



## PAVIRŠINIŲ VANDENŲ TVARKYMO SISTEMOS „SPONGE CITY“ APŽVALGA IR JOS DIEGIMO VILNIAUS MIESTE GALIMYBĖS

Viktorija Januškevičiūtė<sup>1</sup>, Andrius Litvinaitis<sup>2</sup>

*Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas  
El. paštas: <sup>1</sup>viktorija.januskeviciute@stud.vgtu.lt; <sup>2</sup>andrius.litvinaitis@vgtu.lt*

**Anotacija.** Paviršinių nuotekų surinkimo ir valymo sistema yra mažiausiai plėtotą miesto inžinerinės infrastruktūros sritis. Vilniaus miesto bendras eksploatuojamų paviršinių nuotekų tinklo ilgis – 1137 km, tačiau net apie 20 % tinklo yra avarinės būklės. Keičiantis klimatui yra neišvengiami smarkūs lietūs, karščio bangos bei staigūs potvyniai. Šiuos klimato pokyčius sunkiai atlaiko Vilniaus paviršinių vandenų surinkimo sistema – tai ypač gerai matyti iš avarijų, įvykusių per pastaruosius porą metų. Vokietija ir Kinija, siekdamos sušvelninti šias problemas, miestuose diegia paviršinių vandenų tvarkymo sistemą – „Sponge City“. Pagrindinė šios inovatyvios sistemos mintis yra ta, kad mieste siekiama sulaukyti paviršinių vandenį, jį panaudojant vandens ištekliams praturtinti ir miestui aušinti. Esama paviršinių nuotekų surinkimo sistema nėra tinkama susidaranti lietaus kiekiui, esant penkerių metų lietaus pasikartojimo periodui (157 l / (s·ha.)), priimti, taip pat vis sunkiau susidoroti su dažnai pasitaikančiais didėjančiais kritulių kiekiais. „Sponge City“ sistema dėl ją sudarančių elementų, kurie padidina vandens absorbciją ir tuo pačiu sumažina vandens nuotėkį, lengviau prisitaiko prie kintančių reiškinų. Pritaikant mieste reikiama sistemų komponentų kiekį, lietaus nuotekų išleidžiamas kiekis gali būti sumažinamas iki 0 l/s.

**Reikšminiai žodžiai:** paviršinės nuotekos, „Sponge City“, laidžios dangos, žalieji stogai, šlapžemės.

### Įvadas

Paviršiniai vandenys – tai ant urbanizuotos teritorijos paviršiaus (išskyrus žemės ūkio naudmenas ir žaliuosius plotus) patenkantis kritulių ir kitoks (nuo teritorijų dangos ar transporto plovimo, laistymo ir pan.) vanduo, kurį teritorijos valdytojas nori arba privalo organizuoti (naudodant nuotekų tvarkymo sistemas) surinkti ir pašalinti į aplinką arba išleisti į kitiems asmenims priklausančias nuotekų tvarkymo sistemas (perduoti nuotekų tvarkytojui) (Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas, 2007).

Paviršinio vandens surinkimo ir valymo sistema yra mažiausiai plėtojama miesto inžinerinės infrastruktūros sritis (Vilniaus aplinkos informacinė svetainė, 2015). Dabartinė Vilniaus miesto paviršinio vandens surinkimo sistema veikia savitakos principu: iš aukščiausio taško teka į žemiausią. Krituliai patenka į lietaus šulinėlius, o per juos – į magistralinius vamzdžius. Momentinis vandens perteklius dažnai kaupiamas akumuliacinėse talpose, iš kurių palaipsniui teka į magistralinius vamzdžius ir galiausiai – į išleistuvus. Kai viršijami magistralinių vamzdžių pajėgumai, vandens perteklius veržiasi į gatvių paviršių, o didelis spaudimas vamzdžiuose išmuša van-

dens nuotekų surinkimo šulinių dangčius (Vilniaus miesto savivaldybės įmonė UAB „Grinda“, 2018).

Remiantis UAB „Grindos“ duomenimis, dėl intensyvios urbanizacijos į paviršinių nuotekų surinkimo sistemas sutekančių kritulių kiekiai pastaraisiais metais išaugo 2–3 kartus. Tuo metu, kai miestai plėtėsi, kilo nauji statiniai, buvo dengiamos naujų automobilių stovėjimo aikštelių ir kitų miesto objektų dangos, o požeminei ir paviršinei infrastruktūrai nebuvo skirta pakankamai dėmesio. Požeminiai vamzdžiai paseno ir susidėvėjo, jų diametrų nebepakanka susidariusio vandens kiekio pralaidumui, taip pat miestuose padidėjo lietaus nelaidžių paviršių plotai, dėl to į lietaus nuotakyną patenka gerokai didesnė kritulių dalis. Vilniaus paviršinių nuotekų surinkimo sistema ne tik nepajėgi praleisti iškritusių paviršinių vandenų, bet ir negali jų pakankamai išvalyti. Atsižvelgus į šiuos aspektus, miestui reikia tobulinti paviršinių vandenų surinkimo sistemą (Vilniaus miesto savivaldybės įmonė UAB „Grinda“, 2018).

Su šiais sunkumais susiduria ne tik Lietuvos, bet ir daugelis kitų pasaulio miestų. Šiai problemai spręsti pa-

vyzdžiu gali būti tokios šalys, kaip Vokietija ir Kinija, kurios savo miestuose diegia ir skatina „Sponge City“ sistemą (Shahan, 2017).

