

## INDIVIDUALAUS GRĘŽINIO VANDENS KOKYBĖS TYRIMAS IR GERINIMO TECHNOLOGIJŲ LYGINAMOJI ANALIZĖ

Vaida Eidulevičiūtė, Ingrida Pliopaitė Bataitienė

*Utenos kolegija,  
Maironio g. 18, Utena, Lietuva*

### Anotacija

Straipsnyje analizuojamos ir lyginamos vandens gerinimo technologijos, ypatingą dėmesį skiriant jų pritaikomumui individualiam gręžiniui. Dažniausiai kaimo vietovėse individualių gręžinių vandens taršą lemia žemės ūkio veikla, trąšų infiltracija į gruntinius vandenis bei netinkamas nuotekų tvarkymas. Atlikto geriamojo vandens tyrimo rezultatai atskleidžia padidėjusią amonio koncentraciją ir mikrobiologinę taršą. Tirtame vandens mėginyje aptikta koliforminių bakterijų, žarninių lazdelių, žarninių enterokokų, kuriems geriamajame vandenyje taikoma nulinė tolerancija, o amonio koncentracija viršija leistiną normą (0,5 mg/l) daugiau kaip 3 kartus – t.y. toks vanduo nėra saugus vartoti, svarbu taikyti vandens valymo priemones. Straipsnyje pateikiama atvirkštinio osmoso, jonų mainų ir UV dezinfekcijos technologijų efektyvumo bei jų tinkamumo nustatytiems teršalams šalinti lyginamoji analizė.

**Reikšminiai žodžiai:** geriamojo vandens kokybė, vandens gerinimo technologijos, atvirkštinis osmosas, UV dezinfekcija, jonų mainai, amonio šalinimas, mikrobiologinė tarša.

### Įvadas

Pasaulio sveikatos organizacijos (toliau – PSO) duomenimis, daugiau nei du milijardai žmonių visame pasaulyje neturi prieigos prie saugaus geriamo vandens, o dėl netinkamos jo kokybės kasmet miršta apie 1,2 milijono žmonių (World Health Organisation, 2025). Vandens kokybė taip pat tiesiogiai veikia ir ekosistemų būklę – sukelia vandens telkinių eutrofikaciją, lemia biologinės įvairovės disbalansą ir dirvožemio degradaciją. Patys pirmieji vandens valymo metodai – vandens virinimas, filtravimas per smėlį aprašyti dar senovės Egipto raštuose, o Aristotelio veikaluose plačiai nagrinėjama kokybė ir aptinkamos konkrečiai vandens kokybės standartizavimo užuomazgos, tapo šiuolaikinės kokybės gerinimo pagrindu. Nors šiuolaikinėje visuomenėje vandens kokybės svarba yra nediskutuotina ir jos įrodinėti nebereikia, iššūkių dėl saugaus vandens užtikrinimo vis dar išlieka tiek vietiniu, tiek globaliu mastu.

Saugaus geriamojo vandens prieinamumas yra žmogaus sveikatos sąlyga, pripažįstama kaip pamatinė žmogaus teisė ir būtina visuomenės sveikatos politikos dalis (World Health Organisation, 2025). Geriamojo vandens kokybę nusako įvairūs fizikiniai, cheminiai ir mikrobiologiniai rodikliai, kurių ribinės vertės nustatytos PSO gairėse bei Europos Sąjungos (toliau – ES) Geriamojo vandens direktyvoje ES2020/2184 (Europos Parlamentas ir Taryba, 2020). Pagal šiuos dokumentus vertinama ne tik vandens sudėtis, bet ir organoleptinės savybės: skonis, kvapas, spalva bei drumstumas. Svarbiausi cheminiai rodikliai, turintys įtakos sveikatai – nitratų, nitritų, geležies, mangano, amonio ir fluoridų koncentracijos. Lietuvoje dalis gyventojų vis dar susiduria su geriamojo vandens kokybės problemomis. Valstybinės maisto ir veterinarijos tarnybos (toliau – VMVT) duomenimis, kasmet atliekamuose tyrimuose dalis mėginių neatitinka nustatytų normų dėl cheminių ar mikrobiologinių parametrų (Valstybinė maisto ir veterinarijos tarnyba, 2021). Dažniausiai viršijamos geležies ir mangano koncentracijos, o kaimo vietovėse – nitratai, amonis ir organinės kilmės teršalai, kurių padidėjimą lemia žemės ūkio veikla bei trąšų infiltracija į gruntinius vandenis. Didžiausios problemos kyla gyvenvietėse, neturinčiose centralizuotų vandens tiekimo sistemų, kur vanduo tiekiamas iš šulinių ar individualių gręžinių, o vartotojams tinkamai neįvertinus ir neparinkus efektyvios kokybės gerinimo technologijos, vanduo išvalomas nekokybiškai. Žinoma, centralizuotos sistemos taip pat

