnesį viršijo Vilniaus nuotekų valyklos pasiekiamus bendro azoto išvalymo rodiklius. Vasaros laikotarpiu pastebimas nemažas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijos šuolis, kai koncentracija padidėjo beveik 10 kartų (nuo 5 iki 18 mg/l). Tai būtų galima paaiškinti organinių medžiagų trūkumu, kurios reikalingos denitrifikacijos procesui vykti. Šiomis dienomis (2014 07 08 – 2014 07 24) įrenginį eksploatuojanti šeima buvo išvykusi dviems savaitėms ir tuo metu apkrova organinėmis medžiagomis sumažėjo, nes nebuvo nuotekų pritekėjimo, o orapūtė dirbo pagal režimą. Taip aeracinėje zonoje prisikaupė daugiau nitratų. Esant žemam BDS, nitritifikacija vyksta efektyviau.

Vasario mėnesį sutrikus oro tiekimui į aeracinę kamerą, kai 2 savaites buvo užsikimšę difuzoriai, nepastebėta jokių reikšmingų azoto nitratų šalinimo pakitimų.

Remiantis gautais rezultatais galima spręsti, kad nuotekų išvalymo rodikliai pagal likutines nitratų azoto koncentracijas yra geri. Tiriamajame įrenginyje likutinės nitratų azoto koncentracijos vidutiniškai 3 kartus mažesnės nei Vilniaus nuotekų valykloje (Vilniaus vandenys 2014), kur nuotekos tiekiamos pastoviai ir vidutiniškai 10 kartų mažesnės nei sukurtame IBNV įrenginyje (Kirjanova 2014). Didelį azoto junginių kiekį nuotekose sukurtame valymo įrenginyje būtų galima

paiškinanti remiantis A. Kirjanovos disertacija (2014), kurioje teigiama, kad ChDS koncentracija ištekančiose iš biofiltro (medžio drožlių užpildas) nuotekose neviršijo 100 mg/l, kuri buvo nepakankama denitrifikuojančioms bakterijoms, todėl denitrifikacijos efektyvumas sukurtame IBNV įrenginyje nebuvo didelis. AT-6 valymo įrenginyje valytose nuotekose nitratų vidutiniškai 11 kartų mažiau, nei gali būti geriamajame vandenyje pagal HN 24:2003. Svarbu tai, kad nitratų azotas ($\text{NO}_3\text{-N}$) ištirtuose mėginiuose neviršijo bendro azoto (N_b) koncentracijų pagal LAND 21-01. Galima spręsti, kad pagal likutines nitratų azoto koncentracijas nuotekų išvalymo rodikliai yra aukšti ir geriamojo vandens kokybės nepablogins.

2.12 paveiksle pateikiami amonio azoto tyrimų rezultatai.



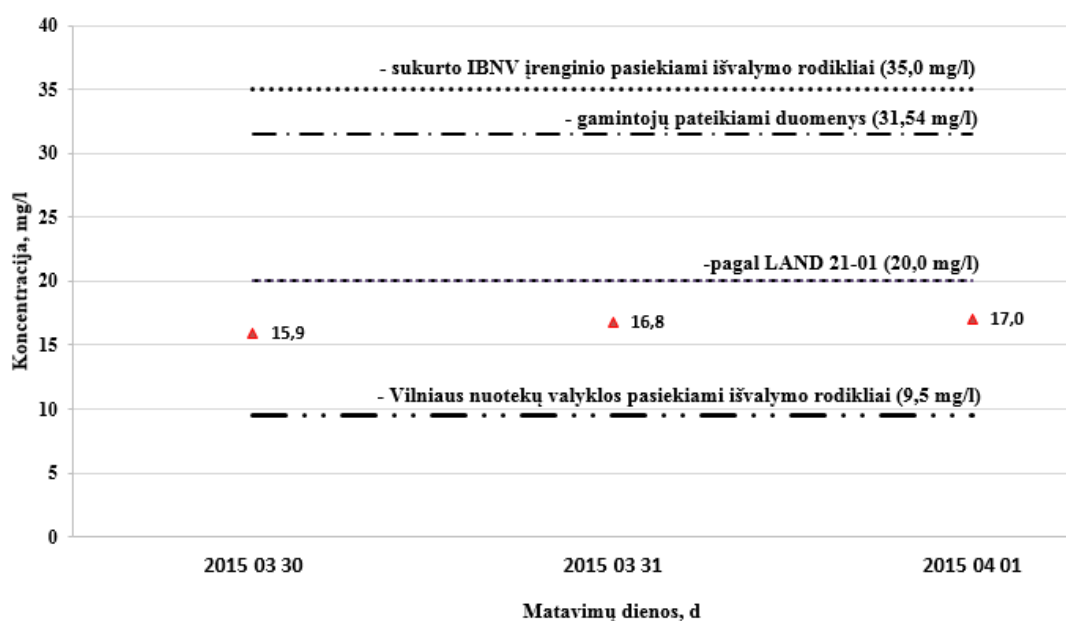
2.12 pav. Amonio azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas tiriamuoju laikotarpiu.

Iš 2.12 paveikslo duomenų matyti, kad amonio azoto ($\text{NH}_4\text{-N}$) koncentracijos neviršijo jokių reikalavimų, išskyrus HN 24:2003 nurodytas vertes vasario, kovo, balandžio ir gegužės mėnesių tam tikromis dienomis, gamintojų pateikiamus duomenis balandžio ir gegužės mėnesio atitinkamomis dienomis bei sukurto (Kirjanova 2014) IBNV įrenginio pasiekiamus išvalymo rodiklius viršijo vasarį, kovą, balandį ir gegužę. Toks amonio jonų koncentracijos padidėjimas gali būti paaiškinamas per mažu F/M santykiu, buvo per daug susikaupusio dumblo, kuris nebuvo šalinamas ilgiau, nei pusę metų. Dėl biomasės tankio padidėjimo trūko deguonies, priaugo siūlinių mikroorganizmų.

Balandžio mėnesio viduryje iš tiriamojo įrenginio sistemos buvo pašalintas perteklinis dumblas (sutrumpėjo dumblo amžius). Todėl balandžio mėn. pabaigoje ir gegužės mėn. pradžioje tiriamosiose valytose nuotekose galėjo padaugėti amonio azoto, nes šalinant iš nuotekų azoto

junginius dumblo amžiaus reikšmės turi būti didesnės. Paprastai $\text{NH}_4\text{-N}$ šalinimui didelę įtaką turi nuotekų temperatūra. Žema nuotekų temperatūra lėtina nitrifikacijos proceso efektyvumą. Tiriamojo įrenginio darbui temperatūros svyravimai lauke didesnės įtakos nedarė. Esant nuotekų temperatūrai didesnei negu $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ šalinimas siekia daugiau kaip 90 % (Kirjanova 2014). Tiriamojoje sistemoje nuotekų temperatūra buvo pastovi ($12\text{ }^{\circ}\text{C} - 13\text{ }^{\circ}\text{C}$), todėl galima teigti, kad temperatūra nebuvo neigiamas veiksnys amonio azoto šalinimui. Iš 2.12 paveikslo duomenų matyti, kad amonio jonų koncentracija valytose nuotekose vidutiniškai 1,2 kartų mažesnė, nei leidžiama šių junginių koncentracija geriamajame vandenyje pagal HN 24:2003. Infiltruojamų į gruntus nuotekose amonio azoto koncentracijos vidutiniškai 44 kartus mažesnės nei nurodytos bendro azoto koncentracijos pagal LAND 21-01. Rezultatus lyginant su Vilniaus nuotekų valyklos (nuotekos tiekiamos pastoviai) (Vilniaus vandenys 2014) išvalymo rodikliais matyti, kad tiriamojoje sistemoje $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentracijos yra mažesnės 21 kartą, o lyginant su sukurto (Kirjanova 2014) valymo įrenginio išvalymo rodikliais amonio azoto koncentracijos valytose nuotekose vidutiniškai didesnės 1,13 kartų (išvalymo efektyvumas labai panašus). Esant tokiems rezultatams galima spręsti, kad pagal likutines amonio jonų koncentracijas nuotekų išvalymo rodikliai yra aukšti ir geriamojo vandens kokybės nepablogins, o šių junginių padidėjimas tam tikromis dienomis nėra labai didelis ir geriamojo vandens kokybės nepablogintų.

2.13 paveiksle pateiktos bendro azoto koncentracijos valytose nuotekose. Šiuos rezultatus pateikė įmonė UAB „Grota“. Tyrimai buvo atlikti tik kelis kartus liepos ir balandžio mėnesių tam tikromis dienomis.



2.13 pav. Bendro azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas valytose nuotekose.

Remiantis 2.13 paveiksle pateiktomis bendro azoto koncentracijomis matoma, kad šių teršalų vertės neviršija nei vieno iš reikalavimų, su kuriais buvo lyginami, išskyrus viršijo Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pateikiamus išvalymo rodiklius.

Remiantis 2.13 paveiksle pateikiamais duomenimis matyti, kad bendrojo azoto koncentracijos vidutiniškai 2 kartus mažesnės nei sukurtame IBNV įrenginyje (Kirjanova 2014) likutinės N_b vertės bei vidutiniškai 2 kartus mažesnės nei deklaruoja gamintojas. Tačiau vidutiniškai 1,8 kartų didesnės nei Vilniaus nuotekų valykloje pasiekiamos bendro azoto likutinės koncentracijos, kur nuotekos tiekiamos pastoviai. Tai būtų galima paaiškinti, kad didelėje nuotekų valykloje atkeliaujančios nuotekos mažiau koncentruotos nei individualiame valymo įrenginyje. Svarbu tai, kad neviršijamos koncentracijos pagal LAND 21-01, nes šis dokumentas reglamentuoja valytų nuotekų užterštumus, kai nuotekos išleidžiamos į gruntus ir galėtų juos užteršti.

Remiantis likutinėmis bendro azoto vertėmis valytose nuotekose galima teigti, kad gruntinių vandenų kokybė nepablogės ir nuotekų išvalymo rodikliai pagal bendrą azotą yra aukšti.

Azoto junginiai pavojingi žmonių sveikatai, todėl labai svarbu, kad jie nepatektų į gruntinius vandenis. Atlikus azoto junginių tyrimus (NO_3-N , NH_4-N ir N_b) valytose nuotekose buvo pastebėta, kad nuotekos individualiame buitinių nuotekų valymo įrenginyje pagal azoto junginius yra aukšti. Šiems rezultatams patvirtinti 2015 metų balandžio ir gegužės mėnesių tam tikromis dienomis buvo paimti geriamojo vandens mėginiai iš netoli tiriamojo įrenginio esančių dviejų šachtinių geriamojo vandens šulinių – Nr. 1 (2.14 pav.) ir Nr. 2 (2.15 pav.), esančių Rudausių sodų 5-ojoje gatvėje, Vilniuje. Šie šuliniai yra į vakarų (link Neries upės) pusę nuo tiriamojo įrenginio, todėl nepakankamai išvalytos nuotekos galėtų užteršti jų vandenį.



2.14 pav. Geriamojo vandens šulinys Nr. 1 (Valeikaitė 2015).

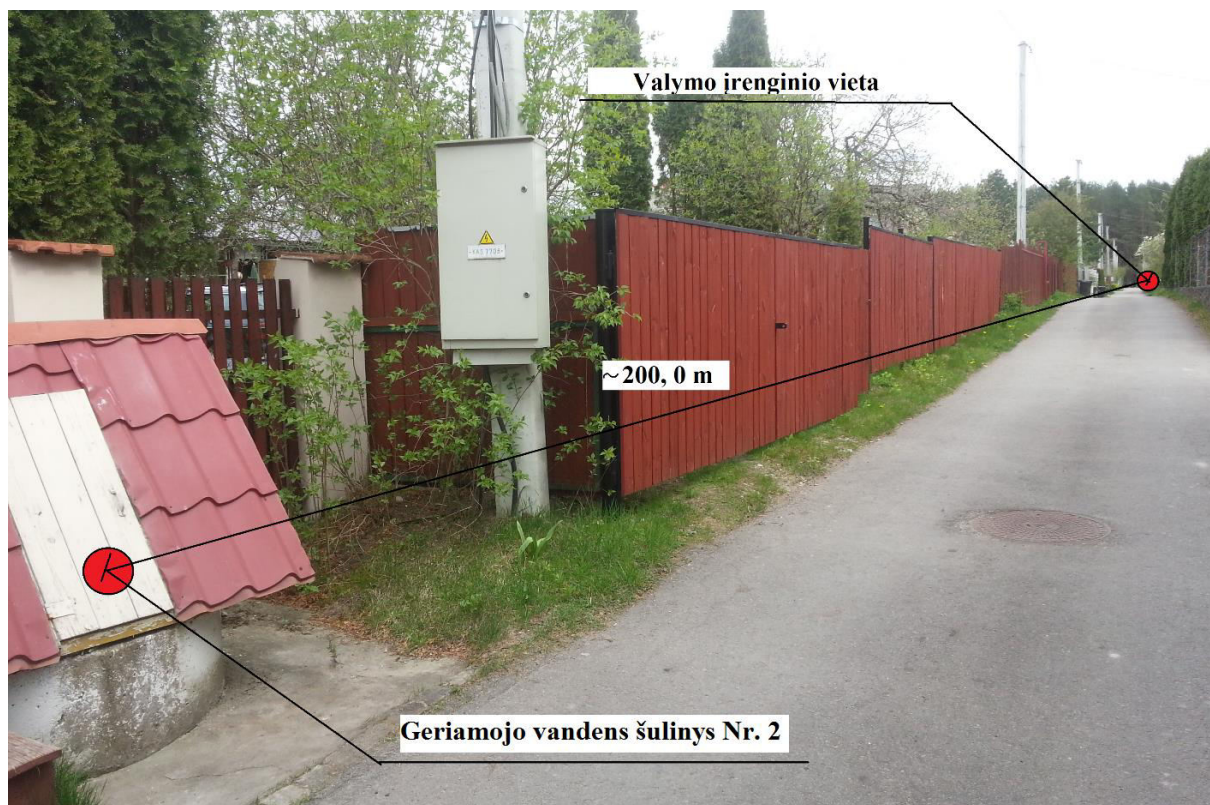


2.15 pav. Geriamojo vandens šulinys Nr. 2 (Valeikaitė 2015).

Pirmasis geriamojo vandens šaltinis Nr. 1 yra arčiau valymo įrenginių, maždaug už 30 metrų, o antrasis toliau, maždaug už 200 metrų. Šių šulinių bei valymo įrenginio išsidėstymas teritorijoje atitinkamai pavaizduotas 2.16 ir 2.17 paveiksluose.



2.16 pav. Geriamojo vandens šulinio Nr. 1 ir valymo įrenginio AT-6 vietos tiriamojoje teritorijoje (Valeikaitė 2015).



2.17 pav. Geriamojo vandens šulinio Nr. 2 ir valymo įrenginio AT-6 vietos tiriamojoje teritorijoje (Valeikaitė 2015).

Tyrimų rezultatai geriamajame vandenyje pateikiami 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Nitratų koncentracijos geriamajame vandenyje.

Objektas	NO ₃ -N koncentracija, mg/l				Leidžiama nitratų norma geriamajame vandenyje, mg/l
	2015 04 08		2015 05 04		
Pirmas šachtinis šulinys (už ~30 m)	4,60	4,50	4,50	4,47	50,0
	4,40		4,80		
	4,50		4,10		
Antras šachtinis šulinys (už ~200 m)	10,10	9,57	9,50	9,50	
	9,10		9,80		
	9,50		9,20		

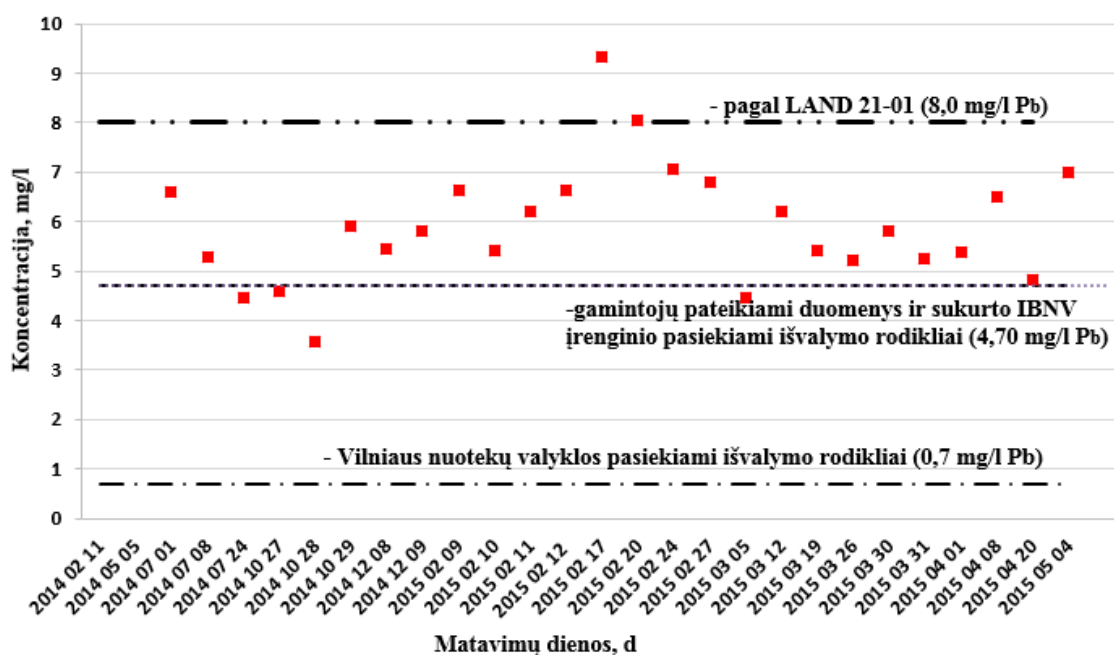
2.1 lentelėje pateiktos likutinės nitratų koncentracijos tiriamajame geriamajame vandenyje neviršija leidžiamos šių junginių koncentracijos pagal HN 24:2003 ir tiriamosiomis dienomis nitratų koncentracijos labai panašios. Antrajame vandens šulinyje (Nr. 2), kuris yra maždaug už 200 m, nustatyta nitratų koncentracija vidutiniškai 2 kartus didesnė nei pirmajame vandens šulinyje (Nr. 1), tačiau nustatytos nitratų koncentracijos abiejais atvejais atitinkamai yra mažesnės 10 ir 5 kartus nei gali būti pagal HN 24:2003. Didesnę nitratų koncentraciją antrajame geriamojo vandens šulinyje galėjo lemti tai, kad aplink jį yra daugiau sodybų, kurios valytas nuotekas taip pat infiltruoja į

gruntus bei dauguma sodybų turi daržus, kuriuos kartais galbūt tręšia azotinėmis trąšomis. Požeminis vanduo teka upės link (reljefo žemėjimo kryptimi). Mūsų atveju vandens tekėjimo kryptis yra nuo pirmojo vandens šulinio (Nr. 1) iki antrojo (Nr. 2) (vakarų kryptis). Tai dar viena priežastis, kas galėjo lemti didesnį nitratų kiekį antrojo šulinio (Nr. 2) vandenyje.

