

VandenTVARKA



Nr. 66
2025
Balandis

LIETUVOS VANDENS TIEKĖJŲ ASOCIACIJOS INFORMACINIS LEIDINYS



IŠMANIŲJŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMO VANDENTVARKOJE ANALIZĖ

Straipsnis „Išmaniųjų technologijų taikymo vandentvarkoje analizė“ yra perpublikuotas iš Vilniaus Gedimino technikos universiteto VILNIUS TECH žurnalo Piasieckienė, G., & Antuchevičienė, J. (2024). Application of smart technologies in water management analysis. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*, 16. <https://doi.org/10.3846/mla.2024.21359>

Santrauka. Urbanizacija, naujų pramonės šakų plėtra ir auganti populiacija lemia, kad vis daugiau regionų susiduria su vandens trūkumu. Dėl to vandens gavybos ir valymo klausimai tampa prioritetiniai, o mokslininkai taiko pažangias technologijas ir darnios plėtros sprendimus vandentvarkos problemoms spręsti. Todėl šiame tyrime siekiama išsiaiškinti naujausių ir pažangiausių technologijų, didinančių pastatų efektyvumą eksploatacijos etape bei padedančių įgyvendinti darnios plėtros ir tvarios statybos tikslus, taikymo lauką vandentvarkos srityje. Tyrime nustatyta, kad dirbtinio intelekto ir daiktų interneto technologijas galima pritaikyti daugelyje vandentvarkos sričių, pavyzdžiui, inžinerinių tinklų avarijoms stebėti ir prevencijai, vandeniu paskirstyti inžineriniuose tinkluose, nuotekoms valyti, vandens gėlinimo procesuose, efektyviems vandenį taupantiems inžineriniams sprendimams parinkti, potvynių prevencijai ir tvariai statybai įgyvendinti. Pažangiausių technologijų pritaikymas suteikia naudos žmonėms, valstybių institucijoms, vandentvarkos įmonėms ir ekosistemai.

Reikšminiai žodžiai: vandentvarka, nuotekų valymas, daiktų internetas, dirbtinis intelektas, vandens gėlinimas, tvari statyba, darni plėtra.

1 lentelė. 8 pagrindinės vandentvarkos tendencijos ir inovacijos

Eil. Nr.	Pavadinimas	Startuolių kiekio vandentvarkoje pasiskirstymas pasaulyje, %
1	Skaitmeninė vandentvarka	27
2	Nuotekų valymas ir pakartotinis panaudojimas	14
3	Vandens filtravimas	13
4	Potvynių prevencija	13
5	Vandens taupymo technologijos	11
6	Decentralizuota infrastruktūra	8
7	Naujų medžiagų ir technologijų kūrimas	8
8	Vandens gėlinimas	6

Šis straipsnis yra atvirosios prieigos straipsnis, turintis Kūrybinių bendrijų (Creative Commons) licenciją (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), kuri leidžia neribotą straipsnio ar jo dalių panaudą su privaloma sąlyga nurodyti autorių ir pirminį šaltinį.

1. Įvadas

Vandens išteklių yra labai svarbūs ekonominiams ir socialiniams vystymuisi (Jia et al., 2018; Yang et al., 2022). Tačiau dėl urbanizacijos, besiplečiančių pramonės šakų ir didėjančio gyventojų skaičiaus visame pasaulyje pradeda jausti vis didesnį gėlo vandens trūkumą (Manikandan et al., 2022). Dėl to 2015 m. Jungtinių Tautų susirinkime į darnaus vystymosi darbotvarkę buvo įtrauktas šeštas tikslas – visiems pasaulio gyventojams užtikrinti kokybiško geriamojo vandens prieinamumą ir higieniškas gyvenimo sąlygas (Herrera-León et al., 2022). Siekiant patenkinti žmonių poreikius ir įgyvendinti šeštą darnaus vystymosi tikslą bei kitus darnios plėtros tikslus, vandentvarka tapo vienu iš prioritetinių klausimų visame pasaulyje.

Tam, kad visiems pasaulio gyventojams būtų užtikrintas kokybiško geriamojo vandens prieinamumas, mokslininkai ir vandentvarkos įmonės turi rasti tinkamiausius technologinius sprendinius, kurie padėtų efektyviau paskirstyti vandenviečių vandenį, efektyviau valdyti inžinerinę infrastruktūrą, sumažinti inžinerinių tinklų avarijų kiekį, priimti tvarius pastatų ūkio valdymo bei pastatų inžinerinių tinklų sprendinius, padedančius sutaupyti gėlą vandenį ir pakartotinai panaudoti pilkajį vandenį (He et al., 2024; Herrera-León et al., 2022; Manikandan et al., 2022).

2. Tyrimo problematika, objektas ir metodika

Vadovaujantis Jungtinių Tautų ataskaitų duomenimis, iki 2025 m. beveik 20 % visos pasaulio žmonių populiacijos pajus tiesioginį vandens trūkumą, o likusi populiacijos dalis susidurs su ekonominiais ir socialiniais padariniais (Bartolini, 2021). Kadangi vandens trūkumas tampa viso pasaulio problema, šio tyrimo tikslas – išanalizuoti naujausią mokslinę literatūrą ir kitus šaltinius, nustatyti pažangiausias technologijas vandentvarkos srityje, kurias vertėtų taikyti pastatų efektyvumui didinti eksploatacijos etape, bei kitiems tvarios statybos ir darnios plėtros tikslams įgyvendinti. Tyrimo metu analizuoti duomenys, susiję su naujausiomis technologijomis vandentvarkos srityje, buvo surinkti iš duomenų bazių *Web of Science*, *Scopus*, *ScienceDirect*, „StartUs Insights Discovery“ platformos ir

kitų šaltinių. Iš viso buvo išanalizuota 30 naujausių šaltinių, iš kurių 22 moksliniai straipsniai. Tyrimo rezultatai pateikiami tolesniame skyriuje ir apibendrinami išvadoje.

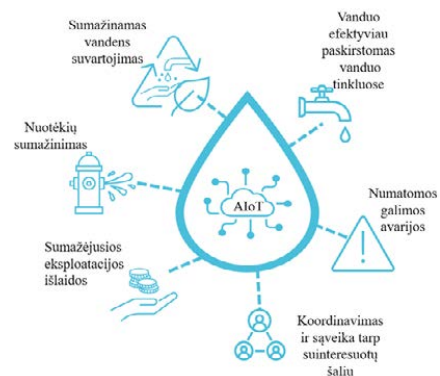
3. Tyrimo rezultatai

Išanalizavus mokslinius straipsnius vandentvarkos tematika ir pasinaudojus „StartUs Insights Discovery“ internetinės platformos duomenimis, buvo sudaryta pagrindinių tendencijų vandentvarkoje lentelė (žr. 1 lentelė). Pateiktoje lentelėje išskiriamos 8 pagrindinės tendencijos vandentvarkos srityje: skaitmeninė vandentvarka, nuotekų valymas ir pakartotinis panaudojimas, vandens ir nuotekų filtravimas, potvynių prevencija, vandens taupymo technologijos, decentralizuota infrastruktūra, naujų medžiagų ir technologijų kūrimas, vandens gėlinimas.

Dirbtiniu intelektu pagrįstoje platformoje „StartUs Insights Discovery“, apimančioje daugiau nei 3 790 000 startuolių visame pasaulyje, 2023 metų rugpjūčio mėnesį vandentvarkos srityje buvo užregistruoti 3771 startuoliai. Didžiausią dalį (27 %) sudarė startuoliai, taikantys inovacijas skaitmeninėje vandentvarkoje, o mažiausiai (6 %) – taikė inovacijas vandens gėlinime.

3.1. Skaitmeninė vandentvarka

Pasak Boyle et al. (2022), vandentvarkos įmonės vis daugiau dėmesio skiria skaitmeniniam valdymui. Naujausios technologijos, tokios kaip dirbtinis intelektas (angl. *Artificial Intelligence* (AI)) ir daiktų internetas (angl. *Internet of Things* (IoT)), naudojami siekiant didinti tvarumą, gerinti bendradarbiavimą su valstybinėmis institucijomis, klientų aptarnavimo kokybę, didinti vandentvarkos įmonių efektyvumą ir gerinti technologinių procesų valdymą (Banerjee et al., 2022; Boyle et al., 2022). Pagrindiniai skaitmeninės vandentvarkos privalumai pateikiami 1 pav.



1 paveikslas. Skaitmeninės vandentvarkos privalumai

Kartu su IoT integruotas AI (angl. *Artificial Intelligence of Things* (AIoT)) naudojamas duomenims stebėti realiuoju laiku, t. y. vandens išteklių duomenims valdyti ir analizuoti (Rath et al., 2023), inžinerinės infrastruktūros avarijų prevencijai ar efektyviai avarijų padarinių pašalinimui. AI naudojimas kartu su duomenų sistemomis taip pat padeda spręsti tokias problemas, kaip kibernetinį biologinį saugumo

užtikrinimą (Batarseh et al., 2023), pavyzdžiui, SARS-CoV-2 koncentracijai buitiniuose nuotekose stebėti, židiniams aptikti (Wang et al., 2023).

IoT technologijos, integruotos kartu su statinių informaciniu modeliavimu (angl. *Building Information Modelling (BIM)*) bei infrastruktūros ir pastatų ūkio valdymu (angl. *Facilities Management (FM)*), pagerina pastatų efektyvumą jų eksploatacijos etape: padeda automatiškai išmatuoti sunaudojamo vandens kiekį, išvengti per didelio vandens suvartojimo, sumažina elektros energijos sąnaudas, kurių reikia vandeniui pašildyti, padeda aptikti vandens nuotėkius (ArchDaily, n.d.; Batista et al., 2024; Côrte et al., 2023). Apibendrinant, skaitmeninėje vandentvarkoje naudojamų technologijų naudą jaučia ne tik vandentvarkos įmonės, bet ir valstybinės institucijos bei visuomenė.

3.2. Nuotekų valymas ir pakartotinis vandens panaudojimas

Dėl mažėjančių gėlo vandens šaltinių, didėjančio gėlo vandens poreikio ir atsirandančių naujų pramonės šakų, kurios užteršia gėlo vandens šaltinius, vandentvarkos įmonėms darosi vis sudėtingiau aprūpinti gyventojus vandeniu, taip pat kyla problemų nuotekų valyme, kai dėl didelio nuotekų kiekio apkraunamos nuotekų valyklos (Van de Walle et al., 2023). Siekdami pašalinti šias problemas ir sumažinti poveikį aplinkai, įvairūs pasaulio mokslininkai siūlo taikyti hidrologinius ciklus, integruojamus su pilkojo vandens valymo sistemomis (žr. 2 pav.), siekiant sumažinti ne tik geriamojo vandens suvartojimą, į aplinką išleidžiamų nuotekų kiekį, bet ir sumažinti energijos sąnaudas šiems procesams. Vienas iš galimų problemos sprendimų būdų gali būti cikliniai hidrologiniai procesai. Ciklinio hidrologinio proceso metu į pastatus centralizuotais vandentiekio tinklais gali būti tiekiamas gėlas vanduo, panaudotas pilkasis vanduo gali būti surenkamas iš dušų, praustuvų, baseinų ir siunčiamas į vietinius valymo įrenginius, kur jis išvalomas ir pakartotinai naudojamas tualetams plauti, augalams

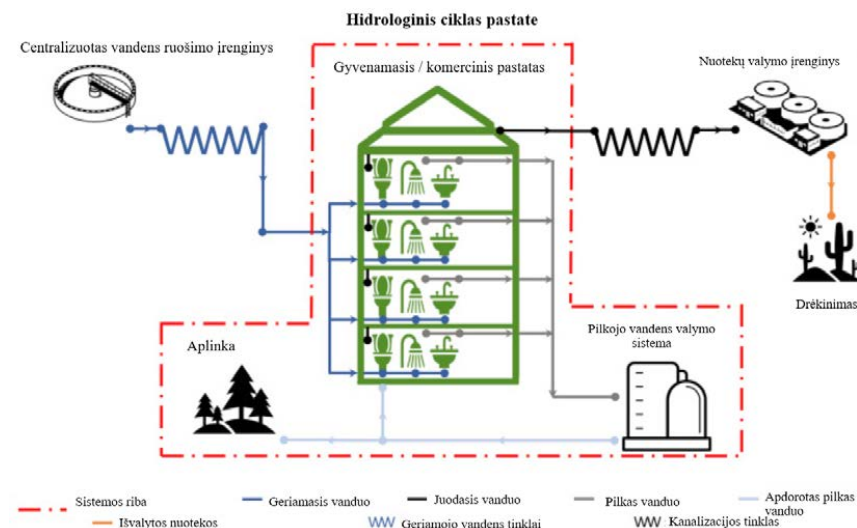
laistyti. Iš tualetų surinktas juodasis vanduo ciklinio hidrologinio proceso metu gali būti nukreipiamas į centralizuotus vandentvarkos įmonių tinklus, kur išvalytas dviem ar trimis lygiais būtų panaudojamas augalams laistyti (Yoonus & Al-Ghamdi, 2020). Kadangi tualetai sunaudoja tik apie 25 % vandens, o apie 50–80 % buitinių nuotekų galima priskirti pilkojo vandens kategorijai, pritaikius hidrologinį ciklą komerciniuose ir daugiabučiuose pastatuose, teoriškai būtų galima sutaupyti 50–80 % vandens (Van de Walle et al., 2023; Yoonus & Al-Ghamdi, 2020). Į šį procesą įtraukus dar ir šilumokaičius, būtų galima sutaupyti dar daugiau energijos vandens šilumai palaikyti, taip dar labiau prisidedant prie tvarios aplinkos kūrimo.

3.3. Vandens filtravimas

Siekdami užtikrinti tvarumą ir sumažinti pavojų, kylantį vandens ištekliams dėl didėjančios aplinkos taršos pavojingomis organinėmis ir neorganinėmis dalelėmis, įvairūs pasaulio mokslininkai ieško inovatyvių filtravimo metodų. Pavyzdžiui, pradeda taikyti nanofiltraciją, panaudodami nanoporines membranas, kurios gali būti naudojamos druskoms ir metalo jonams pašalinti iš vandens (Priya et al., 2022). Nanoporinės membranos pasižymi dideliu pralaidumu, jų gyvavimo ciklas yra ilgesnis, lyginant su kitomis membranomis (García Doménech et al., 2020).

Geriamajam vandeniui gali būti naudojamas elektrocheminis filtravimas. Naudojant elektrocheminį filtravimo metodą, kuris palengvina vandens išsankstinį apdorojimą ir sumažina cheminių medžiagų naudojimą vandens valyme, padidinamas geriamojo vandens paruošimo proceso efektyvumas ir sumažinamos energijos sąnaudos (Qi et al., 2024).

Užterštam vandeniui filtruoti taip pat gali būti naudojamos datulių sėklos. Panaudojus jas kaip filtravimo medžiagą, galima pasiekti 95 % efektyvumą, pašalinant alyvą iš vandens (AlHomadhi et al., in press).



2 paveikslas. Pastato hidrologinis ciklas integruotas su pilkojo vandens sistema (Yoonus & Al-Ghamdi, 2020)

Išmaniųjų technologijų taikymo vandentvarkoje analizė	2 psl.
<i>Gintarė Piaseckienė, Jurgita Antuchevičienė</i>	
Kaip pritaikyti dirbtinį intelektą (DI) vandentvarkos sektoriuje?	6 psl.
<i>Jaana Pulkkinen</i>	
Kaip pasiekti greitą investicijų į ArcGIS grąžą vandentvarkos sektoriaus įmonei?	8-9 psl.
<i>Raminta Povilaitytė</i>	
Naujos kartos organiniai teršalai požeminiame vandenyje	10 psl.
<i>Rasa Radienė</i>	
Lietaus nuotekų tvarkymo iššūkiai ir klausimai	13 psl.
<i>Marina Valentukevičienė, Ramunė Žurauskienė</i>	
Tauragės vandenvietę saugojo 40 šaulių	14 psl.
<i>Tomas Raulinavičius</i>	
Naujienos / Įvykiai / Faktai	15 psl.
UAB „Hnit-Baltic“	
8-9 psl.	