„Sponge City“ – paviršinio vandens surinkimo ir tvarkymo sistema, kurią pritaikius pagal aukščiausio lygio strategiją siekiama organizuoti miestų vandentvarką taip, kad būtų suderinti trys komponentai: vandens ciklas, žemės naudojimas ir lietaus vandens sistema. „Sponge City“ sistema ypač tausoja gamtinius išteklius, tokius kaip dirvožemis ir augalija (Zhang, 2016).

Šios sistemos tikslas – apsaugoti ir išlaikyti paviršinių vandenį ten, kur jis iškrenta. Didžioji jo dalis gali išgaruoti į aplinką per žaliuosius elementus – tokius, kaip medžio tranšėjos, žalieji stogai ir fasadai, infiltracijai tinkami gruntai, o tai savo ruožtu labai sumažina nuotėkį. „Sponge City“ imituoja natūralų vandens ciklą, padidina vietinį garavimą ir taip skatina didesnę išgarinimą aušinant tankiai apgyvendintose vietovėse (Sieker, 2018).

„Sponge City“ sistemą sudarantys komponentai: paviršių apželdinimas, griovelių atsiradimas, laidūs šaligatviai ir keliai bei šlapžemės (Berlin Journal, 2016).

Paviršių (stogų, fasadų, gatvių) apželdinimas skatina vakuuminį vėsinimą ir neutralizuoja šilumos salų atsiradimą. Ši adaptacijos strategija taip pat didina miesto paviršinio vandens kiekį ir neleidžia jam nutekėti per kanalizaciją. Parkai ir kitos žaliosios zonos, netgi mažesnės, gali turėti įtakos potvyniams, ypač pramoninėse teritorijose, kurios yra tankiai apstatytos (Zimmermann, 2017).

Kai lietus patenka į aplinką, jis susigeria ir įsifiltruoja į dirvožemį. Tačiau nepralaidūs šiuolaikinių miestų paviršiai, tokie kaip šaligatviai ir keliai, sutrikdo šiuos natūralius procesus. Taigi paviršinio vandens nuotėkis gali sukelti vietinį potvynį ir pernešti tepalus, druskas, trąšas, pesticidus ir naminių gyvūnėlių atliekas į lietaus kanalus ir upes. „Sponge City“ strategijoje yra pasitelkiamas grovelių kasimas. Grioveliai tarp šaligatvių, kelių ar kitų išgrįstų paviršių yra laidūs erdvė, kurioje galima sugerti papildomus paviršinio vandens kiekius. Be to, surinktas vanduo gali būti panaudotas ne tik augalams, bet taip pat būti nukreiptas į žemesnius vandeninguosius sluoksnius, leidžiančius juos papildyti. Taip pat vietiniai teršalai gali būti natūraliai iš paviršinio vandens nufiltruoti grioveliais, apsieinant be brangių mechaninių filtravimo sistemų, (Wu, Zheng, Shi, Yang ir Bao, 2017).

Laidūs šaligatviai ir keliai leidžia taip pat vykti filtracijai, t. y. paviršinis vanduo per laidžius šaligatvius ir kelius filtruojasi ir patenka į žemiau esančius vandeninguosius sluoksnius (Wu ir kt., 2017). Be asfalto, kuriuo

vanduo nutekinamas link šulinių ar įtekėjimo vietų į esamus dabartinius tinklus, taip pat gali būti panaudoti specialūs žvyro ir plytų plotai, kurie yra dekoratyvūs ir poringi, todėl juos galima naudoti viešosiose vietose (Sandoval, Galobardes, Teixeira ir Toralles, 2017).

Miesto šlapynės gali būti įvairių formų ir dydžių, tačiau net ir gana nedidelė šlapykla gali sugerti daug papildomo vandens. Ypač naudingos natūraliai žemutinėse vietovėse susiformavusios šlapynės (Singh, Fu, Jia, ir Wu, 2018).

Šio darbo tikslas – išanalizuoti paviršinių nuotekų Vilniaus miesto Geležinio Vilko surinkimo baseino teritorijoje esančią sistemą ir įvertinti joje „Sponge City“ sistemos pritaikymo galimybes.

### Tyrimo objektas ir metodika

Tiriamasis darbo objektas – vienas iš Vilniaus miesto paviršinių nuotekų baseinų – Nėris Nr. 25 (kitai vadinamas Geležinio Vilko paviršinių nuotekų baseinas). Baseinas parinktas įvertinus, kad esama paviršinių nuotekų sistema nėra pajėgi apdoroti susidarančių lietaus nuotekų kiekius.

Norint išnaluoti, ar „Sponge City“ sistema yra tinkama Vilniaus miesto Geležinio Vilko paviršinių nuotekų baseinui, yra atliekami trys pagrindiniai tyrimai:

1. Vilniaus miesto kritulių pokyčių analizė;
2. Esamos situacijos įvertinimas;
3. „Sponge City“ sistemos pritaikymo galimybių analizė.

Pirmuoju tyrimu įvertinami užfiksuoti stichiniai meteorologijos reiškiniai, gausius ir nebūdingus kritulių kiekius lyginant su 25 metų laikotarpio duomenimis. Analizei yra surinkti 1992–2017 metų laikotarpio oro temperatūros ir kritulių kiekio duomenys iš Trakų Vokės ir Vilniaus oro uosto meteorologijos stočių. Duomenys buvo gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvo.