Likutinės nitratų vertės geriamajame vandenyje įrodo, kad valytų nuotekų išleidimas į gruntus nekelia pavojaus gruntiniams vandenims ir vanduo yra tinkamas žmonių vartojimui, jų sveikatai nepavojingas.

Remiantis LR aplinkos ministro 2012 m. balandžio 2 d. įsakymo Nr. D1-281 redakcijoje pateiktais bendraisiais filtravimo sistemų įrengimo reikalavimais pastebima, kad filtracijai tinkamiausi smėlingi gruntai, kas atitinka tiriamosios sistemos teritorijos litologiją. Svarbu tai, kad atstumas nuo infiltracinio šulinio dugno iki gruntinio vandens lygio būtų ne mažiau kaip 1,0 m. Tiriamosios sistemos teritorijoje gruntinis vanduo iki 6,0 m gylio nesutiktas. Infiltracinio šulinio gylis siekia 4,15 m nuo žemės paviršiaus. Turint šiuos rezultatus galima teigti, kad filtravimo sistemos reikalavimai, įrengiant filtravimo įrenginį, nebuvo pažeisti. Tai leidžia daryti išvadą, kad, esant > 1,0 m atstumui nuo infiltracinio šulinio dugno iki gruntinio vandens lygio, valytas nuotekas išleidžiant į gruntus, nekelia pavojaus gruntiniams vandenims ir galima teigti, kad aplinkosauginės taisyklės tenkinamos.

2.18 paveiksle pateikiamos fosfatų fosforo ($\text{PO}_4\text{-P}$) gautos reikšmės visu tiriamuoju laikotarpiu.



2.18 pav. Orto-fosfatų fosforo koncentracijos (mg/l) palyginimas tiriamuoju laikotarpiu.

2.18 paveiksle pateiktos vidutinės orto-fosfatų fosforo koncentracijos, jos viršija reikalavimus, su kuriais buvo lygintos. Lyginant gautus rezultatus pagal LAND 21-01 aplinkosauginės taisyklės išmatuotos fosfatų fosforo vertės tik vasario mėnesį (2 dienas) viršija leidžiamas bendro fosforo koncentracijas. Tai būtų galima paaiškinti dėl AT-6 valymo įrenginio sistemos veikimo sutrikimo, kai tuo metu buvo užsikimšę į aeracijos zoną orą tiekiantys difuzoriai. Anaerobinės ir aerobinės fazės kaitaliojimasis yra būtina sąlyga biologiškai šalinant fosforą. Tam, kad organizmai optimaliai įsisavintų fosforą, turi būti pakankamas deguonies kiekis aerobinėje zonoje. Šį kiekį nurodo visiška arba beveik visiška nitrifikacija. Ištirpusio deguonies koncentracija aerobinėje zonoje turėtų būti 2 – 6 mg/l ir ne mažesnė kaip 1 mg/l, nes kitaip fosfatai pradės išsiskirti iš organizmų į nuotekas. Taigi galima teigti, kad užsikimšus difuzoriams ištirpusio deguonies koncentracija aerobinėje kameroje sumažėjo tiek, kad organizmai fosfatus pradėjo išskirti į nuotekas, todėl jų koncentracija padidėjo.

Pašalinus sistemos gedimą fosfatų fosforo koncentracijos sumažėjo. Tyrimo metu gauti rezultatai visą laiką viršijo Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pateikiamus išvalymo rodiklius bei gamintojo (August ir Ko 2013) deklaruojamus ir sukurto IBNV įrenginio (Kirjanova 2014) bendro fosforo išvalymo rodiklius, išskyrus liepos, spalio ir kovo mėnesių tam tikromis dienomis. Galima daryti prielaidą, kad prieš imant mėginį, individualaus valymo įrenginio eksploatuotojas galėjo naudoti mažiau cheminių ploviklių, skalbimų miltelių ir t.t.

Nustatytos fosfatų vertės pagal LAND 21-01 vidutiniškai mažesnės 1,35 kartų, o lyginant su gamintojų pateiktomis likutinėmis vertėmis ir sukurto IBNV įrenginio išvalymo rodikliais, vertės vidutiniškai viršijamos 1,3 kartus. Pagal Vilniaus nuotekų valyklos pateikiamus išvalymo rodiklius nustatytos vertės vidutiniškai viršijamos 9 kartus. Tai būtų galima paaiškinti pastoviu perteklinio dumblo pašalinimu (trumpesnis dumblo amžius) Vilniaus nuotekų valykloje, su kuriuo kartu pašalinamas ir fosforas.

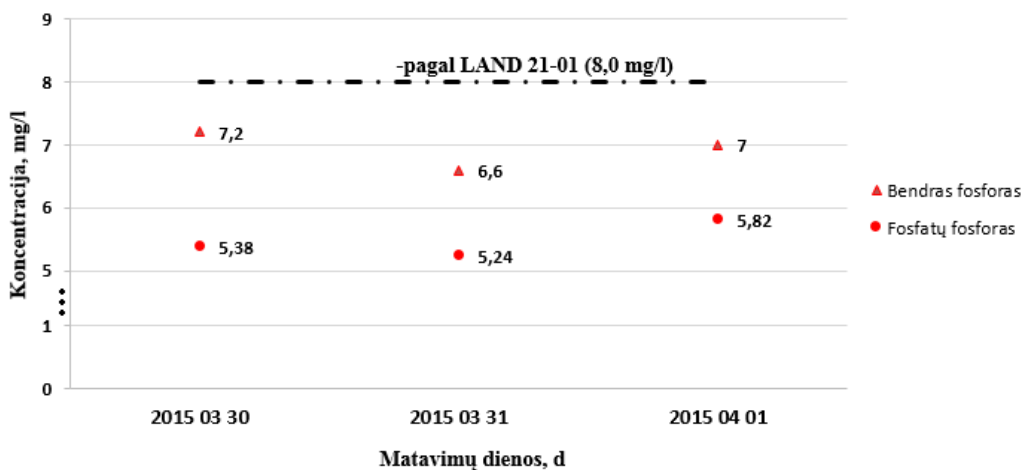
Didelį fosfatų kiekį valytose nuotekose galima paaiškinti vartotojo IBNV įrenginio eksploatavimo ypatumais, nes vartotojas laikosi tik tos eksploatavimo instrukcijos dalies, kad dumblas iš įrenginio turi būti šalinamas 2 kartus per metus ir orapūtės veikimas turi būti tikrinamas 1 kartą per mėnesį. Šiuo atveju fosforo junginių šalinimą įtakojo ilgas dumblo amžius. Kaip žinoma, biologinis fosforo šalinimas iš nuotekų yra paremtas bakterijų, intensyviai naudojančių fosfatus, savybe sukaupti didelį fosforo kiekį ląstelėse. Nuotekų valyklose fosforas pašalinamas iš sistemos kartu su pertekliniu veikliuoju dumblo, čia svarbu dumblo amžius, t. y. veikliojo dumblo atsinaujinimo sistemoje trukmė. Šalinant iš nuotekų fosforą, dumblo amžiaus reikšmės turi būti kuo mažesnės, nes tokiu atveju būtų pašalintas didesnis dumblo (ir fosforo) kiekis. Nuotekų valymą atliekant pilnos oksidacijos režimu, kai nitrifikacijos procesas vyksta gana pilnai (mūsų atvejis),

biologinis fosforo sunaudojimas yra mažiausias dėl mažiausio veikliojo dumblo prieaugio. Tai pagrindinis prieštaraavimas, kylantis sistemose, kur vienu metu biologiniu metodu pašalinami azotas ir fosforas. Tiriamosios sistemos dumblo amžius yra ne trumpesnis kaip 30 parų (dumblo prieaugio 30 parų, o likusio dumblo ilgesnis), tai reiškia, kad dumblas yra aerobiškai stabilizuotas. Įrenginio techninėje dokumentacijoje numatytas dumblo pašalinimas 1–2 kartus per metus, o tai ir buvo vykdoma. Kita vertus, rekomenduojama iš įrenginio šalinti perteklinį dumblą, jei jo kiekis talpoje viršija 600 ml dumblo/1 l vandens. Pastarasis parametras buvo matuojamas tik 1–2 kartus per metus, todėl galėjo neatitikti rekomendacijų.

2015 metų balandžio viduryje iš įrenginio buvo pašalintas perteklinis dumblas (maždaug 30 %). Po savaitės atlikus fosfatų fosforo tyrimą valytose nuotekose pastebėtas šių junginių sumažėjimas (sutrumpėjo dumblo amžius), tačiau gegužės mėnesį fosfatų koncentracijos vėl padidėjo. Pastarųjų junginių ($\text{PO}_4\text{-P}$) padidėjimą galėjo lemti veikliojo dumblo kompozicijos pasikeitimas (prieaugo daug siūlinių mikroorganizmų) ir nepakankamas perteklinio dumblo kiekio pašalinimas (reikia pašalinti apie 70 %).

Remiantis gautomis likutinėmis fosfatų vertėmis ir jas palyginus su pateiktais įvairiais reikalavimais, galima spręsti, kad išvalymo rodikliai nėra tokie geri, kokius deklaruoja gamintojas. Svarbu, kad fosfatų fosforas ($\text{PO}_4\text{-P}$) ištirtuose mėginiuose neviršijo bendrojo fosforo kontroliuojamų didžiausių leidžiamų koncentracijų pagal aplinkosaugines taisykles LAND 21-01, kadangi tai dokumentas, kuris nustato leidžiamus valytų nuotekų užterštumus infiltruojant nuotekas į gruntus. Todėl galima daryti išvadą, kad esamos fosfatų fosforo koncentracijos valytose nuotekose nekenkia aplinkai ir nepablogina geriamojo vandens kokybės.

2.19 paveiksle pateiktos bendro fosforo (P_b) koncentracijos valytose nuotekose, kurias nustatė įmonė UAB „Grotā“. Tiriamuoju laikotarpiu tyrimai buvo atlikti tik kelis kartus tam tikromis dienomis. Šių tyrimų esmė nustatyti ar yra priklausomybė tarp $\text{PO}_4\text{-P}$ ir P_b .



2.19 pav. Bendro fosforo ir fosfatų fosforo koncentracijos (mg/l).

Įmonės UAB „Grotė“ analitinės laboratorijos vedėja Z. Šalaviejienė teigia, kad priklausomybės tarp bendrojo fosforo (P_b) ir fosfatų fosforo (PO_4-P) koncentracijų nėra, tačiau gauti rezultatai (2.19 pav.) rodo, kad tirtų nuotekų fosfatų fosforas sudaro didžiąją dalį bendrojo fosforo koncentracijos, maždaug 75 % – 83 % arba bendrojo fosforo vertės vidutiniškai 1,3 kartus didesnės nei fosfatų fosforo vertės. Kadangi P_b tyrimas yra ilgas ir sudėtingas procesas, o PO_4-P daug paprastesnis ir trumpesnis, galimai pakaktų nustatyti pastarąsias koncentracijas, priimanč, kad bendrojo fosforo vertės bus 1,3 kartus didesnės.

Svarbu tai, kad bendrojo fosforo koncentracijos neviršija aplinkosauginiame dokumente LAND 21-01 nustatytų valytų nuotekų rodiklių ir vidutiniškai 1,15 kartų mažesnės nei gali būti valytose nuotekose pagal minėtą aplinkosauginį dokumentą. Galima teigti, kad esamos bendrojo fosforo koncentracijos valytose nuotekose aplinkosauginiu požiūriu nepavojingos.

Tiriamuoju laikotarpiu taip pat buvo nustatomos ir valytų nuotekų BDS_7 koncentracijos tam tikromis dienomis.

2.2 lentelė. BDS_7 nustatymo rezultatai Liepos mėnesį.

Kolbos Nr.	Tyrimo pradžia ir pabaiga	Skiedi- mas	Ištirpusio deguonies koncentracija, mgO ₂ /l				BDS ₇ , mgO ₂ /l	Priimama BDS ₇ reikšmė mgO ₂ /l
			Tyrimo pradžioje		Tyrimo pabaigoje			
			Tuščias mėginys	Tiriamas mėginys	Tuščias mėginys	Tiriamas mėginys		
1	Pradžia 2014-07-01 Pabaiga 2014-07-08	2	-	8,32	-	3,12	9,57	13,0
2		5	-	8,63	-	3,74	16,13	
3		10	-	8,70	-	7,06	8,93	-
K			8,83		8,0			

Pagal gautus ištirpusio deguonies koncentracijos rezultatus apskaičiuojamos BDS_7 reikšmės, remiantis 2.2 formule.

$$BDS_{7(Nr.1)} = \left[(8,32 - 3,12) - \frac{500 - 250}{500} \cdot (8,83 - 8,0) \right] \cdot \frac{500}{250} = 9,57 \text{ } mgO_2 / l;$$

$$BDS_{7(Nr.2)} = \left[(8,63 - 3,74) - \frac{500 - 100}{500} \cdot (8,83 - 8,0) \right] \cdot \frac{500}{100} = 16,13 \text{ } mgO_2 / l;$$

$$BDS_{7(Nr.3)} = \left[(8,70 - 7,06) - \frac{500 - 50}{500} \cdot (8,83 - 8,0) \right] \cdot \frac{500}{50} = 8,93 \text{ } mgO_2 / l;$$

Atliekamas sąlygų tinkamumo patikrinimas pagal 2.1 formulę.

$$1. \quad \frac{8,32}{3} \leq (8,32 - 3,12) \leq 8,32 \cdot \frac{2}{3}; \quad 2,77 \leq 5,2 \leq 5,55;$$

Sąlyga tenkinama.

$$2. \quad \frac{8,63}{3} \leq (8,63 - 3,74) \leq 8,63 \cdot \frac{2}{3}; 2,88 \leq 4,89 \leq 5,75;$$

Sąlyga tenkinama.

$$3. \quad \frac{8,70}{3} \leq (8,70 - 7,06) \leq 8,70 \cdot \frac{2}{3}; 2,90 \leq 1,64 \leq 5,80;$$

Sąlyga netenkinama.

Kadangi tenkinamos pirmoji ir antroji tinkamumo sąlygos, priimamos šios BDS₇ reikšmės – 9,57 mgO₂/l ir 16,13 mgO₂/l, o vidutiniškai gauta reikšmė yra lygi 13,0 mgO₂/l.

Analogiški BDS₇ skaičiavimai atliekami ir kitomis tyrimo dienomis, o gauti rezultatai pateikiami 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. BDS₇ koncentracijos tiriamuoju laikotarpiu.

Data	Likutinė BDS ₇ koncentracija valytose nuotekose, mg/l
2014 07 01	13,0
2014 10 28	17,0
2014 12 08	15,0
2015 02 20	19,0
2015 03 26	21,0

Remiantis tyrimų rezultatais (2.3 lentelė), valytų nuotekų BDS₇ koncentracijos visu tiriamuoju laikotarpiu nė karto neviršijo 35 mgO₂/l pagal nuotekų tvarkymo reglamentą (NTR) ir yra du kartus mažesnė koncentracija, nei vidutinė metinė DLK mažosioms (iki 5 m³/d) nuotekų valykloms. Tai vienintelis parametras, kurį reglamentuoja NTR mažoms valykloms. Tačiau šis reikalavimas taikomas, kai valytos nuotekos išleidžiamos į paviršinius vandens telkinius. Remiantis aplinkosauginiu dokumentu LAND 21-01 nustatytos BDS₇ koncentracijos taip pat tenkina dokumente pateiktas užterštumo normas, kur nurodyta, kad infiltruojant nuotekas į gruntus užterštumas pagal BDS netūrėtų viršyti 50,0 mgO₂/l. Remiantis LR aplinkos ministro 2012 m. balandžio 2 d. įsakymo Nr. D1-281 redakcijoje pateiktais aplinkosauginiais reikalavimais apvalytoms nuotekoms pastebima, kad nustatyta valytų nuotekų BDS₇ koncentracija vidutiniškai 7 kartus mažesnė nei nei nurodytas naujoje nuotekų filtravimo sistemų įrengimo aplinkosaugos taisyklių redakcijoje (150 mgO₂/l), todėl tirtasis įrenginys dirba kokybiškai ir aplinkos neteršia.

Remiantis likutinėmis organinių medžiagų vertėmis valytose nuotekose galima teigti, nuotekų išvalymo rodikliai pagal BDS yra aukšti, tačiau ne tokie geri, kaip deklaruoja gamintojas (12 mgO₂/l).