3.4. Potvynių prevencija

Miestai ir jų antžeminės bei požeminės erdvės vis dar yra jautrios antžeminiams ir požeminiams potvyniams, dėl kurių žūsta žmonės, padaroma žala turtui, infrastruktūrai ir aplinkai. Remiantis Prashar et al. (2023) duomenimis, vidutiniai potvynių nuostoliai siekia 330 milijardų Jungtinių Amerikos Valstijų dolerių, iš kurių 47 % žalos sudaro turto sugadinimas.

Tam, kad būtų apsaugotos antžeminės ir požeminės teritorijos, pradėdamos naudoti AIoT technologijos. IoT įrenginiai, tokie kaip radarai, jutikliai vėjo kryptčiai, kritulių stebėsenai, renka ir fiksuoja duomenis realiuoju laiku. AI suteikia galimybę prognozuoti bei padeda priimti sprendimus, laiku uždaryti užtvartų sistemas (Samadi, 2022). AIoT, skaitmeniniai dvyniai, virtualios realybės (angl. *Virtual Reality* (VR)) ir papildytos realybės (angl. *Augmented Reality* (AR)) pritaikymas gerina modeliavimą, duomenų stebėjimą realiuoju laiku ir savalaikių sprendinių priėmimą (He et al., 2024). AIoT technologijų panaudojimo potvyniui stebėti pavyzdys pateikiamas 3 pav.

Kadangi potvyniai dažniausiai yra daugiausiai kainuojančios stichinės nelaimės, kurios sukelia žmogiškuosius, ekonominius, socialinius nuostolius, būtina skirti kuo daugiau dėmesio jų prevencijai ir pasinaudoti šiuolaikinėmis technologijomis, siekiant kaip įmanoma daugiau jų išvengti.

3.5. Vandens taupymo technologijos

Internetinės platformos „StartUs Insights Discovery“ duomenimis, dėl mažėjančio gėlo vandens šaltinių kiekio pasaulyje, startuoliai vandentvarkos srityje sukuria apie 11 % inovacijų, susijusių su vandens taupymu. Kuriami įvairūs IoT davikliai, kurie būna integruoti į sistemas, skirtas stebėti, kontroliuoti ir reguliuoti suvartojamo vandens kiekius. Pagal atliktus tyrimus nustatyta, kad, pavyzdžiui, „Hansgrohe“ dušai ir maišytuvai su IoT davikliais sunaudoja iki 60 % mažiau vandens negu tradiciniai įrenginiai (Bartolini, 2021).

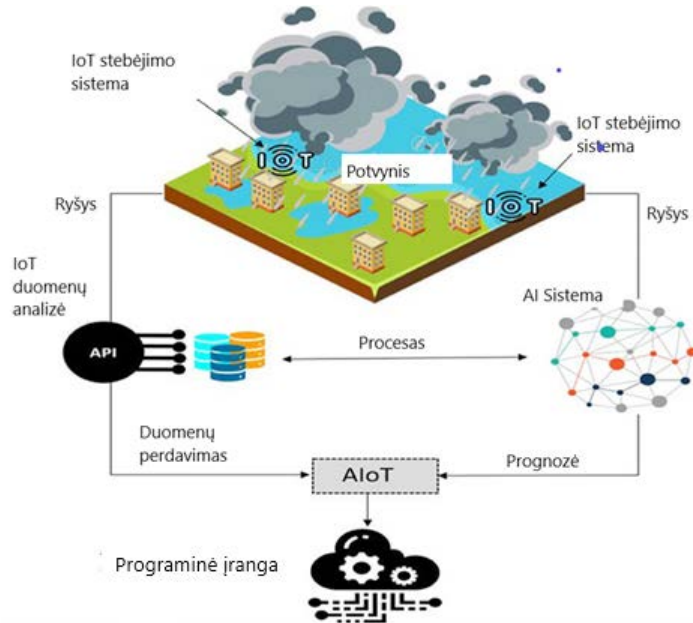
Siekiant padidinti vandens taupymo efektyvumą, svarbu skatinti žemės ūkio sektoriuje diegti IoT drėkinimo technologijas, kurios taupo vandenį, pavyzdžiui, specialias drėkinimo kanalo apsaugas nuo vandens nuotėkio, jutiklius, stebinčius dirvos drėgmę, mikrodrekintuvus ir kt. (Yang et al., 2022), taip pat skatinti žemdirbius naudoti pilkajį vandenį drėkinimui.

Vandeniui taupyti žemės ūkyje yra sukurtas Indijos startuolis „Samhitha“. Tai platforma, skirta atsakingam ūkių drėkinimui. Platformoje, naudojant dronus bei įvairius jutiklius, renkami duomenys orui, dirvožemio drėgmei stebėti ir analizuoti. Surinkti duomenys apdorojami ir jais vadovaujantis užtikrinamas efektyvus, taupus vandens naudojimas žemės ūkyje (StartUs Insights, n.d.).

3.6. Decentralizuota infrastruktūra

Visame pasaulyje vis dar yra daug vietų, kuriose nėra centralizuotų vandentiekio ir buitinių nuotekų tinklų. Taip pat yra ir vietovių, kuriose dėl nepakankamo gėlo vandens kiekio vandentvarkos įmonės negali aprūpinti gyventojų gėlu vandeniu (StartUs Insights Discovery, 2023).

Vandeniui išgauti Indijoje yra sukurtas



3 paveikslas. AIoT technologijos panaudojimas potvyniams stebėti (Samadi, 2022)

„AirOWater“ generatorius, kuris generuoja vandenį, kondensuodamas išgrynintą orą. Šis prietaisas taiko 4 pakopų metodą, kuris, naudodamas anglies pagrindo filtrus, pašalina kietąsias daleles, kvapus ir kitus ore esančius teršalus (Airwater, n.d.).

Čilėje yra sukurta mobili vandens valymo sistema „Remote Waters“, kuri, naudodama membranines technologijas, valo požeminį ar jūros vandenį. Energija šiai sistemai yra tiekama iš saulės baterijų, sumontuotų ant įrenginio. Ši vandens valymo sistema gali išvalyti apie 1000 litrų vandens per parą. Į „Remote Waters“ sistemą yra integruotas AI, kuris padeda kompanijos specialistams nuotoliniu būdu valdyti sistemą ir užtikrinti išvalyto vandens kokybę (Remote Waters, n.d.).

3.7. Naujų medžiagų ir technologijų kūrimas

Siekiant išspręsti straipsnyje aptartus iššūkius vandentvarkos srityje, yra kuriamos naujos bei tobulinamos senieji sukurtos esamos medžiagos, tokios kaip fotokatalizatoriai, moduliniai adsorbentai, nanodalelės ir kt. Norima sukurti naujas medžiagas, kurios būtų selektyvesnės, patikimesnės ir efektyvesnės už šiuo metu vandentvarkos procesuose naudojamas medžiagas (Hidropolika Akademi, n.d.).

Nuotekoms valyti Vokietijoje buvo sukurta medžiaga su aktyvuota anglimi, kuri vandentvarkos įmonių valymo įrenginiuose padeda iš nuotekų išvalyti biocheminį deguonį, ChDS ir amonio azotą (Levapor, n.d.).

Jungtinėse Amerikos Valstijose sukurta technologija vandeniui iš oro išgauti net labai sausomis sąlygomis, naudojant metalo dulkių ir organinių medžiagų struktūrą. Ši technologija išsiskiria tuo, kad gali išgauti vandenį iš oro, kurio santykinis drėgnis didesnis arba lygus 15 % (WaHa, n.d.).

3.8. Vandens gėlinimas

Gėlas jūros vanduo laikomas alternatyviu vandens gavybos būdu, padedančiu

sumažinti geriamojo vandens trūkumą pasaulyje. Jūros vandens gėlinimo procesui reikia daug energijos ir cheminių medžiagų. Tam, kad būtų pasiekti darnios plėtros ir tvarios statybos tikslai, pasaulio mokslininkai ieško tvarių vandens gėlinimo technologijų (Herrera-León et al., 2022).

Vokietijoje šiam tikslui buvo sukurta „Grino“ gėlinimo sistema, kuri, naudodama atvirktinio osmoso valymą, filtruoja vandenį (Grino, n.d.). Taikant šią technologiją, galima gauti aukščiausios kokybės vandenį, pavyzdžiui, gėrimui, žemės ūkiui, pramonei, nepriklausomai nuo gėlinamo vandens šaltinio (Sun Connect News, n.d.). Norvegijoje yra sukurta vandens gėlinimo gamykla, kuri naudoja iš bangų gaunamą energiją tam, kad būtų daromas kuo mažesnis poveikis aplinkai (Solution, n.d.). Visame pasaulyje vandeniui gėlinti taip pat yra naudojama ir saulės energija.

Efektyviam vandens gėlinimui yra naudojamos ir IoT technologijos, debesų platformos, kurios gerina vandens gėlinimo procesą. IoT jutikliai renka ir analizuoja duomenis tam, kad būtų galima priimti tinkamus sprendimus, užtikrinančius efektyvų proceso valdymą ir mažinančius eksploatacijos kaštus (Alshehri et al., 2021; Safer et al., 2022).

4. Išvados

Išnagrinėjus pažangiausias technologijas vandentvarkoje, nustatyta, kad vandens gavyboje, gėlinime, nuotekų valyme plačiai taikomos IoT ir AI technologijos. Jų taikymas suteikia įvairios naudos, tokios kaip efektyvus vandens paskirstymas tinkluose, sumažintas vandens suvartojimas, sumažintas inžinerinės infrastruktūros avarijų kiekis, efektyvesnis inžinerinės infrastruktūros avarijų valdymas, sumažėję vandens nuotėkiai, tvaresni statybos sprendiniai pastatų ūkio valdyme, darnios plėtros siekių įgyvendinimas.

Pakartotinis vandens panaudojimas taip pat gali padėti mažinti vandens trūkumą. Kadangi 50–80 % nuotekų sudaro pilkosios

nuotekos, kurias galima išvalyti ir pakartotinai panaudoti, teoriškai tiek pat vandens būtų galima sutaupyti, panaudojus nuotekų vandenį dar kartą buityje – tualetoams plauti ar laistyti.

Atsinaujinančių technologijų, tokių kaip bangų elektrinių ir saulės energijos, naudojimas vandens gavybai, gėlinimui ir nuotekų valymui, gali padėti sumažinti energijos suvartojimą. Energijos vartojimui mažinti taip pat gali būti taikomi šilumokaičiai, kurie padėtų efektyviau naudoti energiją karštam vandeniui ruošti.

Literatūra

- Airowater. (n.d.). *Airowater atmospheric water generator technology*. Retrieved December 5, 2024, from <https://www.airowater.com/technology>
- AlHomadhi, E., Almobarky, M. A., & Sassi, K. (in press). Oily water treatment using particles of crushed dates seeds as a deep bed filtration material. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2024.03.001>
- Alshehri, M., Bhardwaj, A., Kumar, M., Mishra, S., & Gyani, J. (2021). Cloud and IoT based smart architecture for desalination water treatment. *Environmental Research*, 195, Article 110812. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110812>
- ArchDaily. (n.d.). *How to save water with a smart watermanagement system*. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.arch-daily.com/970711/how-to-save-water-with-a-smart-water-management-system>
- Banerjee, C., Bhaduri, A., & Saraswat, C. (2022). Digitalization in urban water governance: Case study of Bengaluru and Singapore. *Frontiers in Environmental Science*, 10, Article 816824. <https://doi.org/10.3389/FENV.2022.816824>
- Batarseh, F. A., Kulkarni, A., Sreng, C., Lin, J., & Maksud, S. (2023). ACWA: An AI-driven cyber-physical testbed for intelligent water systems. *Water Practice & Technology*, 18(12), 3399–3418. <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.197>
- Batista, L. T., Franco, J. R. Q., Fakury, R. H., Porto, M. F., Alves, L. V. R., & Kohlmann, G. S. (2024). BIM-IoT-FM integration: Strategy for implementation of sustainable water management in buildings. *Smart and Sustainable Built Environment*, 13(5), 1096–1116. <https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2022-0250>
- Boyle, C., Ryan, G., Bhandari, P., Law, K. M., Gong, J., & Creighton, D. (2022). Digital transformation in water organizations. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 148(7), Article 03122001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001555](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001555)
- Bartolini, O. (2021). *How to save water with a smart water-management system*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/970711/how-to-save-water-with-a-smart-water-management-system>
- Côrte, P., Sampaio, H., Lussi, E., & Westphall, C. (2023). IoT energy management for smart homes' water management system. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 32(13), Article 2350217. <https://doi.org/10.1142/S0218126623502171>
- García Doménech, N., Purcell-Milton, F., & Gun'ko, Y. K. (2020). Recent progress and future prospects in development of advanced materials for nanofiltration. *Materials Today Communications*, 23, Article 100888. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2019.100888>
- Grino. (n.d.). *Battery-free solar-based water desalination*. <https://grinowater.com/products>
- He, R., Tiong, R. L., Yuan, Y., & Zhang, L. (2024). Enhancing resilience of urban underground space under floods: Current status and future directions. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 147, Article 105674. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2024.105674>
- Herrera-León, S., Cruz, C., Negrete, M., Chacana, J., Cisternas, L. A., & Kraslawski, A. (2022). Impact of seawater desalination and wastewater treatment on water stress levels and greenhouse gas emissions: The case of Chile. *Science of the Total Environment*, 818, Article 151853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151853>
- Hidropolitika Akademi. (n.d.). *Top 8 water management trends & innovations in 2024*. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.hidropolitikakademi.org/en/article/30702/top-8-water-management-trends--innovations-in-2024>
- Yang, X., Chen, W., Jiang, M., Jiang, P., & Shen, X. (2022). Dual effects of technology change: How does water technological progress affect China's water consumption? *iScience*, 25(7), Article 104629. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104629>
- Yoonus, H., & Al-Ghamdi, S. G. (2020). Environmental performance of building integrated grey water reuse systems based on Life-Cycle Assessment: A systematic and bibliographic analysis. *Science of the Total Environment*, 712, Article 136535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136535>
- Jia, Z., Cai, Y., Chen, Y., & Zeng, W. (2018). Regionalization of water environmental carrying capacity for supporting the sustainable water resources management and development in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 282–293. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.03.030>
- Levapor. (n.d.). *Waste water treatment*. Retrieved December 5, 2024, from <https://levapor.com/>
- Manikandan, S., Subbaiya, R., Saravanan, M., Ponraj, M., Selvam, M., & Pugazhendhi, A. (2022). A critical review of advanced nanotechnology and hybrid membrane based water recycling, reuse, and wastewater treatment processes. *Chemosphere*, 289, Article 132867. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132867>
- Prashar, N., Lakra, H. S., Shaw, R., & Kaur, H. (2023). Urban flood resilience: A comprehensive review of assessment methods, tools, and techniques to manage disaster. *Progress in Disaster Science*, 20, Article 100299. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2023.100299>
- Priya, A. K., Gnanasekaran, L., Kumar, P. S., Jalil, A. A., Hoang, T. K. A., Rajendran, S., Sotomoscoco, M., & Balakrishnan, D. (2022). Recent trends and advancements in nanoporous membranes for water purification. *Chemosphere*, 303, Article 135205. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135205>
- Qi, Y., Li, D., Zhang, S., Li, F., & Hua, T. (2024). Electrochemical filtration for drinking water purification: A review on membrane materials, mechanisms and roles. *Journal of Environmental Sciences*, 141, 102–128. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.06.033>
- Rath, M., Tripathy, S. S., Tripathy, N., Panigrahi, C. R., & Pati, B. (2023). AIoT-based water management and IoT-based smart irrigation system: Effective in smart agriculture. In *AIoT technologies and applications for smart environments* (pp. 93–112). The Institution of Engineering and Technology. https://doi.org/10.1049/PBPC057E_CH6
- Remote Waters. (n.d.). *Water purification systems*. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.remote-waters.com/system>
- Safeer, S., Pandey, R. P., Rehman, B., Safdar, T., Ahmad, I., Hassan, S. W., & Ullah, A. (2022). A review of artificial intelligence in water purification and wastewater treatment: Recent advancements. *Journal of Water Process Engineering*, 49, Article 102974. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102974>
- Samadi, S. (2022). The convergence of AI, IoT, and big data for advancing flood analytics research. *Frontiers in Water*, 4, Article 786040. <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.786040>
- Solution. (n.d.). *Ocean Oasis*. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.oceanoasis.co/solution/>
- StartUs Insights. (n.d.). *Top 8 water management trends in 2025*. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/water-management-trends/>
- Sun Connect News. (n.d.). *Using solar for clean water: Introducing Grino*. Retrieved April 1, 2024, from <https://sun-connect.org/using-solar-for-clean-water-introducing-grino-2/>
- Van de Walle, A., Kim, M., Alam, M. K., Wang, X., Wu, D., Dash, S. R., Rabaey, K., & Kim, J. (2023). Greywater reuse as a key enabler for improving urban wastewater management. *Environmental Science and Ecotechnology*, 16, Article 100277. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2023.100277>
- WaHa. (n.d.). *Breakthrough technology*. Retrieved December 5, 2024, from <https://www.wahainc.com/breakthrough-technology/>
- Wang, Y., Liu, P., VanTassell, J., Hilton, S. P., Guo, L., Sablon, O., Wolfe, M., Freeman, L., Rose, W., Holt, C., Browning, M., Bryan, M., Waller, L., Teunis, P. F. M., & Moe, C. L. (2023). When case reporting becomes untenable: Can sewer networks tell us where COVID-19 transmission occurs? *Water Research*, 229, Article 119516. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119516>