Antruoju tyrimu įvertinama esama paviršinių nuotekų surinkimo sistema ir jos būklė bei tinkamumas šiuo metu ir ateityje. Taip pat vertinamos baseine vyraujančios kvartero nuogulos ir tai, kaip jos gali pagelbėti taikant „Sponge City“ sistemą. Esamos paviršinių nuotekų sistemos vertinimui yra apskaičiuojami lietaus intensyvumai pagal formulę (STR 2.07.01:2003):

$$I = \frac{A}{T + B} + c, l / (s \cdot ha),$$

čia:  $A$ ,  $B$ ,  $c$  – lietaus parametrai, priklausantys nuo vietos geografinių-klimatinių sąlygų ir nuotakyno ištvėnimo

retmens dydžio (lietaus parametrai paimti iš STR 2.07.01:2003 10 priedo);  $T$  – lietaus trukmė, min.

Ir paviršinių nuotekų debitas pagal formulę (STR 2.07.01:2003):

$$Q_{lt} = I \cdot F \cdot C_{vid} \cdot l / s ,$$

čia:  $I$  – lietaus intensyvumas (l/s·ha);  $F$  – skaičiuotinis nuotėkio baseino plotas (ha);  $C_{vid}$  – vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas.

Nuotėkio koeficientui apskaičiuoti nelaidiems paviršiams parinkta  $C_n$  reikšmė lygi 0,95, priimant prielaidą, kad paviršius (taip pat ir pastato stogas) yra asfaltas arba betonas, o žalioms zonoms  $C_z$  reikšmė lygi 0,20 (STR 2.07.01:2003).

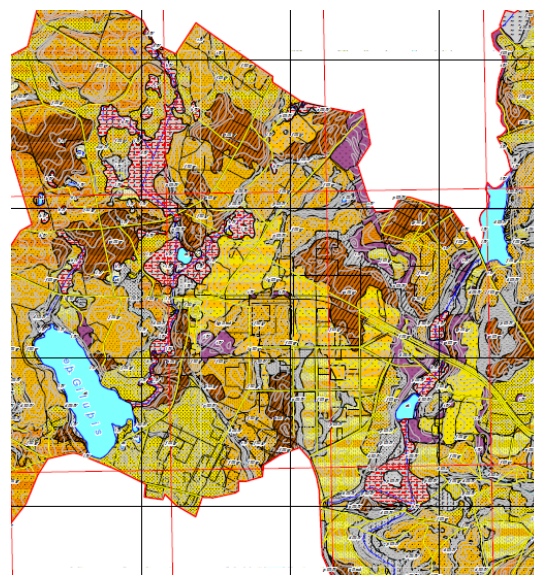
Nuotėkio baseino plotai skaičiuojami naudojant ArcGIS programą ir Geoportal.lt Lietuvos erdvinės informacijos portale pateikiamų georeferencinio pagrindo kadastro erdvinių duomenų rinkiniu (GRPK). GRPK yra valstybės kadastras, kuriame registruojami stabilūs žemės paviršiaus gamtiniai ir antropogeniniai objektai (Lietuvos erdvinės informacijos portalas, 2018).

Naudojantis el. šaltiniais, (Techninių projektų e-paslaugos, Vilniaus miesto savivaldybės interaktyvūs žemėlapiai) išanalizuoti esamų tinklų vamzdžių diametrai ir pagal apskaičiuotus paviršinių nuotekų debitus įvertintas jų pralaidumas. Analizei pasitelkiamas Bentley gamintojo CivilStorm programos paketas.

Kvartero nuogulų sklaidai įvertinti pasitelktos baseine atliktų gręžinių ataskaitos ir Vilniaus miesto teritorijos inžinerinis geologinis planas (M 1:10 000) (1 paveikslas). Išanalizavus kvartero nuogulų gausą, įvertintos infiltracijos koeficientų reikšmės.

Trečiuoju tyrimu atlikta „Sponge City“ sistemos galimybių analizė, naudojant Bentley gamintojo CivilStorm programos paketą. Šia programa yra nagrinėjamas sistemos komponentų Vilniaus mieste tinkamumas.

Civil Storm programoje teritorijos yra suskirstytos į kelio dangas, stovėjimo aikšteles, pastatų stogus ir žaliuosius plotus. Nuo kiekvieno nelaidaus ploto surinktas lietaus kiekis yra išleidžiamas į žaliuosius plotus, iš kurių toliau patenka į išleistuvus. Į programos skaičiavimo parametrus suvedami kiekvienai teritorijai reikalingi tokie duomenys: plotai, filtracijos koeficientai, nuotėkio koeficientai, nuolydžiai. Teritorijos apibrėžiamos pasirinkus „Catchment“ funkciją.



1 paveikslas. Ištrauka iš Vilniaus miesto teritorijos inžinerinio geologinio plano (Lietuvos geologijos tarnyba, 2012)

Sukurtoms teritorijoms pritaikoma „Low impact development“ (LID) funkcija, kurioje yra sukuriami „Sponge City“ sistemos komponentai:

- Žalieji stogai,
- Lietaus žalieji sodai,
- Akytosios dangos,
- Augalais apželdinti grioveliai,
- Infiltracinės tranšėjos.