Anaerobinėje kameroje (nuotekų ir veikliojo dumblo mišinyje) buvo nustatytos azoto ir fosforo junginių koncentracijos. Išmatuotos šių junginių koncentracijos lyginamos su 2.4 lentelėje pateiktomis teorinėmis pradinėmis nevalytų nuotekų sudėtimis.

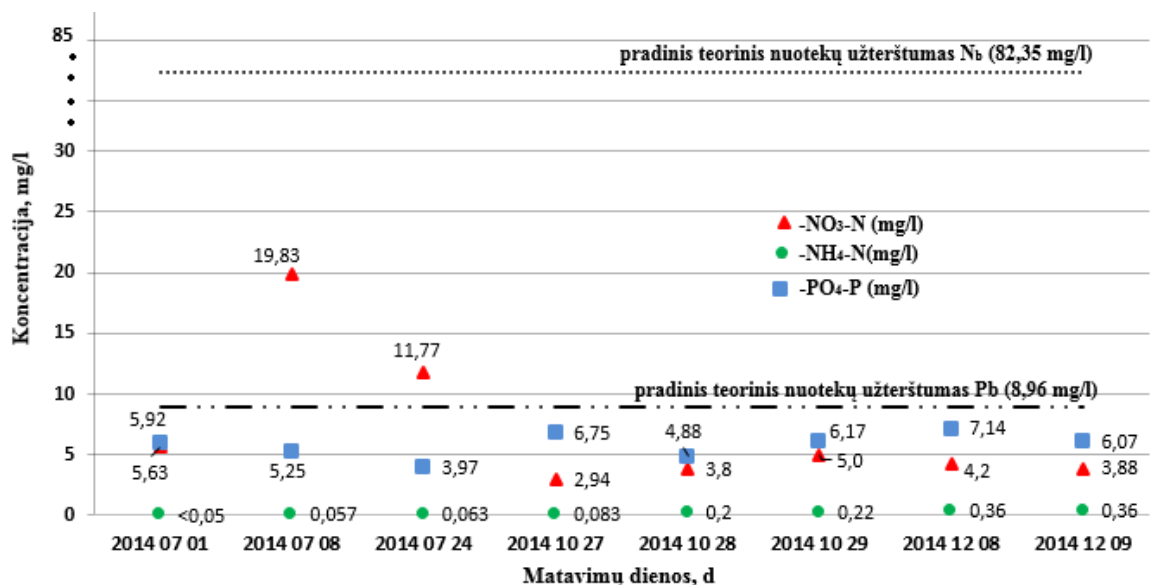
2.4 lentelė. Teorinės pradinės nevalytų nuotekų užterštumų vertės (Kirjanova 2014; Vilniaus vandenys 2014; August ir Ko 2013).

Nr.	Teršalai nuotekose	Pradinis teorinis nevalytų nuotekų užterštumas, mg/l		
		Nevalytų nuotekų užterštumas Maišiagalos mieste	Nevalytų nuotekų užterštumas Vilniaus mieste	Nevalytų nuotekų užterštumas pagal gamintojus
1.	NO ₃ -N	-	-	-
2.	NH ₄ -N	59,0	-	40,0
3.	PO ₄ -P	5,6	-	-
4.	N _b	85,0	81,0	82,35
5.	P _b	8,7	9,1	8,96

Remiantis 2.4 lentele matoma, kad teorinis nevalytų nuotekų užterštumas azoto ir fosforo junginiais Maišiagalos (Kirjanova 2014) ir Vilniaus miestuose (Vilniaus vandenys 2014) bei gamintojo (August ir Ko 2013) pateikiami užterštumai yra labai panašūs, nepaisant to, kad vienur nuotekos tiekiamos pastoviai, o kitur tam tikrais periodais.

2.20 paveiksle pateiktos išmatuotos N ir P junginių koncentracijos lyginamos su gamintojo pateikiamu pradiniu teoriniu nuotekų užterštumu. Išmatuotos biogeninių medžiagų koncentracijos labai skiriasi nuo teorinės nevalytų nuotekų sudėties, išskyrus fosfatų, kurių vertės labai panašios su teorine bendro fosforo verte nuotekose. Išmatuotos amonio jonų koncentracijos net 200 kartų mažesnės nei teorinės pradinės vertės, o nitratų jonų 7 kartus mažiau nei pradinis teorinis užterštumas bendruoju azotu.

Tačiau azoto ir fosforo junginių koncentracijos valomų ir veikliojo dumblo mišinyje mažai skiriasi nuo likutinių teršalų koncentracijų valytose nuotekose. Tai galima paaiškinti individualiame buitinių nuotekų valymo (IBNV) įrenginyje vykstančiais procesais, kai veiklusis dumbblas iš antrinio nusodintuvo dugno erliftu grąžinamas į anaerobinę kamerą. Dėl tokios recirkuliacijos valomų nuotekų ir veikliojo dumblo mišinyje buvo aptikti nitratai. Nedidelis skirtumas azoto ir fosforo junginių koncentracijų valytose nuotekose ir anaerobinėje kameroje (1a) bei nitratų aptikimas nuotekų ir veikliojo dumblo mišinyje leidžia daryti prielaidą, kad teršalų skaidymo procesai jau vyksta ir pirmojoje (anaerobinėje) valymo įrenginio kameroje.



2.20 pav. Azoto ir fosforo junginių koncentracijos anaerobinėje kameroje (1a) palyginimas su gamintojų pateikiamu pradiniu teoriniu nuotekų užterštumu.

Svarbu, kad per didelis nitratų kiekis nebūtų pirmojoje (anaerobinėje) kameroje, nes ji gali tapti anoksine. Tai neigiamai veiktų fosfatų šalinimo efektyvumą, nes denitrifikuojančios bakterijos nitratų azoto redukcijos metu pirmiausia naudoja mažamolekulines riebiąsias rūgštis, todėl jų kiekis gali būti per mažas intensyvaus fosforo naudojimui palaikyti. Šio tyrimo metu nitratų koncentracija neviršijo 5 mg/l (išskyrus tris atvejus liepos mėnesį), taigi fosfatų šalinimui iš nuotekų nebuvo trukdantis veiksnys.

Skendinčių medžiagų (SM) tyrimas buvo atliekamas tris kartus per visą tiriamąjį laikotarpį. Kovo ir gegužės mėnesiais tyrimas atliktas vandentvarkos inžinerijos chemijos laboratorijoje, o balandžio mėnesio rezultatus pateikė įmonė UAB „Grota“. Šios įmonės rezultatai leidžia palyginti ar nustatytos SM koncentracijos yra patikimos ir tikslios.

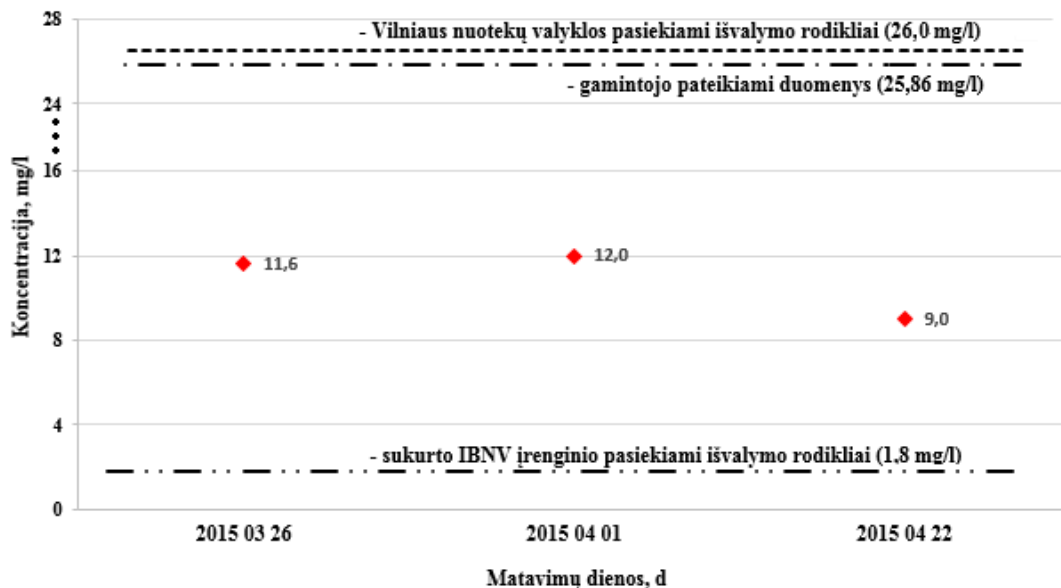
Rezultatai pateikiami 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė. Skendinčių medžiagų (SM) koncentracijos.

Data	Sauso filtro svoris, mg	Filtro masė po filtravimo, mg	Bandinio tūris, ml	SM koncentracija, mg/l
2015 03 26	0,486	12,086	1000	11,6
2015 04 22	0,625	12,625	1000	12,0
2015 05 04	0,511	9,511	1000	9,0

Remiantis 2.5 lentelėje pateiktais rezultatais matoma, kad skendinčių medžiagų koncentracijos visu tyrimo metu yra panašios. Todėl galima teigti, kad vandentvarkos inžinerijos laboratorijoje nustatytos SM vertės valybose nuotekose yra patikimos.

Grafiškai skendinčių medžiagų koncentracijų rezultatai pateikiami 2.21 paveiksle.



2.21 pav. Skendinčių medžiagų (SM) koncentracijos palyginimas.

Iš 2.21 paveikslo matyti, kad nustatytos skendinčių medžiagų koncentracijos neviršijo nė vieno iš rodiklių, su kuriais buvo lyginama, išskyrus sukurto IBNV įrenginio (Kirjanova 2014) pasiekiamus išvalymo rodiklius. Tai galima paaiškinti, nes sukurtą valymo įrenginį sudaro trijų kamerų septikas, o septikuose efektyviai šalinamos suspenduotos organinės ir mineralinės medžiagos.

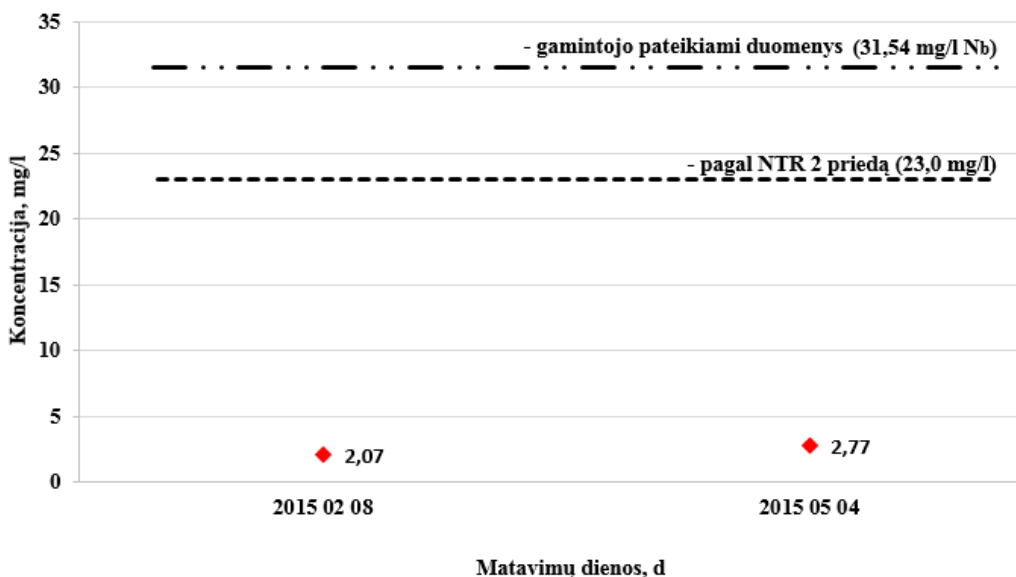
Remiantis gautomis likutinėmis SM koncentracijomis ir jas palyginus su gamintojo (August ir Ko 2013) pateikiamomis likutinėmis vertėmis galima teigti, kad įrenginio AT-6 išvalymo efektyvumas pagal skendinčias medžiagas taip pat yra aukštas, vidutiniškai SM koncentracija yra 2,4 mažesnė nei Vilniaus nuotekų valyklos (Vilniaus vandenys 2014) pateikiami išvalymo rodikliai bei gamintojo pateikiami duomenys.

Atlikus tyrimus pagal išmatuotus rodiklius pastebima, kad kai nuotekos nebuvo tiekiamos į valymo įrenginį tam tikrą laiką (2 savaites), tai įtakos turėjo tik nitratų azoto šalinimui. Jų koncentracija nuotekose padidėjo, nes aeracijos procesas visą laiką veikė pagal režimą, o organinių medžiagų kiekis buvo sumažėjęs, kurių reikia denitrifikacijos procesui vykti. Todėl galima teigti, kad neilgas laiko tarpas, kai nuotekos nėra tiekiamos į valymo įrenginį, teršalų šalinimo procesams reikšmingos įtakos neturėjo ir valymo procesas vyksta efektyviai.

Apibendrinus tyrimo metu gautus rezultatus galima daryti išvadą, kad tirtasis įrenginys pagal išmatuotus rodiklius yra saugus aplinkosauginiu požiūriu ir išvalytos nuotekos nepablogina gamtos būklės.

2015 metais keletas momentinių mėginių buvo paimta dar iš vieno tokio paties AT-6 individualaus biologinio valymo įrenginio. Tiriamasis įrenginys yra Vilniaus rajone, Adomaičių kaime. Įrenginį eksploatuoja keturių asmenų šeima. Valytos nuotekos išleidžiamos į Vilnios upę.

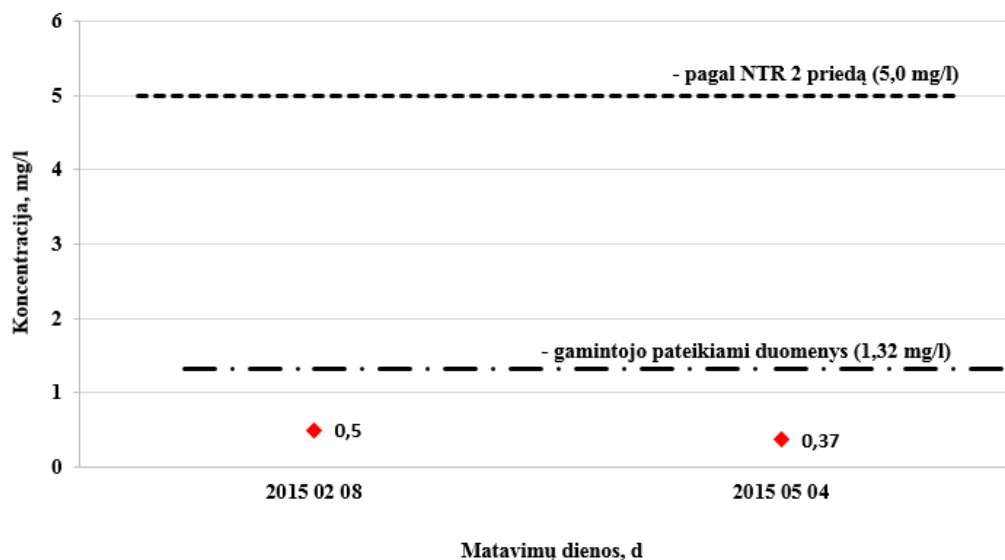
Mėginiai buvo paimti 2 kartus – vasario ir gegužės mėnesiais. Lauko temperatūra atitinkamai buvo 5 °C ir 15 °C. Į aplinką išleidžiamų buitinių nuotekų užterštumą reglamentuojantis dokumentas (Nuotekų...2006) mažosioms valykloms nenormuoja liekamųjų azoto ir fosforo junginių kiekių, tačiau reglamento 2 priede pateiktoje lentelėje B2 sąraše nurodyta, kad azoto ir fosforo junginiai priklauso kontroliuojamoms medžiagoms bei nurodytos jų leidžiamos koncentracijos nuotekose (1.4 lentelė). Kadangi Adomaičių kaime eksploatuojančiame valymo įrenginyje valytos nuotekos išleidžiamos į Vilnios upę, tai gauti rezultatai lyginami su reglamento 2 priedo B2 sąraše (1.4 lentelė) pateikiamomis leidžiamomis azoto ir fosforo junginių koncentracijomis bei su gamintojo (August ir Ko 2014) deklaruojamomis likutinėmis šių teršalų vertėmis.



2.22 pav. Nitratų azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas (Adomaičių kaime).

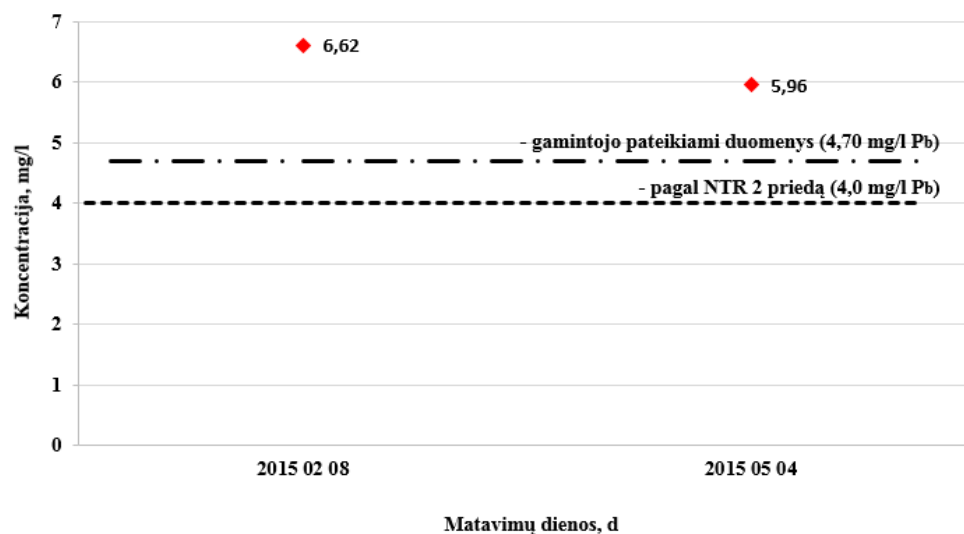
Iš 2.22 paveikslo matyti, kad tiriamomis dienomis nitratų azoto koncentracijos neviršijo jokių reikalavimų, su kuriais buvo lyginami. Remiantis šiame paveiksle pateiktais duomenimis galima spręsti, kad nuotekų išvalymo rodikliai pagal likutines nitratų koncentracijas yra labai geri, nitratų vidutiniškai yra 13 kartų mažiau, nei gali būti valytose nuotekose pagal Nuotekų tvarkymo

reglamento 2 priedo B2 sąrašą (1.4 lentelė) bei vidutiniškai 10 kartų mažiau, nei teigia gamintojas. Taigi, įrenginys aplinkosauginiu požiūriu yra saugus.



