VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
VANDENTVARKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Donatas Puzeris

# PAŠALINIO VANDENS ZUJŪNŲ GYVENVIETĖS BUITINIAME NUOTAKYNE TYRIMAI

# RESEARCH OF EXTRANEUS WATER IN ZUJUNAI VILLAGE SEWERAGE

Baigiamasis magistro darbas

Vandens ūkio inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H23001
Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2016

# ANOTACIJA

Baigiamajame magistro darbe analizuojama lietaus vandens įtaka buitiniam nuotakynui. Pašalinis vandens kiekis apkrauna nuotekų tinklus, perpumpuojami didesni nuotekų kiekiai, didėja elektros energijos sunaudojimas, greičiau dėvisi siurbliai ir kita mechaninė įranga. Pašalinis vanduo patekdamas į nuotekų valymo įrenginius, neigiamai įtakoja nuotekų valyklos darbą, sunkina valymo procesą, kelia valymo savikaina, bei didina mokesčius. Tyrimui pasirinktas individualių namų rajonas, kuriame nėra atskirojo lietaus nuotekų tinklo. Buitinių nuotekų tinklų amžius siekia 23 metus. Tyrimui naudota mobili nuotekų debito matavimo įranga ir pliuviografas. Nustatyta, kad lietaus vanduo patenka į nuotekų tinklus dėl infiltracijos ir (arba) dėl tiesioginio įtekėjimo. Tyrimų metu lietaus sukelta gruntinio vandens infiltracija į buitinį nuotakyną buvo nustatyta Zujūnų 1-oje nuotekų tinklų zonoje. Infiltracijos buvimas liudija apie prastą keramikinių vamzdžių būklę. Nustatyta, kad lietaus vanduo turi momentinę įtaką nuotekų debitui, kadangi nuotekų debito padidėjimas sutampa su lietumi. Didžiausias paros nuotekų debito padidėjimas lietaus metu buvo 2,2 karto didesnis. Metinis pašalinio vandens kiekis Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne yra 6147 $m^3$, o tai sudaro 18 % nuo viso surenkamo nuotekų kiekio. Duomenų analizė parodė, kad lietaus vanduo patenka į buitinių nuotekų tinklus nuo pastatų stogų ir kitų nelaidžių paviršių. Atlikus dūmų testą Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne buvo užfiksuota 11 atvejų kai lietaus nuotekos nuo stogų ir kitų nelaidžių paviršių patenka į buitinių nuotekų tinklus. Bendras surastų nelaidžių paviršių plotas tiriamojoje teritorijoje yra 0,45 ha.

Darbą sudaro įvadas, literatūros apžvalga, tyrimo objektas, metodika ir įranga, tyrimo rezultatai ir analizė, išvados, rekomendacijos ir literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 56 puslapiai, 33 – iliustracijos, 4 – lentelės, 47 – literatūros šaltiniai.

**Reikšminiai žodžiai:** pašalinis vanduo, lietaus vanduo, infiltracija, nuotekų debitas, nuotekų tinklai, nuotekų siurblinė.

## ANNOTANION

In the final master's work analyse the rain water influence to sewerage works. Extraneous water strain sewage networks, the larger quantities of wastewater need to be pumped, electricity consumption is growing, the pumps and other mechanic equipment are wearing. Extraneous water have effect treatment plants and have negative impact of cleaning process, raises the cost of treatment, and taxes getting higher. The study selected the private houses district, in which there is no separate storm water network. Sewage networks age is 23 years old. The study used mobile wastewater flow measurement equipment and rain gauge. It was found that rain water enters the sewage network infiltration and (or) on the direct inflow. Research during the rain induced ground water infiltration into the sewerage was found in Zujunai 1st sewage network area. Infiltration presence indicates bad condition of ceramic pipes. It was found that rain water has a momentary effect on wastewater flow, as the sewage flow increase coincides with the rain. The maximum daily sewage flow increase in rainfall was 2.2 times higher. Annual extraneous water content Zujunai village in the domestic sewerage is 6147 $m^3$, which represents 18% of the total amount of collected sewage. Performed the data analysis showed that rain water makes instant impact on sewerage networks. The smoke test in Zujunai village domestic sewerage was recorded 11 cases where the rainwater from the roof and other impermeable surfaces fall into the wastewater network. Total find impervious surface area in the test area is 0.45 hectares.

The work consists of introduction, literature review, research methodology and equipment, results and analysis, conclusions, recommendations and references.

Working volume - 56 pages, 33 - pictures, 4 - tables 47 - references.



**Keywords:** extraneous water, rain water, infiltration, wasterwater flow, sewage networks, sewage pumping station.

**TURINYS**

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS ..... 5
LENTELIŲ SĄRAŠAS ..... 6
ĮVADAS ..... 7
1. LITERATŪROS APŽVALGA ..... 9
*1.1. Pašalinio vandens klasifikavimas* ..... 9
*1.2. Pašalinio vandens sukeliamos problemos* ..... 10
*1.3. Pašalinio vandens kiekiai Lietuvos nuotekų tinkluose* ..... 11
*1.4. Pašalinio vandens kiekiai į nuotekų tinklus užsienio šalyse* ..... 12
*1.5. Įstatymai, reglamentuojantys pašalinio vandens tvarkymą Lietuvoje* ..... 13
*1.6. Įstatymai, reglamentuojantys pašalinio vandens tvarkymą užsienio šalyse* ..... 14
*1.7. Pašalinio vandens į nuotekų tinklus nustatymo būdai* ..... 15
*1.8. Galimi pašalinio vandens į nuotekų tinklus mažinimo būdai* ..... 19
2. TYRIMO OBJEKTAS, METODIKA IR ĮRANGA ..... 26
*2.1. Tyrimo objektas* ..... 26
*2.2. Tyrimo metodika ir įranga* ..... 27
3. TYRIMO REZULTATAI IR ANALIZĖ ..... 32
*3.1. Pašalinio vandens tyrimų rezultatai ir analizė* ..... 32
*3.2. Metinio pašalinio vandens kiekio įvertinimas* ..... 41
*3.3. Nelaidžių dangų plotų nuo kurių lietaus vanduo patenka į nuotakyną skaičiavimai* ..... 44
*3.4. Dūmų testo rezultatai* ..... 45
*3.5. Ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai* ..... 47
IŠVADOS ..... 52
REKOMENDACIJOS ..... 53
LITERATŪROS SĄRAŠAS ..... 54

# PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS


| | |
|---|---|
| **1.1 pav.** Pagrindinės infiltracijos priežastys (https://www.google.lt/imghp) | 9 |
| **1.2 pav.** Lietuvos vandens tiekimo įmonių grupių pašalinio vandens kiekiai 2014 metais | 11 |
| **1.3 pav.** Telekamera ir jos įranga (www.hidora.lt) | 16 |
| **1.4 pav.** Dūmus generuojančio įrenginio pavyzdys (www.superiorsignal.com) | 18 |
| **1.5 pav.** Įtraukiamas vamzdis per visą ilgį sulankstytas taip, kad skerspjūvyje panašus į C raidę | 20 |
| **1.6 pav.** Seno tinklo atnaujinimas Compact Pipe vamzdžiu | 20 |
| **1.7 pav.** Garo turbina gamina vamzdžio šildymui sočiuosius garus, o vamzdyno priėmimo gale garas ir susikoncentravęs vanduo saugiai išleidžiami į kondensato rinktuvą | 21 |
| **1.8 pav.** Vamzdžio sienelės glaudžiai priglunda prie priimančio vamzdžio vidinio paviršiaus | 21 |
| **1.9 pav.** Susidarę smiltainiai, cheminėms medžiagoms sureagavus su aplinkiniais gruntais (www.sanipor.com) | 23 |
| **1.10 pav.** Hidraulinis įrenginys moduliams pastumti (www.lvta.lt) | 25 |
| **2.1 pav.** Zujūnų gyvenvietės nuotekų tinklai (www.geoportal.lt) | 26 |
| **2.2 pav.** Duomenų skaičiuoklė „PCM 4“, duomenų perdavimo GPRS ir vamzdžio dalis („pypkė“) (www.indutek.lt) | 28 |
| **2.3 pav.** Sumontuota firmos „Nivus“ mobilioji nuotekų debito matavimo įranga naudojama kartu su pliuviografu (www.nivus.com) | 28 |
| **2.4 pav.** Pliuviografas su supuokliniu mechanizmu (www.deltaohm.com) | 29 |
| **2.5 pav.** Pliuviografo duomenų kaupiklis (www.deltaohm.com) | 30 |
| **2.6 pav.** Zujūnų nuotekų siurblinė su sumontuotu pliuviografu (autoriaus nuotrauka 2015) | 30 |
| **3.1 pav.** Liepos 1 ir 2 dienų Zujūnų nuotekų siurblinės darbo grafikas | 32 |
| **3.2 pav.** Zujūnų gyvenvietės išmatuoti ir apskaičiuoti paros nuotekų kiekiai kartu su kritulių kiekiais | 35 |
| **3.3 pav.** 1-osios nuotekų tinklų zonos paros nuotekų ir kritulių kiekiai | 35 |
| **3.4 pav.** Liepos 28 dienos nuotekų debito kitimas | 36 |
| **3.5 pav.** Liepos 29 dienos nuotekų debito kitimas | 37 |
| **3.6 pav.** 2-osios nuotekų tinklų zonos paros nuotekų ir kritulių kiekiai | 38 |
| **3.7 pav.** Rugpjūčio 9 dienos nuotekų debito kitimas | 38 |
| **3.8 pav.** 3-osios nuotekų tinklų zonos paros nuotekų ir kritulių kiekiai | 39 |
| **3.9 pav.** Rugsėjo 4 dienos nuotekų debito kitimas | 40 |
| **3.10 pav.** Rugsėjo 5 dienos nuotekų debito kitimas | 40 |
| **3.11 pav.** Lietingos liepos 23 ir sekančių nelietingų dienų nuotekų debito kitimas | 42 |
| **3.12 pav.** Metinis pašalinio vandens kiekis Zujūnų buitiniame nuotakyne | 43 |
| **3.13 pav.** Buitinio nuotakyno šuliniai žalioje zonoje (autoriaus nuotrauka 2016) | 44 |
| **3.14 pav.** Zujūnų gyvenvietės nuotakyne dūmui testui naudojamas įrenginys (autoriaus nuotrauka 2016) | 45 |
| **3.15 pav.** Dūmus generuojančio įrenginio pastatymo vietos Zujūnų gyvenvietės nuotakyne ir nelegalūs lietaus nuotekų pasijungimai (www.geoportal.lt) | 46 |
| **3.16 pav.** Nelegalių pasijungimų pavyzdžiai Zujūnų gyvenvietėje (autoriaus nuotraukos 2016) | 47 |
| **3.17 pav.** Pašalinio vandens sąnaudų pasiskirstymas | 50 |

# LENTELIŲ SĄRAŠAS


| | |
|---|---|
| **1.1 lentelė.** Infiltracijos ir įtekėjimų lentelė | 9 |
| **3.1 lentelė.** Zujūnų gyvenvietės apskaičiuoti paros nuotekų debitai | 33 |
| **3.2 lentelė.** Išmatuoti ir apskaičiuoti paros nuotekų kiekiai kartu su kritulių kiekiais | 34 |
| **3.3 lentelė.** Mokesčių už taršą pagal skirtingus teršalus skaičiavimai | 48 |

# ĮVADAS

Į miesto nuotekų valyklą atitekantis didesnis nuotekų kiekis nei gyventojų apskaitytas vandens kiekis rodo pašalinio vandens patekimą į buitinį nuotakyną. Pašalinis vanduo skirstomas į infiltraciją ir įtekėjimus (Haarhoff 2003).

Infiltracija apibūdina požeminio vandens patekimą į nuotekų tinklus esant nesandarumams vamzdyne, blogoms vamzdžių sandūroms ar vamzdžių lūžiams, o įtekėjimai – tai kritulių vanduo patekęs tiesiogiai į nuotekų tinklus per šulinių dangčius ar dėl paviršinių nuotekų nelegalių pasijungimų (Water Environment Research Foundation 2003).

Taip pat infiltracija ir įtekėjimai į nuotekų tinklus gali būti skirstomi į priklausančius ir nepriklausiančius nuo kritulių kiekio. Darbe nagrinėjamas antrasis atvejis, kai pašalinis vanduo yra priklausomas nuo kritulių.

Pagrindinis teisės aktas, reglamentuojantis paviršinių nuotekų šalinimą, valymą ir išleidimą Lietuvoje, yra Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas. Remiantis Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentu miesto teritorijoje lietaus nuotekų negalima tvarkyti kartu su buitinėmis nuotekomis, t. y. lietaus nuotekos turi būti šalinamos atskira sistema bei valomos atskirai nuo buitinių nuotekų (Paviršinių 2007).

### Problema

Pašalinis vanduo, patekęs į buitinių nuotekų tinklą, apkrauna nuotekų tinklus, padidėja vamzdynų užpildymas kartu ir slėgis, todėl dėvisi vamzdynai. Reikia perpumpuoti didesnius nuotekų kiekius, didėja elektros energijos sąnaudos, greičiau dėvisi siurbliai ir kita mechaninė įranga. Be to pašalinis vanduo, patekęs į nuotekų valymo įrenginius, sunkina valymo procesą, kelia valymo savikainą, bei didina mokesčius (Roger D. 2008).

### Darbo aktualumas

Paviršinių nuotekų kiekiai, patenkantys į buitinį nuotakyną, Lietuvoje praktiškai nėra matuojami, o LVTA duomenimis 2014 m. Lietuvos vandens tiekimo įmonių vidutinis pašalinio vandens kiekis į šalies nuotekų tinklus yra apie 43 %.

### Darbo tikslas

Darbo tikslas – nustatyti lietaus vandens įtaką Zujūnų gyvenvietės buitinio nuotakyno darbui. Pašalinis vanduo į buitinių nuotekų tinklus galėtų patekti dėl infiltracijos ir (arba) dėl lietaus vandens tiesioginio įtekėjimo.

**Darbo uždaviniai:**

1) Išanalizuoti, ar krituliai daro įtaką buitiniams nuotekų tinklams;
2) Atlikti nuotekų debito kitimo analizę;
3) Įvertinti infiltracijos ir įtekėjimų dydį buitiniame nuotakyne;
4) Įvertinti išeikvojamus resursus dėl pašalinio vandens tvarkymo;
5) Pateikti rekomendacijas, kaip mažinti pašalinio vandens patekimą į nuotakyną.

**Naujumas ir originalumas**

Iki šiol Lietuvoje nebuvo akcentuojama pašalinio vandens patekimo į nuotekų tinklus problema, kaip svarbus aspektas. Tyrimu apibendrinama ši mažai analizuota problema.

**Darbo praktinė vertė**

Tyrimo metodika ir rezultatų analizė gali būti naudinga norint atlikti daugiau panašių tyrimų šio darbo pavyzdžiu.

**Padėkos**

VGTU Vandentvarkos inžinerijos katedros Vandentvarkos mokomajai laboratorijai už galimybę naudotis pliuviografu.

UAB „Vilniaus vandenys“ už suteiktą informaciją apie Zujūnų nuotekų tinklus ir siurblinę bei pagalbą atliekant matavimus.

UAB „Industek“ už suteiktą galimybę naudotis firmos „Nivus“ mobiliąja nuotekų debito matavimo įranga.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## *1.1. Pašalinio vandens klasifikavimas*

Pašalinis vanduo tai vanduo, kuris patenka į nuotekų tinklus nors ten patekti neturėtų. Pašalinis vanduo patenkantis į nuotekų tinklus yra skirstomas į dvi pagrindines sudedamasias dalis:

1. Infiltracija apibūdina požeminio vandens patekimą į nuotekų vamzdynus;
2. Įtekėjimai – kritulių vandens patekimas tiesiogiai į nuotekų vamzdynus.

Taip pat infiltracija ir įtekėjimai į nuotekų tinklus gali būti skirstomi į nepriklausiančius nuo kritulių kiekio ir priklausiančius nuo kritulių kiekio. 1.1 lentelėje pateikta pašalinio vandens klasifikacija, kuri buvo pristatyta programoje „Pašalinio vandens infiltracija ir aptikimas“ (Haarhoff 2003).

**1.1 lentelė.** Infiltracijos ir įtekėjimų lentelė

| | Nepriklauso nuo kritulių | Priklauso nuo kritulių |
|---|---|---|
| Infiltracija | Požeminio vandens infiltracija | Kritulių sukelta lėta infiltracija |
| | | Kritulių sukelta greita infiltracija |
| Įtekėjimai | Laikini | Lietaus vandens įtekėjimai |
| | Nuolatiniai | |

Infiltracija vadinamas vandens skverbimasis į nuotekų tinklus per vamzdžių defektus, vamzdžių sujungimus, pažeistus šoninius prisijungimus, šulinių sieneles (1.1 pav).



**1.1 pav.** Pagrindinės infiltracijos priežastys (https://www.google.lt/imghp)

Pažeisti šoniniai pasijungimai į pagrindines nuotekų tinklo trasas yra didžiausia infiltracijos į nuotakyną priežastis.

Įtekėjimai – lietaus vandens patekimas į nuotekų tinklus per namų stogus, rūsius, sodus ir drenas, atviruosius šulinius, šulinių dangčius, mišriąsias sistemas. Dažniausias įtekėjimas vyksta dėl nelegalių vartotojų prisijungimo į nuotekų tinklus (Water Environment Research Foundation 2003).

### *1.2. Pašalinio vandens sukeliamos problemos*

D. Rogeris 2008 metais išskyrė keturias pagrindines pašalinio vandens sukeliamas problemas:

1. Nuotekų tinklams;

Padidėja vamzdžio užpildymas, kartu ir slėgis, todėl dėvisi nuotekų vamzdynai.

2. Valymo įrenginiams;

Visų pirma, pašalinio vandens poveikis valymo įrenginiams priklauso nuo valymo įrenginio tipo. Padidėjęs nevalytų nuotekų kiekis viršija nuotekų valymo įrenginių našumą, todėl perteklinės nuotekos gali išsilieti į gamtinę aplinką. Taip pat neišvalyto vandens padidėjimas sumažina dumblo aplinkos apdorojimo efektyvumą;

3. Aplinkai;

Infiltracijos ir įtekėjimų poveikis aplinkai atsiranda tiesiogiai iš prieš tai minėto paaiškinimo, kada nuotekų valymo įrenginiai per daug apkraunami ir neišvalo nuotekų, todėl išsiliejusios į gamtą nuotekos teršia ją. Be to, net jeigu pašalinis vanduo yra išvalomas nuotekų valyklose, tai negarantuoja geros nuotekų išvalymo kokybės, palyginti su nuotekų valymu be infiltracijos ir įtekėjimų;

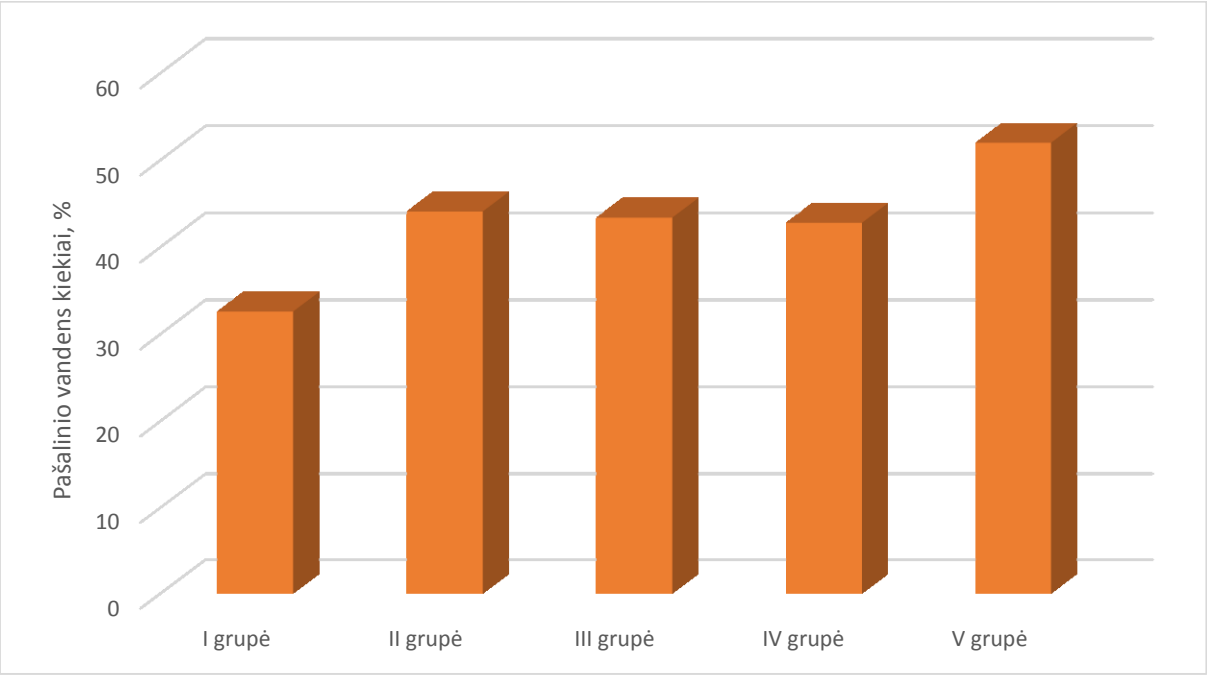
4. Finansai.