turi vandens kokybės trūkumų, kurie kyla dėl senų vamzdinių, nuosėdų kaupimosi. Tokie geriamojo vandens kokybės rodiklių nukrypimai nuo nustatytų normų turi ne tik estetinių, bet ir toksikologinių pasekmių, o ypač kenkia jautrioms visuomenės grupėms – besilaukiančioms moterims bei vaikams.

Atsižvelgiant į vandens kokybės problemas ir nekokybiško vandens lemiamus padarinius, svarbu diegti efektyvias vandens valymo technologijas. Vandens valymo procesai padeda sumažinti tiek cheminę, tiek mikrobiologinę taršą, pašalinti perteklinius elementus bei užtikrinti organoleptinių savybių stabilumą. Šiuolaikinės vandens gerinimo technologijos grindžiamos įvairiais fizikiniais, cheminiais ir biologiniais procesais – aeravimas, filtravimas, adsorbicija, jonų mainai, membraniniai metodai ir kt. Efektyvus vandens valymo technologijų taikymas padeda užtikrinti vartotojų sveikatos apsaugą, taip pat prisideda prie tvaraus vandens išteklių naudojimo, o tai ypač svarbu atsižvelgiant į klimato kaitos ir intensyvėjančios ūkinės veiklos iššūkius, kurie didina pavojų tiek paviršinio, tiek požeminio vandens kokybei. Dėl šių priežasčių būtina nuolat vertinti vandens valymo technologijų efektyvumą ir užtikrinti jų pritaikymo galimybes.

Tyrimo objektas – individualaus gręžinio vandens kokybė ir jos gerinimo technologijos.

Tyrimo tikslas – įvertinti individualaus gręžinio vandens kokybės tyrimo rezultatus ir atlikti vandens gerinimo technologijų, tinkančių buitiniam naudojimui, lyginamąją analizę.

Tyrimo problema – didžiausios vandens kokybės problemos kyla gyvenvietėse, kuriose nėra centralizuotos vandens tiekimo sistemos. Nors šiuolaikinės valymo technologijos leidžia efektyviai šalinti įvairius teršalus, individualių šulinių ar gręžinių savininkai dažnai neįvertina skirtingų vandens gerinimo technologijų veikimo principų bei efektyvumo, todėl vanduo nėra išvalomas kokybiškai.

Tyrimo metodai – vandens kokybės rodikliams nustatyti taikyti metodai: kalometrinis (žymuo: LST ISO 7150-1:1998), membraninės filtracijos (žymuo: LST EN ISO 7899-2:2001), mokslinės literatūros, teisės aktų, empirinių duomenų ir palyginamoji analizės.

## 1. Vandens valymo technologijos ir jų taikymo galimybės buities sąlygomis

Vandens valymas – tai procesas, kurio metu iš vandens pašalinami nepageidaujami cheminiai, biologiniai ir fiziniai teršalai, siekiant užtikrinti jo tinkamumą vartojimui ir atitikti higienos normoms. Šiuolaikinės valymo technologijos grindžiamos natūraliais ir inžineriniais procesais, kurie leidžia pašalinti ištirpusius cheminius junginius, mikroorganizmus, suspenduotas daleles bei organines medžiagas. Pagal veikimo principą vandens valymo technologijos gali būti skirstomos į: fizikines (filtracija, aeracija, nusodinimas); chemines (koaguliacija, oksidacija, jonų mainai); biologines (biofiltrai), kombinuotas (kelių technologijų sujungimas). Fizikiniai metodai yra grindžiami teršalų atskyrimu nuo vandens pagal dalelių dydį ir tankį, taikant cheminius metodus vandenyje vyksta cheminiai procesai, kurie kenksmingas medžiagas paverčia netirpiomis ir lengviau pašalinamomis. Biologiniai metodai dažniausiai taikomi nuotekų valymui, tačiau biofiltrai gali būti pritaikomi ir vandens kokybės gerinimui, o kombinuotos sistemos, jungiančios kelias technologijas, taikomos platesniam teršalų spektrui šalinti (P. Baltrėnas, R. Vaišis, 2018). Buities sąlygomis, naudojant geriamąjį vandenį iš individualių gręžinių ar šulinių, dažniausiai taikomos mechaninio filtravimo, aktyvios anglies, jonų mainų, aeracijos ir atvirkštinio osmoso technologijos. Siekiant aiškiau parodyti vandens valymo technologijų įvairovę ir jų taikymo galimybes buities sąlygomis, 1 – oje lentelėje pateikiama pagrindinių technologijų analizė.