2.23 pav. Amonio azoto koncentracijos (mg/l) palyginimas (Adomaičių kaime).

Iš 2.23 paveikslo matyti, kad amonio jonų ($\text{NH}_4\text{-N}$) vidutinės koncentracijos tiriamosiomis dienomis taip pat neviršijo jokių reikalavimų ir amonio jonų koncentracija valybose nuotekose vidutiniškai 11 kartų mažesnė, nei leidžiama šių junginių koncentracija Nuotekų tvarkymo reglamento 2 priedo B2 sąraše (1.4 lentelė) bei vidutiniškai 3 kartus mažesnė, nei gamintojo deklaruojami amonio azoto išvalymo rodikliai. Iš to galima spręsti, kad pagal likutines amonio jonų koncentracijas nuotekų išvalymo rodikliai yra aukšti ir gamtos būklės nepablogins.



2.24 pav. Orto-fosfatų fosforo koncentracijos (mg/l) palyginimas (Adomaičių kaime).

2.24 paveiksle parodytos vidutinės fosfatų fosforo koncentracijos, jos viršija reikalavimus, su kuriais buvo lygintos. Lyginant gautus rezultatus pagal Nuotekų tvarkymo reglamento (NTR) 2 priedą (1.4 lentelė) išmatuotos fosfatų fosforo koncentracijos viršija leidžiamas bendro fosforo koncentracijas. Lyginant su gamintojų pateiktomis likutinėmis vertėmis, viršija vidutiniškai 1,3 kartus, o lyginant su Nuotekų tvarkymo reglamento 2 priedą vidutiniškai viršijamos 1,6 kartus.

Tokį didelį fosfatų koncentracijų kiekį valytose nuotekose taip pat galima paaiškinti vartotojo IBNV įrenginio (AT-6) eksploatavimo ypatumais, kai vartotojas nesudaro jo darbui idealių sąlygų. Situacija lygiai tokia pati, kaip ir valymo įrenginio, eksploatuojamo Rudausių Sodų 5-ojoje gatvėje, Vilniuje. Kaip minėta anksčiau, nuotekų valyklose fosforas pašalinamas iš sistemos kartu su pertekliniu veikliuoju dumblo, čia svarbu dumblo amžius (fosforo šalinimui jis turi būti kuo mažesnis). Tiriamosios sistemos dumblo amžius taip pat yra ne trumpesnis kaip 30 parų, kaip ir prieš tai tirtą valymo įrenginį, o dumblas iš sistemos šalinamas tik 1 – 2 kartus per metus, ką įrenginio eksploatuotojas ir atlieka. Taigi, visa tai galėjo lemti santykinai dideles fosfatų fosforo koncentracijas valytose nuotekose.

Remiantis gautomis likutinėmis fosfatų vertėmis ir jas palyginus su pateiktais įvairiais reikalavimais, galima spręsti, kad išvalymo rodikliai nėra tokie geri, kokius deklaruoja gamintojas. Svarbu tai, kad fosfatų fosforas ($\text{PO}_4\text{-P}$) ištirtuose mėginiuose viršijo bendrojo fosforo kontroliuojamas didžiausias leidžiamas koncentracijas (DLK) pagal Nuotekų tvarkymo reglamento 2 priedo B2 sąrašą, nes valytos nuotekos išleidžiamos į paviršinį vandens telkinį – Vilnios upę.

Remiantis Nuotekų tvarkymo reglamentu pastebėta, kad išleidžiamų nuotekų kiekis ($0,54 \text{ m}^3/\text{d}$) neviršija $10,0 \text{ m}^3/\text{d}$ (išleidžiant nuotekas į pratekantį vandens šaltinį), todėl išleidžiamų nuotekų poveikis priimtuvui ir priimtinos apkrovos skaičiavimas neprivalomas. Išleidžiamų nuotekų kiekis yra mažas ($0,54 \text{ m}^3/\text{d}$), todėl galima teigti, kad toks nuotekų kiekis Vilnios upės neigiamai neįtakoja ir įrenginys aplinkosauginiu požiūriu yra saugus.

Apibendrinus gautus rezultatus Adomaičių kaime galima daryti išvadą, kad tirtasis įrenginys pagal išmatuotus rodiklius taip pat yra saugus aplinkosauginiu požiūriu ir išvalytos nuotekos nepablogina gamtos būklės.

2.3.2. Veikliojo dumblo tyrimo rezultatai

Apie nuotekų valymo efektyvumą galima spręsti atlikus veikliojo dumblo mikroskopavimą. Veikliojo dumblo bandiniai tiriamuoju laikotarpiu paimti iš 3-io taško (2.3 pav.). Mikroskopavimo metu buvo stebima veikliojo dumblo mikroflora ir identifikuojami indikatoriniai mikroorganizmai, nustatoma veikliojo dumblo kokybė.

2.3.2.1. Sedimentacinės savybės

Visu tiriamuoju laikotarpiu veiklusis dumblas per 30 minučių 1000 ml talpos cilindre sėdo gerai. Išimtis – keli mėnesiai: 2014 m. liepos mėnuo ir 2015 m. kovo, balandžio ir gegužės mėnesiai, kai dumblas sėdo labai blogai. Tuo tikslu buvo paskaičiuotas dumblo indeksas (DI) (kovo ir balandžio mėnesiais), kuris leidžia įvertinti sedimentacinės savybės. Dumblo indeksas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$TR = \frac{920}{(0,552 - 0,417) \cdot 50} = 136 \text{ ml/g};$$

Visi kiti skaičiavimai atliekami analogiškai. Rezultatai pateikti 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Dumblo indekso tyrimo rezultatai.

Objektas	Data	Sauso filtro svoris, mg	Filtro su dumblo svoris, mg	Nufiltruoto dumblo dalis, ml	Nusėdusio dumblo dalis 1 litre, ml	Dumblo indeksas (DI), ml/g
AT-6 individualus valymo įrenginys	2015 03 19	0,417	0,552	20	920	136
	2015 04 02	0,661	0,809	20	970	131
Vilniaus nuotekų valykla	2015 03 19	0,410	0,513	20	880	171
	2015 04 02	0,621	0,759	20	850	123

Atlikus dumblo indekso skaičiavimus galima teigti, kad veikliojo dumblo sedimentacinės savybės nėra geros. Veiklusis dumblas blogai nusėda, sunkiai atsiskiria nuo vandens. Šis reiškinys vadinamas dumblo išbrinkimu. Išbrinkimą galėjo sukelti nepakankama aeracija arba staigus nuotekų užterštumo padidėjimas. Dumblo indekso reikšmės didesnės kaip 100 ml/g. Esant blogoms sėdimo savybėms, perteklinis dumblas buvo pašalintas. Balandžio mėnesį po dumblo nusėdimo veikliajame dumble vis dar buvo daug siūlinių organizmų, kas blogino sėdimo savybes. Dumblas beveik nesėdo ir gegužės mėnesį. Įrenginio techninėje dokumentacijoje nurodyta, kad VD koncentracija turi būti tikrinama ir dumblas šalinamas 1 – 2 kartus per metus. Taip pat dokumentacijoje paminėta, kad perteklinis dumblas turi būti pašalinamas iš įrenginio, kai jo kiekis talpoje viršija 600 ml dumblo/1 l vandens. Iš tyrimų rezultatų (2.6 lentelė) matyti, kad nusėdusio dumblo dalis 1 litre sudarė 920 – 970 ml. Ši dalis daug didesnė, nei rekomenduojama, todėl reikėtų vėl sumažinti VD koncentraciją dumblą nusemiant arba gerinti dumblo sėdimo savybes (mažinti įrenginio apkrovimą ar ilginti aeracijos laiką).

Vilniaus nuotekų valyklos veikliojo dumblo sedimentacinės savybės tyrimo metu taip pat nėra geros, dumblo indekso reikšmės viršija 100 ml/g, kas byloja apie dumblo išbrinkimą. Taigi, abiejų valyklų veikliojo dumblo sedimentacinės savybės nėra geros.

2.3.2.2. Mikroskopinė analizė

Viso tiriamojo laikotarpio metu, atliekant mikroskopavimą, veikliojo dumblo kokybės tyrimo rezultatai kito ir tai pateikta 2.7 lentelėje. Dumblo kokybė buvo nustatoma remiantis 1.6 lentele.

2.7 lentelė. Dumblo kokybės rezultatai.

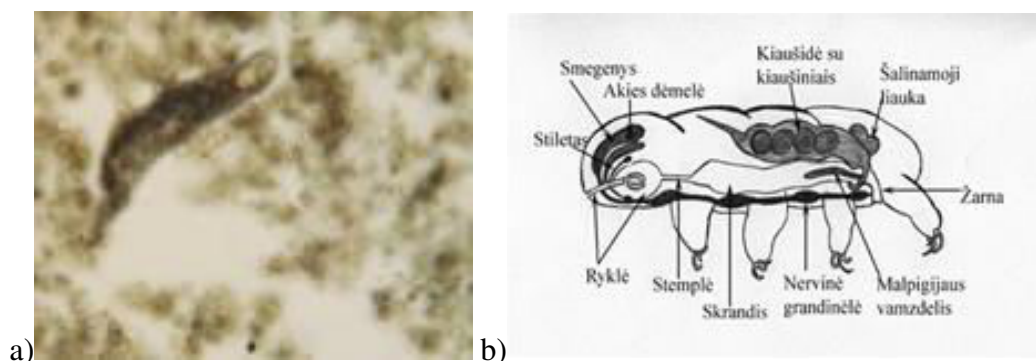
Kriterijai	Tyrimo rezultatai							
	2014 metai				2015 metai			
	Vasaris/ Gruodis	Gegužė	Liepa	Spalis	Vasaris	Kovas	Balan- dis	Gegužė
Siūlinių bakterijų indeksas (IF)	2-3	1-2	2	3-4	3-4	4-5	4-5	4-5
Laisvai gyvenančios ląstelės	3	2	1	2-3	>3	0	>3	1
Spirilos	-	-	-	-	-	-	>3	3
Infuzorijos/ test. Amebos	1	>1	>1	1	1	0	1	1
Žiuželiniai/ amebos	2	1	1	2	2	0	2	2
% Dribsniai >25 µm	>50 iki 70	>50 iki 70	>50 iki 70	>50 iki 70	>50 iki 70	<50	<50	<50
Dribsnių struktūra	Atviras	Kompak- tiškas	atviras	Atviras	Atviras	Atviras	Atviras	Atviras
Dribsnio stiprumas	Tvirtas	Tvirtas	Gležnas	Gležnas	Gležnas	Gležnas	Gležnas	Gležnas
Dribsnio forma	Neaptakus	Aptakus	Neaptakus	Neaptakus	Neaptakus	Neaptak- us	Neapta- kus	Neapta- kus
Išvada apie VD kokybę	VIDUTINĖ	GERA	VIDUTINĖ	VIDUTINĖ	VIDUTINĖ	PRASTA	PRASTA	PRASTA

Nagrinėjant 2.5 lentelę pastebima, kad viso tyrimo metu veiklusis dumblas buvo geros arba vidutinės kokybės, nuotekų valymas vyko intensyviai, išskyrus kovo, balandžio ir gegužės mėnesiais, kai veikliojo dumblo kokybė buvo prasta. Vasario mėnesį individualaus buitinių nuotekų

valymo įrenginio darbas buvo sutrikęs (2 savaites), nes užsikimšo difuzoriai, tiekiantys orą į aeracinę kamerą, kuris reikalingas mikroorganizmų gyvybinėms savybėms palaikyti. Visa tai neigiamai paveikė veikliojo dumblo mikroflorą bei nuotekų valymo procesą (valytose nuotekose padaugėjo fosfatų). Pašalinus gedimą (atkimšus difuzorius) veiklusis dumblas po truputį pradėjo atsigauti ir kovo mėnesį veikliajame dumble jau buvo aptikta keletas indikatorinių mikroorganizmų. Įrenginio techninėje dokumentacijoje nurodyta, kad erliftų darbas ir aeracija turi būti tikrinami kartą į mėnesį, tačiau remiantis veikliojo dumblo tyrimais galima teigti, kad toks laiko tarpas yra per ilgas, nes dviems savaitėms sutrikus aeracijai pasikeitė veikliojo dumblo mikroflora, kuriai atsisatyti reikia nemažai laiko.

Visu tiriamuoju laikotarpiu veikliajame dumble buvo aptikta nemaža indikatorinių mikroorganizmų įvairovė, išskyrus tuo metu, kai sutriko tiriamojo valymo įrenginio sistemos veikimas užsikimšus difuzoriams. Rasti indikatoriniai mikroorganizmai pateikiami tolimesnėje darbo eigoje.

Šaltuoju metų laiku veikliajame dumble buvo aptiktas vienas iš retesnių organizmų – **lėtūnas** – *tardigrada* tipas (2.25 pav.). Jų ilgis siekia apie 170 μm. Tai atskiras bestuburių tipas, artimas nariuotakojams. Savo išvaizda primena mikroskopinius meškiukus, dar dažnai vadinami „vandens meškiukai“. Kūne išsiskiria galva, liemuo ir 8 kojų tėsės. Jie lėtai ropinėja tarp dumblo dribsnių. Paplitę visame pasaulyje, jūriniuose ir gėluose vandenyse. Vandeninėje aplinkoje lėtai juda, kvėpuoja, susiranda sau maisto ir dauginasi. Šie mikroorganizmai garsėja kaip superorganizmai, nes lėtūnai sugeba išgyventi gana ekstremaliomis aplinkos sąlygomis. Kada yra sausa ir aplinkoje trūksta drėgmės lėtūnai gali prarasti 90 % kūno vandens (anhydrobiozė). „Išdžiuvęs“ lėtūnas gali suformuoti cistas, kurios išlieka gyvybingos pakankamai ilgai (Šatkauskienė 2013).

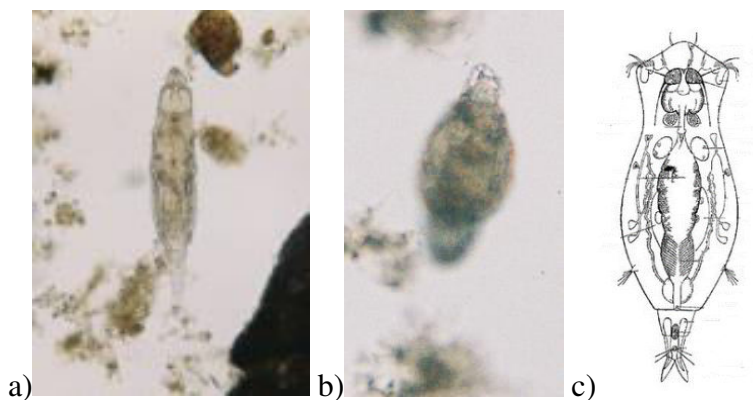


2.25 pav. Lėtūnas (*tardigrada*): a) aptiktas tiriamojoje sistemoje (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį – lėtūno vidaus sandara (Šatkauskienė 2013).

Lėtūnų veikliajame dumble randama, esant mažai apkrovai (Eikelboom 2000). Mano tiriamojame sistemoje šis vandens meškiukas buvo aptiktas vasario mėnesį ir galima spėti, kad tuo metu galėjo būti sumažėjusi apkrova organinėmis medžiagomis.

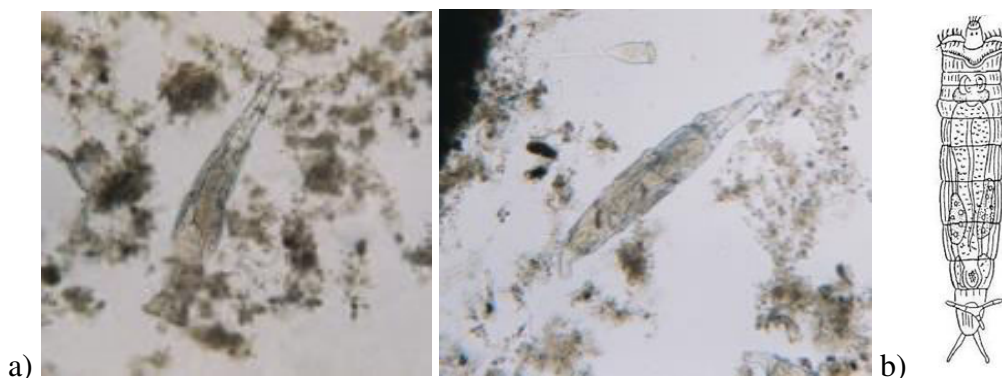
Remiantis įvairiais literatūros šaltiniu Lietuvoje lėtūnai buvo pastebėti mažesnėse valyklose – Skuodo, Kazlų Rūdos ir Daniliškių (Bražėnaitė 2014).