Dėl patekusio pašalinio vandens į nuotekų tinklus reikia padidinti valymo įrenginių tūrį, tuo pačiu didėja valymo įrenginių dydis, didėja siurblių kaina, sunaudojama daugiau elektros, išleidžiama daug kaštų tinklų renovavimui, kyla valymo savikaina bei didėja mokesčiai.

Lietaus metu paviršinis vanduo, patekęs į buitinių nuotekų tinklus, iki 3 kartų padidina bendrą nuotekų kiekį, patenkantį į miesto nuotekų valyklą. Dėl to sutrinka nuotekų biologinio valymo procesas, nes nuotekų valyklos mikroorganizmai nespėja prisitaikyti prie greitai besikeičiančių teršalų koncentracijų. Nors vidutiniškai nuotekų valyklos pajėgumai išnaudojami tik apie 60 %, lietaus metu nuotekų valyklos hidraulinis pajėgumas viršijamas, galimas aktyvaus dumblo išnešimas iš nuotekų valyklos. Tokie reiškiniai iššaukia poreikį didinti nuotekų valyklos hidraulinį pajėgumą ir reikalauja didelių ir nepagrįstų investicijų.

### *1.3. Pašalinio vandens kiekiai Lietuvos nuotekų tinkluose*

Lietuvoje remiantis Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos siūlomu vandentvarkos bendrovių grupavimu pagal vandens paslaugų pardavimo apimtis, vandens tiekimo įmonės suskirstytos į penkias grupes. Kiekvienais metais Lietuvos vandens tiekėjų asociacija įvertina veiklos rodiklius, vienas iš tokių rodiklių yra pašalinio vandens patekimas į nuotekų tinklus (LVTA 2014). 1.2 pav. pateikti 2014 metų visų vandens tiekimo įmonių grupių infiltracijos ir įtekėjimų kiekiai į nuotekų tinklus.




**1.2 pav.** Lietuvos vandens tiekimo įmonių grupių pašalinio vandens kiekiai 2014 metais

Vidutinė infiltracija ir įtekėjimai į šalies nuotekų tinklus yra apie 43 % (2014 metų Lietuvos vandens tiekėjų asociacijos duomenimis). Duomenys pateikiami kiekvienai grupei ir kiekvienai įmonei atskirai. Šalyje yra įmonių, kuriose infiltracija ir įtekėjimai į nuotekų tinklus siekia net 60 %.

### *1.4. Pašalinio vandens kiekiai į nuotekų tinklus užsienio šalyse*

**Anglija**

Pašalinio vandens patekimo į buitinių nuotekų tinklus problema aktuali ne ik Lietuvoje, bet ir daugelyje kitų šalių. Mokslininkas B. Poolas (2002) atliko 5 metų nuotekų debito ir kritulių tyrimus pietinėje Anglijos pakrantėje ir nustatė, kad infiltracija ir įtekėjimai priklauso nuo sezoniškumo, bet labiausiai veikia – kritulių vanduo. Jungtinėje Karalystėje pašalinio vandens santykis svyruoja nuo 15 % iki 50 % vidutinio sausojo periodo kiekio (White 1997).

**Vokietija**

Mokslininkai G. Weiß ir kt. (2002) atliko 34-ių mišriųjų nuotekų sistemų tyrimus pietų Vokietijoje ir nustatė, kad 35 % atitekėjusių į nuotekų valyklą nuotekų yra kritulių vanduo, 30 % sudaro nuotekos, o likę 35 % yra papildomas vanduo.

**San Marinas**

San Marino gyvenvietėje – Torraccia nustatytas pašalinio vandens įtekėjimai į naujai patiestus nuotekų tinklus siekia net 14 % (Obaid ir kt. 2014).

**Italija**

Romos priemiestyje – Infernetto, kuriame nuotekų tinklai yra seni, pašalinio vandens įtekėjimai į nuotekų tinklus siekia daugiau nei 50 % (Obaid ir kt. 2014).

**Airija**

Grand Canal Drainage Scheme (1968) paskelbtuose tyrimuose nustatyta, kad Dublino miesto grafystės – Rathmines ir Velso grafystės – Pembroke, nuotekų surinkimo baseinuose infiltracija į nuotekų tinklus viršija 25 % nuo bendrojo sausojo laikotarpio kiekio.

Tyrimai atlikti In Leixlip, Celbridge ir Maynooth (Airija) miestuose rodo, kad požeminio vandens infiltracija į nuotekų tinklus svyruoja nuo 25 % iki 75 % bendrojo sausojo laikotarpio kiekio. Kitame Airijos mieste – Kilcock nustatyta mažiausia visų nuotekų vamzdynų infiltracija siekė 45 %.

**JAV**

Kalifornijos mieste, Santa Rosoje atlikti matavimai parodė, kad iškritus 51 mm kritulių, nuotekų kiekis atitekėjęs iki nuotekų valyklos padidėjo 80 % (Smith ir kt. 2003). Mokslininkas M. Rabbaigas ir M. E. Sedkis (2003) nustatė, kad pašalinis vanduo, kuris patenka per nesandarius vamzdynų sujungimus, lūžius ar įtrūkimus, padidina nuotekų kiekį Detroito nuotekų valykloje 30 %.

### *1.5. Įstatymai, reglamentuojantys pašalinio vandens tvarkymą Lietuvoje*

Nuotekų tvarkymas – tai nuotekų surinkimas, transportavimas, valymas, apskaita, tyrimas, išleidimas į aplinką ir valymo metu susidariusio dumblo ir kitų atliekų tvarkymas (Valst. Žinios 2006, Nr. 82-3260). Pagrindiniai teisės aktai, reglamentuojantys nuotekų šalinimą, valymą ir išleidimą į atvirus vandens telkinius, yra:

1. Lietuvos respublikos aplinkos ministro patvirtintas Geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatymas ( Valst. Žinios 2006, Nr. 82-3260);

2. Nuotekų tvarkymo reglamentas (Valst. Žinios 2006, N. 59-2130);

3. Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas (Valst. Žinios 2007, Nr. 42-1594).

2007 m. balandžio 15 d. Lietuvoje įsigaliojo pirmasis teisinis dokumentas – Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas, reglamentuojantis tik paviršinių nuotekų tvarkymą, atskiriant jas nuo buitinių ir gamybinių nuotekų. Šie pagrindiniai nuotekų tvarkymo įstatymai reglamentuoja pagrindinius paviršinių nuotekų principus, nustato užterštumo rodiklius ir normas, kuriomis turi ir privalo vadovautis paviršinių nuotekų tvarkytojas arba kitas už tai atsakingas asmuo.

Šiuose įstatymuose pagrindinis dalykas į kurį atsižvelgiama yra nuotekų užterštumas mikroorganizmais bei organinėmis medžiagomis.

Lietuvoje tik dviejuose dokumentuose minima infiltracija į buitinių nuotekų tinklus. Vienas jų – Vandens vartojimo normos RSN 26-90, kurio 1.11 punkte teigiama, kad Lietuvos miestams ir miesteliams rekomenduojama priimti infiltraciją į nuotekų tinklus – 12 % ir šiuo dydžiu turi būti didinami kanalizuojamų nuotekų kiekiai. Tačiau tai yra tik rekomendacijos projektuojant naujus nuotekų tinklus ir taikytinas skaičiuojant nuotekų kiekius arba kai renovuojami seni tinklai, tada reikia atsižvelgti į šį reiškinį, tačiau ši rekomendacija nėra jokiais kitais teisės aktais kontroliuojama. Kaip galima pastebėti infiltracija ir įtekėjimai į nuotekų tinklus yra daug didesni, nei rekomenduojamas koeficientas.

Antrasis dokumentas – Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarimas „Dėl geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo paslaugų kainų nustatymo metodikos“ (2006 m. gruodžio 21 d. Nr. O3-92), kuriame teigiama, kad norint apskaičiuoti neapskaitytą nuotekų kiekį, reikia naudoti formulę:

$$N = \frac{(IN-FS)\times 100}{IN},\ \%\qquad(1)$$

čia: IN - išleidžiamų nuotekų kiekis, $m^3/d$;

FS - faktiškai suvartoto vandens nuotekų kiekis, $m^3/d$.

Šis rodiklis nusako nuotakyno nusidėvėjimo lygį, galimą paslėptą vandens infiltraciją, neregistruotus vartotojus. Didžiausia nuotekų infiltracija į buitinį nuotakyną – 20 %, mišriai kanalizacijai iki 35 %.

Šiuo metu Lietuvoje naudojamas terminas infiltracija nėra visai teisingas, nes teisės aktuose nurodoma, kad tai skirtumas tarp parduoto vandens vartotojams ir į atvirus vandens telkinius išleistų nuotekų kiekių. Į nuotekas patenka vanduo, kuris paprastai yra neparduodamas vartotojams, pvz.: filtrų plovimo vanduo, įmonių savoms reikmėms naudojamas vanduo, vandentiekio tinklo plovimo vanduo ir kt.

Taip pat lietaus vandens patekimas nuo stogų ar kitų nelaidžių paviršių į buitinių nuotekų sistemą neturėtų būti traktuojamas kaip infiltracija.

### *1.6. Įstatymai, reglamentuojantys pašalinio vandens tvarkymą užsienio šalyse*

**Europa**

ES teisės aktuose infiltracija apibūdinama, kaip nepageidaujamo gruntinio vandens įsisunkimas į nuotakyną (LST EN 752). Lietaus vanduo nėra infiltracija, nes tai vanduo nuo stogų (ar kitų nelaidžių paviršių) tiesiogiai pajungtas į nuotekų tinklus ar lietaus vandens patekimas į nuotekų tinklus per šulinių dangčiuose esančias skyles. Lietus vanduo nuo stogų tiesiogiai pajungti prie nuotakyno neturėtų būti vertinami kaip įsisunkimas į tinklą ir tai nėra gruntinis vanduo (Jacobsen 2012). Tačiau be abejonės, lietaus vanduo neturi patekti į buitinių nuotekų tinklą.

**JAV**

Jungtinėje Amerikos valstijoje yra du pagrindiniai dokumentai, reglamentuojantys pašalinio vandens patekimą į nuotekų tinklus:

- Infiltracijos ir įtekėjimų kontrolė į nuotekų tinklus (angl. *„Control of infiltration and inflow into sewer system“* ) No. 11022 EFF 12/70;

- Infiltracijos ir įtekėjimo į nuotėkų tinklus prevencija ir reguliavimas (angl. *„Prevention and correction of excessive infiltration and inflow into sewer systems <..> manual of practice“*. No. 11022 EFF 01/71.

Šiuose dokumentuose yra pateikta praktiniai patarimai, nuo ko pradėti analizuoti ir į ką atkreipti dėmesį tiriant pašalinio vandens patekimus į nuotekų tinklus.

Aplinkos apsaugos agentūros (angl. *US Environmental Protection Agency (EPA)*) (1975) gairės reikalauja, kad visos valstijos turi pašalinti pašalinio vandens patekimą į nuotekų tinklus, jei nori gauti paramą naujų nuotekų tinklų bei nuotekų valyklų rekonstrukcijai bei statybai. Taip pat šiame reglamente nustatyta, kad infiltracijos riba į nuotekų tinklus gali būti

140 l/d/km skirtingo skersmens vamzdynams ir visos valstijos turi pašalinti infiltracijos atsiradimo priežastis, jei ši viršija šią ribą (naujai suprojektuotiems nuotekų tinklams ši riba yra 18,5 l/d/km).

Šiaurės Karolinoje (JAV) vandens kokybę reguliuojanti įstaiga (angl. *the State division of Water quality*) teigia, kad įtekėjimus į nuotekų tinklus reikia valdyti tada, kai nuotekų srautas viršija 1041 l (275 galonų) per dieną vienam gyventojui.

**Kanada**

Kanados britų Kolumbija turi savo teisės aktus reglamentuojančius pašalinio vandens patekimus į nuotekų vamzdynus. Vienas iš teisės aktų, reglamentuojančių gerą vandentvarkos valdymą konkrečiose srityse yra Vandentvarkos planas. Šį reglamentą sudaro dvi dalys: Skystų atliekų valdymo planas (angl. *The liquid waste management plan*) ir kietųjų atliekų valdymo planas (angl. *The solid waste management plan*). Infiltraciją ir vandens skverbimąsi į nuotekų tinklus reglamentuoja skystųjų atliekų valdymo planas, kuriame teigiama: Jeigu infiltracija 2 kartus viršija vidutinį paros debitą esant sausajam periodui, atsakingas asmuo remiantis skystųjų atliekų valdymo planu turi spręsti pašalinio vandens nuotekų tinkluose problemą (B.C. Reg. 129/99 and O.C. 507/99, effective July 15,1999). 2001 metais Vankuverio miesto savivaldybė pasirašė skystųjų atliekų tvarkymo planą, kuriame pateikti įstatymai, reglamentuojantys vandentvarkos ūkį. Šiuo aktu nustatoma pašalinio vandens didžiausia riba t. y. vienam hektarui teritorijos ploto 11200 l per dieną po lietingojo periodo (Liquid Waste Management Plan – February 2001).

### *1.7. Pašalinio vandens į nuotekų tinklus nustatymo būdai*

Infiltracijos ir lietaus vandens patekimo į nuotekų tinklus nustatymo būdai yra įvairūs: TV diagnostika, dūmų testas (angl. *Smoke Test*), hidrauliniai bandymai debito matavimas, nuotekų ir vandens kiekių analizė, nuotekų debitų siurblinėse ar nuotekų valymo įrenginiuose analizė ir kiti (Jacobsen 2012).

**Nuotekų tinklų hidraulinis bandymas**

Vienas iš galimų nuotekų vamzdynų sistemos patikrinimo būdu – vamzdynų bei šulinių hidraulinis bandymas. Tai taip pat gali būti atliekamas, siekiant nustatyti infiltraciją ir įtekėjimus į nuotekų vamzdynus. Lietuvoje jis atliekamas įrengus naujus nuotekų tinklus, siekiant patikrinti ar sistema hermetiška. Neslėginių linijų (savitakiniai nuotekų vamzdžiai) išbandymas turi būti atliekamas pagal LST EN 1610 reikalavimus.

Savitakinių nuotekų vamzdynų išbandymas atliekamas:

- Žemutinis nuotakyno galas ir reikiamos prijungtosios atšakos užkemšamas tinkamais vandeniui nelaidžiais kamščiais ir vamzdžių sistema užpildoma vandeniu. Mažuose vamzdžiuose aukštutiniame gale galima laikinai prijungti alkūnę ir prie jos statmeną vamzdelį, pakankamo ilgio išbandymui reikalingai patvankai sudaryti. Bandomojo slėgio vandens patvankos dydis yra 1,2 m virš nuotekų vamzdžio viršaus vidinio paviršiaus aukštutiniame gale ir ne daugiau negu 6 m žemutiniame gale (naudojant statmeną vamzdį). Jeigu išbandant visą statesnio nuolydžio nuotakyno atkarpą būtų viršyta aukščiau nurodytoji didžiausia patvanka, jis išbandomas mažesnėmis atkarpomis.
- Susigerti leidžiama vieną valandą. Išmatuojamas vandens nuostolis per 30 minučių: iš matavimo indo kas 10 min. įpilama vandens, pasižymint, kiek vandens reikia įpilti, kad statvamzdyje atsistatytų pradinis vandens lygis. Vidutinis įpilamo vandens kiekis negali viršyti norminiuose dokumentuose nurodytų reikšmių.
- Iki 450 mm skersmens nuotakynus galima prieš tai išbandyti oru, tačiau visą vamzdyną, prieš jį priimant, būtina išbandyti vandeniu.
- Visi kolektoriai, šuliniai ir apžiūros kameros užbaigus išbandomos, ar į jas neįsiskverbia vanduo arba oras (kaip nurodyta); patikrinama viso kolektoriaus ilgio konstrukcija ir užpylimas. Visi įvadai į sistemą sandariai uždaromi.

**TV diagnostika**

Šiuolaikinis vamzdynų apžiūros būdas yra apžiūra telekameromis. Tai vamzdyno apžiūra iš vidaus, kurios pagalba vyksta vamzdynų būklės įvertinimas. Pagal STR 2.07.01:2003 reikalavimus, nuotakyno (išskyrus išvadus) vamzdžių ir jų sandūrų kokybė iki priimamojo bandymo turi būti patikrinta televizine diagnostikos aparatūra. Šiam darbui naudojamos įvairios formos ir konstrukcijos kameros (1.3 pav.)



**1.3 pav.** Telekamera ir jos įranga (www.hidora.lt)

Per kontrolinius šulinius jos nuleidžiamos į vamzdynus, kuriais juda specialia važiuokle ir perduoda vamzdžio vidaus vaizdą į žemės paviršiuje esantį ekraną. Ekrane gerai matomi vamzdžio viduje esantys defektai atsiradę statybos (prastai sujungti vamzdžiai, įtrūkimai) ir eksploatavimo (įvairios deformacijos, korozija, grunto sėdimo pasekmės, medžio šaknų įsibrovimas į vamzdžius, agresyvaus gruntinio vandens ar nuotekų padariniai) metu. Visą tiriamą objektą ar jo dalį galima nufilmuoti video juostoje, kuri leidžia išanalizuoti visus trūkumus ir nuspręsti, ką reikia daryti. Analizę palengvina ir tai, kad perduodamas į ekraną vaizdas yra spalvotas (Griškevičius 1995). Telekamerų darbo profilis labai platus: jos gali dirbti vamzdynuose, kurių skersmuo nuo 100 mm iki 1000 mm ir daugiau. Šio būdo privalumas – vamzdynų būklė įvertinama tiksliai. Pagrindiniai trūkumas – didelė kaina.

**Dūmų testas**

Dūmų testas yra inžinerinis – geodezinis testas, atliekamas norint surasti ir nustatyti vamzdynų nesandarumus bei įtrūkius, per kuriuos gali vykti pašalinio vandens įtekėjimai į nuotekų tinklus (Civil West Engineering Services 2011).