**1 lentelė. Pagrindinių vandens valymo technologijų palyginimas** (Šaltinis: sudaryta autorių, pagal United States Environmental Protection Agency (toliau – EPA) „Overview of Drinking Water Treatment Technologies“ duomenis (EPA, 2025))

Technologija	Veikimo principas	Šalinami teršalai	Pagrindiniai privalumai	Pagrindiniai trūkumai	Pritaikymas butyje
<b>Mechaninis filtravimas</b>	Vanduo praleidžiamas per filtravimo terpę (smėlį, keramiką, pluoštą), kuri sulaiko skendinčias medžiagas.	Smėlis, dumblas, rūdys, suspenduotos dalelės.	Paprasta technologija, maža priežiūra, nebrangi.	Nepašalina ištirpusių cheminių junginių ar bakterijų.	Tinka pirminiam valymui.
<b>Aktyvios anglies filtracija</b>	Teršalai adsorbuojami aktyvios anglies paviršiuje.	Chloras, pesticidai, organinės medžiagos, kvapas, skonis.	Pagerina skonį ir kvapą, sulaiko organinius junginius.	Greitai užsiteršia, reikia reguliariai keisti filtrus.	Plačiai naudojama butyje.
<b>Jonų mainų filtravimas</b>	Jonų mainų dervos keičia nepageidaujamus jonus (pvz., $Ca^{2+}$ , $Fe^{2+}$ , $Mn^{2+}$ , $NO_3^-$ ) į nekenksmingus.	Geležis, manganas, amonis, kalcis, magnis, nitratai.	Efektyviai minkština vandenį, pašalina geležį.	Reikia regeneracijos druskomis, didesnės eksploatacijos sąnaudos.	Tinka gręžinių vandeniui.
<b>Aeracija</b>	Vanduo prisotinamas deguonimi, dėl ko oksiduojasi ir nusėda geležis bei manganas. Aeracijos metu pašalinamos radioaktyviosios dujos ( $^{222}Rn$ )	Geležis, manganas, vandenilio sulfidas, radonas.	Efektyvi fizikinė – cheminė technologija, be cheminių reagentų.	Reikia papildomos įrangos ir priežiūros, neužtikrina mikrobiologinės kokybės.	Tinkama kaimo vietovėms.
<b>Atvirkštinis osmosas</b>	Vanduo praleidžiamas per pusiau laidžią membraną, sulaikančią ištirpusius teršalus.	Nitratų, druskų, sunkiųjų metalų, mikroorganizmų šalinimas.	Labai aukštas valymo efektyvumas (>95%).	Didelė kaina, lėtas filtravimo greitis, švaistoma dalis vandens.	Efektyvus, bet brangesnis sprendimas butiui.
<b>UV dezinfekcija</b>	Ultravioletinės šviesos spinduliai sunaikina mikroorganizmus.	Bakterijos, virusai, mikroorganizmai.	Aukštas mikrobiologinio užterštumo valymo lygis.	Nepašalina cheminių teršalų ar drumstumo.	Naudojama kartu su kitais filtrais.

Kiekviena technologija sprendžia skirtingo pobūdžio vandens kokybės problemas, o tinkamo metodo pasirinkimas buties sąlygomis priklauso nuo konkrečių vandens sudėties parametrų bei vartotojo poreikių. Vandens valymo technologijų efektyvumas priklauso nuo konkretaus vandens šaltinio sudėties ir tyrimų analizės, o universalios vandens valymo technologijos, tinkančios visų geriamojo vandens savybių gerinimui nėra.