APPLICATION OF SMART TECHNOLOGIES IN WATER MANAGEMENT ANALYSIS

Abstract

More and more regions of the world are suffering due to urbanization and emerging industries. Therefore, water extraction and water management become a priority issue globally. Scientists are beginning to implement the most modern technologies and use sustainable development and sustainable construction solutions which would help solve water management problems. The article analyses the application of the most advanced technologies in water management, which increase the efficiency of buildings in the operational phase and help to implement the goals of sustainable development and sustainable construction. The study found that AI (Artificial Intelligence) and IoT (Internet of Things) technologies can be applied in many areas of water management. For example, monitoring and prevention of engineering network accidents, water distribution in engineering networks, wastewater treatment, water desalination processes, selection of efficient water-saving engineering solutions, flood prevention and implementation of sustainable construction. The implementation of the most modern technologies benefit citizens, state institutions, water management companies and the ecosystem.

Keywords: water management, wastewater treatment, Internet of Things, artificial intelligence, water desalination, sustainable construction, sustainable development.



KAIP PRITAIKYTI DIRBTINIŲ INTELEKTŲ VANDENS SEKTORIUJE?

2024 m. UAB „Sweco“ atliko preliminarų tyrimą apie dirbtinio intelekto (DI) pritaikymą Suomijos vandens tiekimo sektoriuje. Projekto tikslas – demistifikuoti dirbtinį intelektą, išanalizuoti jo galimybes, keliamas grėsmes ir iššūkius, nustatyti vandens tiekimo sektoriaus gebėjimą pritaikyti dirbtinio intelekto sprendimus savo veikloje. Šis preliminarus tyrimas – vienas iš projektų, finansuojamų Suomijos vandentvarkos asociacijos plėtros fondo.

Kalbant apie DI sprendimus dažnai pirmiausia į galvą ateina „ChatGPT“, kuris yra pagrįstas dideliais kalbų modeliais (DKM) ir neuroniniais tinklais (dirbtiniai neuroniniai tinklai – DNT), bet tai tikrai nėra vienintelis pavyzdys. DI galima palyginti su įrankiu dėže, kurioje gausu įvairiausių įrankių, t. y. DI sprendimų. Svarbu gebėti atpažinti šiuos skirtingus įrankius ir pasirinkti tinkamiausią kiekvienam pritaikymui bei poreikiui. Vandens tiekimo sektoriuje dažnai reikalingos dviejų skirtingų sričių ekspertinės žinios: vandens tiekimo ir DI sprendimų.

Dirbtinis intelektas – informatikos mokslo sritis, apimanti mašinų ir programinės įrangos, galinčios atlikti užduotis, kurioms įprastai reikia žmogiškajam intelektui būdingų gebėjimų, kūrimą. Be užduočių vykdymo, tikimasi, kad mašinos priims sprendimus remdamosi įgytomis žiniomis. Pagrindinis tikslas – bendrasis DI, kuris gebėtų atlikti kognityvines užduotis kaip žmogus. DI istorija siekia 1940-uosius, kai buvo pradėti pirmieji neuroninių tinklų tyrimų etapai.

Šiuo metu dažniausiai naudojami DI sprendimai yra sukurti konkrečioms užduotims atlikti, o ne plataus masto operacijoms vykdyti. Pavyzdžiui, pokalbių robotai, rekomendacijų algoritmai ir kalbos atpažinimo sistemos yra vadinamojo siaurojo DI pavyzdžiai. DI taip pat gali būti skirstomas į kompiuterinį intelektą (pvz., dirbtiniai neuroniniai tinklai), suvokimą (natūralios kalbos apdorojimas (NKA) ir kompiuterinis matymas), mašininį mokymą ir simbolinį DI (ekspertų sistemas). Sprendimai, pagrįsti NKA ir DKM, tokie kaip „ChatGPT“, nėra tinkami įrankiai, siekiant aptikti anomalijas iš didelio kiekio skaitinių duomenų. Senas posakis „Geras planavimas – pusė darbo“ taip pat tinka ir DI sprendimų pritaikymui, nes aiškus planas ir tikslai padeda efektyviai bei tikslin- gai panaudoti gautus rezultatus.

Viskas priklauso nuo duomenų

Svarbu prisiminti, kad dirbtinis inte-

lektas iš esmės yra labai didelis tikimybių funkcijų rinkinys. DI pateikiamus atsakymus ir jų tikslumą reikėtų vertinti atsargiai, nes DI mokymui naudojami duomenys turi didelę įtaką rezultatams. Dėl šios priežasties būtina įsitikinti, kad įvedami duomenys yra kokybiški.

Duomenų kokybę užtikrina daugybė svarbių aspektų. Pirmiausia būtina žinoti, kokių duomenų reikia, kaip jie renkami ir saugomi, kaip užtikrinti jų prieinamumą. Net ir nedidelės klaidos gali turėti didelę reikšmę DI veikimui ir rezultatams. Taip pat labai svarbus ir duomenų kiekis, pavyzdžiui, kalbant apie mašininio mokymosi modelius. Didelis kokybiškų, t. y. išsamių, tinkamų ir be klaidų, duomenų kiekis leidžia užtikrinti efektyvesnį modelio diegimą. Siekiant gauti patikimus DI sprendimų rezultatus tiek dabar, tiek ateityje, vandens tiekimo įmoneis svarbu investuoti į renkamų duomenų kokybę, nepriklausomai nuo to, ar tai būtų automatizavimo duomenys, ar tinklo informacija. Vandens tiekimo įmonės taip pat turėtų atsižvelgti į tai, kokių tikslu duomenys renkami, kur ir kodėl jie renkami, kaip surinkti duomenys žymimi. Be to, duomenų rinkimui ir apdorojimui turėtų būti nustatyti aiškūs procesai ir rodikliai.

Algoritmai ir mašininis mokymasis analizėms bei prognozėms kurti

Tarkime, kad vandens tiekimo įmonė siekia prognozuoti vandens suvartojimą. Tam sukuriamas DI pagrįstas mašininio mokymosi algoritmas, kuris naudoja ne tik įmonės sukauptus istorinius vandens suvartojimo duomenis, bet ir meteorologinius duomenis bei informaciją apie savaitės dienas, kad išmokytų prognozuoti būsimą vandens suvartojimą. Algoritmas yra tarsi receptas: tai nurodymų ir taisyklių rinkinys, kuris, laikantis jų, padeda išspręsti problemą arba, šiuo atveju, sukurti vandens suvartojimo prognozę. Algoritmas nuolat apdoroja duomenis ir generuoja nuolatinę prognozes, o vandens tiekimo įmonė gali panaudoti tokią informaciją, pavyzdžiui, siurbimo tinklui optimizuoti.

Algoritmai yra mašininio mokymosi pagrindas. Jie gali būti labai paprasti arba gana sudėtingi. Svarbiausia, kad jie padėtų tiksliai ir efektyviai išspręsti problemą. Taikant mašininio mokymosi algoritmą, galima susidurti su problema, kai modelis yra per daug sudėtingas, lyginant su duomenimis, pagal kuriuos jis buvo apmokytas. Tokiu atveju modelis perelgy-

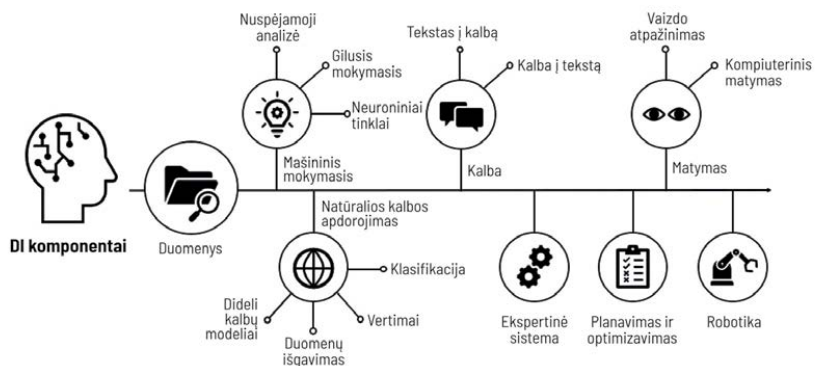
prisitaiko prie specifinių mokymo duomenų ypatybių ir nebesugeba užtikrinti efektyvių sprendimų naudojant testavimo duomenis. Tai vadinama permokymu (angl. *overfitting*). Mašininio mokymosi algoritmai gali būti naudingi ne tik vandens suvartojimui prognozuoti, bet ir duomenims iš nuotekų siurblių apdoroti, nuotekų srautų kiekiams ir perpildymui prognozuoti bei užsikimšimams aptikti. Mašininis mokymasis ir algoritmai taip pat gali būti naudojami optimizuojant nuotekų valymo įrenginių aeracijos procesą.

Mašininio mokymosi procesą sudaro keturi etapai: problemos apibrėžimas; duomenų surinkimas, išankstinis duomenų apdorojimas ir suskirstymas; modelio mokymas ir testavimas; stebėseną ir priežiūrą. Modelio mokymas vyksta naudojant mokymo duomenis, o testavimas atliekamas su testavimo duomenimis. Kai modelis yra apmokytas ir ištestuotas, galima pradėti jo praktinį taikymą. Net jei modelis jau buvo įdiegtas anksčiau, jį vis tiek reikia atnaujinti ir optimizuoti, kad jis atitiktų naudojamų poreikius. Išskiriami keturi pagrindiniai mašininio mokymosi metodai: prižiūrėjimas, nepriklausomas, iš dalies prižiūrėjimas ir mokymasis su pastiprinimu. Išsiaiškinus jų skirtumus, galima parinkti kiekvienam duomenų tipui ir problemos sprendimui tinkamiausią metodą.

Svarbu atminti, kad remiantis mašininio mokymosi sukurtas modelis retai būna iki galo paruoštas iš karto po jo įdiegimo. Pavyzdžiui, jei kalbame apie modelį, apdorojantį nuotekų siurblių duomenis, jis greičiausiai generuos kelis nereikalingus įspėjimus tol, kol ims veikti optimaliai, o įspėjimai bus pagrįsti situacijomis, kurioms reikalingas realus atsakas. Tokiu atveju vandens tiekimo įmonės darbuotojai turi turėti numatytas aiškias procedūras, kaip reaguoti į mašininio mokymosi modelio sugeneruotus įspėjimus ir kaip tinkamai atnaujinti modelį. Modelio derinimas, siekiant pasiekti optimalų jo veikimą, visada reikalauja daug laiko ir išteklių.

Natūralios kalbos apdorojimas (NKA) ir dideli kalbų modeliai (DKM) gali palengvinti klientų aptarnavimą

Dabar DI sprendimai atlieka tik vieną specifinę užduotį vienu metu. Rinktis galima tarp sprendimo, kuris yra pažangus atliekanti skaičiavimus, arba sprendimo, kuris pažangus skaitant. Pirmiau aptarti skaičiavimais pagrįsti DI sprendimai ir jų galimybės, o dabar pereikime prie kalbos DI sprendimų. Dirbtinio intelekto ir duo-



1 pav. Dirbtinio intelekto sudėtinės dalys

menų apdorojimo srityje natūralios kalbos apdorojimas koncentruojasi į tai, kaip kompiuteriai supranta, interpretuoja ir apdoroja žmonių vartojamą kalbą. Viso to tikslas – kad kompiuteris galėtų bendrauti rašant ar kalbant taip, tarsi tai darytų kitas žmogus.

Didieji kalbos modeliai, tokie kaip „OpenAI“ sukurti GPT-3 ir GPT-4, yra pagrįsti giluminio mokymosi technika ir apmokomi didžiuliais tekstų duomenų kiekiais. Šie modeliai gali versti tekstus į kitas kalbas, atsakyti į klausimus ir apibendrinti teksto turinį. Jei ieškote informacijos pasitelkę didelį kalbos modelį, svarbu prisiminti, kad kalbos modelis negali įvertinti šaltinių patikimumo arba interpretuoti sudėtingos informacijos. Pateikti atsakymai taip pat gali būti šališki, jiems įtakos turi išankstinės nuostatos. Praktikoje kalbos modelis niekada nėra visiškai nešališkas ar neutralus. Kalbos modeliai gali generuoti informaciją, kuri skamba įtikinamai, tačiau yra visiškai nepagrįsta, todėl kalbos modelio naudotojo atsakomybė – užtikrinti atsakymo tikslumą ir atskaidyti jo naudojimą.

Vandens tiekimo srityje kalbos modeliai gali būti naudojami, pavyzdžiui, klientų aptarnavimo procese, atsakant į elektroninius laiškus arba rengiant kitokio pobūdžio tekstus. Kalbos modeliu pagrįstas DI taip pat turi būti tinkamai apmokytas, kad atitiktų vandens tiekimo įmonės poreikius. Darbu su kalbos modeliais pritaikoma pokalbių užklausų inžinerija. Geras užklausas sudaro šie aspektai: užduotis, tema, tikslinė auditorija, vaidmuo, kontekstas, stilius ir formatas.

Saugumas ir etika

Dirbtinio intelekto technologija sukūrė

daugybę galimybių, tačiau taip pat kilo nemažai iššūkių dėl saugumo, teisės ir etikos. „Traficom“ agentūra Suomijoje užtikrina informavimą apie aktualias situacijas kibernetinio saugumo srityje, vysto ir stebi komunikacijos tinklų patikimumą ir saugumą. Mašininio mokymosi pagrindu veikiančios DI sistemos gali tapti įvairių atakų, tokių kaip modelio manipuliavimas, duomenų vagystė ar priešiška įvestis, subjektu. Kuriant DI modelius, susiduriama su keliomis rizikomis, kurios gali paveikti sistemos konfidencialumą, integralumą ir prieinamumą.