Šiam testu atlikti naudojama nenuodingos dujos, kurios tam tikru mechanizmu, uždėjus ant šulinio įpučiamos į nuotekų sistemą . Dūmai patekę į nuotekų tinklus, išeina pro nesandarius sujungimus, vamzdyno trūkius, šulinių liukus. Tokiu būdu galima pastebėti kurioje vietoje yra pašalinio vandens patekimo galimybė ir tai užfiksuoti foto arba video kamera. Smėlio maišai arba kamščiai naudojami siekiant išvengti dūmų išeigos iš šulinių. Tačiau prieš atliekant šį testą rekomenduojama apie tai informuoti gyventojus, kadangi nežinodami apie šį testą žmonės gali pagalvoti apie gaisro tikimybę. Po tokio testo yra paruošiama dūmų testo ataskaita, kurioje pateikiama informacija apie vietas, kuriose įvyko dūmų išsiveržimo iš nuotakyno tinklų, pateikiamos nuotraukos, aprašoma atlikimo vieta (North Carolina Department of Environment and Natural Resources 2005). Dūmų testas tarp dviejų šulinių paprastai trunka 10 – 30 minučių po paruošimo (Greater Dublin Strategic Drainage Study 2005).

Dūmų testas negali būti atliekamas kai nuotekų tinkle yra įlinkimų ar nuotekos teka pilnu vamzdžio diametru. Taip pat šiuo testu negalima pastebėti vamzdyno defektų, jei aplink vamzdį ir virš jo esantys gruntai yra įšalę arba apsnigti, todėl rekomenduojama jį atlikti šiltuoju metų laiku. Taip pat nepatartina atlikinėti šio dūmų testo kai diena yra labai vėjuota, kadangi galima nepastebėti iš kurios vietos dūmai „išeina“.



**1.4 pav.** Dūmus generuojančio įrenginio pavyzdys (www.superiorsignal.com)

Dūmų testas negali būti atliekamas kai nuotekų tinkle yra įlinkimų ar nuotekos teka pilnu vamzdžio diametru. Taip pat šiuo testu negalima pastebėti vamzdyno defektų, jei aplink vamzdį ir virš jo esantys gruntai yra įšalę arba apsnigti, todėl rekomenduojama jį atlikti šiltuoju metų laiku. Taip pat nepatartina atlikinėti šio dūmų testo kai diena yra labai vėjuota, kadangi galima nepastebėti iš kurios vietos dūmai „išeina“.

Dūmus generuojančio įrenginio privalumai:

- paprasta konstrukcija;
- paprastas ir greitas nuotekų tinklų išsidėstymo tikrinimas;
- tam tikrais atvejais pakeičia TV diagnostiką, kuri yra daug kartų brangesnė.

Dūmus generuojančio įrenginio trūkumai:

- neįmanoma aptikti visų nelegalių jungčių (pvz. drenažinių);
- kai vamzdis apsemtas, nebegalima patikrinti tolesnės atkarpos (LVTA leidinys Vandentvarka Nr. 44 2014).

**Infiltracijos nustatymas debito matavimo prietaisais**

Nė vienos vandentvarkos įmonės sklandi veikla neįsivaizduojama be debito matavimo prietaisų, naudojamų tiek geriamojo vandens, tiek nuotekų, tarp jų ir paviršinių, apskaitai. Apskaita yra vykdoma komerciniams tikslams, laikantis gamtos apsaugos reikalavimų ar dėl įmonės vidinės apskaitos; debito matavimo prietaisais taip pat kontroliuojami technologiniai procesai (LVTA leidinys „Vandentvarka“ Nr. 33, 2008)

Debito matavimo metodas (angl. *flow mapping method*) atliekamas, naudojant srauto matavimo prietaisus, kurie gali būti lengvai ir greitai sumontuojami ant nuotekų surinkimo vamzdynų šuliniuose (Civil West Engineering Services 2011). Tiksli būklės analizė tarp dviejų

pasirinktų nuotekų debito matavimo taškų ir tolimesnė nuotekų tinklų būklės analizė pagal prieš tai išmatuotus taškus gali padėti nustatyti tinklų problemas, tokias kaip infiltracija, įtekėjimai, vamzdynų užsikišimai. Tai taip pat padeda inžinieriams bei projektuotojams suprasti kada turi būti projektuojama papildoma talpa, siekiant išvengti nuotekų tinklų perkrovos (Schutzbach *ir kt.* 2008). Debito matavimo prietaisai sumontuoti atkarpose, kuriose įtariama, kad yra pašalinio vandens problema. Surenkami nuotekų debitų ir greičių duomenys sausuoju ir šlapiuoju periodais. Palyginus šiuos duomenis galima nustatyti infiltracijos ir įtekėjimų mastą. Taip pat šiuo metodu galima nustatyti nuotekų tinklų hidraulines savybes (Royster 2009).

Debitomačių pasirinkimas priklauso nuo fizikinių matuojamo skysčio savybių, galimybių įrengti įrangą matavimo vietoje, vamzdyno skersmens, esamų vamzdynų medžiagos ir būklės, matavimo tikslumo ir kitų techninių galimybių ir sąlygų.

Debitomačiai – tai prietaisai, skirti automatizuotai pratekančio skysčio apskaitai. Pagal veikimo principą skirstomi į elektromagnetinius ir ultragarsinius. Debitomatis susideda iš 2 dalių: jutiklio ir elektroninio apskaitos bloko. Jutiklis montuojamas vamzdyne. Jis fiksuoja pratekančių nuotekų srauto greitį ir formuoja elektrinį impulsinį arba analoginį signalą. Elektroninis apskaitos blokas priima iš jutiklio gaunamą elektrinį signalą ir jo pagrindu apskaičiuoja momentinį pratekančių nuotekų kiekį, bei kaupia suminę informaciją.

Paprasčiausias nuotekų debito matavimo būdas – tūrinis metodas, kai matuojamas vandens tūris per laiko vienetą. Savitakiuose buitinių nuotekų tinkluose dažnai naudojami latakai. Tai vienas iš galimų debito matavimo būdų. Dauguma jų yra montuojami kartu su ultragarsiniu jutikliu bei debito matavimo prietaisu.

### *1.8. Galimi pašalinio vandens į nuotekų tinklus mažinimo būdai*

Pagrindinis pašalinio vandens patekimo į buitinių nuotekų tinklus mažinimo būdas yra senų nuotekų tinklų renovavimas. Tai yra populiariausias būdas visame pasaulyje turintis daug taikomų technologijų.

#### ***Compact Pipe* technologija**

Compact Pipe sistema yra skirta įrengti esamų senų vamzdynų viduje naują glaudžiai priglundantį vamzdį, kuris visiškai perima esamo vamzdyno funkciją. Compact Pipe pasirodė esanti ideali technologija betranšėjam pažeistų vandens, nuotekų, dujų ir pramoninių vamzdynų, pagamintų iš tokių tradicinių medžiagų, kaip ketus, plienas, betonas, keramika arba asbestcementis, atnaujinimui. Ši sistema ypač naudinga tose vietose, kur sunku prieiti prie vamzdyno arba kur vyksta intensyvus eismas, ir dėl to neįmanoma iškasti atviros tranšėjos.

Statybos darbai apribojami tik nedidelių pradinių ir galinių prieduobių kasimu, kurių gali net ir neprireikti, kai atnaujinami nuotakynų vamzdžiai ir galima pasinaudoti esamais šuliniais. Todėl ši technologija ypač patraukli ankštų erdvių sąlygomis, pavyzdžiui, miestų centruose.

Pagrindinis sistemos elementas – įprasto aukštos kokybės polietileno vamzdis. Šie vamzdžiai gaminami 100−400 milimetrų skersmens slėginėms sistemoms ir net iki 500 milimetrų skersmens nuotekų sistemoms atnaujinti. Slėginės sistemos gali būti atnaujintos tiek PN10, tiek ir PN6 darbinio slėgio Compact Pipe vamzdžiais. Compact Pipe vamzdis tiekiamas ištisinis, užvyniotas ant tvirto metalinio būgno. Į statybvietę vamzdis pristatomas per visą ilgį sulankstytas taip, kad skerspjūvyje panašus į C raidę (1.5 pav.), todėl šį vamzdį lengva įkišti į esamą vamzdyną, kuris atlieka priimančio (apgaubiamojo) vamzdžio funkciją.



**1.5 pav.** Įtraukiamas vamzdis per visą ilgį sulankstytas taip, kad skerspjūvyje panašus į C raidę

Compact Pipe vamzdžiai pristatomi ant būgnų, kurie gali stovėti ant specialiai Compact Pipe sistemai suprojektuotos priekabos būgnui. Nuo stovinčio ant priekabos būgno vamzdis tiesiogiai traukiamas į įvadinį prieduobį. Priekabą būgnui taip pat rekomenduojama panaudoti valdant montavimo aikštelėje išvyniojamą vamzdį (1.6 pav.).



**1.6 pav.** Seno tinklo atnaujinimas Compact Pipe vamzdžiu

Įkištas Compact Pipe vamzdis šildomas į jį tiekiant sotųjį garą, kurio temperatūra 125 °C, ir sulankstytas Compact Pipe vamzdis įgauna savo pradinį skerspjūvį („atminties efektas“). Garo generatorius – montavimo sistemos „širdis“ – tiekia garą vamzdžio formai atkurti, be to, jame įrengtos montavimo valdymo ir duomenų saugojimo priemonės. Vamzdyno priėmimo gale garas ir susikondensavęs vanduo saugiai išleidžiami pro kondensato rinktuvą. Tai ypač svarbu, kai darbai atliekami gyvenamosiose zonose arba ant intensyviai eksploatuojamų kelių, siekiant išvengti nepatogumų žmonėms ir užtikrinti saugų eismą. Kai vamzdis pakankamai įšyla, vietoj garo į jį tiekiamas šaltas suslėgtas oras aušina vamzdžio sieneles ir polietileninis vamzdis glaudžiai priglunda prie priimančio vamzdžio vidinio paviršiaus.



**1.7 pav.** Garo turbina gamina vamzdžio šildymui sočiuosius garus, o vamzdyno priėmimo gale garas ir susikoncentravęs vanduo saugiai išleidžiami į kondensato rinktuvą

Taip sumontavus glaudžiai įkišamą aptaisą formuojamas nepriklausomos konstrukcijos vamzdis, kurio kokybė ir tvirtumas būdingi naujai įrengtam vamzdžiui. Po atnaujinimo naujas vamzdynas atlaiko tiek vidines, tiek išorines apkrovas.



**1.8 pav.** Vamzdžio sienelės glaudžiai priglunda prie priimančio vamzdžio vidinio paviršiaus

Siekiant išsirinkti ekonomiškiausią atnaujinimo būdą, nustatomas reikiamas sistemos pralaidumas, pagal kurį parenkami mažiausi vidiniai aptaisymui naudojamo vamzdžio matmenys. Didžiausi išoriniai aptaisymui naudojamo vamzdžio matmenys negali viršyti vidinio esamo vamzdžio skersmens. Compact Pipe vamzdžiams montuoti reikalingi įvairūs įrankiai, įrenginiai ir priedai, tarp jų suvirinimo įranga, vamzdžio plėstuvai ir angų rėžtuvas. Pageidautinas Compact Pipe vamzdžių slėginiuose vamzdynuose sujungimo būdas – elektrinio lydymo (elektromovinės) jungtys.

Gaminant Compact Pipe vamzdžius, taikomas gamyklinis vamzdžių suspaudimas. Vėliau jie testuojami pagal eilę rodiklių, kurie garantuoja, kad šie vamzdžiai atitiks deklaruojamus parametrus. Gamykloje suspaudus polietileno vamzdį medžiagos struktūra ir polimero molekulių ryšiai išlieka tokie, kokie buvo esant apvaliam vamzdžiui. Patikrinama kiekviena partija, ar po suspaudimo atsistatys vamzdžio forma.

Compact Pipe technologija leidžia 300–500 milimetrų skersmens vamzdžius įtraukti į 100−200 metrų atkarpas, o mažesnių skersmenų vamzdžius − net iki 600 metrų ilgio trasas. Compact Pipe vamzdis ypač rekomenduojamas naudoti ten, kur yra mažo spindulio posūkiai, nes suspaustas šis vamzdis yra ~ 35 % mažesnio diametro, palyginti su nominaliu. Jis nesunkiai „įveikia" posūkius, o jį išskleidus įtempimai vamzdžio sienelėse ties posūkiais praktiškai nesusidaro (LVTA informacinis leidinys Nr. 42).

**Injektavimas**

Injektavimo (angl. flood grouting) pagalba galima sumažinti arba pašalinti infiltraciją į nuotekų tinklus. Tai atliekama stabilizuojant ir sandarinant vamzdynų įtrūkimus, dviejų cheminių procesų metu. Šie du chemikalai, reaguodami tarpusavyje, suformuoja gelio pavidalo substenciją ir užsandarina vamzdžio defektus nuo vandens patekimo – infiltracijos. Šis metodas gali būti atliekamas, kai aplink vamzdyną esantis dirvožemis yra pakankamai stabilus, kad išlaikytų skiedinį. Kaip matyti iš 1.9 paveikslo, sureagavusios cheminės medžiagos į vamzdžio išorę išsilieja apie 20 – 40 cm, sudarydami smiltainius – kaip struktūra, kuri reaguoja su išoriniais gruntais. Cheminės medžiagos, naudojamos atlikti injektavimą yra silikono pagrindo ir yra nenuodingos nuotekų sistemą supantiems gruntams bei požeminiam vandeniui. Tai buvo patvirtinta kelių Vokietijos ir kitų Europos šalių mokslininkų bei institucijų, kurie atliko bandymus su šiomis cheminėmis medžiagomis (Jacobsen 2012).



**1.9 pav.** Susidarę smiltainiai, cheminėms medžiagoms sureagavus su aplinkiniais gruntais (www.sanipor.com)

Injektavimo atlikimo tvarka:

1. Nuotekų tinkle įmontuojama sandarinimo tarpinės ir aukšto slėgio srove išvalomas nuotekų tinklas;
2. Nuotekų sistema iki pat viršaus užpildoma S1 chemine medžiaga, kuri yra skysto gelio pavidale. S1 cheminei medžiagai sistemoje leidžiama išbūti pakankami laiko, kad chemikalai patektų pro įtrūkimus į vamzdynus supančius gruntus;
3. Siurblio pagalba išpumpuojamas S1 skystis iš nuotekų sistemos atgal į sunkvežimio cisterną;
4. Išplaunama sistema, kad pašalinti S1 cheminę medžiagą nuo sistemos vamzdynų vidinių sienučių bei šulinių;
5. Šis procesas pakartojamas su antrąja chemine medžiaga S2, kuri yra vandeningos substencijos;
6. Siurblio pagalba išpumpuojamas S2 skystis ir išvalomas nuotekų vamzdynas.

Priklausomai nuo pašalinio vandens lygio, injektavimo procesas gali būti pakartojamas keletą kartų, kad užtikrinti, jog sistema pilnai užsandarinta. Šis procesas gali būti atliekamas per 8 – 10 h (Injektavimas).

**VipLiner (PE modulių) technologija**

VipLiner sistema – tai labai paprastas ir didelių investicijų nereikalaujantis vamzdynų renovavimo būdas. „Nuo vieno šulinio iki kito“ kišami moduliai, kurie sujungiami movomis su tarpinėmis. Balta modulio vidaus spalva palengvina vamzdyno apžiūrą. Šiam metodui nereikia tranšėjų kasti, todėl montavimo darbai beveik netrikdys kelių eismo. Be to, atliekant darbus, kanalizacijos sistemos funkcionuoja kaip įprasta, nes vanduo nenuleidžiamas.

VipLiner moduliai gaminami iš polietileno (PEHD), todėl renovuotas vamzdynas turi tokius pat privalumus kaip ir medžiaga, iš kurios pagaminti moduliai. Jis atsparus korozijai, ilgai tarnauja, atsparus smūgiams, pasižymi labai mažu šiurkštumo rodikliu ir itin dideliu atsparumu nusitrynimui. Reikėtų pridurti, kad VipLiner sistemos bandymus atliko Suomijos Techninių bandymų centras (VTT ). Standartinis modulių ilgis yra 0,5 m. Pagal užsakymą gaminami ir kitų ilgių moduliai.

VipLiner sistemos privalumai:

- Labai mažos renovavimo investicijos;
- Sandarumas;
- Glotnus vidaus ir išorės paviršius;
- Greitas montavimas;
- Didelis žiedinis standumas;
- Patikimumas.

Kolektorių renovavimas, naudojant VipLiner sistemą, atliekamas į renovuojamą kanalą įkišant trumpus modulius, kurie sujungiami specialiomis movomis su tarpinėmis. Ši ypatinga sujungimo konstrukcija garantuoja didelį vamzdyno mechaninį patvarumą ir 100 % sandarumą. VipLiner modulio ilgis daugiausiai priklauso nuo šulinio kameros skersmens. Standartinis 50 cm modulių ilgis leidžia juos įkišti net į 800 mm skersmens šulinius. Didesnio skersmens kameroms gali būti pagaminti ilgesni moduliai.

VipLiner talpinamas į šiek tiek didesnio skersmens kanalą, kad galimas susiaurėjimas netrikdytų modulių montavimo darbų. Prieš atliekant renovavimo darbus rekomenduojama apžiūrėti vamzdyną ir ištirti jo praeinamumą, kurį geriausia ištirti, nutiesiant pro neilgą renovuojamo kanalo atkarpą vamzdį, kurio skersmuo atitinka modulio skersmenį. Vamzdynų renovavimui naudojamas hidraulinis įrenginys, kuris stumia modulius vieną po kito (1.10 pav.).



**1.10 pav.** Hidraulinis įrenginys moduliams pastumti (www.lvta.lt)

Įkišus į kanalą visus modulius, tarpas tarp seno ir VipLiner vamzdžio užpildomas lengvu užpildu, pvz., nedidelio tankio betonu. Visus tarpus ir tuščias ertmes užpildydamas betonas stabilizuoja visą sistemą. VipLiner moduliais renovuotas kanalas gali būti naudojamas iš karto. Didelis VipLiner modulių žiedinis standumas – mažiausiai SN8 (8 kN/m$^2$), pagal tarptautinį standartą EN ISO 9969 – suteikia galimybę naudoti juos ir naujų vamzdynų statybai, tiesiai po važiuojamąja kelio dalimi arba kitose komunikacijos inžinerijai naudojamose vietose. (LVTA informacinis leidinys nr. 44)

**Dinaminis metodas**

„Grundocrack“ yra labiausiai paplitę dinaminiai įrenginiai sukonstruoti pneumoplaktukų „Grundomat“ ir „Grundoram“ pagrindu. Gamintojas vokiečių firma „Tracto – Technik“ . Grundocrack“ turi smūginę dinaminę energiją ir pats juda per seną vamzdyną, palaikomas keltuvo lyno. Tuo metu senas vamzdis yra ir jo skeveldros įspaudžiamos į aplinkinį gruntą. Kartu įtraukiamas naujas vamzdis, dažnai didesnio skersmens. Ši sistema gali ardyti betono, ketaus, plieno, keramikos, PVC vamzdžius. Šis vamzdžių renovavimo būdas naudojamas tada, kai reikia padidinti vamzdžio diametrą, vamzdyno remontas prives prie vamzdžių keitimo, vamzdynas neremontuotinas, ilga eksploatacija reikalauja naujų galimybių, ar tikslinga vamzdyną keisti pagal ekonominius ir techninius faktorius.

