




## Civil engineering Statybos inžinerija

# IŠMANIŲJŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMO VANDENTVARKOJE ANALIZĖ

Gintarė PIASECKIENĖ  , Jurgita ANTUCHEVIČIENĖ 

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

- gauta 2024 m. balandžio 18 d.
- priimta 2024 m. gruodžio 9 d.

**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, vandeniui paskirstyti inžineriniuose tinkluose, nuotekoms valyti, vandens gėlinimo procesuose, efektyviems vandenį taupantiems inžineriniams sprendiniams parinkti, potvynių prevencijai ir tvariai statybai įgyvendinti. Pažangiausių technologijų pritaikymas suteikia naudos žmonėms, valstybių institucijoms, vandentvarkos įmonėms ir ekosistėms.

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

 Autorius susirašinėti. El. paštas [g.dilginaite@gmail.com](mailto:g.dilginaite@gmail.com)

## 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 pradedama jausti vis didesnį gėlo vandens trūkumą (Manikandan et al., 2022). Dėl to 2015 m. Jungtinių Tautų susirinkime į darnaus vystymosi darbotvarkę buvo įtrauktas šeštasis tikslas – visiems pasaulio gyventojams užtikrinti kokybiško geriamojo vandens prieinamumą ir higieniškas gyvenimo sąlygas (Herrera-León et al., 2022). Siekiant patenkinti žmonių poreikius ir įgyvendinti šeštąjį 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 pilkąjį 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 ekonomiais 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 išvadose.

## 3. Tyrimo rezultatai

Išanalizavus mokslinius straipsnius vandentvarkos tematika ir pasinaudojus „StartUs Insights Discovery“ internetinės platformos duomenimis, buvo sudaryta pagrindinių

1 lentelė. 8 pagrindinės vandentvarkos tendencijos ir inovacijos

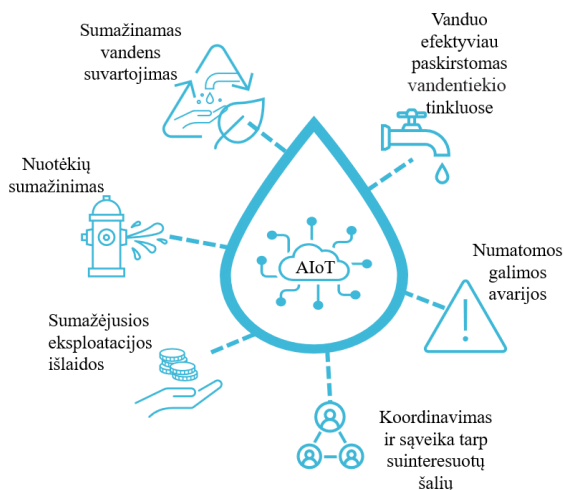
Eil. Nr.	Pavadinimas	Startuolių kiekio vandentvarkoje pasiskirstymas pasaulyje, %
1.	Skaitmeninė vandentvarka	27
2.	Nuotekų valymas ir pakartotinis panaudojimas	14
3.	Vandens filtravimas	13
4.	Potvynių prevencija	13
5.	Vandens taupymo technologijos	11
6.	Decentralizuota infrastruktūra	8
7.	Naujų medžiagų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

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 efektyviam 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 buitinėse nuotekose stebėti, židiniams aptikti (Wang et al., 2023).

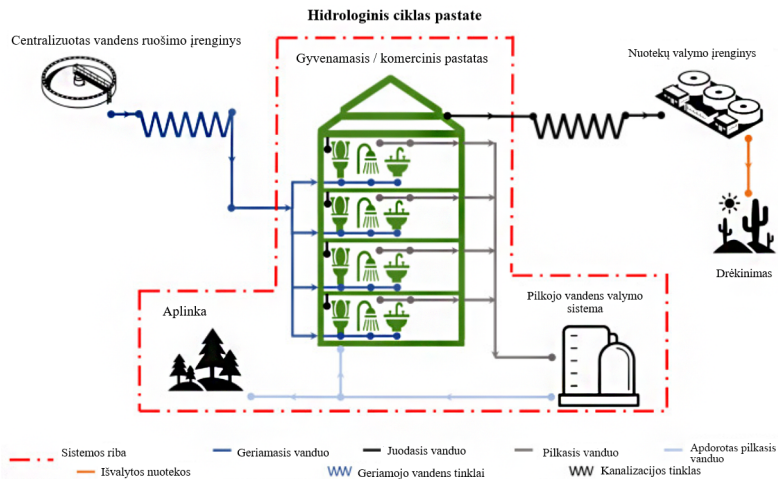
IoT technologijos, integruotos kartu su statinių informaciniu modeliavimu (angl. *Building Information Modelling* (BIM)) bei infrastruktūros ir pastatų ūkio valdymu (angl. *Facilities Management* (FM)), pagerina pastatų efektyvumą jų eksploatacijos etape: padeda automatiškai išmatuoti sunaudojamo vandens 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; Côte 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, j 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



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

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).

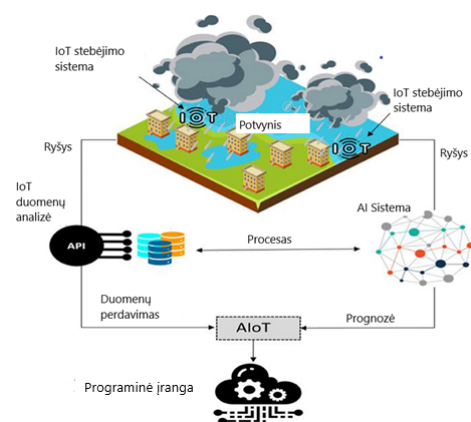
Geriamajam vandeniui gali būti naudojamas elektrocheminis filtravimas. Naudojant elektrocheminį filtravimo metodą, kuris palengvina vandens išankstinį apdorojimą ir sumažina cheminių medžiagų naudojimą vandens valyme, padidinamas geriamojo vandens paruošimo proceso efektyvumas ir sumažinamos energijos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

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

### 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, pradedamos naudoti AIoT technologijos. IoT įrenginiai, tokie kaip radarai, jutikliai vėjo kryptiai, kritulių stebėsenai, renka ir fiksuoja duomenis realiuoju laiku. AI suteikia galimybę prognozuoti bei padeda priimti sprendimus, laiku uždaryti užtvarų 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.



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

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 kuria 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 mašytuvai 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, mikrodrėkintuvus 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 „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 (Airowater, n.d.).

Čileje yra sukurta mobili vandens valymo sistema „Remote Waters“, kuri, naudodama membranines technologijas, valo požeminį ar jūros vandenį. Energija šiai sistemai yra tiekiamą 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

neseniai 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 (Hidroplika 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 (Herrea-León et al., 2022).

Vokietijoje šiam tikslui buvo sukurta „Grino“ gėlinimo sistema, kuri, naudodama atvirkštinio 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 valymą 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 – tualetams 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 water-management system*. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.archdaily.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., Soto-Moscoco, 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](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., Hasan, 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.ocean oasis.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.es.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

G. Piaseckienė, J. Antučevičienė

### 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.