Privatumo ir duomenų apsauga taip pat yra labai svarbūs DI pritaikymo aspektai. Europos Sąjungos pagrindinių teisių chartija, konstituciniai, nacionaliniai ir kiti įstatymai bei reglamentai sudaro pagrindą DI naudojimui reguliuoti. Vertinant DI etinį poveikį, labai svarbu atsižvelgti į asmens teises ir laisves. Europos Sąjunga parengė dirbtinio intelekto akta, kuriuo reikalaujama užtikrinti rizikos valdymą, žmogaus priežiūrą, stabilumą ir saugumą. Minėtas reglamentas nustato reikalavimus, taikomus aukštos rizikos DI sprendimams pritaikyti, pavyzdžiui, sistemoms, susijusioms su kritinės infrastruktūros valdymu. ES Bendrasis duomenų apsaugos reglamentas (GDAR) taip pat turi įtakos DI sprendimams naudojamų duomenų apsaugai. DI sistemos turi būti paaiškinamos, atsparios klaidoms ir stebimos, siekiant užtikrinti kibernetinį saugumą ir duomenų apsaugą. Be to, turi būti užtikrinta ir prieigų, susietų su DI sistemomis, sauga.

DI modeliai vartoja energiją tiek mokymo, tiek veikimo fazijų metu. Pavyzdžiui, duomenų centrams, kuriuose veikia DI modeliai, reikia tiek elektros energijos, tiek aušinimo. Dėl šios priežasties svarbu

įvertinti, ar DI iš tikrųjų kuria tikrą pridėtinę vertę, o galbūt tą patį rezultatą galima pasiekti pritaikant kitus lankstesnius metodus. Duomenų centrai taip pat daro įtaką aplinkosaugai, o blogiausiu atveju jie gali padidinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir sukelti vandens tiekimo trūkumą. Dėl šios priežasties elektra, reikalingą DI sistemoms naudoti, reikėtų gaminti pasitelkiant atsinaujinančius energijos šaltinius, o DI sistemų paliekamas anglies pėdsakas ir efektyvumas turėtų būti tinkamai įvertinti.

Dirbtinis intelektas vandens valdymo sektoriuje

Norint pasinaudoti dirbtinio intelekto potencialu vandentvarkoje, būtina atkreipti dėmesį į duomenis ir jų kokybę. Aukštos kokybės gausūs duomenys sudaro geriausią dirbtinio intelekto naudojimo pagrindą. Vandens tiekimo įmonės turėtų paskirti asmenį, atsakingą už duomenų kokybę, laikymą ir išsaugojimą. Kai vandens tiekimo įmonė turi geras duomenų rinkimo ir saugojimo praktikas, ji gali, pavyzdžiui, panaudoti dirbtinio intelekto sprendimus rutininėms užduotims atlikti ir taip sumažinti darbuotojų išteklius. Dirbtinis intelektas išsiskiria tuo, kad jis neįaučia nuovargio ar dėmesingumo trūkumo, veikia greitai, gali vykdyti rutinines užduotis, skaičiavimus, turi trumpalaikę atmintį ir geba susidoroti su keliomis užduotimis vienu metu. Be to, dirbtinis intelektas gali atlikti stebėjimus, kurie pranoksta žmogaus pojūčius.

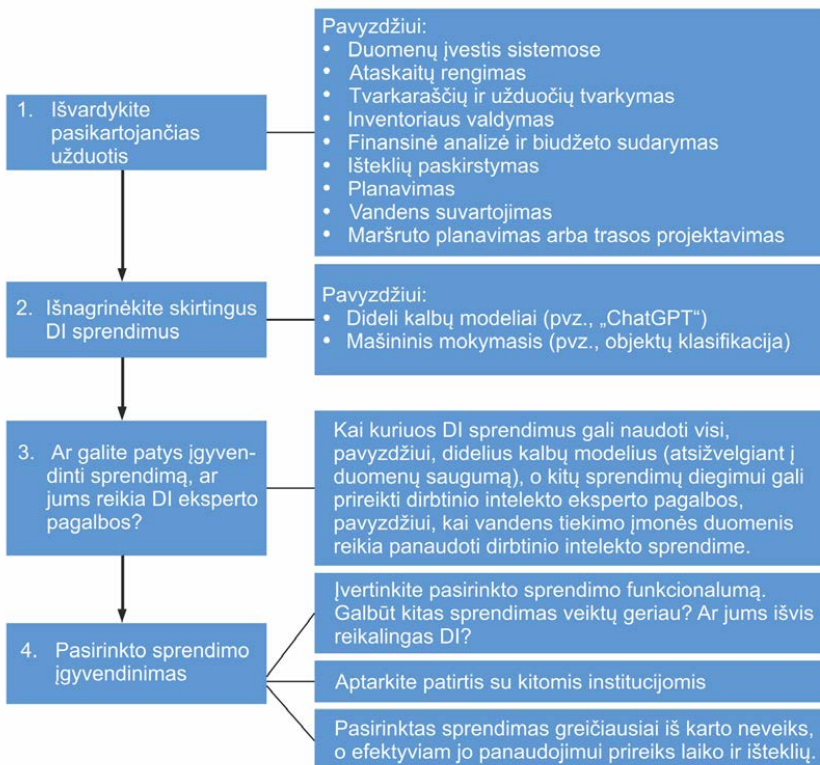
Siekiant užtikrinti dirbtinio intelekto ateitį vandentvarkos sektoriuje, būtina numatyti aiškias vizijas ir tikslus. Dirbtinis intelektas gali palengvinti ir pagerinti daugelį procesų, tačiau jo pritaikymas reikalauja nuodugnių svarstymų. Pirmiausia svarbu suvokti esamą iššūkį ar užduotį, paskui pasirinkti tinkamiausią dirbtinio intelekto sprendimą. Kartais protingiau pasinaudoti kitu sprendimu, o ne dirbtiniu intelektu. Svarbiausia pradėti nuo poreikio įsivertinimo, o ne nuo pačios technologijos diegimo. Remiantis atliktu pirminiu tyrimu, dirbtinį intelektą patartina naudoti prognozuojamai priežiūrai, nuotėkiui ar kitoms anomalijoms aptikti ir energijos vartojimui optimizuoti. Dirbtinio intelekto pritaikymas šioms užduotims gali turėti reikšmingą įtaką taupymo galimybėms.

Žmonėms tenka didelė atsakomybė ir vaidmuo dirbtinio intelekto sprendimų naudojimo, valdymo, rezultatų interpretavimo ir sprendimų priėmimo atžvilgiu. Dirbtinio intelekto sprendimai yra įrankiai, kuriems pritaikyti reikalingas ekspertinės žinios ir nuolatinis stebėjimas. Taigi dirbtinis intelektas nepakeičia žmogaus, tačiau gali pakeisti darbo turinį.

Jaana Pulkkinen

Skaitmeninių sprendimų ir turto valdymo skyriaus vadovė

„Sweco Finland Oy“ | Kouvola
Tel. +358 40 353 9023
jaana.pulkkinen@sweco.fi
www.sweco.fi



2 pav. Kaip pradėti naudoti dirbtinį intelektą

hnit.baltic

KAIP PASIEKTI GREITĄ INVESTICIJŲ Į ArcGIS GRAŽĄ VANDENTVARKOS SEKTORIAUS ĮMONEI?

Geografinės informacinės sistemos (GIS) jau tapo neatsiejama modernių vandentvarkos įmonių veiklos dalimi. Didžioji dalis vandens tiekimo, buitinių ir lietaus nuotekų tinklus administruojančių Lietuvos organizacijų ArcGIS naudoja efektyviam valdomų inžinerinių tinklų administravimui, infrastruktūros priežiūrai ir operatyviam reagavimui į avarines situacijas. Tai leidžia įmonėms ne tik sumažinti veiklos sąnaudas, bet ir pagerinti paslaugų kokybę. Vis dar susiduriama su klaidingu požiūriu, kad ArcGIS diegti reikalingos didelės investicijos ir daug laiko, kol sistema pradeda duoti gražą.

Kaip suvaldyti turbūt svarbiausius iššūkius, susijusius su senstančia infrastruktūra ir darbuotojų kaita, ir kartu pasiekti greitą investicijų į ArcGIS atsiperkamumą, diskutavome neseniai vykusiam seminare Tauragėje „**Vandentiekio, nuotekų ir lietaus tinklų valdymas naudojant ArcGIS**“. Šiame straipsnyje apibendrinsime svarbiausius ArcGIS pranašumus, pateiksime lengvai įgyvendinamus ir jau taikomus pavyzdžius.

Senstančios infrastruktūros iššūkių valdymas su ArcGIS

Vamzdynų ir tinklų amžius – pagrindinis vandentvarkos problemų šaltinis. Daugelyje miestų vis dar eksploatuojami vamzdynai, nutiesti prieš 40–50 metų. Tokie tinklai:

- mechaniniu būdu nusidėvėję (korozija, įtrūkiai, vidinių paviršių erozija);
- prastai pritaikyti dabartinėms apkrovoms (padidėjęs vartojimas, urbanizacija);
- lengviau pažeidžiami dėl klimato kaitos poveikio (potvyniai, grunto poslinkiai);
- pralaidesni teršalams, dėl ko kyla vandens kokybės problemos.

Dėl šių priežasčių gedimų ir remonto poreikis kasmet auga, o jų likvidavimas kainuoja vis daugiau. Be to, netikėti vamzdynų trūkiai gali sukelti didelius aplinkosauginius ir ekonominius nuostolius, ypač tankiai urbanizuotose vietovėse.

Kaip ArcGIS padeda identifikuoti ir valdyti senstančios infrastruktūros problemas?

ArcGIS suteikia galimybę ne tik vizualizuoti esamą vandentiekio ir nuotekų tinklų būklę, bet ir atlikti kompleksinę analizę, padedančią priimti sprendimus dėl tinklų atnaujinimo ir priežiūros darbų.

Gedimų ir avarių žemėlapių sudarymas

Naudojant ArcGIS, galima sudaryti incidentų istorijos žemėlapius, kurie aiškiai rodo, kuriose tinklo vietose dažniausiai pasitaiko sutrikimų. Tai leidžia nustatyti:

- aukštos rizikos zonas, kur vamzdynai yra ypač nusidėvėję;
- vietas, kuriose pasikartojančios avarijos rodo konstrukcinius defektus;
- tinklo segmentus, kuriuos būtina skubiai atnaujinti.

Avarių kartografavimas leidžia numatyti prevencinius veiksmus, o ne tik reaguoti į jau įvykusias problemas.

Senėjimo analizė ir rizikos vertinimas

ArcGIS leidžia susieti infrastruktūros amžių su kitais veiksniais:

- medžiagos tipu (ketaus, PVC, betonas, plienas);
- apkrova ir slėgio pokyčiais;
- klimato sąlygų poveikiu;
- iš kitų sistemų integruotais hidrauliniiais parametrais (srauto greičiu, slėgio svyravimais).

Šių duomenų analizė padeda sudaryti tikslų tinklo būklės modelį ir numatyti, kur artimiausiu metu gali atsirasti gedimai. Taip investicijas galima nukreipti į dalis, kurios jau nusidėvėjo, bet dar neneša nuostolių (kryptingos, pagrįstos investicijos).

Remonto ir investicijų planavimo optimizavimas

ArcGIS suteikia galimybę modeliuoti įvairius infrastruktūros atnaujinimo scenarijus ir įvertinti jų ekonominį bei techninį poveikį. Tai leidžia:

- prioretizuoti remonto darbus pagal avarių riziką;
- optimizuoti investicijų paskirstymą;
- užtikrinti ilgalaikį efektyvumą, mažinant eksploatacines išlaidas.

Naudojant ArcGIS, galima rasti optimalų balansą tarp renovacijos ir tinklų plėtros, taip išvengiant nepagrįstų išlaidų.

Vandens tiekimo efektyvumo didinimas naudojant ArcGIS

Be avarių prevencijos, ArcGIS padeda optimizuoti priežiūros infrastruktūros veikimą:

• **Nuotėkio analizė ir kontrolė.** Vandens nuotėkiai – viena didžiausių senstančių tinklų problemų. ArcGIS leidžia identifikuoti vietas, kuriose slėgio paradimas rodo paslėptus vamzdynų įtrūkimus ar gedimus.

• **Hidraulinis modeliavimas.** ArcGIS kartu su hidrauliniiais modeliais padeda įvertinti vandens srauto pasiskirstymą ir identifikuoti butelio kakliukus, kurie trukdo efektyviai veikti vandens tiekimo sistemai.

• **Automatinė infrastruktūros priežiūra.** ArcGIS gali būti integruota su SCADA sistemomis, leidžiančiomis realiuoju laiku stebėti tinklo būklę ir greitai reaguoti į slėgio, pralaidumo ar kokybės pokyčius.

Skaitmeninis dvynys (Digital Twin) ir prognozuojamoji priežiūra

Vienas iš moderniausių ArcGIS taikymo senstančiai infrastruktūrai valdyti būdų yra skaitmeninis dvynys – virtualus tinklo modelis, kuriame realūs duomenys nuolat atnaujinami pagal jutiklių, SCADA sistemų ir kitų šaltinių duomenis.

Šis metodas leidžia:

- realistiškai modeliuoti galimus avarių scenarijus;
- testuoti įvairias tinklo pertvarkymo strategijas;
- stebėti ilgalaikį infrastruktūros nusidėvėjimą ir numatyti remonto poreikius prieš įvykstant avarijoms.

Proaktyvi priežiūra, paremta ArcGIS duomenimis, leidžia vandens tiekimo įmonėms pereiti prie prevencinio valdymo, optimizuoti išteklius ir mažinti nuostolius, taip taupant lėšas plėtrai bei paslaugų gerinimui.

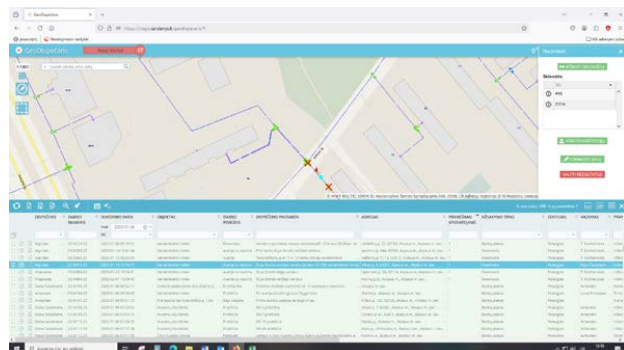
ArcGIS padeda įveikti darbuotojų kaitos iššūkius

Darbuotojų kaita – vienas pagrindinių iššūkių daugelyje organizacijų, ypač tose, kuriose svarbus ilgalaikis duomenų kaupimas, analizė ir nuoseklus projektų vykdymas. ArcGIS gali padėti sumažinti neigiamą darbuotojų kaitos poveikį keliais būdais:

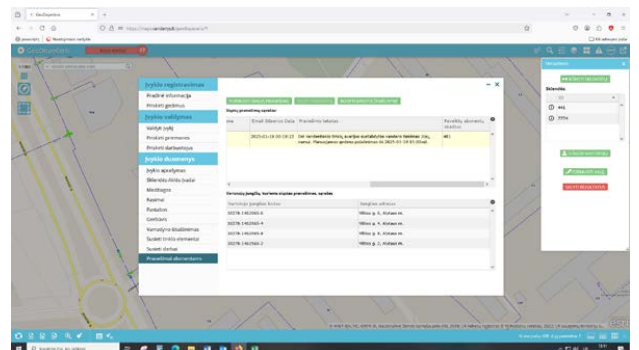
• Žinių išsaugojimas ir perdavimas.