# 2. TYRIMO OBJEKTAS, METODIKA IR ĮRANGA

## *2.1. Tyrimo objektas*

Pašalinio vandens tyrimams buitiniame nuotakyne buvo pasirinkta Vilniaus miesto rajono Zujūnų gyvenvietė. Zujūnų gyvenvietė yra vakarinis Vilniaus priemiestis, o pietinė gyvenvietės dalis prijungta prie miesto. Ši gyvenvietė yra užstatyta vienbučiais namais, o 2011 m. duomenimis, gyvenvietėje gyveno 1660 žmonių (Zujūnai 2011).

Zujūnų gyventojams geriamasis vanduo tiekiamas centralizuotai, o susidariusioms buitinėms nuotekoms surinkti pakloti tinklai, tačiau nėra paviršinių nuotekų surinkimo tinklų. Geriamojo vandens ir nuotekų tinklai pakloti 1993 m., o tinklus eksploatuoja UAB „Vilniaus vandenys“. Susidariusios nuotekos savitaka surenkamos trijose nuotekų tinklų surinkimo zonose ir suteka į Zujūnų nuotekų siurblinę (2.1 pav.), o po slėgio gesinimo kameros nuotekos nuteka į Vilniaus miesto nuotekų valyklą.




**2.1 pav.** Zujūnų gyvenvietės nuotekų tinklai (www.geoportal.lt)

Gyvenvietėje paklotų savitakių nuotekų tinklų ilgis yra 7,2 km, o slėginės nuotekų linijos – 0,97 km. Savitakis nuotakynas paklotas iš keramikinių vamzdžių, kurių skersmenys yra 150 ir 200 mm. Slėginę nuotekų liniją sudaro kaliojo ketaus vamzdis, kurio diametras yra 200 mm.

Zujūnų gyvenvietės buitinių nuotekų siurblinė priskiriama II kategorijai, kadangi turi vieną slėginę liniją ir du siurblius (vienas – darbinis, o kitas – atsarginis). Siurblinė yra su antžemine dalimi. Siurblinės rezervuaras – gelžbetoninis 3 m skersmens ir 3,7 m gylio. Siurblių tipas – vertikalūs panardinami. Abu siurbliai yra KSB Amarex N F50-220/042ULG-160. Nuotekų siurblių kėlimo aukštis – 22,36 m, našumas – 30,24 $m^3$/h, o galingumas – 4,2 kW (UAB „Vilniaus vandenys“ duomenimis).

Zujūnų gyvenvietės buitinių nuotekų tinklai kaip tiriamasis objektas buvo pasirinktas dėl to, kad:

1. Į Zujūnų nuotekų tinklus nepatenka nuotekos iš kitų nuotekų surinkimo zonų (dėl to tyrimo rezultatai realiai parodys, kas vyksta Zujūnų gyvenvietės nuotekų tinkluose lijant lietui ar po jo);
2. Zujūnų gyvenvietėje nėra paviršinių nuotekų surinkimo tinklų ir vyrauja individualūs namai (galimi lietaus nuotekų pajungimai į buitinį nuotakyną);
3. Esami tinklai yra gana seni, jų amžius – 23 metai (galimas vamzdžių susidėvėjimas ar įtrūkimų atsiradimas, todėl gali vykti lietaus vandens infiltracija į nuotakyną arba lietaus sukelto požeminio vandens infiltracija);
4. Tinkami nuotekų tinklo diametrai (kadangi buvo naudojama debito matavimo įranga, tinkanti 150–300 mm diametro vamzdžiams).

### *2.2. Tyrimo metodika ir įranga*

Norint nustatyti lietaus įtaką buitiniam nuotakynui, nagrinėjamoje teritorijoje turi būti įrengiamas skystų kritulių kiekio matavimo prietaisas. Meteorologinės stotys dažniausiai yra nutolusios dideliu atstumu, todėl jų duomenimis pasikliauti nevertėtų, nes lietus dažnai būna lokalus. Atliekant lietaus kiekio matavimus buitiniame nuotakyne lygiagrečiai turi būti atliekami ir debito matavimai.

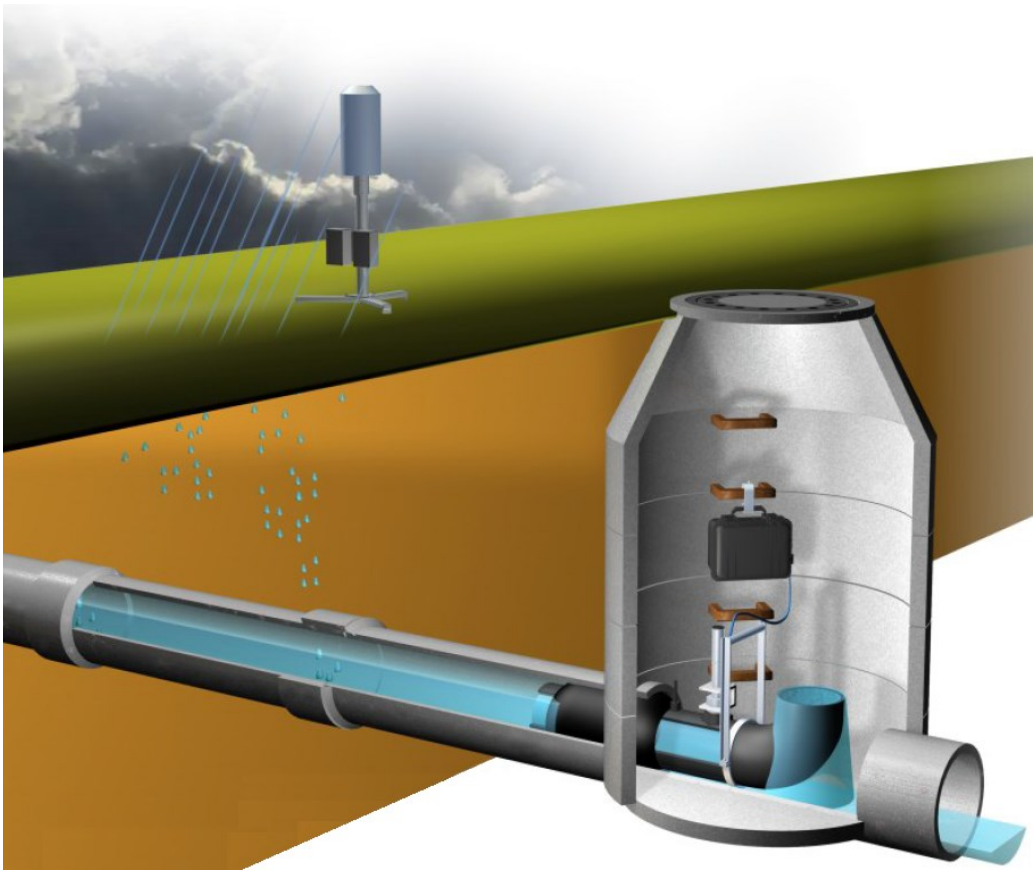
Nuotekų debitui išmatuoti savitakiuose Zujūnų gyvenvietės nuotekų tinkluose buvo naudojama „Nivus“ firmos mobilioji nuotekų debito matavimo įranga. Šią įrangą sudaro duomenų skaičiuoklė „PCM 4“, duomenų perdavimo GPRS bei nuotekų tinkluose montuojama vamzdžio dalis („pypkė“) su jutikliu, veikiančiu ultragarso principu ir matuojančiu ne tik nuotekų debitą, bet ir temperatūrą (2.2 pav.).



**2.2 pav.** Duomenų skaičiuoklė „PCM 4“, duomenų perdavimo GPRS ir vamzdžio dalis („pypkė“) (www.indutek.lt)

Atvamzdis montuojamas savitakių nuotekų tinklų 150–300 mm skersmens vamzdžiuose. Likusi įranga tvirtinama prie šuliniuose esamų lipynių ar kitų įtvirtinimų. Iš polietileninio vamzdžio pagamintas atvamzdis užtvirtinamas aplink vamzdį pripučiant sandarinimo kamštį neviršijant 1,5 bar slėgio.

2.3 paveiksle parodyta, kaip atrodo sumontuota bendrovės „Nivus“ mobilioji nuotekų debito matavimo įranga, kuri naudojama kartu su lietaus intensyvumo matavimo prietaisu – pliuviografu.



**2.3 pav.** Sumontuota firmos „Nivus“ mobilioji nuotekų debito matavimo įranga naudojama kartu su pliuviografu (www.nivus.com)

Duomenys per GPRS siuntiklį siunčiami į serverį. Šiame serveryje dėl įdiegtos bendrovės „Nivus“ programinės įrangos patogu naudotis matavimo rezultatais ir juos vaizduoti bei visus duomenis eksportuoti „XML“ formatu.

Mobiliosios nuotekų srauto matavimo įrangos pagrindiniai privalumai:

1. Greitai ir paprastai sumontuojama įvairaus diametro vamzdynuose;
2. Tikslūs matavimo rezultatai, net esant nedideliam nuotekų debitui;
3. Galimybė matuoti debitą atokiose vietose, kuriose nėra elektros energijos;
4. Duomenų perdavimas GPRS.

Mobiliosios nuotekų srauto matavimo įrangos trūkumai:

1. Sumontavus įrangą sumažėja vamzdžio diametras, todėl padidėja nuotekų tinklo užsikimšimo tikimybė;
2. Išmatuotų duomenų perdavimui būtinas GSM internetinis ryšys (LVTA leidinys „Vandentvarka“ Nr. 44).

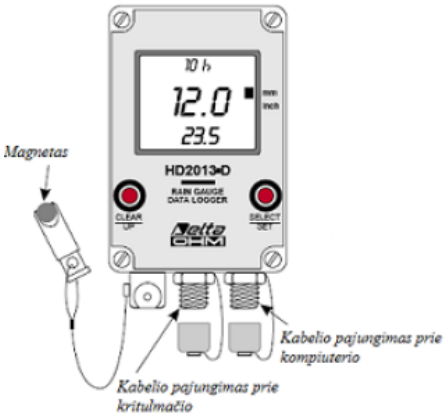
Lietaus intensyvumui matuoti buvo naudojamas pliuviografas „Delta OHM“ (2.4 pav.). Pliuviografas – tai automatinis prietaisas, matuojantis ir registruojantis skystų kritulių trukmę ir kiekį, kartu rodantis kritulių intensyvumą, t. y. kiekį per laiko vienetą (Pliuviografas).




**2.4 pav.** Pliuviografas su supuokliniu mechanizmu (www.deltaohm.com)

Pliuviografo daviklis – tai į dvi vienodas dalis padalintas ir ant specialios ašies įtaisytas ties viduriu besisupantis elektros impulsus generuojantis lovelis. Pagal lovelio supimosi intensyvumą nustatomas kritulių kiekis ir intensyvumas. Pastačius prietaisą reikia jį sureguliuoti taip, kad stovėtų tiesiai.

Prie pliuviografo prijungiamas lietaus duomenų kaupiklis HD 2013–D (2.5 pav.), kuris skirtas kritulių duomenų kaupimui bei išsaugojimui. Prietaisas yra naudojamas drauge su *DeltaLog6* programine įranga, kurią naudojant gali būti gaunami visi su prietaisu užfiksuoti parametrai.




**2.5 pav.** Pliuviografo duomenų kaupiklis (www.deltaohm.com)

Normaliomis sąlygomis duomenų kaupiklis rodo valandas ir minutes, kritulių kiekį nuo paskutinio nunulinimo ir oro temperatūrą. Naudojant kaupiklio magnetą galima atlikti tokius veiksmus: parodyti visą kritulių kiekį nuo paskutinio nunulinimo ar baterijos pakeitimo; keisti laiką ir datą; nunulinti lietaus kiekį.

Prijungus duomenų kaupiklį prie kompiuterio bei naudojant programinę įrangą duomenys perkeliami į kompiuterį. Tuomet duomenis galima eksportuoti „XML“ formatu (Delta OHM).

Zujūnų gyvenvietės nuotekų siurblinė yra pačiame nuotakyno viduryje, be to, ji yra su antžemine dalimi, todėl tyrimo metu pliuviografas „Delta OHM“ buvo statomas ant siurblinės stogo (2.6 pav.).



**2.6 pav.** Zujūnų nuotekų siurblinė su sumontuotu pliuviografu (autoriaus nuotrauka 2015)

Pirmieji debito matavimai buvo atliekami Zujūnų siurblinėje. Esant debito svyravimams siurblinėje lietaus metu ar po jo sekantys matavimai atliekami kiekvienoje iš trijų nuotekų tinklų surinkimo zonų. Nuotekų debito matavimai atliekami šulinyje, kuriame suteka visų trijų nuotekų tinklų zonų nuotekos. Šis šulinys yra prie pat siurblinės.

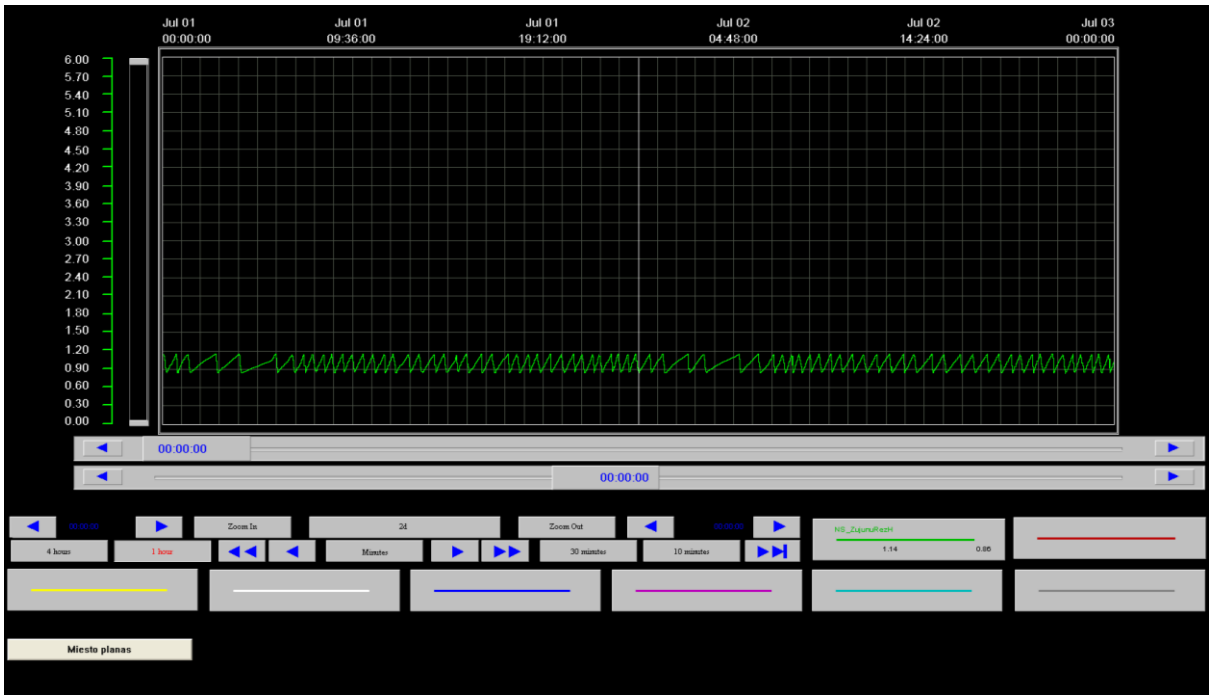
Buvo stengtasi tyrimą atlikti vasaros laikotarpiu, nes Lietuvoje daugiausiai kritulių iškrentą vasarą, t. y. iki 50 % metinio kritulių kiekio (Lietuvos klimatas). Beveik visi matavimai buvo atlikti vasaros metu, tai yra nuo 2015 m. liepos 1 d. iki 2015 m. rugsėjo 8 d.

# 3. TYRIMO REZULTATAI IR ANALIZĖ

## *3.1. Pašalinio vandens tyrimų rezultatai ir analizė*

Pirmieji nuotekų debitų matavimai buvo atliekami 2015 m. liepos 1–21 dienomis Zujūnų gyvenvietės buitinių nuotekų siurblinėje. Išsikelti tikslai – sulyginti mobilios „Nivus“ įrangos ir apskaičiuotus nuotekų debitus, sužinoti baterijos realų eksploatavimo laiką bei įsitikinti, ar išvis vyksta debito svyravimai liūčių metu ar po jų. Lygiagrečiai nuotekų debito matavimams buvo atliekami matavimai ir pliuviografu.

Zujūnų gyvenvietės nuotekų debitų apskaičiavimui buvo pasinaudota UAB „Vilniaus vandenys“ Nuotekų stočių skyriaus siurblinių duomenų surinkimo, stebėjimo, kontrolės ir valdymo programine sistema (SCADA), kurioje matomi siurblinių darbo grafikai esamu metu ir jų istorija. Iš grafikų galima spręsti apie siurblinės darbą, stebėti lygį rezervuare, matyti siurblių įsijungimo ir išsijungimo reikšmes pagal nuotekų lygį ir kt. Zujūnų gyvenvietės 2015 m. liepos 1 ir 2 dienų siurblinės darbo grafikas kaip pavyzdys pateikiamas 3.1 pav.




**3.1 pav.** Liepos 1 ir 2 dienų Zujūnų nuotekų siurblinės darbo grafikas

Iš grafiko matyti, kiek kartų ir kaip dažnai siurbliai įsijungia per parą – tai priklauso nuo gyventojų vandens suvartojimo (nakties metu siurbliai dirba kur kas rečiau). Taip pat matyti, kad siurbliai įsijungia, esant 1,15 m nuotekų lygio reikšmei, o išsijungia, esant 0,835 m nuotekų lygio reikšmei.

Turint hidrostatinio nuotekų lygio daviklio rodmenis (t. y. siurblio įsijungimo ir išsijungimo lygius) ir siurblinės paviršiaus plotą (siurblinė yra 3 m skersmens), galima apskaičiuoti nuotekų debitą siurblinėje per tam tikrą laikotarpį. Nuotekų debitas, susidaręs siurblinėje per parą, apskaičiuotas pagal 1 formulę:

$$Q = \sum_{n-1}^{n} (H_n - H_{n-1}) \cdot A,\ m^3/d \qquad (2)$$

čia: $H$ – suminis atpumpuotų nuotekų lygis per parą;

A – siurblinės paviršiaus plotas.

Zujūnų gyvenvietės paros nuotekų debitų skaičiavimas ir jų rezultatai pateikiami 3.1 lentelėje.

**3.1 lentelė.** Zujūnų gyvenvietės apskaičiuoti paros nuotekų debitai

| Data | Apskaičiuotas debitas, $m^3/d$ | Atpumpavimo ciklai, vnt | Per ciklą atpumpuojamas nuotekų kiekis, $m^3$ | Per ciklą atpumpuojamas nuotekų lygis, m | Siurblinės paviršiaus plotas, $m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2015.07.01 | 89,48 | 38,9 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.02 | 86,49 | 37,6 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.03 | 87,18 | 37,9 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.04 | 89,48 | 38,9 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.05 | 84,65 | 36,8 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.06 | 99,60 | 43,3 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.07 | 86,95 | 37,8 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.08 | 95,00 | 41,3 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.09 | 95,46 | 41,5 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.10 | 88,10 | 38,3 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.11 | 105,35 | 45,8 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.12 | 100,29 | 43,6 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.13 | 101,21 | 44,0 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.14 | 98,68 | 42,9 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.15 | 94,31 | 41,0 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.16 | 90,40 | 39,3 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.17 | 87,87 | 38,2 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.18 | 89,94 | 39,1 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.19 | 103,05 | 44,8 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.20 | 98,22 | 42,7 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |
| 2015.07.21 | 87,41 | 38,0 | 2,3 | 0,315 | 7,3 |

Zujūnų gyvenvietės siurblinėje 2015 m. liepos 1–21 dienomis išmatuoti paros nuotekų debitai kartu su apskaičiuotais nuotekų debitais bei pliuviografu užfiksuoti kritulių kiekiai pateikiami 3.2 lentelėje.