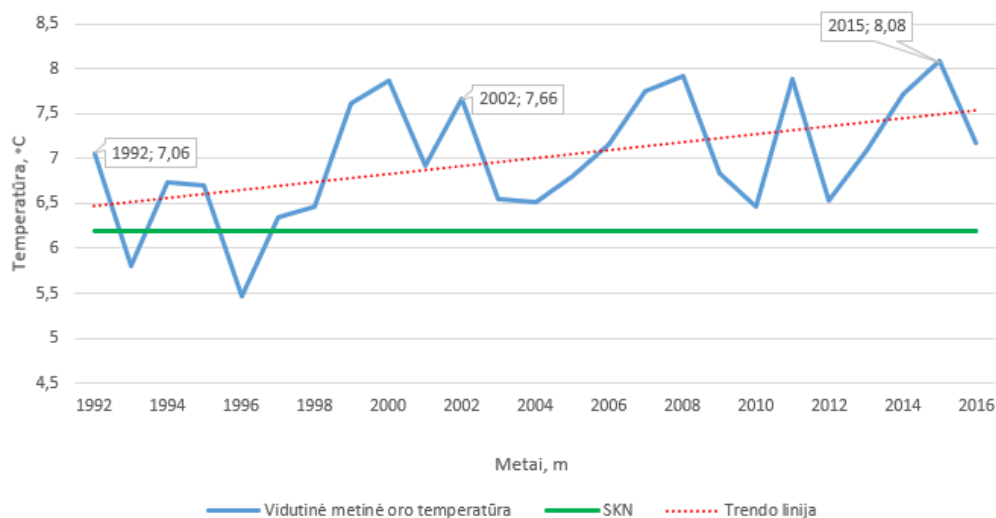
Suvedus fizinius elementų duomenis ir parinkus skaičiavimo sąlygas, reikia pasirinkti lietaus įvykį, taigi Civil Storm programoje sukuriami trys galimi lietaus įvykiai:

1. 85,10 mm kritulių kiekis per 24 valandas (2005-08-09 užfiksuotas kritulių kiekis Vilniuje),
2. 80 mm kritulių kiekis per 12 valandų (2017-06-29 užfiksuotas stichinis meteorologijos reiškinys),
3. 62,5 mm kritulių kiekis, iškritęs per vieną valandą (1993-04-24 užfiksuotas kritulių kiekis Vilniuje).

Rezultatų vertinimui atliekami skaičiavimai dviems scenarijams: su ir be „Sponge City“ sistemos komponentų.

### Rezultatai ir analizė

Paskutinių laikotarpių meteorologinių stebėjimų duomenys liudija apie klimato šiltėjimą ir kritulių gausėjimą. Taip pat kintant klimatui ypač didelis dėmesys yra kreipiamas į ekstremalius klimato pokyčius, tokius kaip stichinės audros / liūtys ar karščio bangos. Šiuos teiginius taip pat liudija ir Vilniaus oro uosto ir Trakų Vokės meteorologijos stotys.



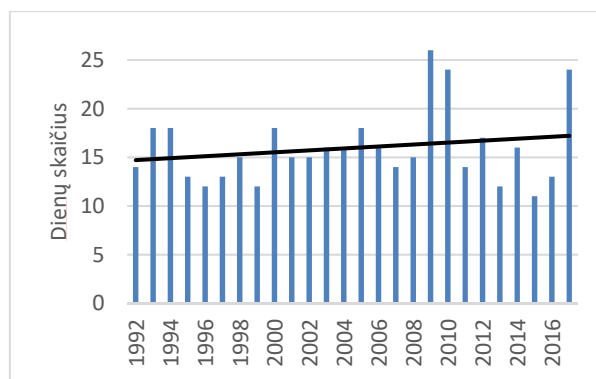
2 paveikslas. Vidutinės metinės oro temperatūra Vilniuje 1992–2016 m.

Lietuvoje oro temperatūra pradėta matuoti 1770 m. Vilniaus universiteto Astronomijos observatorijoje, tačiau stebėjimų duomenys išlikę tik nuo 1778 m. Vidutinė metinė oro temperatūra per 238 stebėjimo metus Vilniuje pakilo 1,8 °C (Kilpys, Pauša ir Jurkus, 2017). Šiuo metu temperatūra Vilniuje kyla maždaug 0,65 °C per 10 metų (Mickievič ir Rimkus, 2013).

Vertinant dviejų Vilniaus oro uosto ir Trakų Vokės meteorologijos stočių duomenis, temperatūra Vilniuje kyla maždaug –0,60 °C per 10 metų (2 paveikslas). Galime sutikti su A. Mickievič'iaus ir E. Rimkaus pateikiamais teiginiais. Taip pat matome, kad nuo 1994 metų (išskyrus 1996 metus) vidutinė oro temperatūra buvo aukščiau už klimato normą, kuri yra lygi – 6,2 °C (LHMT). Taip pat padaugėjo reiškiniai kurie anksčiau buvo laikomi klimato retenybe. Pvz.: Lietuvoje XX a. viduryje tropinių naktų (kai temperatūra naktį išsilaiko aukštesnė nei 20 °C) pasitaikydavo vidutiniškai tik kartą per trisdešimt metų, o dabar pasitaiko kas 3–5 metus. Remiantis literatūros šaltiniais, vidutinė metinė oro temperatūra ir toliau turėtų kilti. Iki 2100 m. išaugs apie 3,0 °C (LHMT).