ArcGIS leidžia centralizuotai kaupti ir valdyti erdvinius duomenis, dokumentus, projektų istorijas ir kitą svarbią informaciją. Net jei darbuotojas palieka organizaciją, jo sukauptos žinios lieka ArcGIS duomenų bazėje, prieinamos naujiems specialistams. Tai užtikrina sklandų žinių perdavimą ir sumažina poreikį nuolat mokytį naujus darbuotojus nuo nulio.

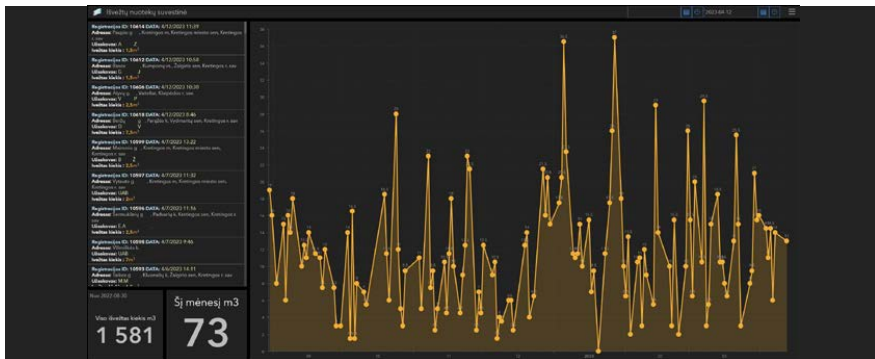
• **Automatizuoti procesai ir standartizuoti darbo metodai.** ArcGIS technologijos leidžia sukurti automatizuotus darbo procesus, standartines duomenų rinkimo, analizės ir pateikimo metodikas. Tai reiškia, kad naujas darbuo-



1 pav. „Džukijos vandenys“ naudojama darbinė švieslentė, kurioje matomi registruoti darbai, jų lokacija ir atlikimo būseną



2 pav. Pranešimų abonentams formavimas „Džukijos vandenys“ naudojamoje aplinkoje



3 pav. „Kretingos vandenys“ darbinė aplinka. Išvežtų nuotekų suvestinė – galutinė statistika

tojas gali greitai perprasti organizacijos veiklos principus ir pradėti dirbti efektyviai.

• **Interaktyvūs mokymai ir naudotojų vadovai.** ArcGIS platformos gali būti pritaikytos mokymams, pateikiant interaktyvius žemėlapius, duomenų analizės įrankius ir aiškiai struktūruotą informaciją apie organizacijos veiklą. Tai leidžia naujiems darbuotojams greičiau įsisavinti svarbiausias funkcijas, sutrumpinant mokymosi laiką ir didinant darbo našumą.

• **Nuotolinė prieiga ir komandinio darbo galimybės.** ArcGIS leidžia darbuotojams dirbti iš bet kurios vietos, naudojantis debesijos technologijomis. Tai ypač naudinga keičiantis specialistams – naujas darbuotojas gali greitai perimti projektus ir tęsti darbus be fizinio dokumentų ar failų perdavimo.

• **Greita duomenų analizė ir vizualizacija.** ArcGIS suteikia galimybę naujiems darbuotojams greitai susipažinti su esama situacija, vizualizuojant duomenis žemėlapiuose ir atliekant erdvinę analizę. Tai sumažina painiavą, kuri gali kilti keičiantis personalui, ir užtikrina, kad sprendimai būtų priimami remiantis objektyviais, lengvai prieinamais duomenimis.

• **Istorinių duomenų analizė.** ArcGIS leidžia matyti ir analizuoti ankstesnius projektus, sprendimus ir teritorijų pokyčius bėgant laikui. Nauji darbuotojai gali peržiūrėti istorinius duomenis ir lengvai suprasti, kodėl buvo priimti tam tikri sprendimai, taip sumažinant nežinomybės faktorių.

• **Sumažinta klaidų tikimybė.** ArcGIS integruotos taisyklės ir duomenų kokybės užtikrinimo mechanizmai padeda išvengti žmogiskųjų klaidų, dažnai atsirandančių dėl patirties stokos arba informacijos trūkumo keičiantis darbuotojams. Sistemos automatiškai įspėja apie netikslumus, užtikrindamos aukštą duomenų kokybę.

GIS technologijos padeda organizacijoms efektyviau valdyti darbuotojų kaitą, išsaugant žinias, užtikrinant sklandų darbo procesų perimamumą ir mažinant mokymosi laiką naujiems specialistams. Tai leidžia organizacijoms veikti stabiliai ir išlaikyti aukštą darbo efektyvumą net keičiantis personalui.

Greitas atsiperkamumas

Investicijos į ArcGIS gali duoti akivaizdžią naudą jau pirmaisiais metais. Pavyzdžiui, naudojant nuotėkio aptikimo sistemas, galima sumažinti prarandamo geriamojo vandens kiekį ir mažinti remonto išlaidas. Taip pat ArcGIS leidžia automatizuoti daugelį procesų, mažinant rankinio darbo apimtį ir eliminuojant žmogiskųjų klaidų tikimybę.

Kitas svarbus aspektas – avarijų prevencija. ArcGIS suteikia galimybę modeliuoti įvairius scenarijus ir įvertinti infrastruktūros būklę, todėl įmonės gali anksčiau identifikuoti potencialias problemas ir imtis prevencinių priemonių.

nių. Tai ne tik padeda išvengti didelių remonto sąnaudų, bet ir užtikrina nepertaukiamą vandens tiekimą vartotojams.

Kas svarbiausia ir nuo ko pradėti

ArcGIS technologijos yra nepakeičiamos šiuolaikinėje vandentvarkoje, tačiau sėkmingam jų taikymui būtina turėti aiškią strategiją, kokybiškus duomenis, tinkamą infrastruktūrą ir apmokytus darbuotojus. Pradėjus nuo esamos situacijos analizės ir prioritetinių tikslų nustatymo, galima užtikrinti, kad ArcGIS sistemos taps ne tik pagalbinis įrankis, bet ir strateginiu sprendimų priėmimo informacijos šaltiniu. Tačiau pradėti galima (ir net labai rekomenduotina) nuo siauros apimties probleminių sričių, kurios suolaat „degina“ svarbius organizacijos resursus.

Pateikiame keletą sėkmės pavyzdžių, kaip ArcGIS padeda operatyviai spręsti iššūkius Lietuvos vandentvarkos įmonėse.

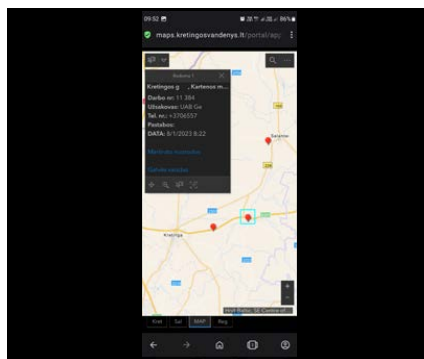
Praktiniai pavyzdžiai

„Kretingos vandenys“

Ar gali toks paprastas procesas kaip privačių buitinių nuotekų išvežimas būti dar paprastesnis?

Atsakymas – TAIP, gali. „Kretingos vandenų“ patirtis įrodo, kad, naudojant ArcGIS, procesas supaprastėja, tampa patogesnis jo vykdytojams, leidžia taupyti laiką ir suteikti daugiau paslaugų, o tai automatiškai didina veiklos efektyvumą.

Be jokių programavimo darbų, tik naudojant standartinę ArcGIS bei kitas turimas priemones, vairuotojai, veždami nuotekas, gauna automatinis pranešimus į mobiliuosius įrenginius apie reikiamas suteikti paslaugas, patogiai naviguoja į užsakymo vietą, suteikia



4 pav. „Kretingos vandenų“ darbinė aplinka. Vairuotojo telefono ekranavaizdis. Žemėlapyje matomos užduotys, iš iškylančių langų pasiekiamos papildomos funkcijos

paslaugas, užpildo informaciją mobiliajame įrenginyje ir vyksta vykdyti kitos užduoties.

„Kretingos vandenų“ IT, GIS telemetrijos procesų inžinierius Tomas Dorelis sako: „Šis sprendimas leidžia per savaitę sutaupyti iki 10 val. darbuotojų laiko, nes nebereikia pildyti dokumentų biure prieš ir po pamainos. Taip pat sumažėjo kuro sąnaudos ir galimos klaidos dėl neteisingai užrašyto kliento numerio ar adreso. Atrodo nedaug, bet tai yra apie 520 val. per metus, kurias dabar galima skirti papildomoms paslaugoms, atnešančioms papildomų pajamų. Tačiau pradžia buvo sudėtinga – kolegų priešinosi naujovėms. Kiekviena nauja priemonė daugeliui atrodė kaip papildomas, primetamas darbas. Laimei, didėjant GIS įrankių kiekiui ir pamatę realią naudą, darbuotojai suprato, kad tai nėra papildomas krūvis, o įrankiai, lengvinantys kasdienybę.“

Šiandien verslo procesų automatizavimo sprendimai „Kretingos vandenyse“ apima ne tik nuotekų išvežimo procesą, bet ir sutarčių sudarymą, paslaugų užsakymą bei kitus veiklos aspektus, kuriuos supaprastinus, įmonė gali efektyviau aptarnauti klientus ir didinti pajamų srautus.

„Dzūkijos vandenys“

„Dzūkijos vandenys“ jau kurį laiką naudoja ArcGIS ir automatizuotą klientų atrankos bei informavimo sistemą, taip taupydami darbuotojų darbo laiką. Iki diegiant automatizuotą sistemą, informavimas apie planuojamus sutrikimus dėl priežiūros darbų ar įvykusių incidentus buvo daug laiko ir pastangų reikalaujantis procesas.

Reikėjo rankiniu būdu nustatyti, kurie klientai bus paveikti pagal tinklo konfigūraciją, tada juos atrinkti ir individualiai informuoti apie sutrikimus bei kabinti popierinius pranešimus prie jų būstų.

Įdiegus automatizuotą informavimo procesą, viskas supaprastėjo iki kelių minučių darbo ArcGIS sistemoje: atsakingas asmuo (dažniausiai dispečeris) ArcGIS sistemoje nurodo įvykio ar planuojamo darbo vietą, o sistema automatiškai:

- nustato tinklo dalis, kurios bus paveiktos;
- identifikuoja reikiamas sklendes uždarymui;
- atranka paveiktus klientus ir jų kontaktinius duomenis;
- automatiškai sugeneruoja ir išsiunčia informacinius pranešimus.

„Ši funkcija ne tik sumažino vartotojų informavimo sąnaudas, bet ir pagerino dispečerinės darbo efektyvumą. Gerokai sumažėjo klientų skambučių į bendrovės dispečerinę tarnybą vandens tiekimo ar nuotekų šalinimo klausimais“, – sako Audrius Stanaitis, bendrovės „Dzūkijos vandenys“ Inžinerinio skyriaus vadovas.

Esminis šio sprendimo sėkmės veiksnys – „Dzūkijos vandenų“ valdomi aukšto tikslumo ir patikimumo duomenys, kurie leido labai sumažinti informavimo sąnaudas, minimizuoti žmogiskųjų klaidų tikimybę atrinkant klientus ir sutaupyti daugybę darbo valandų.

Skirtingais metodais tokių ar panašų procesą gali įgyvendinti bet kokio dydžio vandentvarkos organizacija.

Hnit-Baltic produktų vadovė

Raminta Povilaitytė
rpovilaityte@hnit-baltic.lt

NAUJOS KARTOS ORGANINIAI TERŠALAI POŽEMINIAME VANDENYJE

Šiuolaikinės visuomenės naudoja sintetinius organinius junginius įvairiems tikslams – maisto gamybai ir konservavimui, pramonėje, augalų apsaugai nuo kenkėjų, žmonių ir gyvūnų sveikatos priežiūrai ir t.t. Didelį susirūpinimą kelia naujieji organiniai teršalai (NOT). Šis terminas vartojamas ne tik naujai sukurtiems junginiams įvardyti, bet ir naujai aplinkoje atrastiems junginiams dažnai dėl patobulėjusių ir naujų tyrimo metodų, ir junginiams, kurie tik neseniai buvo priskirti teršalams ir dar nėra griežtai reguliuojami (Lapworth et al., 2012). NOT apima daugybę įvairių junginių (taip pat metabolitų ir transformacijos produktų), įskaitant farmacijos ir asmens priežiūros produktus, pesticidus, veterinarijos produktus, pramoninius junginius ir jų šalutinius produktus, maisto priedus, taip pat dirbtinai sukurtas nanomedžiagas.

Yra nustatyta, kad šie junginiai į aplinką patenka iš įvairių šaltinių ir įvairiais keliais – dažniausiai kartu su nuotekomis iš komunalinių nuotekų valymo įrenginių, septikų, lignoninių nuotekų; gyvulininkystės įmonių, įskaitant sрутų lagūnas ir mėšlides, naudojant sрутas ir mėšlą dirvoms tręšti; buitinių ir pramoninių atliekų sąvartynų, taip pat dėl netiesioginės požeminio vandens ir paviršinio vandens sąveikos (Buntinga et al., 2020). Teršalai patenka į natūralią aplinką dėl įvairių procesų, o jų buvimas požeminiame vandenyje yra dabartinės antropogeninės veiklos ir praeities taršos apkrovų rezultatas.

Požeminis vanduo – patikimiausias gėlojo vandens šaltinis. Jis maitina paviršinio vandens telkinius – pelkes, upes ir ežerus, yra būtinas nuo požeminio vandens priklausomų ekosistemų sveikatai ir yra svarbiausias geriamojo vandens šaltinis, tačiau, palyginti su kitais gėlojo vandens išteklių, naujos kartos organiniai teršalai požeminiame vandenyje palyginti mažai iširti.

Pažeidžiamiausias yra pirmas nuo žemės paviršiaus gruntinis vandeningasis sluoksnis, tačiau ir gilesni vandeningieji sluoksniai, kurių vandensparinis „perdangos“ yra plonos arba su pertrūkiais, taip pat gali būti užteršti.

Vertinant požeminio vandens, kaip geriamojo vandens šaltinio, kokybę dažniausiai atsižvelgiama į Lietuvos higienos normoje „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ nurodytus parametrus ir jų ribines vertes. Daugiaciklių aromatinių ir halogeninių angliavandenių, patvarių pesticidų poveikis žmogaus sveikatai yra geriau iširtas, šios medžiagos įtrauktos į higienos normą, todėl yra reguliariai tiriamos tiek geriamajame vandenyje, tiek požeminiame vandenyje. Tačiau daugumos naujos kartos organinių

junginių ribinės vertės dar nėra nustatytos. Tik nuo 2026 m. į kontroliuojamų rodiklių sąrašą įtrauktos perfluoralkilintos (PFAS) ir polifluoralkilintos (PFOS) cheminės medžiagos ir bisfenolis-A (HN 24:2023).

Šiuolaikinės analitinės laboratorijos geba nustatyti NOT požeminiame vandenyje nanogramų litre tikslumu, todėl labai svarbus visas procesas nuo tyrimo vietų parinkimo, mėginių paėmimo, jų paruošimo, saugojimo ir transportavimo iki laboratorinės analizės. Kiekviena medžiagų grupė, priklausomai nuo jų fizinių ir cheminių savybių bei šaltinių, reikalauja savitos tyrimo metodikos. Laboratorių, galinčių patikimai ir labai tiksliai identifikuoti atskirus junginius ir jų koncentracijas, tenka ieškoti užsienyje.