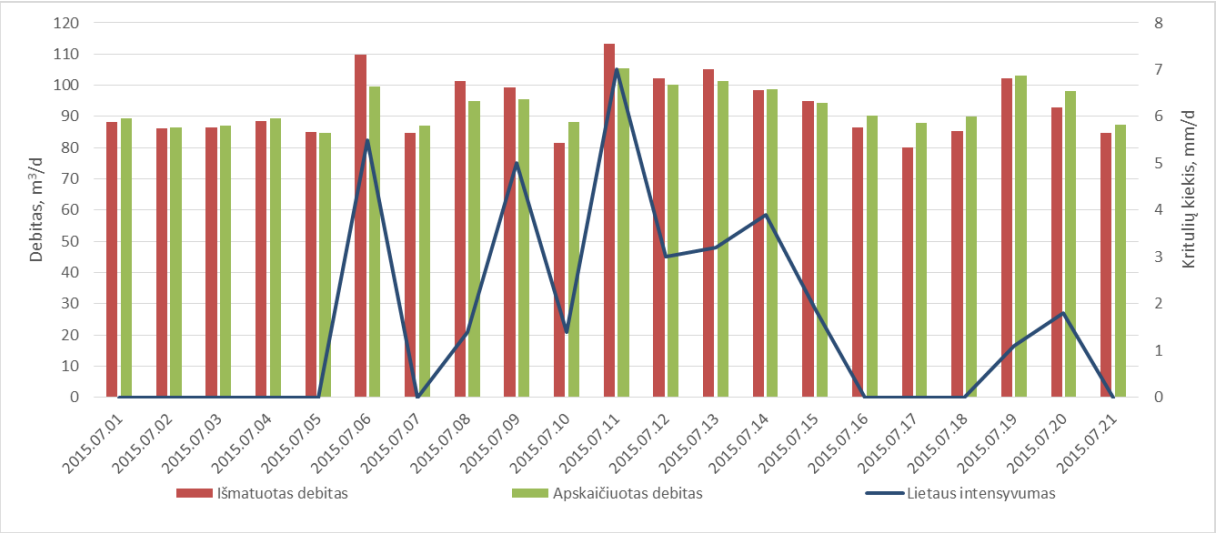
**3.2 lentelė.** Išmatuoti ir apskaičiuoti paros nuotekų kiekiai kartu su kritulių kiekiais

| Data | Išmatuotas debitas, $m^3/d$ | Apskaičiuotas debitas, $m^3/d$ | Kritulių kiekis, mm/d |
|---|---|---|---|
| 2015.07.01 | 88,10 | 89,48 | 0 |
| 2015.07.02 | 86,20 | 86,49 | 0 |
| 2015.07.03 | 86,50 | 87,18 | 0 |
| 2015.07.04 | 88,60 | 89,48 | 0 |
| 2015.07.05 | 84,90 | 84,65 | 0 |
| 2015.07.06 | 109,90 | 99,60 | 5,5 |
| 2015.07.07 | 84,60 | 86,95 | 0 |
| 2015.07.08 | 101,40 | 95,00 | 1,4 |
| 2015.07.09 | 99,20 | 95,46 | 5 |
| 2015.07.10 | 81,60 | 88,10 | 1,4 |
| 2015.07.11 | 113,30 | 105,35 | 7 |
| 2015.07.12 | 102,10 | 100,29 | 3 |
| 2015.07.13 | 105,20 | 101,21 | 3,2 |
| 2015.07.14 | 98,45 | 98,68 | 3,9 |
| 2015.07.15 | 94,80 | 94,31 | 1,9 |
| 2015.07.16 | 86,50 | 90,40 | 0 |
| 2015.07.17 | 80,00 | 87,87 | 0 |
| 2015.07.18 | 85,20 | 89,94 | 0 |
| 2015.07.19 | 102,10 | 103,05 | 1,1 |
| 2015.07.20 | 93,00 | 98,22 | 1,8 |
| 2015.07.21 | 84,60 | 87,41 | 0 |

Iš pirmųjų nuotekų debitų matavimų Zujūnų gyvenvietės nuotekų siurblinėje matyti, jog išmatuoti ir apskaičiuoti nuotekų debitai mažai skiriasi. Gautas abiejų variantų paros nuotekų debito skirtumas neviršija 10 %. O susumavus visas reikšmes abiem atvejams jų skirtumas mažesnis nei 1 %.

Pagal išmatuotus paros nuotekų debitus lietui nelyjant vidutiniškai susidaro 85,5 $m^3/d$ nuotekų, o iškritus maksimaliam lietaus kiekiui matavimų laikotarpiu (7 mm lietaus vandens per parą) 113,3 $m^3/d$ nuotekų. Tai sudaro 1,33 karto daugiau nuotekų nei įprastai, tačiau esant didesnio intensyvumo lietui šis skaičius gali kur kas labiau išaugti.

Matavimai Zujūnų gyvenvietės buitinių nuotekų siurblinėje buvo atliekami 21 parą, kadangi po tiek laiko išsikrovė duomenų skaičiuoklės „PCM 4“ akumuliatorius. Per šį laikotarpį 11 dienų lietus lijo, o 10 dienų lietus nebuvo užfiksuotas. Remiantis 3.2 lentelės duomenimis, pateikiama vizualiai, kaip svyruoja paros nuotekų debitai sausomis ir lietingomis dienomis (3.2 pav.).

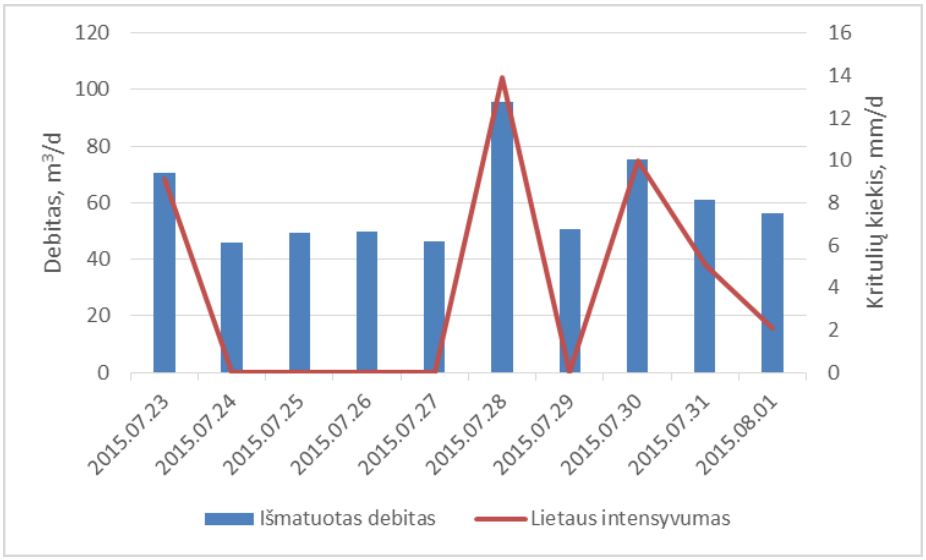



**3.2 pav.** Zujūnų gyvenvietės išmatuoti ir apskaičiuoti paros nuotekų kiekiai kartu su kritulių kiekiais

Iš grafiko matyti, jog lietaus vanduo turi įtakos tinklams bei siurblinės darbui. Lietaus vanduo apkrauna nuotekų tinklus, reikia perpumpuoti didesnius nuotekų kiekius. Lietui nelyjant siurbliai įsijungia vidutiniškai 38 kartus per parą, o iškritus maksimaliam lietaus kiekiui matavimų metu siurbliai įsijungė 46 kartus per parą, kai suminis paros lietaus vandens lygis buvo 7 mm. Todėl didėja elektros energijos sąnaudos, greičiau dėvisi siurbliai ir kita mechaninė įranga.

Esant nuotekų debito svyravimams siurblinėje dėl lietaus sekantys matavimai buvo atliekami kiekvienoje iš trijų nuotekų tinklų surinkimo zonų. Tam, kad būtų išsiaiškinta ar visose nuotekų tinklų zonose pasireiškia lietaus vandens įtaka ir ar ji yra tiesioginė ar netiesioginė. Visų trijų nuotekų tinklų zonų analizei buvo pasirinktas 10 parų matavimo laikotarpis.

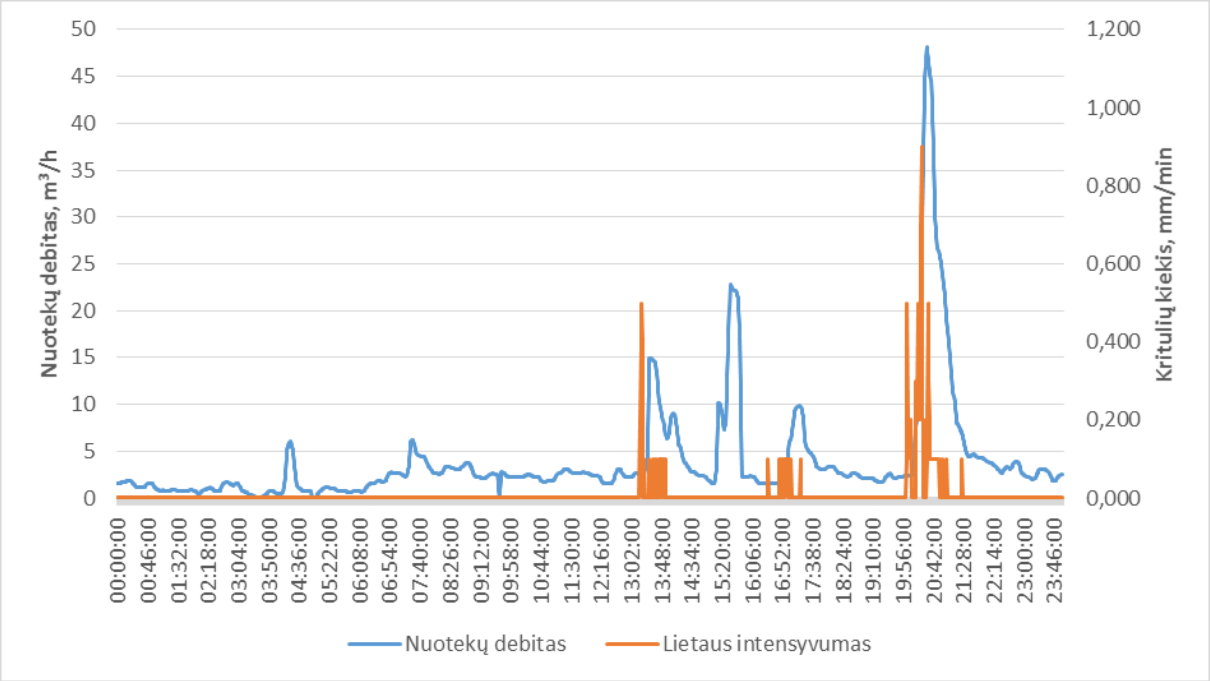
Nuo 2015 m. liepos 23 d. iki rugpjūčio 1 d. imtinai matavimai buvo atliekami 1-oje nuotekų tinklų surinkimo zonoje. Matavimų rezultatai pateikiami 3.3 paveiksle.




**3.3 pav.** 1-osios nuotekų tinklų zonos paros nuotekų ir kritulių kiekiai

Per šį laikotarpį lietus lijo 5 dienas. Iš grafiko matyti, jog lietaus vanduo turi įtakos tinklams ir siurblinės darbui, kadangi lyjant lietui paros nuotekų debitai išauga. Lietui nelyjant vidutiniškai susidaro 48,2 $m^3$/d nuotekų, o iškritus maksimaliam lietaus kiekiui (13,9 mm lietaus vandens per parą) 95,7 $m^3$/d nuotekų. Taigi susidaro beveik du kartus daugiau nuotekų t. y. 1,99 karto daugiau. Galima teigti, jog šis skaičius tiesiogiai proporcingas kritulių kiekiui.

Siekiant geriau išnagrinėti lietaus įtaką nuotekų tinklui nagrinėjamos dvi dienos: liepos 28-oji (antradienis), kai iškrito gausiausias lietaus vandens kiekis per tiriamąjį laikotarpį ir liepos 29-oji (trečiadienis) – pirmoji sausa diena po lietaus. Liepos 28 dienos nuotekų debito kitimas pateikiamas 3.4 paveiksle.

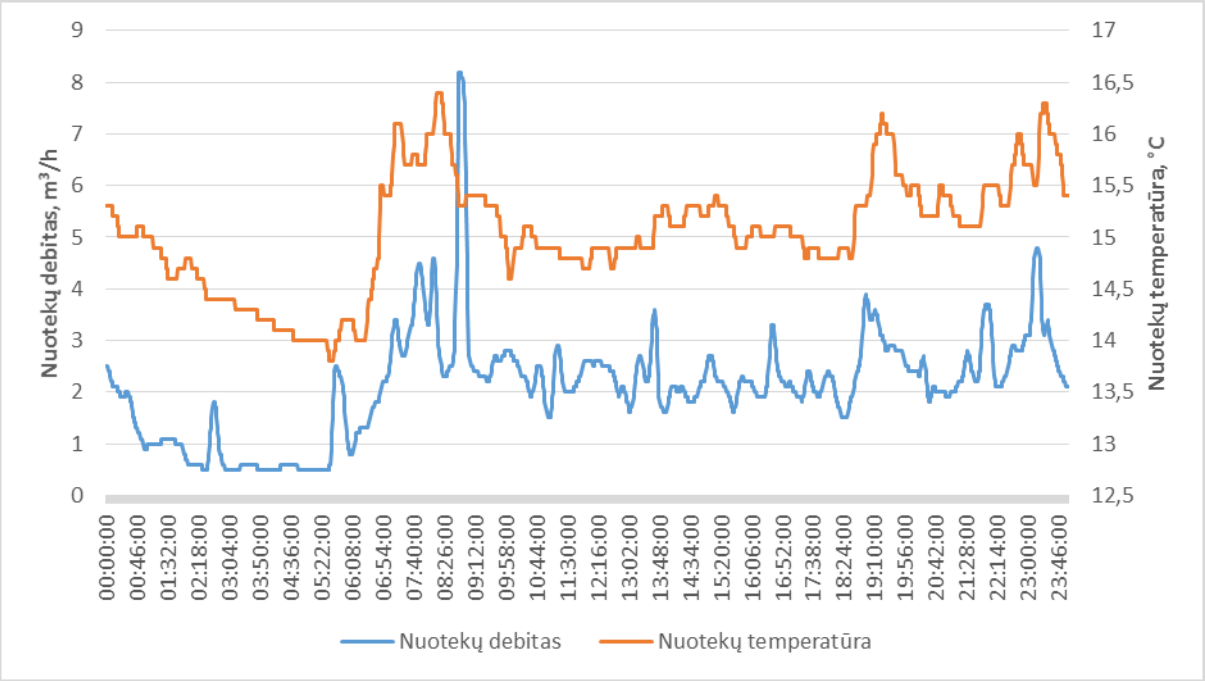



**3.4 pav.** Liepos 28 dienos nuotekų debito kitimas

Iš nuotekų debito grafiko matyti, jog nelyjant debitas yra gana pastovus ir priklauso nuo gyventojų vandens poreikio. Lyjant lietui debitas staigiai išauga, o jam pasibaigus sumažėja iki įprastinio kiekio sausuoju laikotarpiu. Galima teigti, jog Zujūnų 1-oje nuotekų tinklų zonoje lietaus įtaka nuotekų tinklams ir siurblinei yra tiesioginė.

Grafike taip pat pastebimas ir nuotekų debito padidėjimas lietui nelyjant, 15:35 jis išauga iki 22,5 $m^3$/h. Šis nuotekų debito padidėjimas yra formaliai sunkiai paaiškinamas, kadangi debito padidėjimas įvyksta darbo valandomis, todėl vargu ar būtų galima teigti, kad jis išauga dėl gyventojų vandens poreikio. Tikriausiai tai taip pat nuotekų debito padidėjimas dėl lietaus, kuris pasireiškė ne visoje teritorijoje, todėl šio lietaus pliuviografas neužfiksavo ar galbūt dėl kitų priežasčių.

Paprastai tinkluose, kuriuose vyksta infiltracija, po lietaus dieną ar net kelias fiksuojami didesni nuotekų kiekiai nei įprasta. Liepos 29 dieną akivaizdžiai didesnis nuotekų paros kiekis nei įprasta nepastebėtas, tačiau pastebimas staigus nuotekų debito padidėjimas (3.5 pav.).

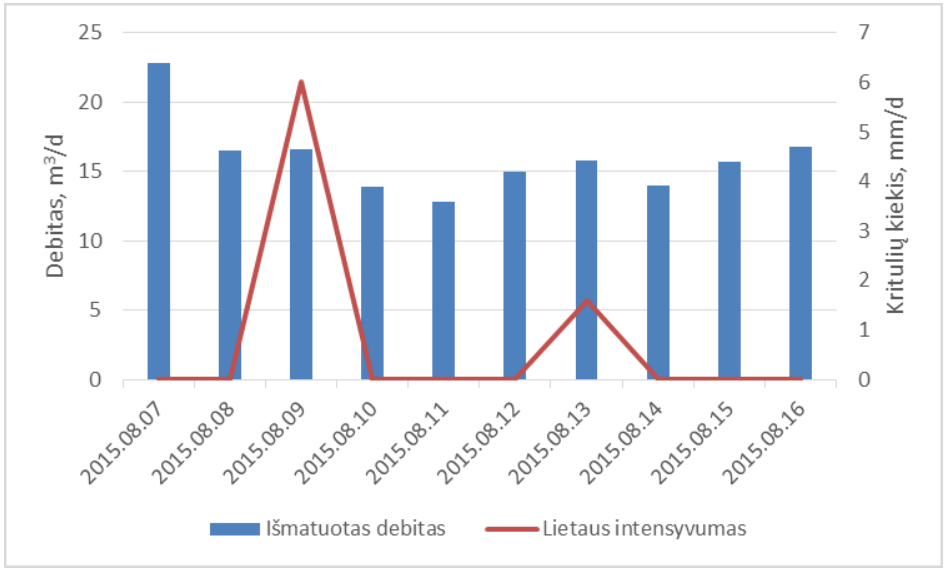



**3.5 pav.** Liepos 29 dienos nuotekų debito kitimas

Maksimalus buitinių nuotekų debitas užfiksuotas 08:50 ir jis siekė 8,2 $m^3/h$. Šis nuotekų debito padidėjimas įvyksta jau po rytinio vandens sunaudojimo piko prieš darbo laiko pradžią, todėl vargu ar būtų galima teigti, kad jis išauga dėl gyventojų vandens sunaudojimo. Be to, esant didesniam vandens sunaudojimui matyti, jog nuotekų temperatūra išauga, o šiuo nuotekų debito padidėjimo atveju, atvirkščiai, nukrenta. Tokį buitinių nuotekų debito padidėjimą po lietingos dienos bei nuotekų temperatūros sumažėjimą būtų galima paaiškinti prielaida, kad dalis gyventojų neteisėtai išpumpavo drenažinį vandenį, kurio temperatūra, kaip žinoma, yra žemesnė nei buitinių nuotekų.