Kylanti vidutinė oro temperatūra dar neparodo visų vykstančių pokyčių, nes ji išlygina temperatūrų ekstremumus. Tačiau vis dažniau Lietuvoje pasitaiko didelių karščių, staigių temperatūros pokyčių ir vis rečiau būna didelių šalčių. To pasekmė – taip pat yra neišvengiamas kritulių gausėjimas.

Stiprių kritulių atvejų (kai per parą kritulių iškrenta  $\geq 10$  mm) per 1992–2017 m., palyginti su 1961–1990 m. laikotarpiu, Vilniaus teritorijos dalyje padaugėjo 1–2 dienomis (3 paveikslas).



3 paveikslas. Stiprių kritulių ( $\geq 10$  mm) atvejai Lietuvoje 1992–2017 m (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 2019).

Detaliau išanalizavus surinktus duomenis, buvo užfiksuoti keli gausūs kritulių iškritimo atvejai, kurių paros kiekis buvo didesnis nei mėnesio, palyginti su kitais metais.

1993 m. balandžio 24 d. Vilniuje per 1 val. 25 min. iškrito 62,5 mm kritulių, kuomet vidutiniškai balandžio mėnesį iškrenta apie 47,0 mm kritulių. Šis kritulių įvykis meteorologijos tarnyboje yra užfiksuotas kaip ekstremalus reiškinys.

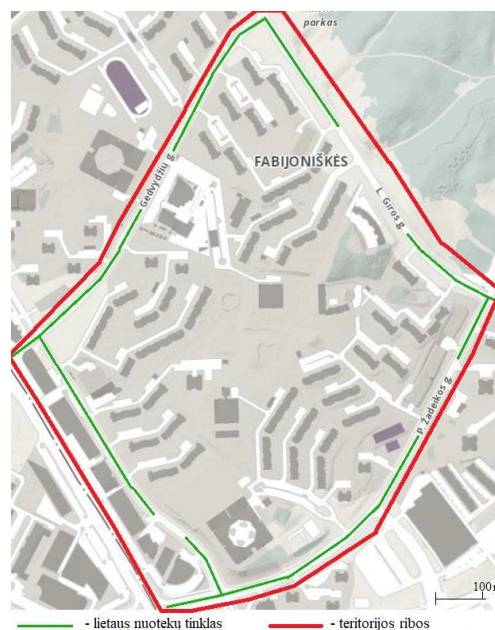
2017 m. birželio 29 d. Vilniaus meteorologijos stotyje buvo užfiksuotas stichinis meteorologinis reiškinys – labai smarki audra. Per devynias valandas iškrito 55 milimetrai kritulių, kurie per 12 valandų jau siekė 80 mm. Vilniaus valdžia teigia, kad nuo 1993 metų tai buvo stipriausia liūtis sostinėje. Mieste buvo užtvindytos Geležinio Vilko, T. Narbuto ir Žalgirio gatvės bei vakarinis aplinkkelis, taip pat nemažai žalos buvo padaryta gyvenamųjų namų kiemams ir rūsiams. Apie 60 panašių avarinių situacijų buvo užfiksuota UAB „Grinda“ įmonėje.

Pagrindinė sukeltų stichinių įvykių priežastis – tokiam dideliame vandens kiekiui nepritaikytos lietaus surinkimo sistemos, per siauras pralaidos ir netinkamai suprojektuotas paviršinis nutekėjimas. Be kita ko, ne tik gausūs krituliai sukelia ekstremalias situacijas, bet taip pat ir tai, kad mieste padaugėjo nelaidžių dangų, nuo kurių visos surinktos lietaus nuotekos patenka į sistemą. Taigi ši sistema jau nebepajėgi susitvarkyti su tokiais padidėjusiais kritulių kiekiais – tai galima patvirtinti ir toliau pateiktais rezultatais.