Lietuvos geologijos tarnyba per pastaruosius 6 metus Lietuvos požeminiame vandenyje yra atlikusi naujos kartos pesticidų, patvarių organinių teršalų grupei priskiriamų polichlorintų bifenilų ir polichlorintų terfenilų (PCB), perfluoralkilintų (PFAS) ir polifluoralkilintų (PFOS) medžiagų, polibromintų difenileterių (BDE), heksabromciklododekano HBCDD ir vaistų likučių tyrimus. Tyrimai atlikti vykdant valstybinę aplinkos monitoringo programą, tačiau kiekvienu atveju tyrimo vietos buvo parinktos atsižvelgiant į teršalų specifiką.

Pesticidai

Augalų apsaugos priemonės (pesticidai) sumažina kenkėjų ir ligų daromą žalą žemės ūkio kultūroms. Dėl didelės augalų apsaugos produktų įvairovės ir dėl to, kad nebuvo jų ilgalaikio naudojimo apskaitos, yra sunku tiksliai įvertinti jų daromą poveikį aplinkai. Augalų apsaugos produktus sudarančios cheminės medžiagos skiriasi savo fizikinėmis ir cheminėmis savybėmis, jose yra mobilių medžiagų, dėl to jos gali patekti į gruntinį vandenį. Veikliosios medžiagos suyra nevienodu laiku (vienos per kelis mėnesius, kitos per metus ir ilgiau), tad pesticidus naudoti reikia labai tiksliai ir atsargiai. Tik registruoti Lietuvoje augalų apsaugos produktai gali būti tiekiama į rinką ir naudojami.

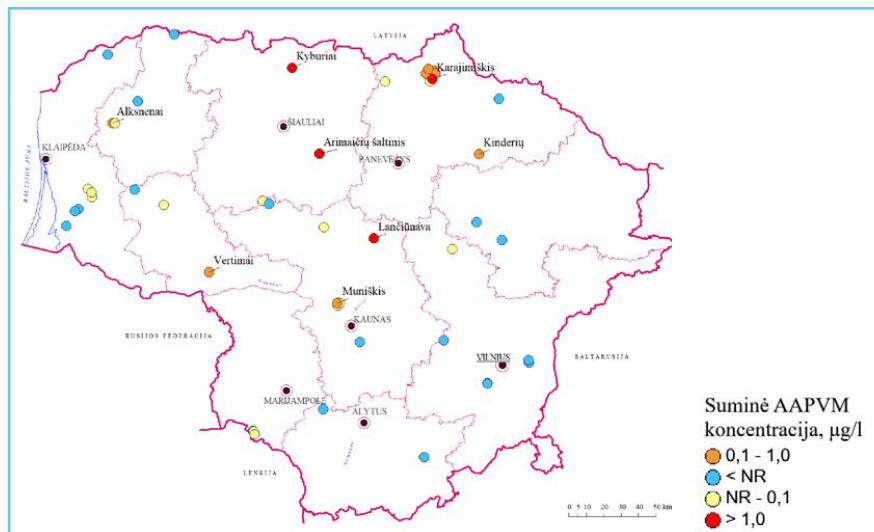
Valstybinė augalininkystės tarnyba prie

Žemės ūkio ministerijos (VAT) šiuo metu yra registravusi 600 pavadinimų augalų apsaugos produktų (<https://vatis.vatzum.lt/aapSaragas>). Požeminiame vandenyje tam tikro pesticido veikliosios medžiagos, įskaitant ir jo reikšminguosius metabolitus, negali būti daugiau kaip 0,1 µg/l, monitoringo metu nustatytų ir išmatuotų tam tikrų pesticidų, jų reikšmingų metabolitų bei skilimo ir reakcijos produktų (netoksiniai metabolitai) suma neturi viršyti 0,5 µg/l. Tokie standartai taikomi ir geriamajam vandeniui.

Naujos kartos, trumpaamžių augalų apsaugos produktų, kuriuos sudaro dideliu judrumu požemyje pasišyminčios veikliosios medžiagos (metazachloras, dimetachloras ir metribuzinas), sistemingi tyrimai gruntiniame vandenyje pradėti vykdyti 2015 m. Tuomet specialiai šių junginių monitoringui gruntiniame vandenyje buvo pasirinktos trys augalų veislių tyrimų stotys ir juose įrengta po penkis monitoringo gręžinius. Daniliškių (Vilniaus augalų veislių tyrimo stotis, AVTS) stotyje buvo auginamos bulvės, naudojami metribuzino turintys augalų apsaugos produktai, Muniškių (Kauno AVTS) ir Alksnėnų (Plungės AVTS) – rapsai, naudojami metazachloro ir dimetachloro turintys augalų apsaugos produktai.

2015–2020 m. tyrimų rezultatai parodė, kad metazachloro ir dimetachloro skilimo produktai į gruntinį vandenį patenka ir jame išlieka. Pagrindiniai skilimo produktai, randami vandenyje, yra metazachloras OA (479M08), metazachloras ESA (479M04) ir dimetachloras CGA (369873). Metazachloro ir dimetachloro metabolitų koncentracija gruntiniame vandenyje kinta labai panašiam intervale. Alksnėnų poste metazachloro ESA didžiausia koncentracija kito nuo 2,2 µg/l iki 4,9 µg/l (2020 m. 4,6 µg/l), Muniškių poste – nuo 2,5 µg/l iki 6,9 µg/l (2020 m. – 4,3 µg/l), o dimetachloro CGA – 2,7–6,4 µg/l (2020 m. – 5,14 µg/l).

2018 m. pesticidų tyrimai atlikti 32 valstybinio monitoringo tinklo gręžiniuose ir 3 šaltiniuose, esančiuose dirbamoje žemėje. Gruntinio vandens mėginiuose iširta 75 pavadinimų veikliųjų medžiagų ir jų metabolitų, 2020 m. – 50 gręžinių ir 7 šaltinių



1 pav. Augalų apsaugos produktų veikliųjų medžiagų ir jų skilimo produktai gruntiniame vandenyje

gruntiniame vandenyje ištirta 50 pavadinimų patvariųjų ir trumpaamžių augalų apsaugos produktų aktyviųjų medžiagų ir jų svarbiausių metabolitų.

Ištirtų gręžinių ir šaltinių gruntiniame vandenyje rasta dimetachloro CGA 369873 metabolito ir metachloro ESA (BH 479-8) ir OA (BH 479-4) metabolitų, chloridazono, tritosulfonono ir metalaksilo metabolitų, taip pat chloridazono ir bifenokso. Karajimiškio posto gręžinyje (Biržų r.) ribinę vertę viršijo bentazono koncentracija, Kyburių (Joniškio r.) metachloro, Alksnėnuose (Plungės r.), Muniškyje (Kauno r.), Lančiūnavoje (Kėdainių r.) ir Arimaičių šaltinyje (Radviliškio r.) dimetachloro ir metachloro metabolitų koncentracija. Nors atskirų identifikuojamų metabolitų koncentracijos pavojaus nekelia, jų suma tam tikrais atvejais gali būti didesnė, nei nustatyta geros būklės požeminiame vandeniui ir geriamajam vandeniui. Susumavus metabolitų koncentracijas gauta, kad dalyje ištirtų vietų (22 %) jų koncentracija viršijo 0,5 µg/l, o maksimali Lančiūnavoje siekė 16,9 µg/l (1 pav.). Didžiausios pesticidų ir jų metabolitų koncentracijų sumos vertės taip pat būdingos šiems postams, dauguma jų yra intensyvios žemdirbystės laukuose, tik Karajimiškio postas yra aktyvaus karsto zonoje, joje turėtų būti taikomi pesticidų naudojimo apribojimai, kurių, panašu, yra nepaisoma.

Pastarųjų metų požeminio vandens monitoringo rezultatai rodo, kad patvariųjų ilgaamžių pesticidų gruntiniame vandenyje jau neberandama, o patikimam naujos kartos pesticidų įvertinimui dar reikia laiko.

Perfluoralkilintos ir polifluoralkilintos cheminės medžiagos (PFAS), polibrominti difenileteriai (BDE), heksabromciklododekanas HBCDD

Santrumpa PFAS reiškia daugiau nei 10000 žmogaus sukurtų cheminių medžiagų grupę. Unikalioms PFAS savybės grindžiamos jų bendru struktūriniu bruožu: perfluorinta arba polifluorinta anglies grandine. Atominis ryšys tarp anglies ir fluoro yra vienas stipriausių, žinomų chemijoje. Norint nutraukti šį ryšį, reikia daug energijos. PFAS galima mineralizuoti tik labai aukštoje temperatūroje. Tai taip pat reiškia, kad PFAS sunkiai suyra natūraliomis aplinkos sąlygomis ir kaupiasi organizmuose. Nors polifluorintų medžiagų (vadinamųjų pirmtakų) nefluorintų molekulių dalis gali suirti, fluorinta dalis išlieka patvari. Nei biotiniai procesai (pvz., bakterijos), nei abiotiniai procesai (vanduo, oras, šviesa) negali visiškai sunaikinti šių molekulių, todėl jos labai ilgai išlieka aplinkoje (Biegel-Engler, Frauenstein, 2024).

PFAS naudojimo būdų įvairovė yra plati. PFAS produktams suteikia išskirtinių savybių – atsparumą purvui, vandens, karščio, cheminių medžiagų, UV spindulių. Pritaikymas yra platus ir įvairus, PFAS naudojami tekstilės gaminiuose, riebalus atstumiančioms maisto pakuotėms, dažams ir medienai bei plytelėms impregnuoti. Fluoropolimerai naudojami įvairiuose produktuose, siekiant sumažinti trinties pasipriešinimą (pvz., kaip automobilių ir orlaivių dangos, spausdinimo dažai, vaškai ir tepalai) arba sukibimą (pvz., induose). PTFE taip pat

plačiai naudojamas kaip vandeniui atspari ir kvėpuojanti membrana, t. y. nuo oro sąlygų apsaugančiuose drabužiuose. PFAS buvo plačiai naudojamos gaisrų gesinimo putose. Ypač didelis PFAS kiekis į gamtinę aplinką pateko gaisrų gesinimo pratybių metu oro uostuose, karinėse aviacijos bazėse ir naftos perdirbimo gamyklose.

Panašiai kaip ir PFAS, polibrominti difenilo eteriai (PBDE) ir heksabromciklododekanas (HBCDD) plačiai naudoti kaip degimo lėtinimo priemonės, taip pat, pavyzdžiui, minkštuose balduose ir audiniuose, elektros ir elektroninėje įrangoje.

PFAS patenka į aplinką tose vietose, kur jie gaminami, naudojami, šalinami, perdirbami, deginami ar išsileija. PFAS yra mobilūs ir gali būti transportuojami su lietaus vandens nuotėkiu, buitinėmis ir pramoninėmis nuotekomis ir prasiskverbtį per dirvožemį, migruoti į požeminio vandens sluoksnius, kurie gali būti svarbūs geriamojo vandens šaltiniai.

Dėl neigiamo poveikio žmonių ir gyvūnų sveikatai PBDE, HBCDD, perfluoroktano sulfonato (PFOS) gamyba ir naudojimas buvo uždrausti, o perfluoroktano rūgšties (PFOA) gamyba ir naudojimas buvo apribotas.

Siekiant įvertinti PFAS paplitimą Lietu-

vos požeminiame vandenyje ir nustatyti jų fonines koncentracijas, 2021 m. tyrimai buvo atlikti atrinktuose valstybiniuose, savivaldybių ir atvirų bei priekrantinių vandenviečių gręžiniuose, kuriuose tikimybė rasti PFAS yra didesnė. Požeminio vandens mėginiai paimti iš 14 valstybinio monitoringo gręžinių ir šaltinių, 3 savivaldybės monitoringo gręžinių ir 21 vandenvietės gręžinio.

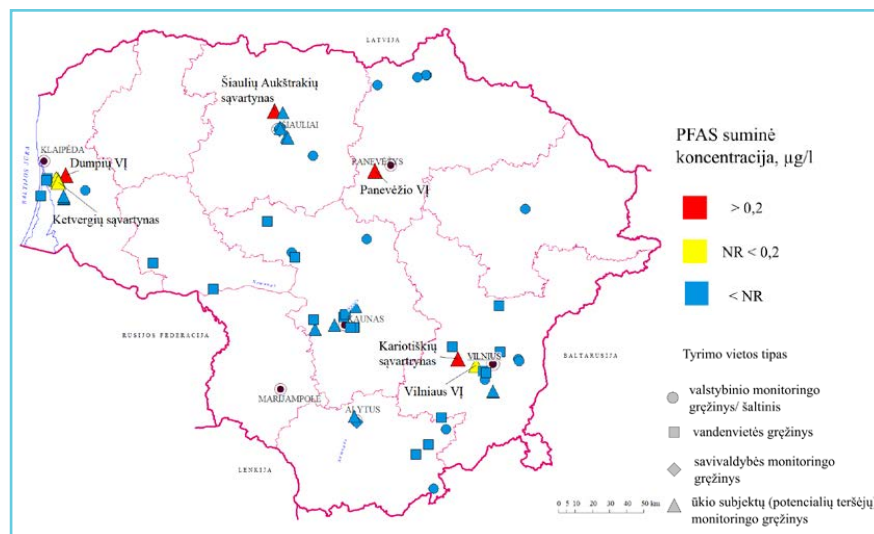
Kadangi valstybinio monitoringo tinklas nėra pritaikytas potencialiems taršos šaltiniams ir PFAS užterštoms teritorijoms identifiuoti, į tyrimų programą buvo įtraukti 22 veikiančių potencialių taršos objektų (nuotekų valymo įrenginių, sąvartynų, gaisraviečių, oro uosto) monitoringo gręžiniai ir juose taip pat atlikti tyrimai.

Požeminio vandens mėginiuose buvo ištirtos 36 skirtingos PFAS, laboratorinio nustatymo riba NR 0,01–0,05 µg/l, 10 skirtingų BDE, NR 2 – 4 ng/l ir HBCDD.

Nė viename iš tirtų foninio monitoringo vietų, nė vieno iš tirtų junginių koncentracijos neviršijo laboratorinio nustatymo ribos. Trijų valymo įrenginių (Dumpių, Vilniaus ir Panevėžio) ir trijų sąvartynų (Kariotiškių, Aukštakių ir Ketvergių) gruntiniame vandenyje PFAS koncentracijos buvo didesnės už jų nustatymo ribą. Iš viso

Lentelė. PFAS nustatytos sąvartynų ir nuotekų valymo įrenginių gruntiniame vandenyje

Junginys	Vietų skaičius, kur koncentracija >NR	Minimali vertė µg/l	Maksimali vertė µg/l
Perfluorobutano sulfoninė rūgštis (PFBS)	4	0,031	0,079
Perfluorobutanoinė rūgštis (PFBA)	3	0,019	0,042
Perfluoroheptanoinė rūgštis (PFHpA)	7	0,011	0,091
Perfluoroheksanoinė rūgštis (PFHxA)	7	0,032	0,142
Perfluorooktano sulfoninė rūgštis (PFOS)	2	0,0155	0,0181
Perfluorooktanoinė rūgštis (PFOA)	5	0,0201	0,0914
Perfluoropentanoinė rūgštis (PFPeA)	7	0,028	0,138
Suma		0,035	0,3911



2 pav. PFAS gruntiniame vandenyje

identifikuotos 7 rūgštys, jų maksimalios koncentracijos siekė nuo 0,02 iki 0,14 µg/l, o suma 0,035–0,391 µg/l.

Įvertinus gautus rezultatus galima teigti, kad nuotekų valymo įrenginiai ir sąvartynai yra PFAS šaltiniai, iš kurių šios medžiagos patenka į gruntinį vandenį. Tirtuose foniniuose gręžiniuose ir vandenvietėse PFAS nenustatytos, tačiau šių medžiagų ilgaamžiškumas ir neidentifikuoti pasklidę šaltiniai reiškia, kad PFAS turi būti tiriamos ir ateityje.