Iš grafiko taip pat galima spręsti ir apie infiltracijos buvimą Zujūnų 1-oje nuotekų tinklų zonoje, kadangi po lietingos liepos 28 dienos pastebimas buitinių nuotekų 0,5 $m^3/h$ tekėjimas net ir nakties laikotarpiu (tai yra debitas nepasiekia nulinės reikšmės). Tai yra akivaizdžiausias infiltracijos požymis.

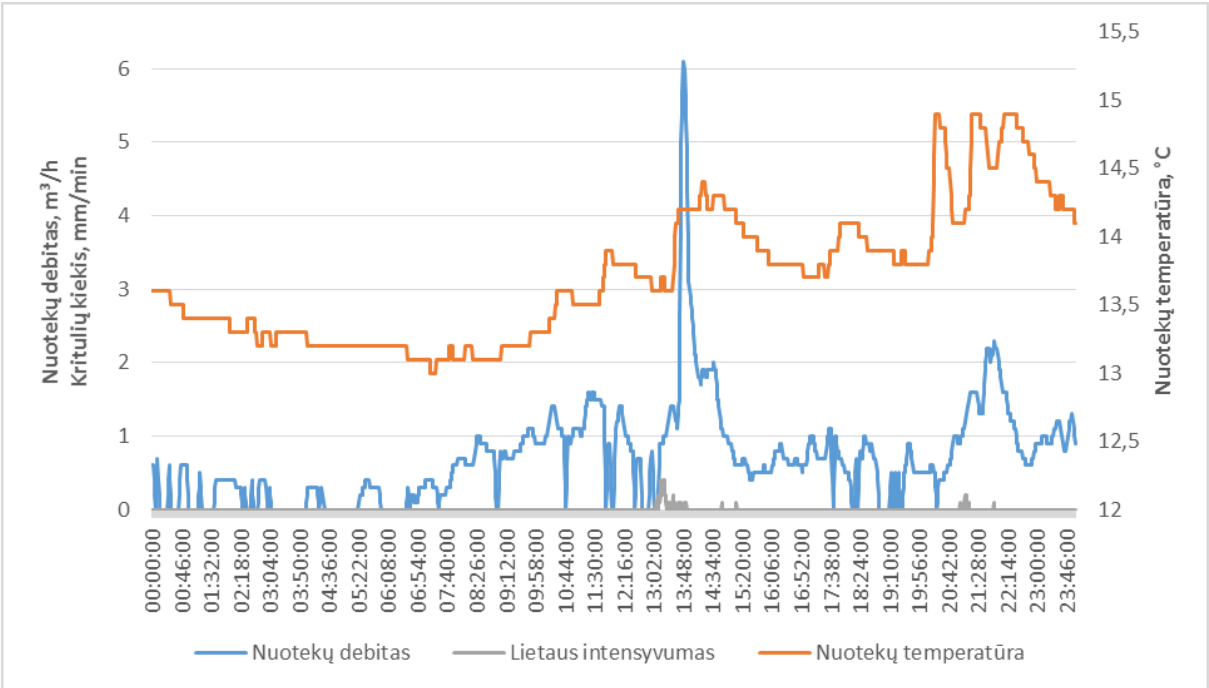
Nuo 2015 m. rugpjūčio 7 d. iki rugpjūčio 16 d. imtinai buitinių nuotekų debito matavimai buvo atliekami 2-oje Zujūnų gyvenvietės buitinių nuotekų tinklų zonoje. Rezultatai pateikiami 3.6 paveiksle.




**3.6 pav.** 2-osios nuotekų tinklų zonos paros nuotekų ir kritulių kiekiai

Per šį laikotarpį lietus lijo tik 2 dienas, o didžiausias kritulių kiekis užfiksuotas rugpjūčio 9 d. iškritus 6 mm lietaus vandens per parą. Buitinių nuotekų tinkluose vidutiniškai susidaro 16 $m^3$/d nuotekų. Iš grafiko matyti, jog lietaus vanduo didelės įtakos buitiniam nuotakynui neturi.

Siekiant geriau išnagrinėti lietaus įtaką buitinių nuotekų tinklui, nagrinėjama lietinga rugpjūčio 9 d. (sekamdienis). Rugpjūčio 9 dienos buitinių nuotekų debito kitimas pateikiamas 3.7 paveiksle.



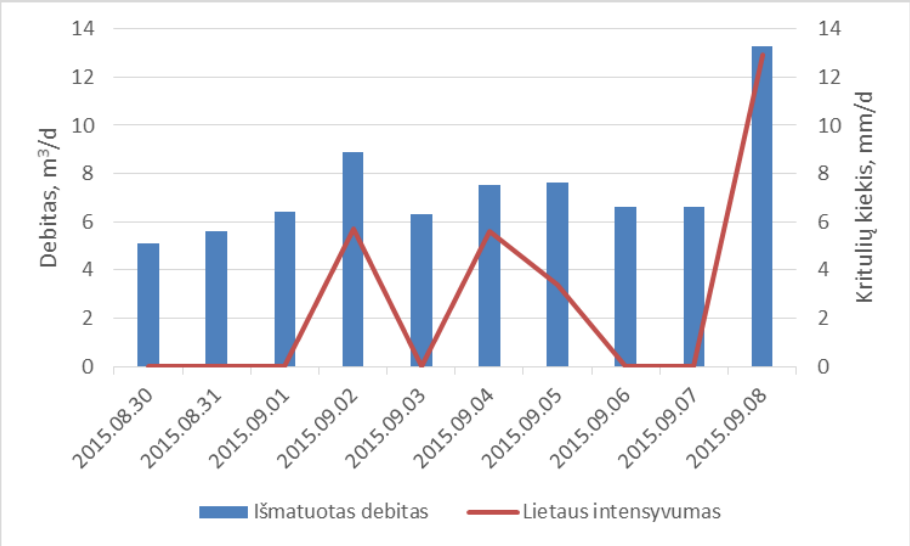

**3.7 pav.** Rugpjūčio 9 dienos nuotekų debito kitimas

Analizuojant šios paros nuotekų debito kitimo grafiką matyti, jog sekmadienio rytą nėra aiškaus rytinio vandens sunaudojimo piko. Rytinis vandens sunaudojimas yra gana tolygus skirtingomis valandomis, tai liudija gerai žinomą tiesą, kad savaitgalį žmonės miega ilgiau ir keliasi skirtingu laiku.

Iš grafiko taip pat matyti, jog krituliai turi įtakos buitiniam nuotakynui. Lyjant lietui nuotekų debitas staigiai išauga, o jam pasibaigus sumažėja iki įprastinio, tačiau tai nėra didelis lietaus vandens kiekis ir bendrame paros nuotekų kiekyje nėra akivaizdžiai pastebimas. Bet esant didesnio intensyvumo lietui bendras paros nuotekų kiekis gali padidėti ir tapti pastebimesnis. Taigi galima teigti, jog ir Zujūnų 2-oje buitinių nuotekų tinklų zonoje lietaus įtaka tinklams yra tiesioginė.

Nelietingų dienų po lietingų ar kitų nelietingų dienų nuotekų debito kitimo grafikai dėl infiltracijos nepateikiami, kadangi nebuvo pastebėta nuolatinio buitinių nuotekų tekėjimo visos paros laikotarpiu, taip pat nuotekų debito padidėjimų ar kitų infiltracijos buvimo požymių. Taigi galima teigti, jog Zujūnų 2-oje buitinių nuotekų tinklų surinkimo zonoje infiltracija nevyksta esant 6 mm suminiam paros kritulių kiekiui. Tačiau ji galėtų pasireikšti esant didesniam lietaus intensyvumui.

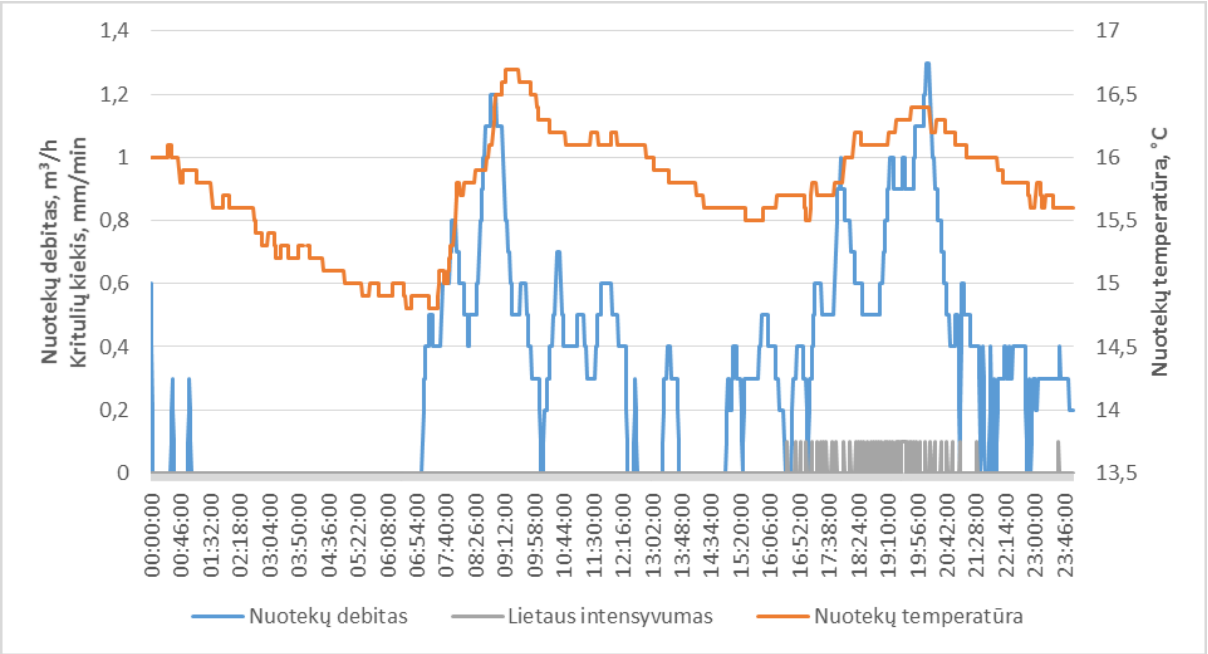
Nuo 2015 m. rugpjūčio 30 d. iki rugsėjo 8 d. imtinai debito matavimai buvo atliekami 3-oje buitinių nuotekų tinklų surinkimo zonoje. Matavimų rezultatai pateikiami 3.8 paveiksle.




**3.8 pav.** 3-osios nuotekų tinklų zonos paros nuotekų ir kritulių kiekiai

Per šį laikotarpį lietus lijo 4 dienas. Iš grafiko matyti, jog krituliai turi įtakos tinklams ir siurblinės darbui, kadangi lyjant lietui paros nuotekų debitai išauga. Lietui nelyjant vidutiniškai susidaro 6,1 $m^3$/d nuotekų, o iškritus maksimaliam lietaus kiekiui (12,9 mm kritulių per parą) 13,3 $m^3$/d nuotekų. Taigi susidaro daugiau nei du kartus nuotekų t. y. 2,2 karto daugiau. Galima teigti, jog šis skaičius tiesiogiai proporcingas iškritusių kritulių kiekiui.

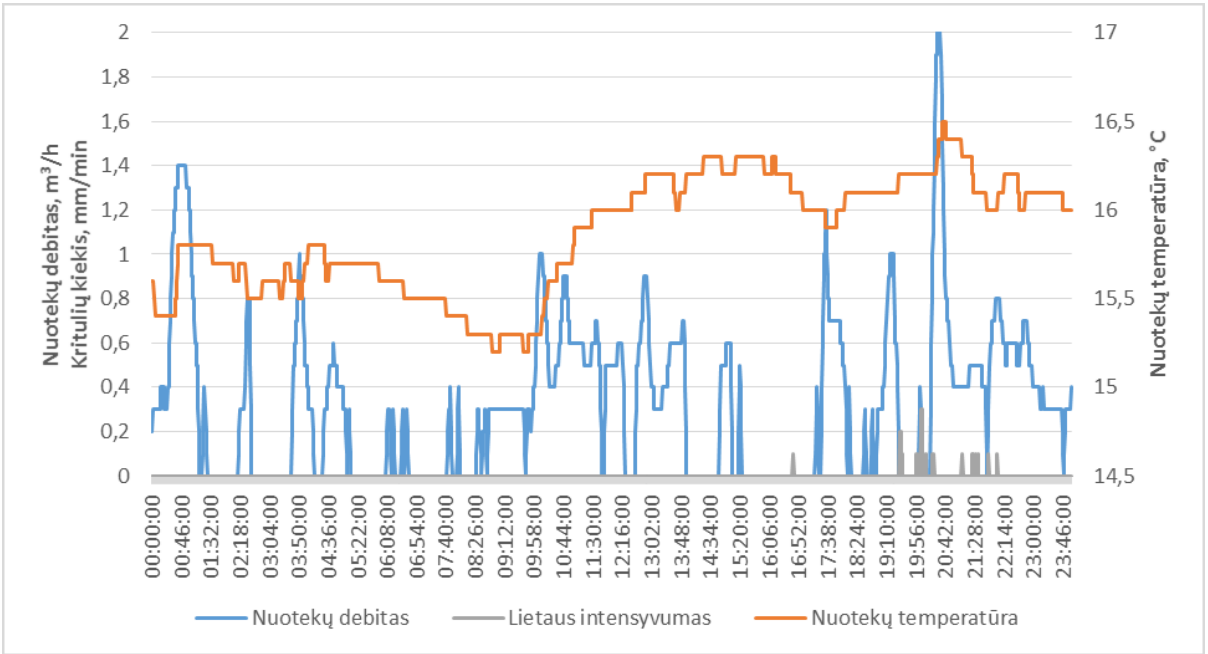
Siekiant geriau išnagrinėti lietaus įtaką buitiniam nuotakynui nagrinėjamos lietingos rugsėjo 4 ir 5 dienos. Rugsėjo 4 d. (penktadienį) lietus buvo fiksuojamas pagrinde 17:00-21:00 valandų laikotarpyje, o per visą dieną iškrito 5,6 mm kritulių (3.9 pav.).




**3.9 pav.** Rugsėjo 4 dienos nuotekų debito kitimas

Iš nuotekų debito grafiko matyti, jog nelyjant debitas priklauso nuo gyventojų vandens poreikio. Lyjant lietui debitas staigiai išauga, o jam pasibaigus staigiai sumažėja iki įprastinio kiekio sausuoju laikotarpiu. Tai tiesioginė lietaus įtaka.

Rugsėjo 5 dienos (šeštadienio) nuotekų debito kitimas pateikiamas 3.10 paveiksle.




**3.10 pav.** Rugsėjo 5 dienos nuotekų debito kitimas

Iš šeštadienio paros nuotekų debito kitimo grafiko matyti, jog ryte nėra aiškaus rytinio vandens sunaudojimo piko. Rytinis vandens sunaudojimas yra gana tolygus skirtingomis valandomis, tai liudija, kad savaitgalį žmonės miega ilgiau ir keliasi skirtingu laiku.

Analizuojant toliau šios paros nuotekų debito kitimo grafiką yra pastebimi nakties debito padidėjimai. Teigti, kad jie įvyksta dėl rugsėjo 4 dienos lietaus sukeltos požeminio vandens infiltracijos į nuotakyną negalima, kadangi nuotekų tekėjimas nėra ištisinis, t. y. debitas nukrenta iki nulio. Be to tai nedidelis nuotekų kiekis, kuris galėjo susidaryti dėl gyventojų vandens poreikio.

Taip pat matyti, jog  Zujūnų 3-oje nuotekų tinklų zonoje lietus daro tiesioginę įtaką. Lyjant lietui nuotekų debitas staigiai išauga, o jam pasibaigus iškart sumažėja iki įprastinio.

Nelietingų dienų po lietingų ar kitų nelietingų dienų buitinių nuotekų debito grafikai dėl infiltracijos nepateikiami, nes nebuvo pastebėta infiltracijos buvimo požymių.

Taigi lietaus vanduo Zujūnuose turi ir tiesioginę ir netiesioginę įtaką nuotekų tinklams. Tiesioginė įtaka nuotekų debitui yra didesnė problema, kadangi ji pasireiškia vos tik prasidėjus lietui, o netiesioginės įtakos atžvilgiu įtakos nuotekų debitui gali ir nebūti priklausomai nuo lietaus intensyvumo ir esamo požeminio vandens lygio.

### *3.2. Metinio pašalinio vandens kiekio įvertinimas*

Metinis pašalinio vandens kiekio nustatymas atliekamas įvertinus tiesiogiai ir netiesiogiai į buitinių nuotekų tinklus patenkančio pašalinio vandens kiekius dėl lietaus įtakos. Tiesiogiai pašalinis vanduo į buitinių nuotekų tinklus patenka per šulinių dangčius ar dėl paviršinių nuotekų nelegalių pajungimų, o netiesiogiai – dėl požeminio vandens patekimo esant vamzdžių blogoms sandūroms ar lūžiams.

Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos tinklalapyje pateikta, jog 2015 m. metinis kritulių kiekis Vilniuje buvo 700 mm (Krituliai). O Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos išleistame leidinyje „Klimato kaitos prognozės Vilniaus miestui XXI a.“ teigiama, kad lietingų dienų skaičius Vilniuje yra apie 127 dienas (Klimato kaitos prognozės). Turint šiuos duomenis galima apskaičiuoti vidutinį paros kritulių kiekį Vilniuje (metinį kritulių kiekį dalijant iš lietingų dienų skaičiaus):

$$Vidutinis\ paros\ kritulių\ kiekis = \frac{700}{127} = 5{,}5\ mm/d$$

Pagal 3.2 lentelės išmatuotus paros nuotekų debitus iškritus 5,5 mm kritulių per dieną Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne susidaro 109,9 $m^3$/d nuotekų, o lietui nelijant – vidutiniškai susidaro 85,5 $m^3$/d nuotekų.