Labai svarbus indikatorinis mikroorganizmas yra **verpetė**. Tiriamame veikliajame dumble aptikta *rotifera* tipo (2.26 pav.). Tipe apjungta virš 1800 rūšių. Kūnas skirstomas į tris dalis: galvą, liemenį ir koją. Jų kūnas ištisęs, palyginti su kitomis klasės verpetėmis. *Rotaria* genties verpečių kūno ilgis labai kinta. Išsitiesusios ilgis apie 230 µm. Taip pat šios verpetės pastebėtos Utenos nuotekų valykloje (Bražėnaitė 2014).



2.26 pav. Verpetė (*rotifera*): a) vasario mėnesį, išsitiesusi; b) gruodžio mėnesį, susitraukusi (Valeikaitė 2014); c) bendroji verpetės schema (Bražėnaitė 2014).

Tiriamosios sistemos veikliajame dumble aptiktos ir kitos rūšies verpetės (*rotifera* tipas) - *rotaria trisecata* rūšis. Jų verpetinis aparatas yra platesnis už galvą. Ilgis apie 300 µm.



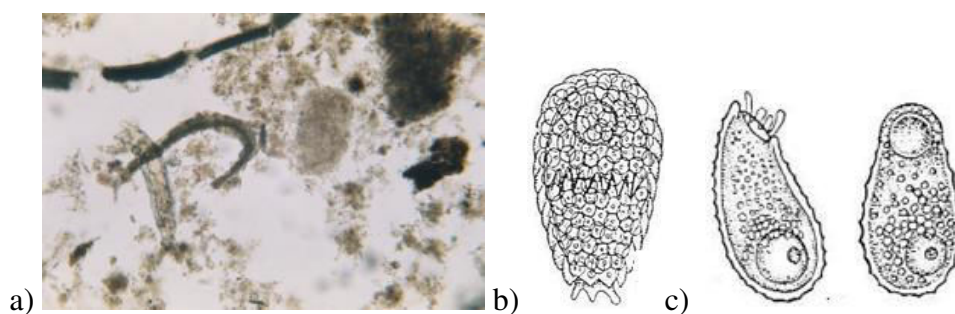
2.27 pav. Verpetė (*rotifera*) – *rotaria trisecata*: a) aptikta tiriamojame sistemoje (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

Verpetės dažniausiai randamos senesniame arba ilgaamžiam veikliajame dumble. Tačiau jų aptikimas rodo, kad skaidymo procesas stabilizavosi, aplinkoje sumažėjo teršalų (Eikelboom 2000). Taip pat parodo, kad intensyviai vyksta nitrifikacija.

Lietuvos nuotekų valyklų veikliajame dumble aptiktos šių genčių verpetės: *Rotaria*, *Cephalpdella*, *Colurella*, *Dicranophorus*, *Lecane*, *Lepadella* ir *Monostyla*. *Rotaria* genties verpetės dažnai randamos Lietuvos valyklose, tik smarkiai skyrėsi jų kūno ilgiai ir kūno dalių proporcijos. Tad verpečių buvo aptikta Utenos ir Vilniaus nuotekų valyklose (Bražėnaitė 2014).

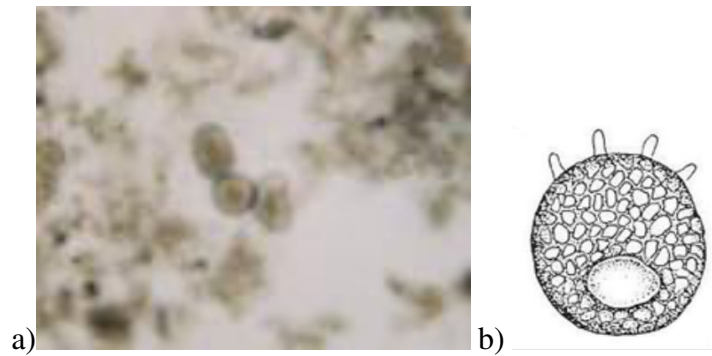
AT-6 tiriamojo įrenginio veikliajame dumble buvo aptiktos ne vienos rūšies verpetės. Ypač daug verpečių buvo aptikta, kai į valymo įrenginį nebuvo tiekiamos būtinės nuotekos (įrenginio eksploatuotojai buvo išvykę 2 savaites). To metu nuotekos nebuvo tiekiamos, o orapūtė pagal nustatytą režimą orą tiekė į aeracinę zoną. Taip suaktyvėjo nitrifikacijos procesas, o verpečių aptikimas būtent apie tai ir byloja. Turint tokius rezultatus galima daryti išvadas, kad nuotekų valymas vyksta efektyviai.

2.28 paveiksle užfiksuota net keletas mikroorganizmų – lerva, verpetė, ameba ir nitrifikuojančių bakterijų sanakaupa. Verpetė *Rotaria triseata*. Ameba yra kiautinė, panaši į *Trinema enchelys* arba *Euglypha* gentį. Kiautelis ovalinis, apie 80 µm ilgio, kiautelio kraštas ties žiotimis dantytas. Pro kiautelio žiotis iškiša plonas filopodijas. Tokios amebos pastebėtos Alytaus, Kauno, Šiaulių, Utenos, Vilniaus nuotekų valyklose. Nitrifikuojančiųjų bakterijų debesėlis—monokolonija.



2.28 pav. Lerva, verpetė, ameba (a- *Euglypha* ; b - *Trinema enchelys*) ir nitrifikuojančių bakterijų sanakaupa: a) aptikta tiriamojoje sistemoje (Valeikaitė 2014); b) ameba *Euglypha*; c) ameba *Trinema enchelys* (Mažeikienė 2009).

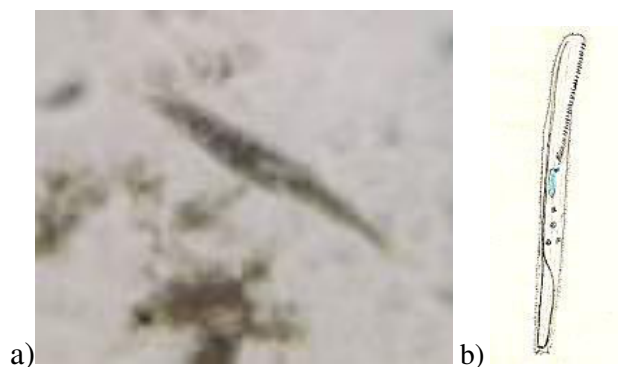
Taip pat aptiktos ir kitos rūšies **kiautinės amebos** - *Centropyxis* sp. Šios amebos kiautelius gamina iš mažų kvarco grūdelių. Kiautelis 24-25 µm diametro, beveik apvalus, ties žiotimis įdubęs, padengtas detrito dalelėmis ar titnaginių dumblių kiauteliais, todėl dažnai spalvotas (nuo oranžinės iki tamsiai rudos). Pro žiotis iškiša lobopodijas. Jos pastebėtos ir Ukmergės nuotekų valykloje.



2.29 pav. Kiautinės amebos (*Centropyxis sp.*): a) aptiktos tiriamojoje sistemoje (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

Amebos dažniausiai randamos trumpaamžiam dumble, o jų aptikimas gali byloti apie didelę VD apkrovą organinėmis medžiagomis. Ši ameba buvo identifikuota šaltuoju metų laiku (vasario mėn.), kai veikliojo dumblo amžius didelis, todėl galima manyti, kad šiuo metu buvo padidėjusi apkrova organinėmis medžiagomis. Verpečių ir nitrifikuojančių bakterijų sankaupos nustatymas byloja, kad vyksta nitrifikacija ir, kad nuotekų valymas turėtų būti intensyvus.

Apie gerą nuotekų valymo procesą galima spręsti ir iš tokių mikroorganizmų, kaip **infuzorijos**. Tiriamajame veikliajame dumble buvo aptikta *Spirostomum teres* (2.30 pav.). Tai laisvai plaukiojanti infuzorija. Kūno ilgis 250 µm, kaspino formos, blakstienėlės dengia visą kūną. Jos minta bakterijomis, smulkiais dumbliais. *Spirostomum teres* infuzorijų rūšies rasta Vilniaus, Alytaus ir Mažeikių nuotekų valyklose (Bražėnaitė 2014).



2.30 pav. Infuzorija (*spirostomum teres*): a) aptikta tiriamojoje sistemoje (Valeikaitė 2014) ; b) pagal literatūros šaltinį (Science guy 2014).

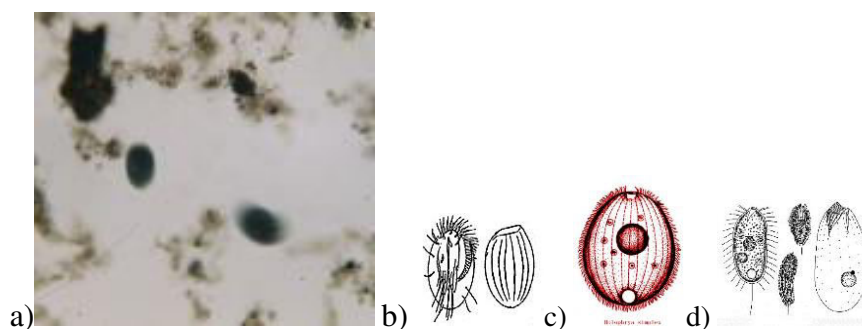
2.31 paveiksle pateikiama tiriamajame VD aptikta ir kitos rūšies **laisvai judančios infuzorijos** *Blepharisma undulans*. Taip pat šiame paveiksle matosi jau ir aptarta *Spirostomum teres* infuzorija bei dumbliis, kuris panašus į *Spirogyra*. Dumbliai skaidrina vandenį (Mažeikienė 2009).

Blepharisma undulans yra stambi laisvai plaukiojanti infuzorija. Kūnas verpstės formos, priekinė dalis suplokštėjusi, užpakalinis galas apvalus. Kūnas 70-250 μm ilgio. Apyburnio sritis (peristoma) užima priekinį kūno trečdalį, kartais siekia pusę kūno. Pastebėtos bendrovės „Mažeikių nafta“ nuotekų valyklos veikliajame dumble (Bražėnaitė 2014).



2.31 pav. Laisvai plaukiojančios infuzorijos ir dumblis (Valeikaitė 2014).

2.32 paveiksle pateikiamos smulkios laisvai plaukiojančios infuzorijos *Euplotes moebiusi* arba *Holophryja* genties (apvalesnės) ir *Plagiocampa rouxi*. Pirmųjų kūnas 40-70 μm ilgio elipsės formos, nelankstus (aptiktos Alytaus, Panevėžio, Ukmergės, Utenos, Vilniaus nuotekų valyklose). Antrųjų kūnas 35-55 μm ilgio, ovalo formos, į priekį šiek tiek susiaurėjęs (aptiktos Alytaus, Kauno, Panevėžio, Šiaulių, Ukmergės, Utenos, Vilniaus nuotekų valyklose).

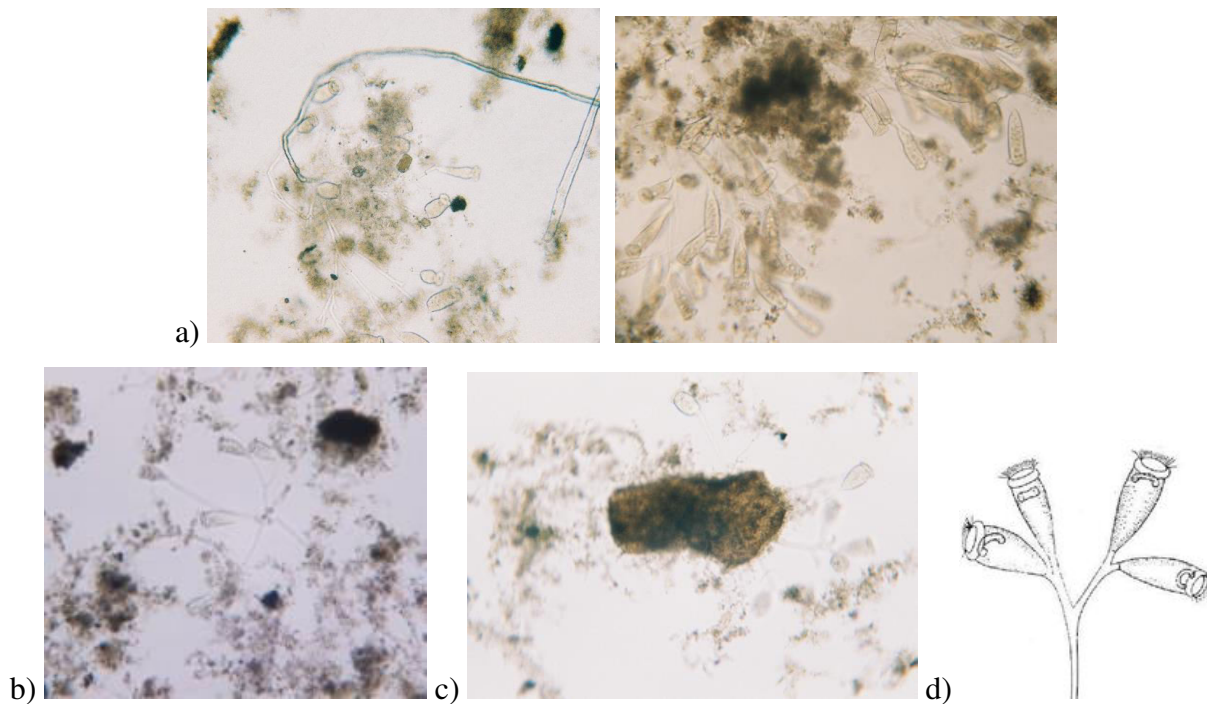


2.32 pav. Laisvai plaukiojančios infuzorijos: a) aptiktos tiriamojoje sistemoje (Valeikaitė 2014); b) *Euplotes moebiusi*; c) *Holophryja*; d) *Plagiocampa rouxi* (Mažeikienė 2009).

Bakterijomis mintančių infuzorių gausu būna tik aplinkoje, kuri užteršta organinėmis medžiagomis. Jų aptinkama trumpaamžiam veikliajame dumble arba esant didelei apkrovai. Ypač tai gali pritaikyti smulkioms infuzorijoms. Šios infuzorijos buvo aptiktos taip pat šaltuoju metų laiku, esant ilgam dumblo amžiui. Tai dar vienas indikatorinis organizmas, kuris byloja apie didelę apkrovą organinėmis medžiagomis.

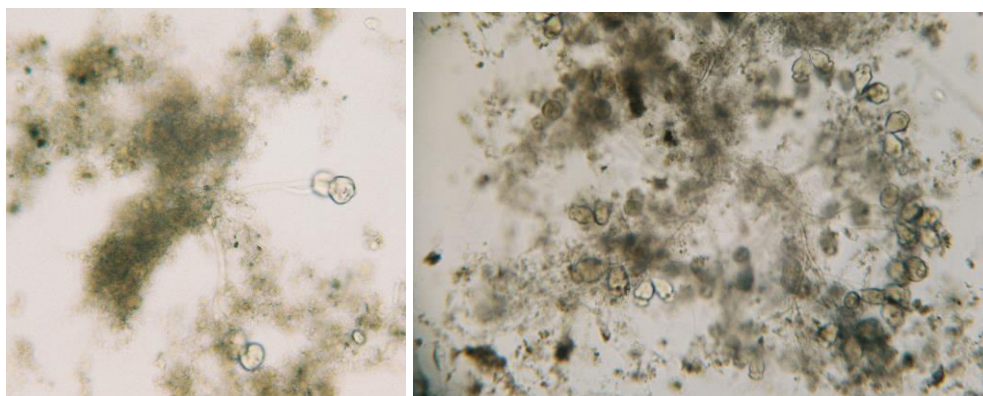
Dažniausiai geros kokybės veikliojo dumblo indikatoriais laikomos **sėslios infuzorijos**. Tiriamajame dumblyje buvo aptikta keletas skirtingų sėslių infuzorių rūšių. Viena iš jų yra *Epistylis sp* (2.33 pav.). Zooidai 50-86 µm ilgio, ovalo ar trumpos kiaušės formos. Peristomos apvadėlis dvigubas, peristomos disko centre yra smailėjantis kauburėlis. Aptiktos ir Panevėžio nuotekų valykloje. 2.33 c) paveiksle užfiksuota ne tik sėsli infuzorija, tačiau ir taisyklingos formos dumblis.

2.33 a) paveiksle b dalyje užfiksuota *Ep. Plitacilis* zooidai ištysusio kūgio formos (plačiausia dalis – ties peristoma), 70-160 µm ilgio. Peristomos volelis storas, viengubas, peristomos diskas išgaubtas, lygus. Zooidui traukiantis, ties pagrindu susidaro žiedai. Lietuvoje rasta Vilniaus, Utenos, Alytaus, Birštono ir kitose nuotekų valyklose (Bražėnaitė 2014). 2.33 c) paveiksle matosi taisyklingos formos dumblis, prie kurio yra sėsli infuzorija.



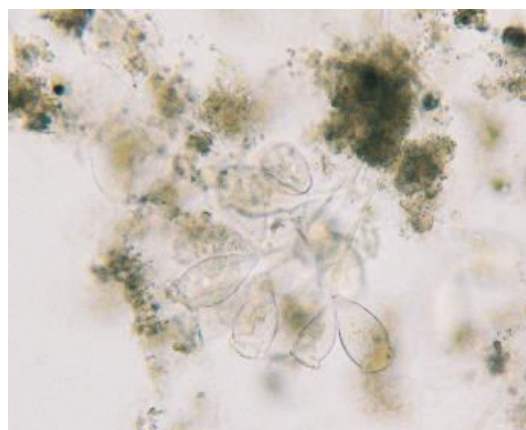
2.33 pav. Sėslios infuzorijos: a) *Ep. Plitacilis*; b) *Epistylis sp* c) aptikta tiriamajame VD – sėsli infuzorija ir dumblis (Valeikaitė 2014); d) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

Kita aptikta rūšis yra *Epistylis Longicaudatum* (2.34 pav.), zooidai 35-61 µm, taisyklingos kiaušės formos, siauru ir ištysusiu apatiniu galu, ties peristoma vėl siaurėja. Stiebelis plonas, netaisyklingai šakojasi. Lietuvoje rasta Utenos nuotekų valykloje (Bražėnaitė 2014).