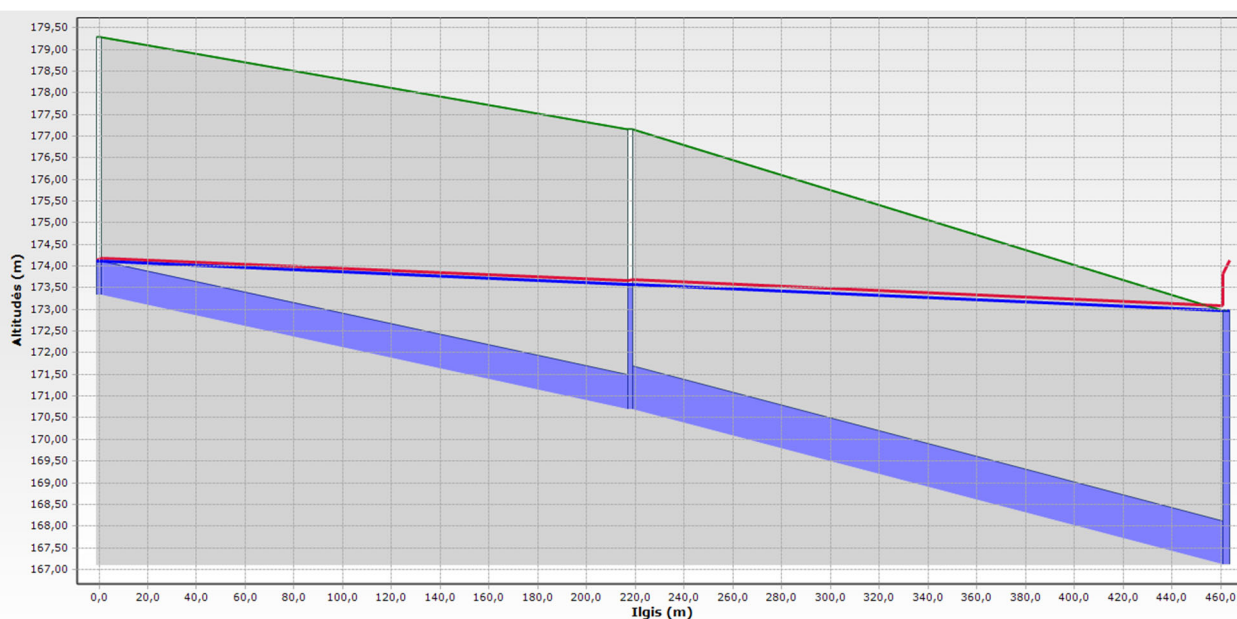
### Esama situacija

Remiantis Vilniaus Fabijoniškių, Šeškinės ir Pašilaičių mikrorajonuose atliktomis gręžinių ataskaitomis, teritorijos stromėje yra išskirtos dviejų tipų nuogulų grupės. Holoceno nuogulos – tai technogeniniai dariniai (tIV piltinis gruntas) ir dirvožemis (pdIV). Piltinio grunto storis kinta nuo 0,5 iki 1,7 m. Piltinis gruntas yra sudarytas iš smėlio, smėlingo dulquio su dirvožemiu (dirvožemio storis – 0,3 m. Viršutinio pleistoceno, Nemuno svitos). Baltijos posvitės nuogulos – tai fluvioglacialinės nuogulos (fIIIb1), slūgsančios po holoceninėmis nuogulomis, iki gręžiniais pasiekto 12,0 m gylio (Lietuvos Geologijos tarnyba, 2012). Nuogulas sudaro smulkusis ir vidutinio rupumo smėliai. Pagal Vilniaus miesto teritorijos inžinerinį geologinį žemėlapi tiriamejame objekte vyrauja smulkiagrūdis, vidutiniagrūdis ir stambiagrūdis smėlis, kurio infiltracijos koeficientas yra  $10^{-4}$  m/s (Juodkasis, 1992).

Siekiant pritaikyti „Sponge City“ sistemos komponentus ir įvertinti esamą situaciją paviršinių nuotekų surinkimo sistemoje, detaliau analizuojama Fabijoniškių mikrorajono 47,4 ha ploto teritorija (4 paveikslas). Teritoriją sudaro: 36,7 % – pastatų stogai, 42,6 % – žaliasis plotas, 7,2 % – važiuojamoji dalis ir 13,5 % – stovėjimo aikštelės. Nagrinėjamojoje teritorijoje esami magistraliniai tinklai prasideda nuo 400 mm vamzdžio iki 1000 mm.



4 paveikslas. Nagrinėjamos teritorijos vieta



5 paveikslas. Patvenkto vamzdžio profilis

Tikrinant esamą sistemą, vertinama, ar tinklas susidaro patvankos ir ar tinklas geba apdoroti lietaus kiekius, esant penkerių metų pasikartojimo tikimybei (penkerių metų lietaus intensyvumas yra lygus – 157,0 l/(s·ha).

5 paveiksle pateiktame profilyje matome, kad iš esamo šulinio nagrinėjamojoje teritorijoje išeinantis vamzdis DN800 yra patvenktas, t. y. lietaus nuotekos teka slėginiu režimu. Šiuo atveju galimas vamzdžio pralaidumas yra 746,0 l/s, o patenka 1348,7 l/s lietaus nuotekų. Perteklius susilaiko šulinyje, tačiau jau už 450 metrų esantis šulinys nesugeba apdoroti lietaus nuotekų kiekio ir šios patenka į paviršių. Taip pat buvo įvertintas sistemos tinkamumas liūties metu. Įvertintas atvejis, kai per 12 valandų iškrenta 63,9 mm kritulių ir yra patvenkiamos dvi gatvės – Gedvydžių g. ir Salomėjos Neries gatvė. Šie kritulių kiekiai buvo užfiksuoti 2017-06-29 liūties metu ir, pagal įmonės „Grinda“ pateiktus duomenis, po minėtos liūties nuotekomis buvo stipriai apsemta Salomėjos Neries gatvė. Modeliuojant ir lyginant su turimais faktais, gaunamos tokios pat situacijos.

Matome, kad esama situacija nėra tinkama priimti susidarantčius lietaus kiekius ir taip pat nėra tinkama susidoroti su vis dažniau pasitaikančiais didėjančiais kritulių kiekiais.

Atliekant „Sponge City“ sistemos analizę, buvo atsisakyta visų požeminių tinklų ir šulinių, susidarę lietaus nuotekų kiekiai buvo nukreipti į kietas ir žaliąsias dangas.