Vaistų likučiai

Vaistų likučiai į aplinką dažniausiai patenka kartu su nuotekomis, iš valymo įrenginių ir iš sąvartynų, į kuriuos patenka nepanaudoti produktai, taip pat nepakankamai gerai išvalytas nuotekas naudojant žemės ūkyje laistyti. Paviršiniame ir požeminiame vandenyje aptikta įvairių farmacijos produktų, susijusių su nuotekų šalinimu. Tai veterinariniai ir žmonėms skirti antibiotikai: ciprofloksacinas, klofibrio rūgštis, linkomicinas, sulfametoksazolas, tetraciklinas; kiti receptiniai vaistai: karbamazepinas, kodeinas, diklofenakas, salbutamolis; nereceptiniai vaistai: acetaminofenas (paracetamolis), ibuprofenas, salicilo rūgštis; kontrastinės medžiagos, kurių

ir Lazdijų) aplinkos gręžinių vandenyje.

Požeminiame vandenyje dažniausiai rasta karbamazepino (prieštraukulinis vaistas) – šešiose tyrimo vietose; jo koncentracija vandenviečių vandenyje buvo 0,007–0,008 µg/l, Utenos šaltinio – 0,013 µg/l, maksimali 0,085 µg/l – Lazdijų nuotekų valymo įrenginio aplinkoje. Diatrizolato (kontrastinė medžiaga, naudojama rentgeno tyrimo metu) rasta Varėnos vandenvietėje 0,055 µg/l, pakartojus tyrimą – 0,045 µg/l, benzotriazolo – Jankiškių vandenvietėje – 0,23 µg/l, pakartojus tyrimą – 0,11 µg/l. Ibuprofeno koncentracija 0,45 µg/l nustatyta tik šalia uždaryto Kariotiškių sąvartyno ir buvo didžiausia iš visų identifikuotų junginių, o diklofenako Vilniaus valymo įrenginių aplinkoje – 0,039 µg/l.

Vandenviečių monitoringo gręžiniai ir šaltinis, kuriuose rasta vaistų likučių, yra urbanizuotose teritorijose, tačiau galimi taršos šaltiniai ir vaistų likučių patekimo keliai dar nėra identifikuoti.

Vaistų likučiai į atvirų šachtinių šulinių, natūralių šaltinių kaptazo įrenginių ir nekokybiškai įrengtų gręžinių požeminį vandenį gali patekti tiesiogiai, o ne su požeminio vandens srautu.

Varėnos miesto ir Matuizų vandenvietėse požeminis vanduo išgaunamas

šiek tiek maitina Neries vanduo. Praeityje Jankiškių vandenvietėje pagrįstai nerimą kėlė didokos nitrato koncentracijos, taršos organiniais junginiais pėdsakai (Klimas, 2024). Eigulių–Kleboniško vandenvietėje eksploatuojamas aliuvio ir fluvio-glacialinių nuogulų gruntinis vandeningasis sluoksnius (geologinis indeksas aIV+agIII), kurio storis vandenviečių teritorijoje kinta nuo 25 iki >30 m.

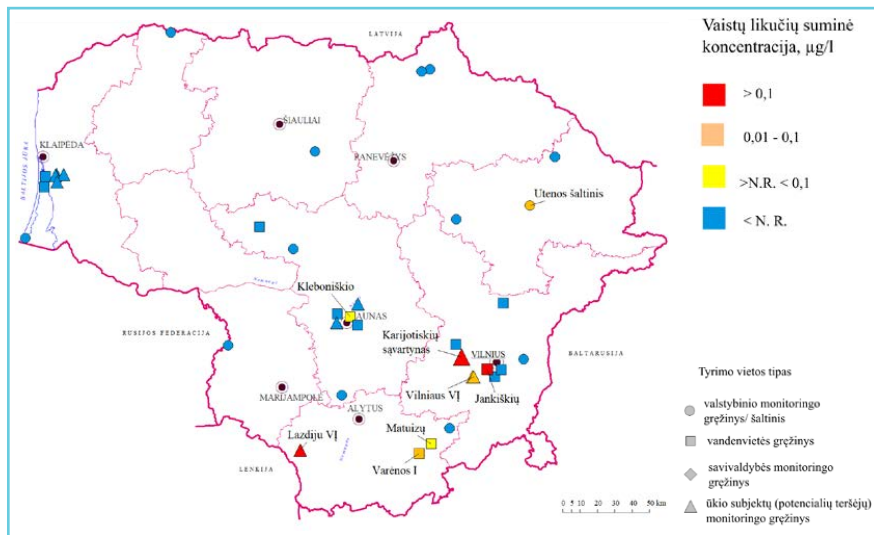
Vaistų likučių koncentracijos geriamajame vandenyje šiuo metu nėra reglamentuojamos. Naujai derinamame Vandeny srities direktyvų pakeitimo projekte siūloma vaistų likučių ribinė vertė požeminiame vandeniui yra 2,5 µg/l (buvo siūloma ir griežtesnė – 0,25 µg/l). Nustatytos koncentracijos rekomenduojamų ribinių vertių neviršija, tačiau tai yra įspėjimas, kad vaistų likučiai gali patekti į požeminį vandenį ir ateityje būtina atidžiai stebėti atvirų vandeningųjų sluoksnių (ypač naudojamų geriamajam vandeniui tiekti) būklę urbanizuotose teritorijose.

Išvados

Palyginti su kitais gėlojo vandens ištekiais, NOT paplitimas požeminiame vandenyje yra mažai ištirtas. Nustatyti jų sklidimą iš koncentruotų taršos šaltinių yra paprasčiau, tačiau iš labiau pasklidusių šaltinių, tokių kaip žemės ūkis, miesto nuotekų nuotėkis, yra kur kas sudėtingiau. Požeminis vanduo ir toliau dešimtmečius gali būti nepastebimai teršiamas NOT dėl ilgo jų migracijos laiko, tačiau jie taip pat yra veikiami ir natūralių degradacijos procesų, kurie lemia jų transformaciją ir skaidymąsi aplinkoje. Pirmieji PFAS tyrimai teikia vilčių, kad šios medžiagos nėra plačiai paplitusios aplinkoje ir gruntiniame vandenyje, tačiau vaistų likučių pėdsakai gerti naudojamuose urbanizuotose teritorijų vandeninguosiuose sluoksniuose perspėja, kad būtina atidžiai sekti jų būklę.

Literatūra

- Barnes, K., et al. (2008). A national reconnaissance of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States – I) Groundwater. *Science of the Total Environment*, 402(2–3), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.04.028>
- Biegel-Engler, A., & Frauenstein, J. (2024). PFAS in soil and groundwater: Comprehensive challenges and progress in regulation and management in Germany. In H. Ginzky et al. *International yearbook of soil law and policy 2022* (pp. 285–304). https://doi.org/10.1007/978-3-031-40609-6_12
- Bunting, S. Y., Lapworth, D. J., Cranea E. J., Grima-Olmedo, J., Korošc, A., Kuczyńska, A., Mali, N., Rosenqvist, L., van Vliet, M. E., Togolag, A., & Lopez, B. (2021). Emerging organic compounds in European groundwater. *Environmental Pollution* 269(1), 115945. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115945>
- Jurado, A., Labad, F., Scheiber, L., Criollo, R., Nikolenko, O., Pérez, S., & Ginebreda, A. (2022). Occurrence of pharmaceuticals and risk assessment in urban groundwater. *Adv. Geosci.*, 59, 1–7. <https://doi.org/10.5194/adgeo-59-1-2022>
- Klimas, A. (2023). UAB „Varėnos vandenys“. Varėnos, Matuizų, Merkinės vandenviečių ir Varėnos nuotekų valyklos poveikio požeminiame vandeniui monitoringo 2018–2022 metų apibendrinančioji ataskaita. UAB „Vilniaus hidrogeologija“.
- Klimas, A. ir kt. (2024). UAB „Vilniaus vandenys“. Nemenčinės, Karveliškių, Virių, Pečiukų,



3 pav. Vaistų likučiai gruntiniame vandenyje

sudėtyje yra jodo: jopromidas, jopamidolis. Taip pat „gyvenimo būdo“ junginiai: kofeinas, nikotinas ir nikotino metabolitas kotininas; dirbtiniai saldikliai: acesulfamas, sacharinas, ciklamatas ir sukralozė buvo rasti didelėmis koncentracijomis požeminiame vandenyje, kurį paveikė nuotekų infiltracijos tvenkiniai.

Vaistų likučių tyrimai Lietuvoje buvo atlikti 2024 m. gruntinio vandens mėginiuose paimtuose iš 13 valstybinio monitoringo gręžinių, 13 – iš atvirų ir priekrantinių vandenviečių, 13 – potencialių taršos objektų (sąvartynų, valymo įrenginių) monitoringo gręžinių.

Vaistų likučių pėdsakų rasta vieno šaltinio (Utenos) ir 4 monitoringo gręžinių, esančių vandenvietėse (Matuizų, Varėnos, Kleboniškių (Kauno) ir Jankiškių (Vilniaus), taip pat vieno sąvartyno (Kariotiškių) ir dviejų nuotekų valymo įrenginių (Vilniaus

iš fluvio-glacialinio smėlio nuogulose besikaupiančio gruntinio vandeningojo sluoksnio. Vandens srautas į Varėnos vandenvietę teka iš pietų į šiaurę, t. y. nuo miesto pusės link Derežnytės upelio vandens saugyklos / tvenkinio, kur jis išsikrauna. Problemiškiausiai siurbiamo vandens kokybės rodikliu Varėnos ir Matuizų vandenvietėse buvo ir toliau lieka iš miesto pusės sklindantys nitratai, kurių koncentracija nors ir blėsta, tačiau vis dar egzistuoja. Nitratai šiuo atveju yra aiškus požeminio (gruntinio) vandens taršos indikatorius (Klimas, 2023). Vilniaus Jankiškių vandenvietė įrengta Neries upės slėnyje. Vandenvietė yra šalia pramoninio rajono, todėl jos aplinkos būklė vertinama kaip prasta. Aliuviniai dariniai slūgso ant tarpmoreninio smėlio ir žvirgždo, sudarydami vientisą didelio storio vandeningąjį, produktyvųjį sluoksnį. Šią vandenvietę vis dar

Verkių, Turniškių, Vingio, Žemųjų Panerių, Bukčių, Jankiškių, Tuputiškių, Pūčkorių, Pagirių, Aukštųjų Panerių, Trakų Vokės, Naujosios Vilnios, Sereikiškių, Kalnėnų vandenviečių poveikio požeminiam vandeniui monitoringo 2019–2023 m. apibendrinančioji ataskaita.

Lapworth, D. J., Baran, N., Stuart, M. E. & Ward, R. S. (2012). Emerging organic contaminants in groundwater: A review of sources, fate and occurrence. *Environmental Pollution*, 163, 287–303. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.12.034>

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2003 m. liepos 23 d. įsakymas Nr. V-455 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 24:2023 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ patvirtinimo“. *Žin.*, 2003, Nr. 79-3606; TAR, 2017-10-26, Nr. 2017-16876; 2023-02-01, Nr. S2023-01760.

Stuart, M., & Lapworth, D. J. (2013). Emerging organic contaminants in groundwater. In S. C. Mukhopadhyay, A. Mason. *Smart sensors for real-time water quality monitoring* (pp. 259–284). https://doi.org/10.1007/978-3-642-37006-9_12

Lietuvos geologijos tarnybos
Hidrogeologijos ir ekogeologijos skyriaus vedėja
Rasa Radienė

Vyriausioji specialistė
Jurga Arustienė

LIETAUS NUOTEKŲ TVARKYMO IŠŠŪKIAI IR KLAUSIMAI

Lietaus vandens tvarkymas – ilgas ir sudėtingas procesas, kuriame geriausiai tinka gamtiniai sprendimai (angl. *Nature based solutions*). Kartais gamtos procesai yra bejėgiai ir nesužudo su žmogaus padarytos žalos mastais. Tokiais atvejais lietaus nuotekų valymo įrenginiai turi prevenciškai sulaukyti taršos dalį ir išleisti išvalytą vandenį į vandens apytakos ciklą be neigiamo poveikio aplinkai.

Lietaus nuotekų valymo problemos iškėlimas sprendžiamas labai įvairiai ir gana dažnai klaidingai, bet kodėl taip yra, kaip suprasti daugybę reikalavimų, prieštaraujančių vienas kitam? Ar klausimai suprantami lietaus vandens tvarkymo specialistams, ar išlaikome paviršinių nuotekų tvarkymo egzaminą? Kur pradėdame lietaus vandens tvarkymą ir koks galutinis tikslas?

Aktualios redakcijos Lietuvos Respublikos statybos techninio reglamento 425 punkte rašoma: „**Nuotekų priimtuvais yra bet koks vandens telkinys (upelis, upė, ežeras, tvenkinys, marios ir jūra), taip pat vandeningasis žemės sluoksnis.** Nuotekos, išleidžiamos į gamtinę aplinką, turi būti valomos taip, kad nedarytų neleistino poveikio aplinkai, bet ne blogiau, negu nustatyta aplinkosaugos reikalavimais nuotekoms valyti.“

Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas (Nr. D1-204, 2023-06-20, paskelbta TAR 2023-06-20, i. k. 2023-12221) buvo papildytas šiuolaikiškais reikalavimais:

„7.1. sumažinančių paviršinių nuotekų

susidarymą ir (ar) surinkimą (turi būti įrengiama kiek galima mažiau nelaidžių paviršių (išskyrus galimai teršiamas teritorijas), įrengiami švairių paviršinių nuotekų sugerdinimo į gruntą įrenginiai, planuojamos kiek galima mažesnės galimai teršiamos teritorijos ir pan.);

7.2. sumažinančių kiekį centralizuotai į aplinką išleidžiamų paviršinių nuotekų (pvz., numatomas paviršinių nuotekų panaudojimas gamybos, žaliųjų plotų laistymo, gaisrų gesinimo reikmėms, įrengiamos filtravimo juostos, sugėrimo takai, sulaukymo ir (ar) išlaikymo tvenkiniai ir pan.);

7.3. sumažinančių susidarantių paviršinių nuotekų užterštumą (pvz., numatyti sausą galimai teršiamų teritorijų valymą, įrengti stogines taršos atžvilgiu pavojingiausiose vietose ar pan.).“

Paviršinių nuotekų tarša naftos produktais gali būti skirtingos formos – lietaus vandens paviršiuje plūduriuojantys naftos produktai, nestabilūs pasklidę naftos produktai bei stabilūs emulsifikuoti naftos produktai. Metodai taikomi pagal vyraujantį naftos produktų formas, naftos produktams atskirti nuo lietaus vandens taikomi nugriebimo, nusodinimo, centrifugavimo ir kompleksiniai metodai. Nors šie metodai gali būti taikomi lietaus vandens paviršiuje plaukiojantiems ir pasklidusiems naftos produktams valyti, dauguma jų nėra pritaikyti valyti emulsifikuotiems naftos produktams, nes šių medžiagų dalelės yra mažos, mažas dalelių tankis, lyginant su vandeniu (<150 kg/m³) ir didelis stabilumas. Rinkoje siūlomos technologijos yra brangios, o likutinės naftos produktų koncentracijos nesiekia leidžiamosios norint išleisti į aplinką.