2.34 pav. Sėslioji infuzorija *Epistylis Longicaudatum* (Valeikaitė 2014).

2.35 paveiksle pateikta tiriamajame veiklajame dumble aptikta *Carchesium* genties sėslioji infuzorija, rūšis *Epicarchesium granulatum*. Zooidų ilgis siekia nuo 65-110 μm , apatinė dalis kūgiška, viršutinė cilindriška. Peristomos diskas išgaubtas. Kolonijoje būna nuo 2 iki 16 zooidų. Minta bakterijomis. Literatūros šaltinyje (Bražėnaitė 2014) teigiama, kad pasitaiko Kretingos ir Nemenčinės nuotekų valyklų VD.



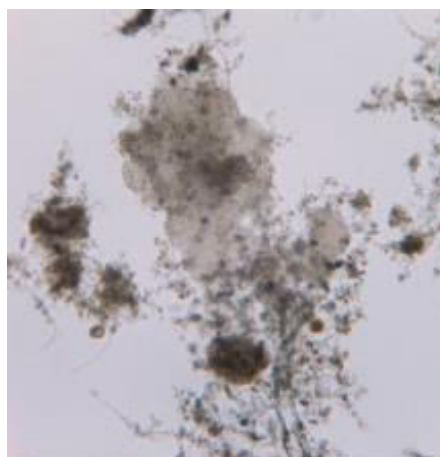
2.35 pav. Sėsliosios infuzorijos (Valeikaitė 2014).

Individualaus valymo įrenginio veiklajame dumble tiriamuoju laikotarpiu buvo aptikta daug bei įvairių rūšių sėsliųjų infuzorių, o tai rodo, kad veiklusis dumblas yra geros arba vidutinės kokybės ir galima tikėtis aukšto nuotekų išvalymo laipsnio. Dauguma infuzorių atitinka eukariotinių mikroorganizmų, aprašytų „Veikliojo dumblo biologijos ir mikroskopinės analizės“ atlase (Bražėnaitė 2014), morfologinius požymius.

2015 metų vasario mėnesį sutrikus deguonies tiekimui į aeracinę kamerą (zoną), pastebėtas VD kompozicijos pasikeitimas. Tiriamuose dumblo mėginiuose atsirado daugiau bakterijų

suformuotų polisacharidų apvalkalų, primenančių *debesėlių*. Šis reiškinys yra nepageidautinas, nes blogina dumblo sėdimo savybes: perteklinis VD sunkiai atsiskiria nuo išvalytų nuotekų.

Daugelis bakterijų formuoja storus polisacharidų apvalkalus iš glikokalikso (2.36 pav.). Taip atsitinka dėl keleto priežasčių: trūksta biogeninių elementų, patirtas toksinis šokas arba didelė apkrova organinėmis medžiagomis.

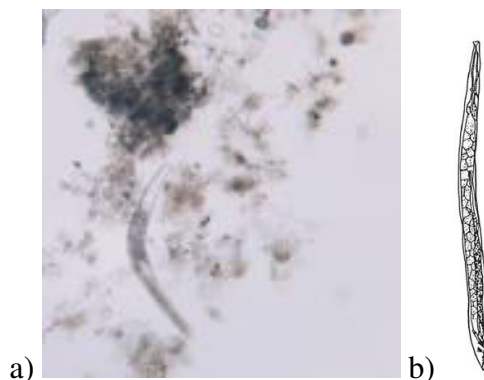


2.36 pav. Bakterijų suformuotas polisacharidų apvalkalas (Valeikaitė 2014).

Bakterijų suformuotas polisacharidų apvalkalas aptiktas vasario mėnesį tirtame veikliajame dumble. Galima teigti, kad tuo metu tiriamoje sistemoje buvo didelė apkrova.

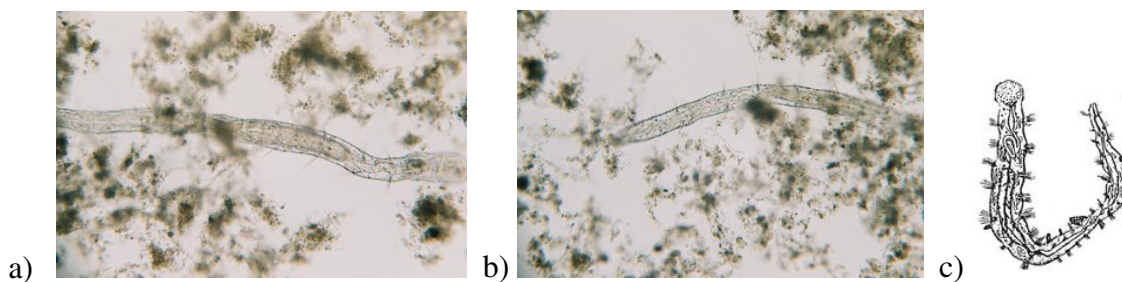
Apvaliosios kirmėlės (nematai) aptinkamos dažniausiai ilgaamžiam (sename) veikliajame dumble. Nematų kūnas yra ilgo abiejuose galuose nusmailėjančio vamzdelio, jį dengia plona kutikulė, kuri numetama nėrimosi metu. Veikliajame dumble nematų randama dažnai, tačiau niekada nepasiekia didelio gausumo. Įprastai randami esant mažai apkrovai ir geram aprūpinimui deguonimi. Sumažėjus ištirpusio deguonies kiekiui, nematų judrumas sumažėja. Nematai rasti Vilniaus, Kauno, Jurbarko ir Birštono nuotekų valyklose (Bražėnaitė 2014).

Šie mikroorganizmai dažnai pasitaikė mano tiriamajame dumble, kadangi AT-6 valymo įrenginyje veikliojo dumblo amžius yra ilgas. Mokslinėje literatūroje teigiama, kad dėl mažo gausumo VD, nematų vaidmuo bakterijų vartojimo ir organinių medžiagų skaidymo procesuose nėra labai svarbus (Eikelboom, 2000). Lietuvos nuotekų valyklų VD mėginiuose nematų aptinkama gana dažnai, bet visada mažais kiekiais (Bražėnaitė 2014). Šio tyrimo rezultatai neprieštarauja stambių nuotekų valyklų VD tyrimo rezultatams, kirmėlių nebuvo gausu. Dažniau pasitaikė apvaliosios kirmėlės. Vienos iš jų yra Nematoda klasės *Rhabditis* genties (2.37 pav.).



2.37 pav. Apvalioji kirmėlė: a) aptikta tiriamajame VD (Valeikaitė 2014); b) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

Taip pat aptiktos ir **žieduotosios kirmėlės**, gentis *Stylaria*, rūšis - *Stylaria lacustris*. Jos būna vykstant pastoviai nitrifikacijai (Mažeikienė 2009).



2.38 pav. Žieduotoji kirmėlė *Stylaria lacustris*: a) kirmėlės priekis; b) kirmėlės galas (Valeikaitė 2014); c) pagal literatūros šaltinį (Mažeikienė 2009).

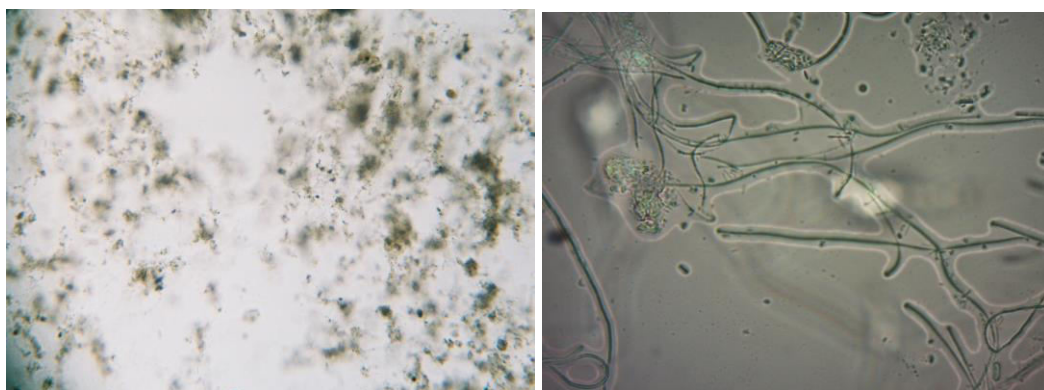
Taigi, žieduotųjų ir apvaliųjų kirmėlių aptikimas rodo, kad nuotekų valymo procesams vykti yra tinkama aplinka. Kirmėlės buvo gana judrios; jų judrumas leidžia daryti išvadas apie pakankamą ištirpusio deguonies kiekį nuotekose. Paprastai nematai tampa nejudrūs, kai aplinkoje sumažėja ištirpusio deguonies koncentracija (Bražėnaitė 2014). Visu tiriamuoju laikotarpiu kirmėlės buvo judrios, išskyrus 2015 metų vasario mėnesį, todėl galima teigti, kad aeracijos zonoje ištirpusio deguonies kiekis beveik visą tyrimo laiką buvo pakankamas mikroorganizmų veiklai. 2015 metų vasario mėnesį sutrikus deguonies tiekimui į aeracinę zoną, nematų skaičius VD mėginiuose mažėjo, balandžio mėnesį jų iš viso mėginiuose nepastebėta.

Tyrimo metu, 2014 metų liepos mėnesį (2 savaites) į įrenginį nebuvo tiekiamos nuotekos (sumažėjo apkrova organinėmis medžiagomis). Tuo metu buvo siekiama išsiaiškinti ar tai kaip nors paveiks veikliajame dumble gyvenančius mikroorganizmus. Atlikus tyrimus pastebėta, kad sumažėjus organinių medžiagų kiekiui veikliajame dumble, labai padaugėjo verpečių, kurios byloja apie vykstantį efektyvų nitrifikacijos procesą. Išliko anksčiau stebėta sėsliųjų infuzorijų gausa (2.35

pav.). Daugiau ryškių pakitimų nepastebėta. Todėl galima teigti, kad pagausėjo tam tikrų indikatorių, būdingų gerai veikiančiam ilgaamžiam dumbliui.

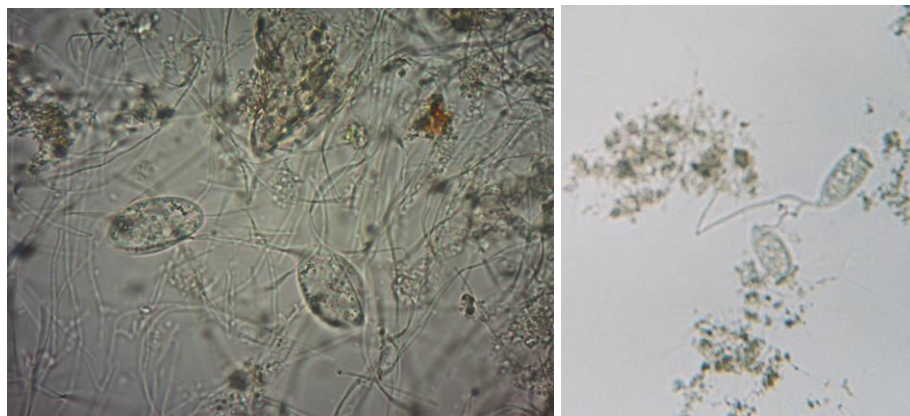
Gamintojas teigia, kad įrenginys be nuotekų gali išbūti iki 180 dienų. Pagal gautus valytų nuotekų ir veikliojo dumblo tyrimo rezultatus liepos mėnesį, kai į įrenginį 2 savaites nebuvo tiekiamos nuotekos, galima spręsti, kad įrenginys atitinka gamintojo nurodytą savybę ir nekelia žalos gamtai.

Visi minėti indikatoriniai mikroorganizmai buvo aptikti veikliajame dumblyje nuo tyrimo pradžios – 2014 vasario mėn. iki 2015 metų vasario mėn. vidurio. Esant tokiems rezultatams galima daryti išvadą, kad šiuo laikotarpiu nuotekų valymo procesas vyko efektyviai ir buvo galima tikėtis aukšto nuotekų išvalymo laipsnio. Būtent tai patvirtina ir tyrimų rezultatai valytose nuotekose. Vasario mėnesio viduryje nuotekų valymo procesas sutriko. Veikliajame dumblyje aptikta menka mikroorganizmų įvairovė, apvaliosios kirmėlės buvo nejudrios, dumblas sėdo labai blogai. Po kelių dienų buvo nustatyta šios problemos priežastis. Nustatyta, kad maždaug 2 savaites buvo sutrikęs deguonies tiekimas į aeracinę kamerą, nes buvo užsikimšę orą tiekiantys difuzoriai. Visa tai neigiamai paveikė veikliojo dumblo mikroflorą. Pašalinus gedimą (atkimšus difuzorius) veiklusis dumblas po truputį pradėjo atsigauti, aptikti pavieniai mikroorganizmai (amebos, apvaliosios kirmėlės, sėsliosios infuzorijos). Kaip ir minėta anksčiau, individualaus valymo įrenginio techninėje dokumentacijoje nurodyta, kad deguonies tiekimą ir erliftų darbą reikia tikrinti kartą per mėnesį, tačiau aeracijai sutrikus 2 savaitėms veikliojo dumblo mikrofloros kompozicija pakito, kuriai atsistatyti reikia nemažai laiko (per 3 mėnesius pokytis neišnyko). Visa tai rodo, kad aeracijos ir erliftų darbą reikėtų tikrinti dažniau, nei kartą per mėnesį. Taigi, nuo 2015 m. vasario iki gegužės mėnesio veiklusis dumblas (vertinant pagal indikatorinius organizmus) buvo prastos kokybės. Toks dumblas pagal minėtus rodiklius būtų nepageidautinas aerotankuose. Tyrimų trijų paskutinių mėnesių laikotarpyje aptikti indikatoriniai mikroorganizmai pavaizduoti 2.39 – 2.41 nuotraukose.



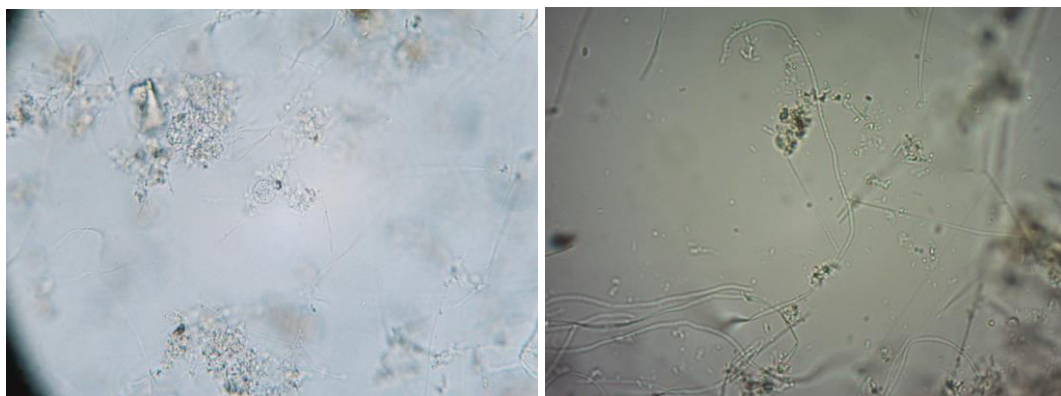
2.39 pav. Smulkūs, atviri veikliojo dumblo dribsniai, siūlinės ir zooglėjinės bakterijos (vasario mėn. viduryje) (Valeikaitė 2015).

2.39 paveiksle parodyta, kad jau vasario mėnesio viduryje dribsnių struktūra buvo atvira, pats dribsnis silpnas ir netaislingos formos (taisiklingos pasitailydavo labai retai), ypač daug siūlinių bakterijų.



2.40 pav. Laisvai plaukiojančios infuzorijos ir siūlinės bakterijos, negausios sėsliosios infuzorijos (balandžio ir gegužės mėn.) (Valeikaitė 2015).

Iš 2.40 paveikslų matyti, kad veikliojo dumblo dribsnių struktūra tiek balandžio, tiek kovo mėnesį taip pat buvo atvira. Dribsniai silpnai sukibę, nors siūlinių bakterijų aptikta daug. Atkimšus difuzorius veiklusis dumblas truputį atsigavo, padaugėjo indikatorinių mikroorganizmų. Vieni iš jų buvo laisvai plaukiojančios ar sėsliosios infuzorijos, daugiausiai pavienės, kurios matosi 2.40 paveiksle. Taigi, atkimšus difuzorius VD sėdimo savybės vis dar buvo blogos, aptikta daug siūlinių mikroorganizmų (2.41 pav.), polisacharidų apvalkalus formuojančių bakterijų, areacinėje zonoje veiklusis dumblas užputojo (rudos spalvos putas) (2.42 pav.). Rudos spalvos VD užputojimą lėmė padidėjusi dumblo koncentracija. Tačiau veikliajame dumble buvo aptikta daugiau indikatorinių mikroorganizmų, kas rodo, kad gerai dirbančiam VD būdinga mikroorganizmų kompozicija po truputį atsigauna.



2.41 pav. Siūliniai mikroorganizmai (Valeikaitė 2015).



2.42 pav. Aeracinėje kameroje užputojęs veiklusis dumblas (Valeikaitė 2015).

Pastarieji nepageidautini reiškiniai rodo, kad pertklinį dumblą reikia pašalinti. Dalį perteklinio dumblo nusėmus, veiklusis dumblas atsigavo nežymiai, šiek tiek padidėjo mikroorganizmų įvairovė, dumblo sėdimo savybės nepagerėjo. Tačiau vis dar buvo daug siūlinių mikroorganizmų. Visa tai rodo, kad atėjo laikas, kai pasiektas blogiausias veikliojo dumblo kokybės variantas ir būtina perteklinį dumblą pašalinti tiek, kiek nurodyta techninėje dokumentacijoje – 70 % arba pailginti aeracijos laiką.