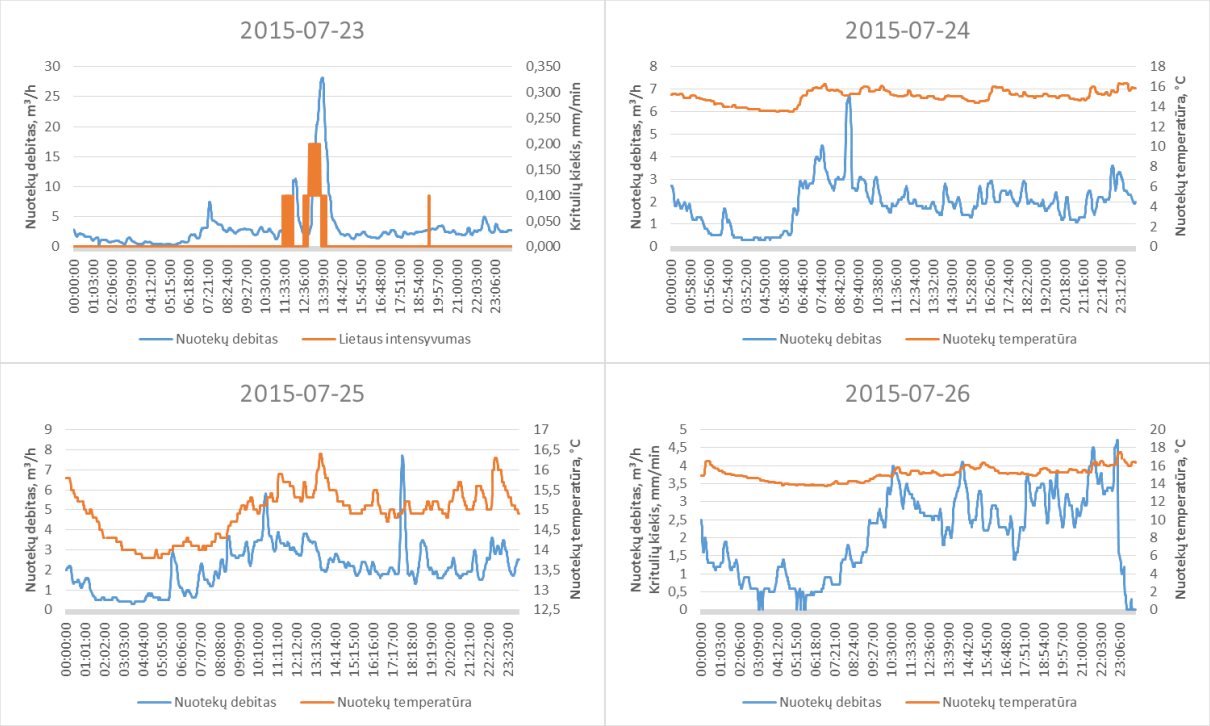
Turint visus šiuos duomenis galima apskaičiuoti bendrą metinį nuotekų kiekį susidarantį Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne:

$$Bendras\ metinis\ nuotekų\ kiekis = 127 \times 109{,}9 + (365 - 127) \times 85{,}5 = 34360{,}3\ m^3$$

Tada metinis lietaus vandens kiekis susidarantis Zujūnų gyvenvietės buitiniuose nuotekų tinkluose yra:

$$Metinis\ lietaus\ vandens\ kiekis = 127 \times (109{,}9 - 85{,}5) = 3098{,}8\ m^3$$

Metinis infiltracinis vandens kiekis apskaičiuojamas atsižvelgiant į tai kuriose Zujūnų nuotekų tinklų zonose vyko infiltracija ir kiek laiko ji vyko po lietaus. Infiltracija buvo aptikta 1-oje Zujūnų nuotekų tinklų zonoje, todėl pagal 3.3 pav. infiltracijos trukmė nustatoma pagal lietingos liepos 23 ir einančių po jos nelietingų dienų nuotekų debito kitimą (3.11 pav.).




**3.11 pav.** Lietingos liepos 23 ir sekančių nelietingų dienų nuotekų debito kitimas

Iš 3.11 paveikslo matyti, jog po lietingos liepos 23 dienos nuotekų debitas sekančiomis paromis net ir nakties valandomis nenukrenta iki nulio. Tai įvyksta tik trečią sausą dieną po lietingos dienos. Nuotekų debitas tomis dienomis žemesnės nei 0,5 $m^3/h$ reikšmės nepasiekia, todėl priimama kad infiltracija vyksta dvi dienas po lietaus, o šis minimalus debitas yra infiltacinio vandens skverbimosi debitas.

Žinant, kad lietingų dienų yra 127, o infiltracija vyksta 2 dienas po lietaus 0,5 $m^3/h$ debitu, apskaičiuojamas metinis infiltracinio vandens kiekis Zujūnų gyvenvietės buitinių nuotekų tinkluose:

$$Metinis\ infiltracinio\ vandens\ kiekis = 0{,}5 \times 24 \times (2 \times 127) = 3048\ m^3$$

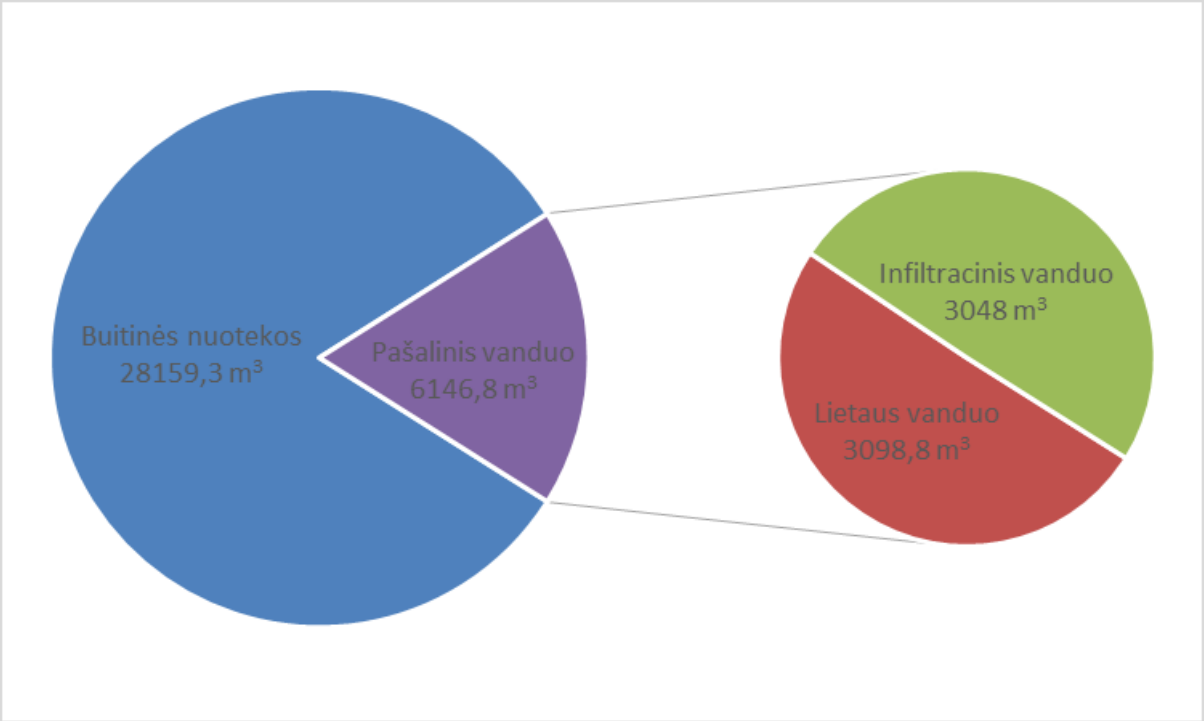
Tada bendras pašalinio vandens kiekis yra gaunamas sudėjus metinius infiltracinio ir lietaus vandens kiekius:

$$Metinis\ pašalinio\ vandens\ kiekis = 3048 + 3098{,}8 = 6146{,}8\ m^3$$

Turint bendrą metinį nuotekų kiekį susidarantį tinkluose ir metinį pašalinio vandens kiekį galima apskaičiuoti metinį buitinių nuotekų kiekį:

$$Metinis\ buitinių\ nuotekų\ kiekis = 34360{,}3 - 6146{,}8 = 28159{,}5\ m^3$$

Taigi 3.12 paveiksle vizualiai pateikiama kokią dalį Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne sudaro pašalinis vanduo ir kaip jis pasiskirsto.




**3.12 pav.** Metinis pašalinio vandens kiekis Zujūnų buitiniame nuotakyne

Metinis pašalinio vandens kiekis Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne sudaro 18 % nuo viso susidarančio kiekio. Pašalinis vanduo pasiskirsto į infiltracinį vandenį ir į lietaus vandenį, kur infiltracinis vanduo sudaro 49,6 %, o lietaus vanduo – 50,4 % viso pašalinio vandens kiekio.

### *3.3. Nelaidžių dangų plotų nuo kurių lietaus vanduo patenka į nuotakyną skaičiavimai*

Kadangi buitinių nuotekų kiekio padidėjimas sutampa su lietumi daroma prielaida, kad lietaus vanduo į buitinį nuotakyną patenka nuo pastatų stogų ar kitų nelaidžių paviršių, nes didžioji dalis nuotakyno šulinių yra ne važiuojamoje dalyje, o pievoje (3.13 pav.). Todėl lietaus vandens patekimas per šulinių dangčius yra mažai tikėtinas.



**3.13 pav.** Buitinio nuotakyno šuliniai žalioje zonoje (autoriaus nuotrauka 2016)

Zujūnų 1-oje ir 3-oje nuotekų tinklų zonose matomas akivaizdus paros nuotekų debito padidėjimas lietingomis dienomis. Turint paros lietaus vandens lygį ir padidėjusių nuotekų kiekį dėl lietaus galima apskaičiuoti nuo kokio paviršiaus ploto atiteka lietaus vanduo pagal 2 formulę:

$$F = \frac{Q}{10 \cdot H \cdot C},\ m^2 \qquad (3)$$

čia: Q – lietaus vandens kiekis tinkluose per parą;

H – lietaus vandens lygis per parą;

C – paviršinio nuotėkio koef. (pastatų stogams 0,75-0,95) (STR 2.07.01:2003).

Atlikus skaičiavimus gauta, jog Zujūnų 1-oje nuotekų tinklų zonoje lietaus vanduo atiteka nuo 3597 $m^2$ ploto, o Zujūnų 3-oje nuotekų tinklų zonoje lietaus vanduo atiteka nuo 744 $m^2$ ploto. Susumavus abiejų zonų apskaičiuotus plotus gauta kad nelaidžių paviršių plotas nuo kurio lietaus nuotekos patenka į buitinį nuotakyną yra 4341 $m^2$ (0,43 ha). Neatmestina galimybė, jog lietaus vandens pasijungimų į buitinį nuotakyną galėtų būti ir 2-oje Zujūnų nuotekų tinklų zonoje. UAB „Vilniaus vandenys“ duomenimis Zujūnų gyvenvietėje nei vienas namo savininkas nėra suderinęs lietaus vandens pasijungimo į buitinį nuotakyną.

### *3.4. Dūmų testo rezultatai*

Nelaidžių dangų plotų nuo kurių lietaus vanduo patenka į nuotakyną skaičiavimų patikrinimui 2016 m. gegužės 6 d. Zujūnų gyvenvietėje buvo atliktas dūmų testas (angl. smoke test). Šiam tikslui atlikti buvo pasinaudota UAB „Vilniaus vandenys“ Nuotekų tinklų skyriaus dūmus generuojančiu įrenginiu „Superior Signal“.

Šio įrenginio keturtaktis variklis suka ventiliatorių, o išmetimo dujų šiluminė energija padeda išgarinti specialų skystį ir taip gaunami dūmai. Dūmai ventiliatoriumi pučiami į nuotekų tinklus ir juose minimaliu spaudimu sklaidosi pro šulinių liukus, lietaus nuotekų groteles, namų lietvamzdžius ar kitas angas. Taigi dūmus generuojantis įrenginys padeda greitai ir lengvai susiorientuoti, kas yra prijungta prie tikrinamų nuotekų tinklų, kurie po žeme gali būti labai painiai išsidėstę. Šie dūmai nėra pavojingi žmonių sveikatai, neturi jokio nemalonaus ar intensyvaus kvapo.

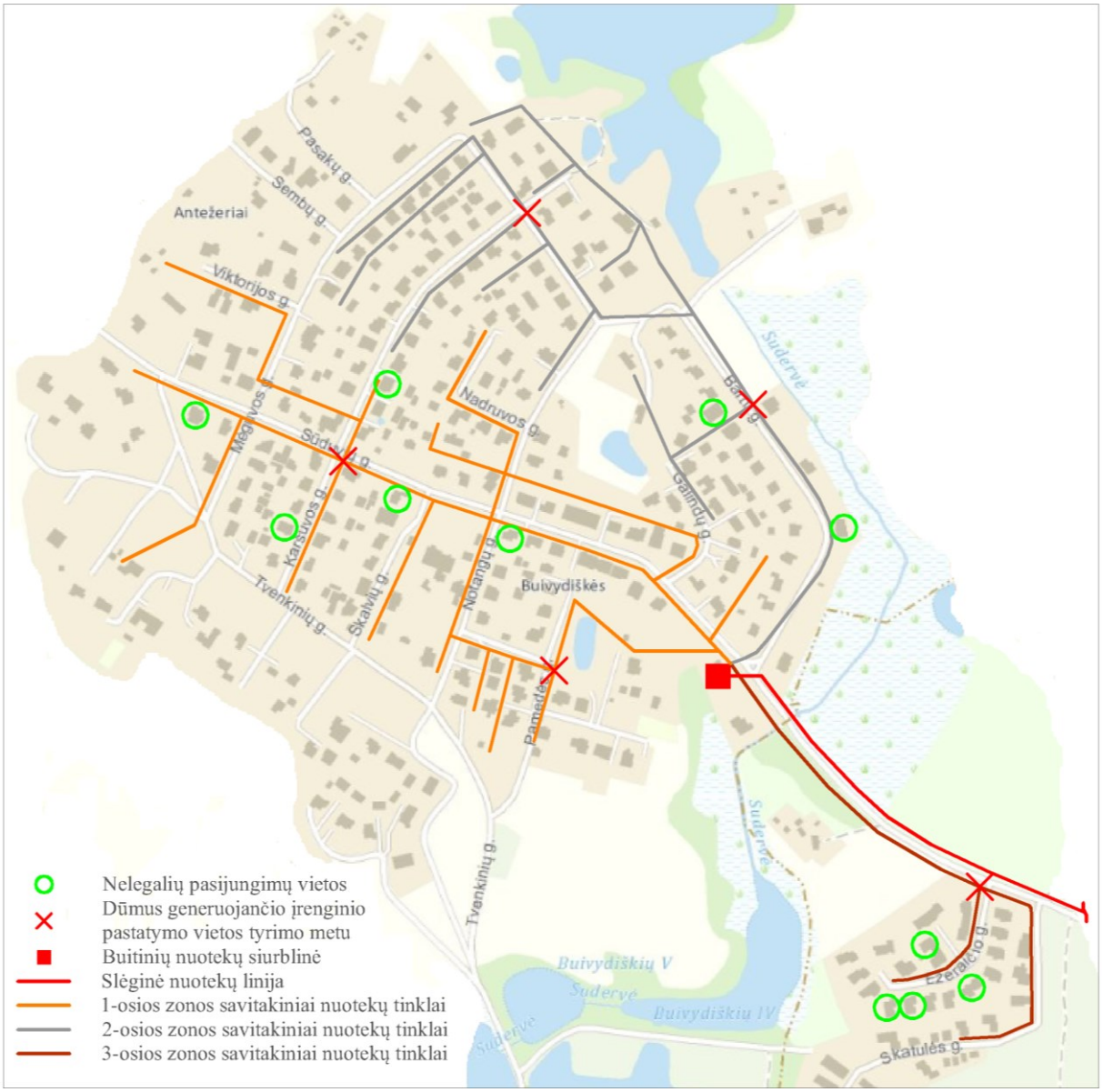
Zujūnų gyvenvietės nuotekų tinklų tikrinimo metu įrenginys buvo statomas ant šulinio (3.14 pav.), užvedamas variklis ir palaukiama apie 5 min., kol įkais skysčio garinimo elementas. Tada prijungiama talpa su specialiu skysčiu, kuris yra dozuojamas. Šis skystis, patekęs ant vidaus degimo duslintuvo, šiuo atveju garinimo elemento, yra išgarinamas ir ventiliatoriumi pučiamas į nuotekų tinklų tikrinamas atkarpas (LVTA leidinys „Vandentvarka“ Nr. 44).



**3.14 pav.** Zujūnų gyvenvietės nuotakyne dūmui testui naudojamas įrenginys (autoriaus nuotrauka 2016)

Šis dūmus generuojantis įrenginys yra universalus, nes gali būti naudojamas esant įvairiems nuotekų vamzdynų diametrams. Tikrinant vienbučių namų gyvenvietę Zujūnuose, dūmus generuojantis įrenginys buvo statomas kiekvienos nuotekų tinklų zonos viduryje ir

(arba) nuotakyno tinklų didesnių išsišakojimų vietose (3.15 pav.). 3.15 paveiksle pateikiama ne tik dūmus generuojančio įrenginio pastatymo vietos, bet rasti nelegalūs pasijungimai. Kadangi UAB „Vilniaus vandenys“ duomenimis Zujūnų gyvenvietėje nei vienas namo savininkas nėra suderinęs lietaus vandens pasijungimo į buitinį nuotakyną.




**3.15 pav.** Dūmus generuojančio įrenginio pastatymo vietos Zujūnų gyvenvietės nuotakyne ir nelegalūs lietaus nuotekų pasijungimai (www.geoportal.lt)

Zujūnų gyvenvietės buitinio nuotakyno 1-oje nuotekų tinklų zonoje buvo rasti 5 nelegalūs pasijungimai, 2-je zonoje – 2 pasijungimai, o 3-oje zonoje – 4 pasijungimai. Tiriamojoje teritorijoje nelaidžius paviršius sudaro: pastatų stogai, keliukai, trinkelėmis iškloti kiemai bei įvažiavimai į sklypus (3.16 pav).



**3.16 pav.** Nelegalių pasijungimų pavyzdžiai Zujūnų gyvenvietėje (autoriaus nuotraukos 2016)

Bendras surastų nelaidžių paviršių plotas tiriamojoje teritorijoje yra ~ 0,45 ha. Tai labai panaši reikšmė į 3.3 poskyriuje apskaičiuotąją reikšmę.

### *3.5. Ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai*

Šiame poskyriuje pateikiami du ekonominio ir finansinio skaičiavimo variantai. Pirmasis – kiek butų sutaupoma lėšų atjungus rastus paviršinių nuotekų nelegalius pasijungimus į Zujūnų gyvenvietės buitinį nuotakyną bei renovavus vietą ar vietas 1-oje Zujūnų nuotekų tinklų zonoje per kur vyksta pašalinio vandens infiltracija į buitinį nuotakyną. Šiam variantui pateikiami mokesčių už taršą skaičiavimai, elektros energijos sąnaudų nuotekų transportavimui ir valymui skaičiavimai bei nuotekų surinkime ir valyme einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudų skaičiavimai. Antrasis – kiek būtų gaunama pajamų apmokestinus paviršinių nuotekų kiekį nuo nelegaliai pajungtų nelaidžių paviršių plotų. Šiam variantui pateikiami mokesčių už nelegalius pasijungimus skaičiavimai.

#### *Mokesčių už taršą skaičiavimai*

Pagal 3.2 poskyrio skaičiavimus Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne surinktų nuotekų bendrame kiekyje pašalinis vanduo sudaro 18 % nuo viso surenkamo kiekio per metus. Tai yra papildomas kiekis (6146,8 $m^3$/d), kuris taip pat atiteka į nuotekų valyklą ir yra valomas kaip buitinės nuotekos. Išvalytos iki nustatytų reikalavimų nuotekos išleidžiamos į atvirus vandens telkinius.

Vadovaujantis Mokesčio už aplinkos teršimą įstatymu (1999) yra mokamas mokestis už išvalytas nuotekas, todėl atliekami skaičiavimai mokesčių už taršą pašaliniam vandeniui. Skaičiavimuose naudojami įkainiai už teršalus pagal 2016 m. mokesčio įstatymo redakciją t. y. biocheminis deguonies suvartojimas ($BDS_7$) – 256 Eur/t, bendras azotas ($N_b$) – 201 Eur/t, bendras fosforas ($P_b$) – 1007 Eur/t, suspenduotos medžiagos (SM) – 103 Eur/t.

UAB „Vilniaus vandenys“ duomenimis 2015 m. miesto nuotekų valykloje nuotekos išvalomos pagal $BDS_7$ iki 11 mg/l, pagal $N_b$ iki 13,6 mg/l, pagal $P_b$ iki 0,8 mg/l, pagal SM iki 25 mg/l.

Kiekvieną metų ketvirtį nustatomas indeksavimo koeficientas, pagal kurį perskaičiuojamas mokestis už taršą. Mokesčio už aplinkos teršimą iš stacionarių taršos šaltinių indeksavimo koeficientas – 1,213 (2015 m.) (Indeksavimo koeficientas 2015).

Turint visus šiuos duomenis apskaičiuojami mokesčiai už tarša pašaliniam vandeniui pagal skirtingus teršalus (3.3 lentelė).