Projektus vystydami galimai teršiamoje teritorijoje, projektavimo specialistai pasirenka naftos skirtuvus ir LST EN 858 nagrinėjimas leidžia manyti, kad yra toks įrenginys, kuris išvalo **paviršines nuotekas iki naftos produktų koncentracijos 1 mg/L, bet toks sprendimas yra klaidingas.**

Naftos produktų skirtuvai arba lengvųjų skysčių skirtuvai (angl. *Light liquid separators*) turi atitikti LST EN 858 standarto reikalavimus, o gamintojai privalo pateikti atitikties deklaraciją. LST EN 858 yra pateiktas privalomas skirtuvų žymė-

jimas: klasė, gamintojas, naftos skirtuvo nominalusis dydis (NS) ir t. t. Pagal EN 858 klasifikavimą skirtuvai yra I klasės ir II klasės. I klasės skirtuvai naudojami ten, kur lengvųjų skysčių koncentracija nuotekose neviršija 5,0 mg/l, II klasės skirtuvai – 100 mg/l. Skirtuvai gali būti komplektuojami su integruota nuosėdų talpykla, skirta kietosioms dalelėms iš nuotekų atskirti. Pagal LST EN 858 I klasės skirtuvai gali būti su koalescenciniu filtru, kai II klasės skirtuvai jau yra befiltrai. Lengvųjų skysčių skirtuvų našumas priklauso nuo maksimalaus kritulių debito, maksimalaus nuotekų vandens debito, lengvųjų skysčių tankio, paviršiaus aktyviųjų medžiagų (plovimo priemonių) naudojimo. Skirtuvo tūriui apskaičiuoti reikia žinoti maksimalius lietaus vandens debitus; nepalankių sąlygų (nuotekų sudėties) koeficientus (koeficientas lygus 2, jei vanduo valomas iš pramoninių procesų, mašinų ploviklių ir degalinių; lygus 0, jei tai lietaus nuotekos; lygus 1, jei nenaudojamos plovimo priemonės, o tik apsaugoma, kad lengvieji skysčiai nepatektų į aplinką); lengvųjų skysčių tankio faktorius (imamas 1, kai lengvųjų skysčių tankis iki 0,85 g/cm³; 2, kai lengvųjų skysčių tankis 0,85–0,90 g/cm³; 3, kai lengvųjų skysčių tankis 0,9–0,95 g/cm³). Naftos produktų skirtuvų tipai pagrįsti gravitaciniu atskirimo metodu: lengvųjų skysčių dalelės kyla į viršų, nuosėdos nusėda ant dugno. Naftos produktų skirtuvai gali būti ne tik užkasami į gruntą, bet ir statomi pastatų viduje, pavyzdžiui, automobilių stovėjimo aikštelėse. Taip pat skirtuvai gali būti komplektuojami apvedamąja linija (angl. *Bypass*). Ji reikalinga tuomet, kai į skirtuvą patenka didelis kiekis vandens, pavyzdžiui, per liūtį. Tada ši linija veikia taip: pradžioje patekęs vanduo, kuris turi didesnį kiekį lengvųjų skysčių, nukreipiamas į skirtuvą ir lengvieji skysčiai jame atskiriami nuo lietaus nuotekų; kai į skirtuvą ir toliau patenka didelis kiekis nuotekų, jos nukreipiamos apvedamąja linija. Tai daroma dėl dviejų priežasčių: pirma, per liūtį patekęs didelis kiekis nuotekų negali išplauti jau surinktų naftos produktų iš skirtuvo ir išnešti jų kartu su savimi; antra, per liūtį pradžioje susidariusios lietaus nuotekos yra daugiau užterštos naftos produktais, kitose, vėliau atitekančiose nuotekose, šių



1 pav. Lietaus nuotekų sistema galimai teršiamoje teritorijoje



2 pav. Automobilių aikštelės stogas, apželdintas remiantis gamtiniais sprendimais

naftos produktų koncentracijos mažėja. Skirtuvai su apvedamąja linija skirti alyva užterštam iš nelaidžių zonų atitekėjusiam lietaus vandeniui valyti arba sulaikyti išsiliejusį užterštą skystį ir apsaugoti aplinkines zonas. Skirtuvai su apvedamąja linija netinka naudoti pramoninių procesų, automobilių plovimo, alyva padengtų dalių valymo ar kitų šaltinių, pvz., degalinių lietaus nuotekoms valyti.

Žinoma, su dabartiniais reikalavimais yra daug painiavos: pirmasis yra maksimalus galimai teršiamos teritorijos lietaus debitas; antras neaiškumas yra lengvųjų skysčių tankis ir trečias nuolat besikeičiantis nežinomasis lygtyje yra nominalus dydis (NS). Rinkoje esančios skirtuvo charakteristikos klaidingai imamos tinkančiomis „bet kur“ ir „bet kada“, nors tai neįmanoma nuolat besikeičiančioje aplinkoje. Užsienio praktikoje, pvz., kaimyninėje Lenkijoje, taikomi sprendimai gerokai padidina technines charakteristikas ir dėl lietaus debito, ir atsargos koeficiento. Kolegos iš Varšuvos gyvybės mokslų universiteto labai stebisi, kad Lietuvoje projektavimui vis dar taikomi labai maži lietaus intensyvumai, nors iš praktikos žinoma, kad jau laikas keisti skaičiavimus. Ir sena, gera liaudies išmintis ragina ir praktikus, ir mokslininkus, ir politikus suprasti, kad „atsarga gėdos nedaro“. Tik bendromis jėgomis priimtus sprendimus galėsime išdidiškai rodyti ateityje švariose upėse, kurių paviršiuje atspindės tik saulės spinduliai, o ne naftos produktų vaivorykštinė plėvelė.

Straipsnio autoriai už vertingus patarimus dėkoja Lietuvos projektuotojams ir lietaus nuotekų valymo įrangos gamintojams.

Varšuvos gyvybės mokslų universiteto kviestinė profesorė, Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto prof. Marina Valentukevičienė

Vilniaus Gedimino technikos universiteto docentė Ramunė Žurauskienė

TAURAGĖS VANDENVIETĖ SAUGOJO 40 ŠAULIŲ

2024 m. lapkričio 29 d. UAB „Tauragės vandenys“ teritorijoje vyko funkcinės-taktinės Lietuvos didžiojo kunigaikščio Kęstučio šaulių 7-osios rinktinės pratybos „Tauragės vandenvietės apsauga“.

Pratybose dalyvavo keturiasdešimt šaulių iš Juozo Kasperavičiaus šaulių 702-osios, Jurbarko P. Paulaičio šaulių 701-osios, Šilalės Stasio Girėno 703-osios kuopų ir Pagėgių. Pasitelkus dronus, šrautinius („Airsoft“) ginklus, petardas ir kitas imitacines priemones, buvo vykdoma strateginės Tauragės vandens tiekėjos pastato ir teritorijos apsauga.

„Tai buvo pirmosios komendantinių šaulių pratybos – pasiruošimo galinčiai kilti grėsmei pradžia. Sužinojome, ko trūksta, kur tobulėti“, – po pratybų teigė Juozo Kasperavičiaus 702-osios rinktinės vadas Sigitas Ozgirdas.

Šauliai pratybas pradėjo suderinę su visomis Tauragės rajono tarnybomis. Buvo tikrinamas UAB „Tauragės vandenys“ darbuotojų budrumas, leidimų tvarka, teritorijos apsauga.

Pratybų rengėjo, UAB „Tauragės vandenys“, darbuotojų saugos ir sveikatos specialisto Donato Tamošaičio teigimu, darbuotojus pavyko parengti efektyviai

reaguoti į ekstremalias situacijas. Sukurta leidimų sistema leido į teritoriją patekti tik vandenvietės darbuotojams. Specialias užduotis užtikrintai įvykdė Energetikos, Vandentiekio tinklų, Transporto ir mechanizacijos skyrių darbuotojai. Pratybų metu vyko sklandus gyventojų aptarnavimas: klientai buvo palydimi į bendrovės teritoriją, jiems suteikiama reikiama konsultacija.

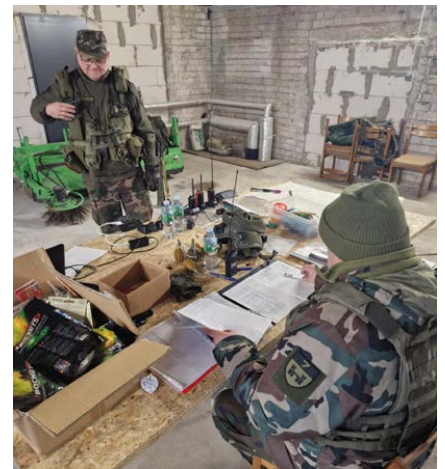
„Nuo aktyvių karo veiksmų Ukrainos teritorijoje pradžios buvo nuolat naikinami ypatingos svarbos infrastruktūros objektai, įskaitant vandens tiekimo ir nuotekų valymo įmonių tinklus ir pajėgumus. Iš žiniasklaidos žinome, kad dėl karo veiksmų tik 65 proc. vartotojų Ukrainoje turi prieigą prie vandens tiekimo paslaugų ir 49 proc. – prie nuotekų sistemų. Todėl labai atsakingai ruošiamės šioms pratyboms.“

Džiaugiuosi, kad mūsų darbuotojai sklandžiai užtikrino nenutrūkstamą darbą pratybų metu, kiekvienam iš mūsų tai buvo ir gera pamoka, ir tam tikra adrenalino dozė“, – teigė „Tauragės vandenys“ direktorius Tadas Pauparis.

Darbo dienos pabaigoje bendrovės teritorijoje užvirė rimta kova. Pagal numatytą planą Jurbarko šauliai turėjo užduotį įvykdyti užpuolimą. Akistatos metu teritorijoje aidėjo šūviai, pro inžinerines užtvaras vykdytas štabo šturmas. Pratybos vyko ne tik ant žemės, bet ir ore – tauragiškiai su naktinio matymo įranga teritoriją stebėjo su dronais iš oro.

22 val. buvo paskelbta pratybų pabaiga. Užduotys įvykdytos, eiga aptarta prie žvėrienos troškinio.

UAB „Tauragės vandenys“ komunikacijos specialistas Tomas Raulinavičius



Pav. Funkcinių-taktinių Tauragės LDK šaulių 7-osios rinktinės pratybų „Tauragės vandenvietės apsauga“ akimirkos

NAUJIENOS • ĮVYKIAI • FAKTAI

PREZIDIUMO POSĖDŽIAI

2025 02 06 Prezidiumo posėdis

Išklaudyta LVTA prezidento B. Miežutavičiaus informacija apie LVTA 2024 m. veiklos programos įvykdymą, teisinių ir normatyvinių dokumentų rengimą ir teikimą valstybinėms institucijoms.

Nuspręsta kreiptis į LR Seimo Ekonomikos ir Valstybės valdymo ir savivaldybių komitetus, kartu pasitelkiant Lietuvos savivaldybių asociaciją, dėl geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo infrastruktūros fizinės ir veiklos apsaugos reikalavimų pakeitimo bei Valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos veiklos efektyvumo įvertinimo.

Išklaudytas LVTA prezidento B. Miežutavičiaus preliminaros 2025 m. LVTA veiklos programos pristatymas. Nuspręsta šios programos projektą aptarti artimiausiam LVTA tarybos posėdyje.

Nuspręsta LVTA suvažiavimą ir tarybos posėdį sušaukti š.m. balandžio 3 – 4 d. Palangoje.

Išklaudyta LVTA prezidento B. Miežutavičiaus informacija apie 2024 m. atliktus LVTA veiklos viešinimo darbus ir planuojamą šių darbų programą 2025 m.

Susipažinus su UAB „Bio Clean Technology“ prašymu, nuspręsta rekomenduoti LVTA tarybai nutraukti šios bendrovės narystę Lietuvos vandens tiekėjų asociacijoje.

Išklaudyta LVTA direktoriaus V. Ramono informacija apie tarptautinę konferenciją „Baltijos šalių vandentvarka 2025“, vyksiančią š.m. gegužės 28 – 30 d. Taline.

Susipažinus su UAB „Kalvarijų komunalini-

ninkas“ prašymu, nuspręsta rekomenduoti LVTA tarybai spręsti dėl jos priėmimo į LVTA narius.

2025 03 27 Prezidiumo posėdis

Nuspręsta pritarti 2024 m. pajamų–išlaidų sąmatos įvykdymui.

Nuspręsta pritarti LVTA 2024 m. finansinei atskaitomybei ir pateikti ją tvirtinti LVTA suvažiavimui.

Nuspręsta pritarti LVTA 2024 m. veiklos ataskaitai ir audito įmonės išvadai ir pateikti ją tvirtinti LVTA suvažiavimui.

Nuspręsta pritarti 2025 m. LVTA pajamų ir išlaidų sąmatų projektams ir pateikti juos tvirtinti LVTA tarybai.

Nuspręsta siūlyti LVTA suvažiavimui įpareigoti B.Miežutavičių pasirašyti sutartį su UAB „Audito aspektai“ dėl LVTA 2025 m. metinių finansinių ataskaitų rinkinių audito atlikimo.

VŠĮ VANDENTVARKOS INSTITUTO SEMINARAI

2024 m. gruodžio mėn. 4 d. įvyko nuotolinis seminaras „Požeminio vandens išteklių, skirtų viešam vandens tiekimui, naudojimas ir apsauga: naujienos ir aktualijos“.

2024 m. gruodžio mėn. 11 d. įvyko nuotolinis seminaras „Vandentvarkos sektoriaus viešieji pirkimai: naujienos ir praktika“.

2024 m. gruodžio mėn. 19 d. įvyko nuotolinis seminaras „Finansinis koregavi-

mas ES struktūrinių fondų lėšomis finansuotuose projektuose: kaip jo išvengti ar sumažinti pasekmes?“.

2025 m. sausio mėn. 15 d. įvyko nuotolinis seminaras - konsultacija su Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos specialistais.

2025 m. sausio mėn. 15 d. įvyko seminaras „Vandentiekio, nuotekų ir lietaus tinklų valdymas naudojant ArcGIS“.

2025 m. kovo mėn. 6-7 d. įvyko seminaras „Lanksti akreditavimo sritis, AD dokumentai, neatitiktinių darbų bei korekcinių

veiksmyų valdymas“.

2025 m. kovo mėn. 19 d. įvyko nuotolinis seminaras „Dirbtinio intelekto galimybių verslui: kaip išnaudoti DI potencialą?“

2025 m. kovo mėn. 26 d. įvyko nuotolinis seminaras – kvalifikacijos kėlimo kursai statybininkams pagal Aplinkos ministerijos patvirtintą kvalifikacijos tobulinimo mokymo programą Nr. M-087-19-LVTA.

KITI ĮVYKIAI

2025 m. vasario 25 d. dalyvauta nuotolinėje diskusijoje su Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos, Aplinkos ministerijos, LSA, LVTA ir geriamojo vandens sektoriaus įmonių atstovais, sprendžiant klausimus dėl geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo, paviršinių nuotekų tvarkymo objektų, kaip turtinių įnašų, savivaldybių perduodamų į vandentvarkos įmonių įstatinį kapitalą, vertės pripažinimo nustatant paslaugų kainas, taip pat nusi-

dėvėjimo (amortizacijos) sąnaudų, įtraukimo į paslaugų kainas.

2025 m. kovo 11-14 d. organizuota išvyka į tarptautinę vandentvarkos ūkio ir technologijų parodą „AQUATECH Amsterdam 2025“ Olandijoje.

2025 m. kovo 20 d. dalyvauta nuotoliniai LVTA vandentvarkos bendrovių pasitarime, siekiant suderinti bendrą vandens tiekėjų poziciją dėl investicijų derinimo su VERT ir būtinųjų sąnaudų susigrąžinimo.

2025 m. kovo 26 d. dalyvauta nuotoliniai susitikime su Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos, Lietuvos savivaldybių asociacijos, Lietuvos vandens tiekėjų asociacijos bei Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos atstovais dėl geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo sektoriaus reguliavimo klausimų aptarimo.



www.lvta.lt



vanduo@lvta.lt



+370 5 2301370