2015 metų sausio – vasario mėnesį buvo išmatuota VD koncentracija. Sprendžiant iš veikliojo dumblo sausojo svorio (6,75 – 7,4 g VDSM/l) galima teigti, kad veikliajame dumble mikroorganizmų biomasės yra per daug. Veikliojo dumblo koncentracija biologinio valymo įrenginyje yra 1,5 karto didesnė, nei paprastai palaikoma didelėse nuotekų valyklose (Dauknyš 2006). Daugiau, nei 90 % nuotekų valymo proceso (biologinės teršalų destruktijos) darbus atlieka bakterijos, kurių paprastai neįžiūrima. Tą įrodo ir 2.3.2.3 poskiryje paskaičiuotas fermentinis (katalazinis) VD aktyvumas, kuris yra didesnis, nei didelės nuotekų valyklos VD aktyvumas. Iš viso to galima spręsti, kad nuotekų valymo (biologinės destruktijos) procesas vyksta efektyviai. Valytų nuotekų užterštumas neviršija jiems keliamų reikalavimų. O biologinių indikatorių sumažėjimas yra eksploataavimo įtakos neigiamas padarinys. Reikia pažymėti, kad VD biologinių indikatorių tyrimo rezultatai prieštarauja VD fermentinio aktyvumo (pagal katalazę) tyrimo rezultatams. Tai galima paaiškinti tiriamojo įrenginio konstrukcijos ir mikroorganizmų gyvenamosios aplinkos sąlygų ypatingumu. Mokslinė literatūra, rekomenduojanti vertinti VD kokybę pagal indikatorinius mikroorganizmus, skirta nuotekų valyklų aerotankų mikrofloros vertinimui. Ten ypač svarbus deguonies tiekimas, kai į kitas zonas (anaerobinę, anoksinę) deguonis iš viso netiekiamas. AT-6 įrenginyje, sustojus deguonies tiekimui į aeracinę zoną, veikė erliftai. Suaktyvėjusi dumblo cirkuliacija galėjo dalinai kompensuoti deguonies trūkumą aerobiniams mikroorganizmams. Būdamos plastiškos, kai kurios bakterijų grupės galimai prisitaikė (atvirkščiai, nei indikatoriniai

mikroorganizmai) gyventi mažiau aerobinėmis sąlygomis, todėl jų fermentinis aktyvumas vis dar buvo gana didelis ir įrenginys dirbo gerai (sprendžiama iš nuotekų išvalymo rodiklių).

Lyginant tiriamojo AT-6 valymo įrenginio veikliojo dumblo mikrofloros įvairovę (periodinis orapūtės: t.y. aeravimo ir erliftų, veikimas) su didelių nuotekų valyklų veikliojo dumblo (pastovus aeravimas ir nuotekų tiekimas) mikroorganizmais beveik visą tyrimo laikotarpį nebuvo pastebėta jokių ryškių įvairovės skirtumų. Periodinis orapūtės darbas nesumenkina indikatorinių mikroorganizmų įvairovės. Pastebėta, kad labai stipriai mikroorganizmus veikia ištirpusio deguonies kiekio sumažėjimas aeracinėje kameroje: bioindikatorių įvairovė menkėja, jai atsistatyti reikia nemažai laiko. Būtent todėl veikliojo dumblo mikroorganizmų įvairovė 2014 metais buvo didesnė, nei šiemet (2015 m.).

Prasta (pagal biologinius indikatorius) veikliojo dumblo kokybė buvo pastebėta nuo vasario iki gegužės mėnesio. Per šį metais laikotarpį buvo stegiamasi kokybę pagerinti nusemiant dalį perteklinio dumblo, tačiau tai dumblo kokybę pagerino tik dalinai. Nusėmus dumblą įrenginyje sumažėjo dumblo amžius, kuris lemia azoto ir fosforo junginių pašalinimo efektyvumą. To pasekoje fosfatų fosforo valytose nuotekose koncentracija sumažėjo, o amonio azoto – padidėjo, nes azoto junginių šalinimui dumblo amžius turi būti ilgesnis.

Remiantis valytų nuotekų užterštumais kovo – vasario mėnesiais pastebėta, kad bloga veikliojo dumblo kokybė (pagal biologinius indikatorius) nuotekų valymo procesą paveikė nežymiai, nitratų azotas ir amonio azotas buvo šalinami efektyviai, o fosfatų fosforo šalinimas, esant didelei veikliojo dumblo koncentracijai, truputį sutriko, jų koncentracija padidėjo. Tačiau likutinės tiriamųjų teršalų vertės neviršijo pagal LAND 21-01 nustatytų leidžiamų užterštumų, todėl galima teigti, kad toks ilgas laiko tarpas, esant blogos kokybės (pagal biologinius indikatorius) dumblui, neigiamo poveikio aplinkai nedaro.

Taigi, atsiradus laikiniams darbo trikdžiams (nuotekų debito sumažėjimas vasarą, temperatūros lauke svyravimas, deguonies tiekimo sutrikimas, savalaikis dumblo nepašalinimas arba nepakankamas pašalinimas) mikroorganizmų veikla skaidant nuotekų teršalus išlieka aktyvi ir liekamosios teršalų koncentracijos išvalytose nuotekose tenkina reikalavimus.

2.3.2.3. Katalazinis aktyvumas

Veikliojo dumblo kokybei nustatyti buvo atliktas katalazinio aktyvumo tyrimas. Tiriamuoju metu katalazinis aktyvumas buvo nustatomas individualaus buitinių nuotekų valymo įrenginio AT-6 ir Vilniaus nuotekų valyklos VD. Vilniaus NV veiklusis dumblas buvo naudojamas palyginimui

kaip gerai veikiančios valyklos pavyzdys. Katalazės aktyvumas buvo nustatomas ir lyginamas 3 kartus per visą tyrimo laikotarpį. Atliekamas jo skaičiavimas:

$$C = \frac{(10,1 - 0,3) \cdot 50}{5 \cdot 30} = 3,06 \mu M / (ml \times min);$$

Visi kiti skaičiavimai atliekami analogiškai, o rezultatai pateikiami 2.8 lentelėje.

2.8 lentelė. Katalazinio aktyvumo tyrimo rezultatai.

Tiriama sistema	Data	V ₂ , ml		V ₁ , ml	t, min	C, ml	Katalazinis aktyvumas (A), $\mu M / (ml \times min.)$
Vilniaus NV	2015 03 05	1,0	0,93	10,1	30	5	3,06
		0,93					
		0,9					
	2015 03 19	0,4	0,43	9,5	30	5	3,02
		0,4					
		0,5					
	2015 03 26	1,5	0,97	10,3	30	5	3,11
		0,7					
		0,7					
AT-6 individualus valymo įrenginys	2015 03 05	1,5	1,30	10,5	30	5	3,07
		1,1					
		1,3					
	2015 03 19	0,5	0,57	9,9	30	5	3,11
		0,65					
		-					
	2015 03 26	0,4	0,43	10,0	30	5	3,19
		0,35					
		0,54					

Remiantis katalazinio aktyvumo tyrimais matoma, kad visu tiriamuoju laikotarpiu valymo įrenginio AT-6 veikliojo dumblo katalazės aktyvumas buvo didesnis nei Vilniaus nuotekų valyklos.

Bendruoju atveju AT-6 valymo įrenginio katalazinis aktyvumas palyginus su gerai veikiančios Vilniaus NV yra didesnis, todėl galima teigti, kad individualus buitinių nuotekų valymas vyksta intensyviai.

Sutrikus deguonies tiekimui į aeracinę zoną VD biologinių indikatorių tyrimo rezultatai prieštarauja VD fermentinio aktyvumo (pagal katalazę) tyrimo rezultatams. Dumblo cirkuliacija erlifteriais dalinai kompensavo deguonies trūkumą aerobiniams mikroorganizmams ir kai kurios bakterijos prisitaikė gyventi mažiau aerobinėmis sąlygomis, todėl katalazinis aktyvumas buvo didelis ir, sprendžiant pagal nuotekų išvalymo rodiklius, įrenginys dirbo gerai.

Taigi, esant skurdžiai įrenginio veikliojo dumblo biologinių indikatorių įvairovei (tyrimo trijų paskutinių mėnesių laikotarpyje), jo fermentinis aktyvumas (pagal katalazę) buvo didesnis, nei

Vilniaus miesto nuotekų valyklos. Pagal katalazinį aktyvumą veikliojo dumblo kokybė yra gera – mikroorganizmų veikla skaidant nuotekų teršalus išlieka aktyvi ir liekamosios teršalų koncentracijos išvalytose nuotekose tenkina reikalavimus.

Taigi apibendrinus galima daryti išvadą, kad pagal visus VD tyrimo rezultatus AT-6 individualus valymo įrenginys veikia gerai ir atitinka aukštus ekologinius standartus, net ir esant prastos kokybės veikliajam dumblui (pagal indikatorinius mikroorganizmus).

IŠVADOS

1. Tyrimo laikotarpiu valytų nuotekų BDS₇ koncentracija nė karto neviršijo 21,0 mg O₂/l. Tai yra du kartus mažesnė koncentracija, nei vidutinė metinė DLK mažosioms (iki 5 m³/d) nuotekų valykloms. Šis vienintelis normuojamas mažiems buitinių nuotekų valymo įrenginiams rodiklis 7 kartus mažesnis, nei nurodytas naujoje nuotekų filtravimo sistemų įrengimo aplinkosaugos taisyklių redakcijoje, todėl tirtasis įrenginys dirba kokybiškai ir aplinkos neteršia.

2. Pagal azoto junginių likutines koncentracijas, stebėtas beveik visą tyrimo laiką, valytų nuotekų rodikliai neviršijo jokių reikalavimų, su kuriais buvo lyginti. Nuotekų išvalymo laipsnis pagal nitratų azoto ir amonio azoto koncentracijas yra aukštas. Šių medžiagų yra 10-11 kartų mažiau, nei gali būti geriamajame vandenyje pagal HN 24:2003.

3. Fosfatų fosforo koncentracija valytose nuotekose svyravo nuo 3,57 iki 9,33 mg/l. Ši koncentracija 1,5 -2 kartus viršijo leistinas bendrojo fosforo koncentracijas pagal Nuotekų tvarkymo reglamento 2 priedą, viršijo ir kitus rezultatus, su kuriais buvo lyginta. Tai gali būti paaiškinama ilgu veikliojo dumblo amžiumi ir retu perteklinio dumblo pašalinimu iš įrenginio. Infiltruojant valytas nuotekas į gruntą, šis rodiklis nėra svarbus, nes šiuo atveju nekenkia aplinkai ir nepablogina geriamojo vandens kokybės.

4. Tiriamuoju laikotarpiu beveik visą laiką biologinių indikatorių įvairovė veikliajame dumble buvo didelė ir atitiko stambių nuotekų valyklų veikliojo dumblo kompoziciją. Mikroorganizmų morfologinės ir fiziologinės savybės rodė, kad jų gyvybinei veiklai sudarytos geros sąlygos. Rasti ilgam dumblo amžiui būdingi mikroorganizmai: sėslios infuzorijos, verpetės, kirmėlės. Pagal šiuos rodiklius įrenginio veiklusis dumblas buvo geros kokybės.

5. Nutrūkus nuotekų tiekimui dviems savaitėms, įrenginio veikliojo dumblo kokybė pagal biologinius indikatorius nepablogėjo. Nitratų azoto koncentracija valytose nuotekose tuomet padidėjo nuo 5 iki 18 mg/l, tačiau dar tenkino aplinkosauginius reikalavimus.

6. Dviems savaitėms sutrikus deguonies tiekimui į aeracinę zoną, pastebėtas dumblo kompozicijos pokytis, kuris pilnai neišnyko per tris mėnesius: pagal biologinius indikatorius veiklusis dumblas tapo prastos kokybės. Atsirado daug siūlinių, polisacharidų apvalkalus formuojančių bakterijų. Toks dumblas pagal minėtus rodiklius būtų nepageidautinas aerotankuose.

7. Esant skurdžiai įrenginio veikliojo dumblo biologinių indikatorių įvairovei (tyrimo trijų paskutinių mėnesių laikotarpyje), jo fermentinis aktyvumas (pagal katalazę) buvo didesnis, nei Vilniaus miesto nuotekų valyklos. Pagal katalazinį aktyvumą veikliojo dumblo kokybė yra gera – mikroorganizmų veikla skaidant nuotekų teršalus išlieka aktyvi ir liekamosios teršalų koncentracijos išvalytose nuotekose tenkina reikalavimus.

NAUDOTA LITERATŪRA

1. Abegglen, C.; Ospelt, M.; Siegrist, H. 2008. Biological nutrient removal in a small-scale MBR treating household wastewater. *Water Research*, Volume 42, p. 338–346;
2. Activated Sludge Microorganisms. Environmental Training. Engitech Inc. 2002, p. 1-6;
3. Adam, K., et al. 2007. Phosphorus removal by the filter materials light-weight aggregates and shellsand – A review of processes and experimental set-ups for improved design of filter systems for wastewater treatment, *Vatten* 62: 245–257;
4. Adamonytė, I; Misevičienė, S. 2012. Vandentvarka. Mokomoji knyga. ASU. 53 p.;
5. Ademoroti, C. M. A; Uwidia, I. E. 2011. Characterisation of Domestic Sewage from an Estate in Warri, Nigeria. *International Journal of Chemistry*. Vol. 3, No. 3, p. 81–86;
6. Aivasidis, A; Kapagiannidis, A. G; Zafiriadis, I. 2011. Biotechnological Methods for Nutrient Removal from Wastewater with Emphasis on the Denitrifying Phosphorus Removal Process. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*. Volume 6, p. 341-351;
7. Ali, I; Gupta, V. K. 2013. Wastewater Treatment by Biological Methods. *Environmental Water. Advances in Treatment, Remediation and Recycling*, p. 179-204;
8. Almaweri, M; Salens, L. 2000. EFHS Biology 1 (Mr. Harrison): Biogeochemical Cycles (2nd Hour), 6 p.;
9. Alonso, Á.; Camargo, J. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32(6), p. 831–849;
10. AQUAmax [interaktyvus]. 2007. [žiūrėta 2014 m. Sausio 5 d.]. Prieiga per internetą: < http://www.eneka.lt/uploads/File/Prospektai/AQUAMAX/AQUAmax_prosp_2007_LR.pdf>.
11. Arundel, J. 2000. Sewage and Industrial Effluent Treatment. Second Edition. – UK: Blackwell Science Ltd, 270 p.;
12. Ashbolt, N; Blackhurst, M; Garland, J; Hawkins, Troy; Wood, A; Xue, X. 2015. Cost-effectiveness of nitrogen mitigation by alternative household wastewater management technologies. *Journal of Environmental Management* 150, p. 344-354;
13. August ir Ko [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2014 m. Sausio 10 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.august.lt/lt/produktai/biologiniai-nuoteku-valymo-irenginiai/mazi-nvi-at6-at50>>;

14. Azoto junginių apytaka [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2014 m. Sausio 15 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.asu.lt/nm/l-projektas/dirvozemis/24.htm> 2013>;
15. Balaguer, M. D; Beylier M. R; Colprim, J; Nacher, C. P; Smets, B. F; Sun, S. P; Wang, R. C. 2011. Biological Nitrogen Removal from Domestic Wastewater. *Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*. Volume 6, p. 329–340;
16. Balci, S. 2004. Nature of ammonium ion adsorption by sepiolite: analysis of equilibrium data with several isotherms. *Water Research* 38, p. 1129–1138;
17. Bashan, Y; de – Bashan, L. E. 2004. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997–2003). *Water Research*. Volume 38, p. 4222–4246;
18. Beržinskienė, J.; Četkauskaitė, A. 1995. Vandens mikrobiologijos laboratoriniai darbai. Vilnius: Technika. 30 p.;
19. Biologinis nuotekų valymas – puikus ir draugiškas aplinkai pasirinkimas [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2015 m. Sausio 16 d.]. prieiga per internetą:< <http://konkursai.seku.lt/biologinis-nuoteku-valymas>>;
20. Blais, J. F; Drogui, P; Mercier, G; Tran, N. 2012. Phosphorus removal from spiked municipal wastewater using either electrochemical coagulation or chemical coagulation as tertiary treatment. *Separation and Purification Technology*. Volume 95, p. 16–25;
21. Boukabache, A; B. Barillon, B; Durand, MJ; Jouanneau, S; Recoules, L; Picot, V; Primault, Y; Lakel, A; Sengelin, M; Thouand, G. 2014. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water Research*. Volume 49, p. 62–82;
22. Braženaite, J. 2014. Veikliojo dumblo biologija ir mikroskopinė analizė. Eukariotinių mikoroorganizmų, rastų Lietuvos nuotekų valyklose, atlasas. Vilniaus universiteto leidykla. 176 p.;
23. Brooks, B. W; Clubbs, L. R; Garcia N. S; Yelderman J. C; Stanley, J. K. 2013. Comparative analysis of effluent water quality from a municipal treatment plant and two on-site wastewater treatment systems. *Chemosphere*. Volume 92, p. 38–44;
24. Budreckas, A. 2014. Aplenkusios laiką Lietuviškos „August ir Ko“ biologinių nuotekų valymo įrenginių technologijos. Vandentvarka. Lietuvos vandens asociacijos informacinis leidinys. Nr. 45. 16 p.;
25. Burt, T. P.; Widdison, P. E. 2008. Nitrogen Cycle. *Encyclopedia of Ecology*, p. 2526–2533;
26. Chang, J.; Wu, S.; Dai, Y.; Liang, W.; Wu, Z. 2013. Nitrogen removal from nitrate-laden wastewater by integrated vertical-flow constructed wetland systems. *Ecological Engineering*, Volume 58, p. 192-201;