**3.3 lentelė.** Mokesčių už taršą pagal skirtingus teršalus skaičiavimai

| Teršalai | Nuotekų valyklos išvalymo rodikliai, mg/l | Mokesčio už teršimą tarifai, Eur/t | Indeksavimo koeficientas | Pašalinio vandens kiekis, $m^3$/metus | Mokestis, Eur |
|---|---|---|---|---|---|
| $BDS_7$ | 11 | 256 | 1,213 | 6146,8 | 21,01 |
| $N_b$ | 13,6 | 201 | 1,213 | 6146,8 | 20,39 |
| $P_b$ | 0,8 | 1007 | 1,213 | 6146,8 | 6,01 |
| SM | 25 | 103 | 1,213 | 6146,8 | 19,21 |
| | | | | Iš viso: | 66,62 |

Atlikus skaičiavimus 3.3 lentelėje buvo įvertinta, jog Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne susidarantis pašalinis vanduo yra apmokestinamas už tarša ir tai sudaro 66,6 eurų per metus.

***Elektros energijos sąnaudos nuotekų transportavimui ir valymui***

Remiantis UAB „Vilniaus vandenys“ Metine veiklos analize (2014 m.) priimama, kad nuotekų transportavimui yra sunaudojama 0,205 kWh/$m^3$, o nuotekų valymui 0,213 kWh/$m^3$. Todėl turint metinį pašalinio vandens kiekį ir šiuos elektros energijos sunaudojimus galima lengvai paskaičiuoti elektros energijos sąnaudas pašalinio vandens transportavimui ir valymui per metus.

$$Elektros\ energijos\ sąnaudos\ transportavimui\ = 0{,}205 \times 6146{,}8 = 1260{,}1\ kWh/m$$

$$Elektros\ energijos\ sąnaudos\ valymui\ = 0{,}213 \times 6146{,}8 = 1309{,}3\ kWh/m$$

Turint metines elektros energijos sąnaudas pašalinio vandens transportavimui ir valymui apskaičiuojama kiek tai kainuoja. Priimama, kad vienos kilovatvalandės kaina yra paimta pagal standartinį vienos laiko juostos tarifo kainą, kuri yra 0,127 Eur/kWh (Tarifų planai ir kainos 2016).

$$Pašalinio\ vandens\ transportavimo\ kaina\ = 1260{,}1 \times 0{,}127 = 160\ Eur/metus$$

$$Pašalinio\ vandens\ valymo\ kaina\ = 1309{,}3 \times 0{,}127 = 166{,}3\ Eur/metus$$

Taigi bendra Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne susidarančio pašalinio vandens elektros energijos kaina transportavimui ir valymui yra 326,3 Eur/metus.

***Nuotekų surinkime ir valyme einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudos***

Remiantis Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos tinklalapyje pateikiamais vandens sektoriaus rodikliais (2014 m.) apskaičiuojamos nuotekų surinkime ir valyme einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudos. Kadangi UAB „Vilniaus vandenys“ priklauso 1 vandens tiekėjų kategorijai, todėl imami 1 kategorijos lyginamieji nuotekų tvarkymo veiklos rodikliai.

Nuotekų surinkimo veikloje patirtų einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudų dalis 1 kilometrui nuotekų tinklo su nuotekų pakėlimo siurbliais yra 70 Eur/metus (Lyginamieji rodikliai 2014). Tada nuotekų surinkimo veikloje patirtos einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudos pašaliniam vandeniui apskaičiuojamos:

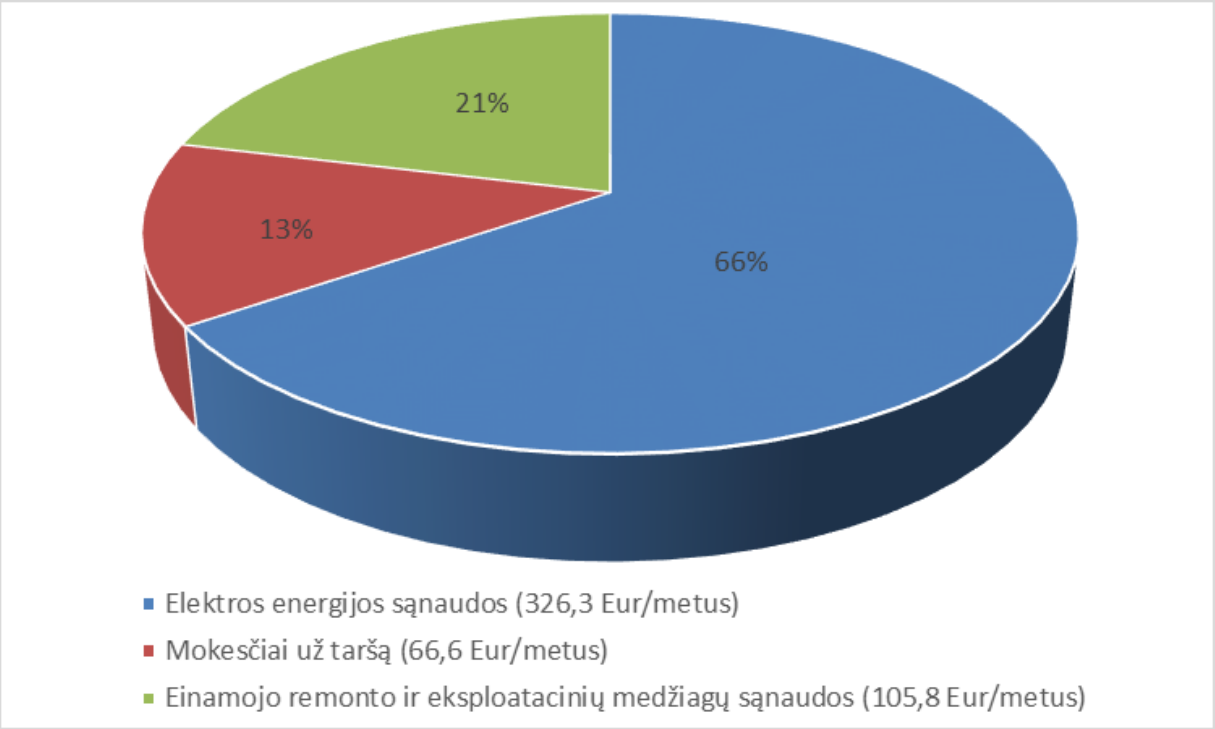
$$70 \times (7{,}2 + 0{,}97) \times 0{,}18 = 102{,}94\ Eur/metus$$

Nuotekų valymo veikloje patirtų einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudų dalis, tenkanti 1 nuotekų valymo veikloje naudojamai darbo mašinai yra 90 Eur/metus (Lyginamieji rodikliai 2014). UAB „Vilniaus vandenys“ duomenimis 2015 m. buvo išvalyta 36347095 $m^3$ nuotekų (iš jų pašalinis vanduo sudaro 6146,8 $m^3$, t. y. 0,02 %), o valymo veikloje naudojamos 159 darbo mašinos (siurbliai, orapūtės, centrifugos ir kt.). Tada nuotekų valymo veikloje patirtos einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudos apskaičiuojamos:

$$90 \times 159 \times 0{,}0002 = 2{,}9\ Eur/metus$$

Bendros nuotekų surinkime ir valyme einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudos yra 105,8 Eur/metus.

3.17 pav. pateikiamas bendras apskaičiuotų pašalinio vandens sąnaudų pasiskirstymas (t. y. mokesčių už taršą, elektros energijos sąnaudų nuotekų transportavimui ir valymui bei nuotekų surinkime ir valyme einamojo remonto ir eksploatacinių medžiagų sąnaudų pasiskirstymas).




**3.17 pav.** Pašalinio vandens sąnaudų pasiskirstymas

Taigi atjungus rastus paviršinių nuotekų nelegalius pasijungimus į Zujūnų gyvenvietės buitinį nuotakyną bei renovavus vietą ar vietas 1-oje Zujūnų nuotekų tinklų zonoje per kur vyksta pašalinio vandens infiltracija į nuotakyną būtų galima sutaupyti 500 Eur/metus.

***Mokesčių už nelegalius pasijungimus skaičiavimai***

Šiame skirsnyje apskaičiuojama kiek UAB „Vilniaus vandenys“ gautų papildomai pajamų apmokestinus lietaus nuotekų nelegalius pajungimus į Zujūnų gyvenvietės buitinį nuotakyną. Šios pajamos gaunamos nuo nelaidžių paviršių surenkamų paviršinių nuotekų kiekį padauginus iš 1 $m^3$ nuotekų tvarkymo kainos (UAB „Vilniaus vandenys“ duomenimis).

Remiantis 3.4 poskyriuje nustatytu nelegaliai pajungtų nelaidžių paviršių plotu ir 2 formule apskaičiuojama kiek paviršinių nuotekų patenka į buitinį nuotakyną:

$$Q = 10 \times F \times H \times C = 10 \times 0{,}45 \times 700 \times 0{,}95 = 2993 \ \ m^3$$

Gautas paviršinių nuotekų kiekis yra labai panašus į 3.2 poskyriuje įvertintą metinį lietaus vandens kiekį, tai liudija apie skaičiavimų teisingumą.

Remiantis UAB „Vilniaus vandenys“ 2015 m. paslaugų kainomis, priimama, kad nuotekų tvarkymo kaina yra 0,7 Eur/$m^3$ (Paslaugų kainos, 2015). Į šią kainą įeina nuotekų surinkimas ir valymas bei dumblo tvarkymas. Tada galimos gauti pajamos už nelegalius pasijungimus apskaičiuojamos:

$$2993 \times 0{,}7 = 2095\ Eur/metus$$

Taigi apmokestinus paviršinių nuotekų kiekius nuo nelaidžių paviršių į Zujūnų gyvenvietės buitinį nuotakyną būtų galima gauti 2095 eurus per metus papildomų pajamų.

# IŠVADOS

1. Metinis pašalinio vandens kiekis Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne yra 6147 $m^3$, o tai sudaro 18 % nuo viso surenkamo nuotekų kiekio. Nustatyta, kad pašalinis vanduo pasiskirsto į infiltracinį vandenį ir į lietaus vandenį, kur infiltracinis vanduo sudaro 49,6 %, o lietaus vanduo – 50,4 % pašalinio vandens kiekio.

2. Tyrimų metu lietaus sukelta gruntinio vandens infiltracija į buitinį nuotakyną buvo nustatyta Zujūnų 1-oje nuotekų tinklų zonoje. Infiltracijos buvimas liudija apie prastą keramikinių vamzdžių būklę, ko pasekoje gruntinis vanduo sunkiasi į buitinį nuotakyną.

3. Lietaus vanduo visose Zujūnų nuotekų tinklų zonose turi momentinę įtaką nuotekų debitui, kadangi nuotekų debito padidėjimas sutampa su lietumi. Didžiausias paros nuotekų debito padidėjimas tyrimo metu buvo užfiksuotas Zujūnų 3-oje nuotekų tinklų zonoje ir buvo 2,2 karto didesnis nei sausuoju laikotarpiu.

4. Atlikus dūmų testą Zujūnų gyvenvietės buitiniame nuotakyne buvo užfiksuota 11 atvejų kai lietaus nuotekos nuo stogų ir kitų nelaidžių paviršių patenka į buitinių nuotekų tinklus. Bendras surastų nelaidžių paviršių plotas tiriamojoje teritorijoje yra 0,45 ha.

5. Atjungus rastus paviršinių nuotekų nelegalius pasijungimus į Zujūnų gyvenvietės buitinį nuotakyną bei renovavus vietą ar vietas 1-oje Zujūnų nuotekų tinklų zonoje per kur vyksta pašalinio vandens infiltracija į nuotakyną būtų galima sutaupyti 500 eurų per metus. O apmokestinus paviršinių nuotekų kiekius nuo nelaidžių paviršių į Zujūnų gyvenvietės buitinį nuotakyną būtų galima gauti 2095 eurus per metus papildomų pajamų.

# REKOMENDACIJOS

1. Rekomenduojama 1-oje Zujūnų nuotekų tinklų zonoje atlikti TV diagnostiką, siekiant išsiaiškinti vietą ar vietas per kur vyksta pašalinio vandens infiltracija į nuotakyną, o tai radus atlikti vamzdyno(-ų) remonto ar keitimo darbus.

2. Rekomenduojama atskirti lietaus nuotekas nuo buitinių nuotekų, o atliekant analizę ir naudojant įrangą ieškoti neregistruotų vartotojų, kurie prie buitinio nuotakyno prisijungę lietaus nuotekas.

3. Už lietaus nuotekų tvarkymą, kartu su buitinėmis, gyventojai bei juridiniai asmenys turėtų apmokėti atitinkamai nuo nelaidžių paviršių ploto pagal šalyje galiojančią lietaus kiekių skaičiavimo metodiką.

4. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija turėtų patikslinti geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo paslaugų kainų nustatymo metodiką arba įteisinti naują metodiką paviršinių nuotekų tvarkymo kainai paskaičiuoti.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS


1. Civil West Engineering Services. 2011. City of Toledo inflow and infiltration study. Lincoln county, Oregon.
2. Delta OHM [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. sausio 9 d. Prieiga per internetą: <http://www.deltaohm.com/ver2012/index.php?main_page=product_info&products_id=109>.
3. Dublin City. 2005. Greater Dublin Strategic Drainage Study – Regional Drainage Policies. Dublin City Colvin.
4. Geoportal [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. kovo 19 d. Prieiga per internetą: <www.geoportal.lt>.
5. Geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatymas. Vilnius, 2006 (Valst. žinios, 2011, Nr. 89-4303). 23 p.
6. Grand Canal Drainage Scheme. 1968. Dublin Corporation.
7. Griškevičius A. 1995. Nuotakyno eksplotavimas. Vilnius.
8. Haarhoff T. 2003. Innovative solutions for the reduction of in – flow and infiltration in sewer networks.
9. Indeksavimo koeficientas [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. gegužės 21 d. Prieiga per internetą: <http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=15769>.
10. Industek [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. kovo 28 d. Prieiga per internetą: <www.industek.lt>.
11. Injektavimas [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. gegužės 19 d. Prieiga per internetą: <www.sanipor.com>
12. Jacobsen R. 2012. Flood Grouting Sanitary Sewers for Infiltra-tion Control. Nashville, TN.
13. Klimato kaitos prognozės Vilniaus miestui XXI a. [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 balandžio 14 d. Prieiga per internetą: <http://www.meteo.lt/documents/20181/0/klimato_kaita_vilnius_xxi_v2-Vup1Vlbw.pdf/2e285f17-8bfb-4451-a865-f0c5e22ff42c>.
14. Krituliai [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. balandžio 14 d. Prieiga per internetą: <http://www.meteo.lt/lt/krituliai>.
15. Lietuvos klimatas [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. vasario 14 d. Prieiga per internetą: <https://lt.wikipedia.org/wiki/Lietuvos_klimatas>.
16. Lietuvos vandens tiekėjų asociacija. Lietuvos miestų ir rajonų vandentvarkos įmonių 2014 metų veiklos rodikliai. Vilnius, 2014.

17. Lyginamieji rodikliai 2014 [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. gegužės 11 d. Prieiga per internetą: < http://www.regula.lt/SiteAssets/lyg_r_2014_vandens_sektorius.pdf>.
18. LVTA informacinis leidinys „Vandentvarka“ Nr. 33. Vilnius, 2008.
19. LVTA informacinis leidinys „Vandentvarka“ Nr. 42. Vilnius, 2014.
20. LVTA informacinis leidinys „Vandentvarka“ Nr. 44. Vilnius, 2014. 5-7 p.
21. Metinė veiklos analizė 2014 m. [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. gegužės 24 d. Prieiga per internetą: <http://www.vv.lt/lt/apie/metine-ataskaita/>.
22. Mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas. Vilnius, 1999 Nr. VIII-1183 (2016 m. redakcija). 14 p.
23. Nivus [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. vasario 17 d. Prieiga per internetą: <www.nivus.com>.
24. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Division of Water Quality, Construction Grants and Loans Section, Guidance for the Preparation of Engineering Reports, April 2005, p 1-2.
25. Nuotakyno tiesimas ir bandymas LST 1610:2004.
26. Nuotekų tvarkymo reglamentas. Vilnius, 2006 m. Įsakymo Nr. D1-236. 15 p.
27. Obaid HA.; Shamsuddin S.; Basim K.N.;Shreeshivadasan C. 2014. Modeling Sewer Overflow of a City with a Large Floating Population. Hydrology Current Research.
28. Paslaugų kainos 2015 m. [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. gegužės 25 d. Prieiga: <http://www.vv.lt/lt/projektai/vykdomi-projektai/Detali_kainodara_(2015.01.01).pdf>.
29. Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas. Vilnius, 2007. Valst. žinios 2007, Nr.110–4522. 6 p.
30. Pliuviografas [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. vasario 15 d. Prieiga per internetą: <http://www.zodynas.lt/tarptautinis-zodziu-zodynas/P/pliuviografas>.
31. Rabbaig M., Sedki M. E. 2003. Can dry weather infiltration and inflow be cost effectively removed from a combined sewer system?. Proceedings of the Water Environment Federation, WEFTEC 2005: Session 31 through Session 40, p. 2872 – 2891.
32. Roger D. 2008. The characterization of the inflow and infiltration in the sewerage system of the city of Surrey, British-Columbia (Canada).
33. Royster A. 2009. Flow measurement flow measurement. Measuring Gravity Sewer Flow accurately. NEHA Conference. Volusia County Health Department (FL).
34. Schutzbach J. S.; Stevens P. 2008. Flow transport analysis method and system.
35. Smith D.; Agbodo M.; Sloan A. 2003. Santa Rosa Incremental Recycled water program-Infiltration/inflow reduction. City of Santa Rosa.

36. STR 2.07.01:2003 Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai. Vilnius, 2003. 50 p.
37. Tarifų planai ir kainos 2016 m. [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. gegužės 24 d. Prieiga per internetą: <http://www.eso.lt/lt/namams/elektra/esu-klientas/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/kiek-kainuoja-elektra-2016/koki-tarifo-plana-galiu-pasirinkti.html>.
38. TV diagnostika [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. gegužės 19 d. Prieiga per internetą: <www.hidora.lt>.
39. UAB „Vilniaus vandenys“ [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. balandžio 17 d. Prieiga per internetą: <www.vv.lt>.
40. United States Environmental Protection agency US EPA. 1975. Groundwater Pollution from Subsurface Excavations. EPA 430/9-73- 012.
41. United States Environmental Protection agency US EPA. 1991. Sewer system infrastructure analysis and rehabilitation.
42. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarimas Dėl geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo paslaugų kainų nustatymo metodikos 2006 m. gruodţio 21 d. Nr. O3-92
43. Vandens vartojimo normos RSN 26-90. 1991 m. birželio 24 d. Nr. 79/76.
44. Water Environment Research Foundation. 2003. Reducing Peak Rainfall-Derived Infiltration / Inflow rates – Case studies and protocol. IWA Publishing, Water Environment Federation. (Collection Systems) ISBN 1-Electronic, p. 50
45. Weiss, G., Brombach, H. & Haller, B. 2002. Infiltration and inflow in combined sewer systems: long-term analysis. Water Science and Technology 45 (7), p. 11–19.
46. White M., Johnson H., Anderson G., Misstear R.. 1997. Control of Infiltration to Sewers, Construction Industry Research and Information Association CIRIA, London, p 72.
47. Zujūnai [interaktyvus]. Žiūrėta 2016 m. vasario 13 d. Prieiga per internetą: <https://lt.wikipedia.org/wiki/Zuj%C5%ABnai>.