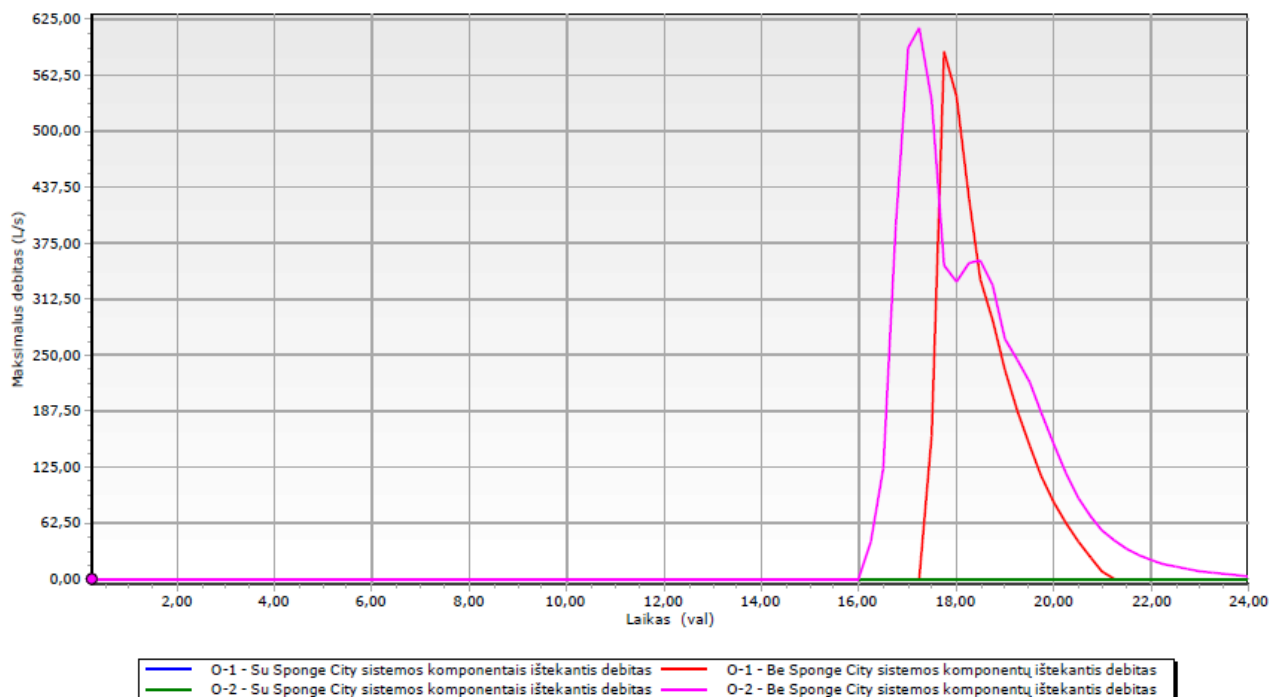
Rezultatuose pateikiami kiekiai, susidarantys su ir be „Sponge City“ sistemos komponentų.

Analizuojant reikalingų „Sponge City“ sistemos komponentų kiekį, buvo modeliuojama vertinant visus tris galimus lietaus įvykius, nurodytus metodikoje. Didžiausias lietaus kiekis – 1204,63 l/s susidaro, kai taikomas trečiasis lietaus įvykis (per vieną valandą iškrenta 62,5 mm kritulių). Norint pašalinti šį susidariusį lietaus kiekį buvo pritaikyta:

- 3,90 ha laidžios dangos (keliams),
- 1,80 ha laidžios dangos / dangos iš skaldytų akmenų (stovėjimo aikštelėms),
- 2,00 ha augalais apželdintų griovelių,
- 3,20 ha lietaus surinkimo sodų.

Pritaikius „Sponge City“ sistemos komponentus, išleidžiamas debitas yra lygus 0 l/s (6 paveikslas). Per šią liūtį šioje teritorijoje bendras lietaus kiekis yra 23600,7 m<sup>3</sup>, iš kurio pagal kvartero nuogulų galimybes 10 398,9 m<sup>3</sup> lietaus yra infiltruojama. Likęs lietaus kiekis yra apdorojamas „Sponge City“ sistemos komponentais, kol išleidžiamas debitas pasiekia 0 l/s.

Analizuojant pirmąjį ir antrąjį lietaus įvykius, ištekantis debitas taip pat yra lygus 0 l/s, pritaikius anksčiau minėtus „Sponge City“ komponentus. Atitinkamai abiem lietaus atvejais susidaro mažesni debitai. Pirmuoju lietaus įvykiu atveju didžiausias debitas susidarė – 364,7 l/s, o antruoju – 498,1 l/s.



6 paveikslas. Nagrinėjamos teritorijos grafikas su „Sponge City“ komponentais ir be jų, esant trečiam lietaus įvykiui (O lietaus išleidimo vieta)

## Išvados

1. „Sponge City“ sistemos komponentai sulaiko liūtinus kritulių kiekius, atitinkamai pritaikius reikalingus sistemos komponentų plotus ir įvertinus teritorijos gruntų infiltracines galimybes. Dėl galimo lietaus nuotekų sulaikymo teritorijoje susidaro galimybė sumažinti esamos paviršinių nuotekų sistemos apkrovą, o to pasekmė – tinkle panaikinami potvyniai.
2. Pagal UAB „Grinda“ pateiktus duomenis, esamo lietaus nuotekų kolektoriaus pralaidumas yra 10 m<sup>3</sup>/s. Tačiau, jei vertintume 5-ių metų ištvinimo tikimybę, debitas siekia 24 m<sup>3</sup>/s. Taip pat atlikta esamos sistemos analizė parodo susidarantį patvankas, esant kasdienėms sąlygoms. Vadinasi, galima daryti išvadą, kad esama paviršinių nuotekų sistema nėra tinkama esamiems kritulių kiekiams ir vis dažniau pasitaikantiems ekstremaliems reiškiniams apdoroti, todėl būtina šią sistemą keisti.