27. Chemical Phosphorous Removal. ASA analytics [online]. 2014. [sited 20 March 2015]...Available..from..internet:<<http://www.asaanalytics.com/chemical-phosphorous-removal.php>>;
28. Chen, J; Liu, Y. 2008. Phosphorus Cycle. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from Encyclopedia of Ecology, p. 2715-2724;
29. Chloro [online]. 2014. [sited 05 January 2014]. Available from internet:<http://webserv.jcu.edu/mcp/Chloro/Stichchl.htm>>;
30. Corre, M. D.; Veldkamp, E. 2013. Asymbiotic biological nitrogen fixation in a temperate grassland as affected by management practices. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 70, p. 38–46;
31. Daude, D.; Stephenson, T. 2003. Cost-effective treatment solutions for rural areas: design and operation of a new package treatment plant for single households, *Water Science and Technology* 48 (11–12): 107–114;
32. Dauknys, R., Matuzevičius, A. 2001. Lengvai biologiškai skaidomų organinių teršalų sąnaudos ir nitratų įtaka biologiniam fosforo šalinimui iš Vilniaus nuotėkų. *Aplinkos inžinerija*.- Nr.2, p. 85-93;
33. Decentralised wastewater treatment. Sustainable production through Innovation in SMEs. Baltic Sea Region programme 2007-2013.
34. Deportoli, D. D; Herren, L.W; Lapointe, B. E; Vogel, M. A. 2015. Evidence of sewage-driven eutrophication and harmful algal blooms in Florida's Indian River Lagoon. *Harmful Algae*. Volume 43, p. 82–102;
35. Design of Municipal Waste Water Treatment Plants. WEF Manual of Practice No. 8, Fourth Edition. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No.76. 1998. USA, 421 p.;
36. Ding, A.; Guo, S.; Han, Z.; Li, G.; Liang, H.; Ma, J.; Qu, F.; Yu, H. 2013. A novel integrated vertical membrane bioreactor (IVMBR) for removal of nitrogen from synthetic wastewater/domestic sewage. *Chemical Engineering Journal*, Volume 223, p. 908-914;
37. DROSTE, R. L. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. J. Wiley & Sons, 1997. 800 p.;
38. Duan, Y.; Ma, C.; Shi, W.X.; Sun, N.; Yi, X.; Wang, S. 2013. Biological removal of nitrogen by a membrane bioreactor -attapulgitic clay system in treating polluted water. *Desalination*, Volume 317, p. 41-47;
39. Dzakpasu, M.; Harrington, R.; Hofmann, O.; Jordan, S. N.; McCarthy, V.; Scholz, M. 2011. Nitrogen Removal in Integrated Constructed Wetland Treating Domestic Wastewater. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 46 (7), p. 745-750;

40. Eikelboom, D. H. 2000. Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation. p. 156;
41. El-Shafeib M. M; Rasheda, E. M; Heikalc M. A; Noureldinb, A. M. 2014 . Application of contact stabilization activated sludge for enhancing biological phosphorus removal (EBPR) in domestic wastewater. *HBRC Journal*. Volume 10, p. 92–99;
42. EPA's Report on the Environment. 2008. Washington, p. 365;
43. Feliksnavis [interaktyvus]. 2011. [žiūrėta 2013 m. Gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.feliksnavis.lt/lt/produkcija.htm>>;
44. Fosfatai: į ką atkreipti dėmesį, skaitant produkto sudėtį [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2015..m...Sausio..17..d.]...Prieiga..per..internetą:<<http://kauno.diena.lt/naujienos/sveikata/sveikata/fosfatai-i-ka-atkreipti-demesi-skaitant-produkto-sudeti-656512#.VLITTSusVUU>>;
45. Franklin township municipal sanitary authority. Wastewater treatment. [online]. 2014. [sited..20..March..2015]...Available..from..internet:<<http://www.ftmsa.org/aboutus/wastewatertreatment.html>>;
46. Gajewska, M.; Paruch, A. M.; Maehlum, T.; Obarska-Pempkowiak, H.; Ostojski, A.; Wojciechowska, E. 2011. Rural domestic wastewater treatment in Norway and Poland: experiences, cooperation and concepts on the improvement of constructed wetland technology. *Water Science and Technology* 63, p. 776-781;
47. Ganesh, R.; Nabelski A. S. 2013. On-site wastewater treatment system HØYÅS farm, as Norway. *Department of Plant and Environmental sciences*. UMB, 75 p;
48. García-González, M. C.; Riaño, B. 2013. On-farm treatment of swine manure based on solid–liquid separation and biological nitrification–denitrification of the liquid fraction. *Journal of Environmental Management* 132, p. 87-93;
49. Gebara, F. 1999. Activated sludge biofilm wastewater treatment system, *Water Research* 33(1): 230–238;
50. Gillberg, L., Hansen, H., Karlsson, I. 2003. About water treatment. Kemira Kemwater. ISBN: 91-631-4344-5;
51. Gold, A. J.; Oakley, S. M.; Oczkowski, A. J. 2010. Nitrogen control through decentralized wastewater treatment: Process performance and alternative management strategies. *Ecological Engineering* 36, p. 1520–1531;
52. Gozukara, Y; Tjandraatmadja, G; Pollard, C; Sheedy,C. 2010. Sources of contaminants in domestic wastewater: nutrients and additional elements from household products, p. 103;
53. Grinienė, E. Biochemija. Kaunas: Technologija, 1998, 267 p;

54. Gu, G.; Huang, M.; Li, Y. 2010. Chemical composition of organic matters in domestic wastewater. *Desalination*, Volume 262, p. 36-42;
55. Guo, J.; Zhu, G.; Peng, Y.; Li, B.; Yang, Q.; Wang, S. 2008. Biological Removal of Nitrogen from Wastewater. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 192, p. 159-195;
56. Gustafsson, J. P.; Eveborn, D.; Kärrman, E.; Weiss, P. 2008. Environmental systems analysis of four on-site wastewater treatment options. *Conservation and Recycling*, Volume 52, p. 1153–1161;
57. GWP CEE Regional Study. Natural processes of wastewater treatment – actual status in CEE countries [online]. 2012. [sited 20 January 2014]. Available from internet: <http://www.gwp.org/Global/GWP-CEE_Files/Regional/Q-study-report-CEE.pdf>.
58. Hammer Mark. I., Hammer Mark J. 2001. Water and wastewater technology. Fourth Edition.– New Jersey: Upper Saddle River, 536 p.;
59. Hedstrom, A. 2006. Reactive filter systems for small scale wastewater treatment, *Vatten* 62:253 –263;
60. Hockridge, P. M; Pisarevsky, A. M; Polozova, I, P. 2005. Chemical Oxygen Demand. *Russian Journal of Applied Chemistry*. Volume 78, p. 101–107;
61. Howard, R. W.; Tartowski, S. L. 2013. Nitrogen, Nitrogen Cycle. *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*, p. 537–546;
62. Jakas, R. 2012. ES atitikties deklaracija. UAB „Švaistė“. Vilnius;
63. Joumana, A; Massouda, M. A; Tarhinib, A. 2009. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*. Volume 90, p. 652–659;
64. Kirjanova, A. 2014. Buitinių nuotekų individualaus valymo technologijos tyrimai ir sukūrimas. Daktaro disertacija. VGTU. 165 p.;
65. Kirjanova, A.; Rimeika, M. 2011. Mažų nuotekų valymo įrenginių projektavimas. Vilnius. Technika. 123 p.;
66. Kirjanova, A; Mankauskaitė, A; Rimeika, M. 2014. Nitratų šalinimo iš nuotekų, panaudojant pušies drožles, tyrimai. Pastatų inžinerinės sistemos, balandžio 11-12 d. Vilnius. 61–65 p.
67. LAND 21-01. Aplinkosauginės buitinių nuotekų filtravimo įrenginių įrengimo gamtinėmis sąlygomis taisyklės, Valstybės žinios, 2001-05-16, Nr. 41-1438, 8 p.;
68. LAND 47-1:2007. Vandens kokybė. Biocheminio deguonies suvartojimo per n parų (BDSn) nustatymas. 1 dalis. Skiedimo ir sėjimo, pridėjus alitiokarbamido, metodas. 14 p.;

69. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2012 m. balandžio 2 d. įsakymas Nr. D1-281 „Dėl nuotekų filtravimo sistemų įrengimo aplinkosaugos taisyklių patvirtinimo“;
70. Luob, X.; Wanga, L.; Zhengb, Z.; Zhangb, J. 2011. Performance and mechanisms of a microbial-earthworm ecofilter for removing organic matter and nitrogen from synthetic domestic wastewater. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 195, 15, p. 245–253.
71. Massoud, M. A.; Tarhini, A.; Nasr, J. A. 2009. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries, *Journal of Environmental Management* 90: 652–659;
72. Matuzevičius, A. 1998. Nuotekų valymas veikliuoju dumbly. Vilniaus: Technika, 78 p.;
73. Matuzevičius, A. B; Vabolienė, G. 2007. Nitrifikacijos ir denitrifikacijos greičių vertinimas, azotą iš nuotekų šalinant biologiniu būdu. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 77–84 p.
74. Mažeikienė, A. 2009. Vandens mikrobiologija. Vilnius, Technika. 77 p.;
75. Mažų nuotekų kiekių tvarkymas gyvenamosiose vietovėse. 2003. Metodinė medžiaga ekologams. Viešoji įstaiga „Grunto valymo technologijos“, 93 p.;
76. Mbuligwe, S. E., Kaseva, M., Kassenga, G. R.. 2005. Applicability of a Septic Tank/Engineered Wetland Coupled System in the Treatment and Recycling of Wastewater from a small Community. *Environmental Management* 35 (1):99–108;
77. Metcalf and Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th ed. McGraw Hill, New York, p. 1848;
78. Microorganisms and their role in the activated sludge process. Manual of Practice. 2001. No 9, p. 1–15;
79. Mittal, A. 2011. Biological Wastewater Treatment. p. 8;
80. Nitratais užterštas šulinio vanduo gali sukelti net vėžį [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2015 m. Sausio 17 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.snaujienos.lt/naujienos/sveikata/21907-nitratais-utertas-ulinio-vanduo-gali-sukelti-net-v>>;
81. Nitrogen Managment Service [online]. 2014. [sited 15 January 2015]. Available from..internet:<http://www.pioneer.com/CMRoot/Pioneer/About_Global/news_media/media_kits/documents/N_Services_White_Paper.pdf>;
82. Nitrogen reducing technologies for onsite wastewater treatment systems. 2005. Washington State Department of Health. 88 p.;
83. Nuotekų ir dumblo tvarkymo Lietuvos mažuosiuose miestuose ir gyvenvietėse metodika. UAB „Ekosistema“. 2010, Klaipėda. P. 97;

84. Nuotekų tvarkymo reglamentas. 2006. Nr. D1-236. Vilnius. ;
85. Nuotekų valymo būdai, technologijos [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2015 m. Sausio 16 d.]. prieiga per internetą:< <http://www.scribd.com/doc/56059470/6-Nuoteku-Valymo-Budai-Technologijos#scribd>>;
86. Oakley, S. M.; Gold, A. J.; Oczkowski, A. J. 2010. Nitrogen control through decentralized wastewater treatment: Process performance and alternative management strategies. *Ecological Engineering* 36: 1520–1531;
87. Other Compounds in Wastewater [online]. 2013. [sited 2 January 2014]. Available from internet:<<http://water.me.vccs.edu/courses/ENV149/compounds.htm>>;
88. Pečiulis, J. 1990. Vandens mikrobiologijos ir chemijos pagrindai: Vadovėlis statybos technikumų moksleiviams. Vilnius: Mokslo, 148 p.;
89. Pell, M.; Wörman, A. 2011. Biological Wastewater Treatment Systems. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*, Volume 6, p. 275–290;
90. Peng, Y; Zhu, G. Biological nitrogen removal with nitrification and denitrification via nitrite pathway. 2006. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Volume 73, pp. 15-26;
91. Phosphates: a good environmental solution for detergents. 2007. Information. Ceep. p 3.
92. Phosphorous removal from wastewater [online]. 2005. [sited 15 January 2015]. Available from internet:<<http://www.lenntech.com/phosphorous-removal.htm>>;
93. Phosphorus and Water [online]. 2014. [sited 2 January 2015]. Available from internet:< <http://water.usgs.gov/edu/phosphorus.html>>;
94. Phosphorus in wastewater [online]. 2014. [sited 16 January 2014]. Available from internet:<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:o_aEerUI08AJ:www.pca.state.mn.us/index.php/water/water-monitoring-and-reporting/water-quality-and-pollutants/phosphorus/mpca-phosphorus-strategy.html+&cd=3&hl=en&ct=clnk&gl=lt>;
95. Plastic Formo [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2014 m. Sausio 10 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.plasticformo.lt/index.php?aeraciniai-biologiniai-buitini-nuotek-valymo-renginiai>>;
96. Porteous, A. 2000. Dictionary of Environmental Science and Technology. 3rd Edition, John Wiley and Sons Ltd., England;
97. Radzevičius, A., Levitas, E., Strusevičius, Z. 2008. Vandenvala. Kaunas, Ardiva;
98. Ruokojärvi, A. 2007. Rural wastewater Treatment in Finland, the United Kingdom and Hungary. Savonia University of Applied Sciences, Engineering Kuopio , p. 166;

99. Santacroce, A. 2002. A new filter material for phosphorus removal and recycling in small-scale wastewater treatment. TRITA-LWR Master Thesis: 02-x. KTH, Stockholm;
100. Science guy [online]. 2014. [sited 20 March 2014]. Available from internet: <<http://www.science-guy.com/ciliate.php>>;
101. Senasis akvedukas [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2014 m. Sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.akvedukas.lt/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=43&category_id=36&option=com_virtuemart&Itemid=85>;
102. Sewerage facts [online]. 2013. [sited 28 December 2013]. Available from internet: <<http://www.iwk.com.my/v/knowledge-arena/ammonia>>;
103. Sims, J. T; Vadas, P. 2014. Soil Fertility: Phosphorus in Soils. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, pp. 563 – 573.;
104. Stravinskienė V. 2003. Bendroji ekologija: Vadovėlis aukštosioms mokykloms. Kaunas: Šviesa, 229 p.;
105. Strikša V. 2001. Aplinkosaugos įrenginiai ir sistemos: mokomoji knyga. Vilnius. Technika, 256 p.;
106. Strock, J. S. 2008. Ammonification Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. *Encyclopedia of Ecology*, p. 162–165.;
107. Šatkauskienė, I. 2013. Vandens meškučiai. VDU. p. 5;
108. Taršos integruota prevencija ir kontrolė (TIPK). 2004. Geriausi prieinami gamybos būdai popieriaus gamybos pramonei. Aplinkos apsaugos agentūra. Vilnius. p. 31;
109. Tchobanoglous, G. 2003. Wastewater Engineering, Treatment and Reuse. 4th edition. Boston: McGraw-Hill. 1818 p.;
110. Traidenis [interaktyvus]. 2010. [žiūrėta 2014 m. Sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.traidenis.lt/lt/solutions-and-products/Apie_NV_A_irengini.php>;
111. Vabolienė, G. 2006. Azoto ir fosforo šalinimas iš nuotekų Lietuvoje. Straipsnis. Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Vandentvarkos katedra;
112. Vabolienė, G. 2007. Temperatūros poveikis biologiniam fosforo šalinimui iš nuotekų. Vandentvarka. Lietuvos vandens tiekėjų asociacijos informacinis leidinys. Nr. 31. 12 p.;
113. Vayenas, D. V. 2011. Attached Growth Biological Systems in the Treatment of Potable Water and Wastewater. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*, Volume 6, p. 371–383.
114. Valymo įranga [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2014 m. Sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://valymoiranga.lt/biologines-nuoteku-valymo-sistemos-individualiems-namams-atc-serija-880-latu-su-pvm/>>;

115. Vilniaus rajono nuotekų tvarkymo taisyklės. Vilniaus rajono savivaldybės tarybos 2011 m. lapkričio 24 d. sprendimas Nr.T3–448;
116. Vilniaus Vandenys [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2015 m. Balandžio 25 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.vv.lt/lt/nuotekos/>>;
117. Wavin Labko [interaktyvus]. 2008. [žiūrėta 2014 m. Sausio 9 d.]. Prieiga per internetą:<[http://content.wavin.com/WAXLT.NSF/pages/BiokemKatLT/\\$FILE/Brosiura_BioKEM_LT_2008.pdf](http://content.wavin.com/WAXLT.NSF/pages/BiokemKatLT/$FILE/Brosiura_BioKEM_LT_2008.pdf)>;
118. Westgate, P; Park, C. 2007. Characterization of Proteins in Domestic Wastewater Effluent Discharged to the Connecticut River. Water Resources Research Center Conference;
119. Worbet-Hydret [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2014 m. Sausio 10 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.nuotekuirenginiai.lt/zbs/>>;
120. Wouters, H. 2000. Nutrient removal for sewage treatment. *Water* 21. No 4, p. 27–29.

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Įmonių, tiekiančių arba gaminančių individualius buitinių nuotekų valymo įrenginius, sąrašas.

**Įmonių, tiekiančių arba gaminančių individualius buitinių nuotekų valymo
įrenginius, sąrašas**

1. UAB „August ir Ko“;
2. UAB „Traidenis“ ;
3. UAB „Feliksnavis“;
4. UAB „Švaistė“;
5. UAB „Wavin“;
6. UAB „Hans Group“;
7. UAB „Eneka“;
8. UAB „Ekoservis“;
9. UAB „Tikresta“;
10. UAB „Europlast BALT“;
11. UAB „Ekologiniai projektai“;
12. UAB „Plastic formo“;
13. UAB "Buiteka LT";
14. UAB “Santigra”;
15. UAB „Kreontas“;
16. UAB „Eurokaitra“;
17. Ir kt.