## Literatūra

- Berlin Journal. (2016). *Berlin plans to implement climate change mitigation strategies*. Prieiga per internetą: <https://www.berlinjournal.biz/en/berlin-climate-change-mitigation/>
- Geoportal.lt. (2018). *Lietuvos erdvinės informacijos portalas*. Prieiga per internetą: <https://www.geoportal.lt/geoportal/>
- Grinda. (2018). *Paviršinių nuotekų tinklų eksploatacija*. Prieiga per internetą: <http://www.grinda.lt/pavirsiniu-nuoteku-tinklu-eksploatacija/>
- Juodkazis, V. (1992). *Požeminio vandens išteklių įvertinimo metodikos pagrindai*. Vilnius.
- Kilpys, J., Pauša, K. ir Jurkus, N. (2017). *Klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie klimato kaitos gairės savivaldybėms*. Prieiga per internetą: <http://www.krea.lt/images/angle180/klimato-kaita-gaires-savivaldybems.pdf>
- Lietuvos geologijos tarnyba. (2012). *El. paslaugos*. Prieiga per internetą: <https://www.lgt.lt/epaslaugos/>
- Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. (2019). *Oro temperatūra*. Prieiga per internetą: <http://www.meteo.lt/lt/oro-temperatura>
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2003). Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai (STR 2.07.01:2003). *Valstybės žinios*, 2003-08-29, Nr. 83-3804.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2007). Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas. *Valstybės žinios*, 2007-04-14, Nr. 42-1594.
- Mickievič A., Rimkus E. (2013). Vidutinės oro temperatūros dinamika Lietuvoje. *Geografija*. 49(2): 114-122.
- Sandoval, G. F. B., Galobardes, I., Teixeira, R. S., & Toralles, B. M. (2017). Comparison between the falling head and the constant head permeability tests to assess the permeability coefficient of sustainable Pervious Concretes.

*Case Studies in Construction Materials*, 7, 317-328. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.09.001>

- Shahan, C. (2017). *Berlin & China creating “Sponge Cities” – landscape architects help cities absorb water, cool down*. Prieiga per internetą: <https://cleantechnica.com/2017/12/04/berlin-reusing/>
- Sieker. (2018). *Das Konzept der Schwammstadt (Sponge-city)*. Prieiga per internetą: <https://www.sieker.de/de/fachinformationen/umgang-mit-regenwasser/article/das-konzept-der-schwammstadt-sponge-city-577.html>
- Singh, R., Fu, D., Jia, J., & Wu, J. (2018). Performance of earthworm-enhanced horizontal sub-surface flow filter and constructed wetland. *Water*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/w10101309>
- Vilniaus aplinkos informacinė svetainė. (2015). *Lietaus vandens nuotekos. Vilniaus aplinka*. Prieiga per internetą: <https://aplinka.vilnius.lt/aplinkos-kokybe/nuotekos/lietaus-vanduo/>
- Wu, R., Zheng, J., Shi, Y., Yang, F., & Bao, Z. (2017). Adaptation to water: A study on Bamboo Landscape System with Low Impact Development. In *International Low Impact Development Conference China 2016: LID Applications in Sponge City Projects* (pp. 261-266). Beijing, China.
- Zhang, Y. (2016). Sponge City theory and its application in landscape. *Urban Transportation & Construction*, 3(1), 5. <https://doi.org/10.18686/utc.v3i1.2>
- Zimmermann, N. (2017). *Sponge City: Berlin plans for a hotter climate*. Prieiga per internetą: <http://www.dw.com/en/sponge-city-berlin-plans-for-a-hotter-climate/a-19420517>

## SPONGE CITY SURFACE WATER MANAGEMENT SYSTEM OVERVIEW AND ITS POSSIBLE IMPLEMENTATION IN VILNIUS CITY

V. Januškevičiūtė, A. Litvinaitis

### Summary

The surface wastewater collection and treatment system is the least developed area of urban engineering infrastructure. The total length of the existing surface wastewater network in Vilnius is 1137 km, but even about 20% is in emergency condition. In case of climate change, heavy rain, heat waves and sudden floods are unavoidable. These climate changes are also hardly met by Vilnius Surface Water Collection System, which is particularly evident from accidents that have occurred in the last couple of years. In order to mitigate these problems, Germany and China are installing a surface water treatment system in cities – Sponge City. The main idea of this innovative system is that it aims to intercept surface water in the city by using it for the proper cooling of the city and to enrich water resources. The existing surface wastewater collection system is not suitable for receiving rainfall during a five-year rain repetition period (157 l / (s · ha)). And it is also inappropriate to deal with increasing rainfall. And the Sponge City system makes it easier to adapt to changing phenomena because of the elements that make up the system, which increases water absorption and at the same time reduces water leakage. By adapting the required amount of system components in the city, the amount of rainwater discharged is reduced to 0 l / s.

**Keywords:** Surface wastewater, Sponge City, conductive coatings, green roofs, wetlands.