## 2. Individualaus gręžinio vandens tyrimo analizė ir rezultatų atitiktis teisės aktų reikalavimams

18 % Lietuvos gyventojų geriamuoju vandeniu apsirūpina individualiai – dažniausiai naudodamiesi šachtiniais šuliniais ar negiliais gręžiniais. Kai kuriose savivaldybėse, tokiose kaip Lazdijų, Kaišiadorių ir Šalčininkų rajonuose, daugiau nei pusė gyventojų vandens poreikius tenkina iš individualių šaltinių. Tokių šaltinių vandens kokybė priklauso nuo daugelio veiksnių – geologinių sąlygų, dirvožemio sudėties, žemės ūkio veiklos intensyvumo, nuotekų tvarkymo ypatybių. Dėl šių priežasčių dažnai individualių gręžinių vandenyje nustatomos padidėjusios geležies, mangano, amonio, nitratų ir nitritų koncentracijos, taip pat aptinkama ir mikrobiologinė tarša (Valstybinė maisto ir veterinarijos tarnyba, 2021).

Geriamojo vandens kokybės tyrimui mėginys imtas iš individualaus gręžinio, esančio Jaskonių kaime, Viečiūnų seniūnijoje, Druskininkų savivaldybėje. Gręžinio gylis 20 metrų. Tokie negilūs gręžiniai įprastai yra jautresni paviršinei taršai ir ūkinės veiklos poveikiui. Mėginys paimtas laikantis geriamojo vandens tyrimo reikalavimų – prieš imant mėginį, gręžinys praplautas leidžiant vandenį 5 – 10 min., siekiant pašalinti stovinčio vandens likučius. Mėginiai surinkti į specialiai paruoštus sterilius ir chemiškai švarius indus, tara sandariai uždaryta ir pristatyta į akredituotą UAB „Druskininkų vandenys“ laboratoriją, kurioje buvo atliktas vandens kokybės tyrimas pagal LST EN ISO standartus.

Geriamojo vandens kokybės vertinimas Lietuvoje atliekamas vadovaujantis Lietuvos Respublikos (toliau – LR) higienos norma HN: 24:2023 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ (2003, Nr. 79-3606, suvestinė redakcija nuo 2023-02-02), kurioje perkeltos tarptautinės Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos ES2020/2184 dėl geriamojo vandens kokybės nuostatos. Šiuose teisės aktuose nustatytos fizinės, cheminės ir mikrobiologinės ribinės vertės. Pagal HN 24:2023 geležies koncentracija geriamajame vandenyje neturi viršyti 200 µg/l, mangano – 50 µg/l, o nitratų – 50 mg/l (LR Sveikatos apsaugos ministras, 2003). Vandens tyrimai atliekami taikant standartizuotus metodus, kurių kiekvienam yra suteiktas metodo žymuo, pavyzdžiui žarniniai enterokokai tiriami membraninės filtracijos metodu pagal LST EN ISO 7899-2:2001.

Vandens parametrų stebėseną ir užtikrinimą yra būtini ne tik dėl estetinių savybių, bet ir dėl potencialaus neigiamo poveikio žmogaus sveikatai, todėl individualių gręžinių vandens tyrimai yra itin svarbi priemonė vertinant geriamojo vandens kokybę ir užtikrinant sveikatos apsaugą. 2 – oje lentelėje pateikiami individualaus gręžinio vandens tyrimo rezultatai ir palyginimas su Lietuvos higienos normoje HN 24:2023 nustatytais ribinėmis vertėmis.

### 2 lentelė. Individualaus gręžinio vandens tyrimo rezultatai ir palyginimas su ribinėmis vertėmis

(Šaltinis: sudaryta autorės, pagal UAB „Druskininkų vandenys“ laboratorinio tyrimo ataskaitos duomenis)

Nustatyta analizė / mikroorganizmai, matavimo vnt.	Rezultatas	Leidžiama iki, HN 24:2023	Metodo žymuo
Amonis, mg/l	1,9	0,50	LST ISO 7150-1:1998
Vandenilio jonų koncentracija, pH vnt.	7,7	6.5 - 9.5	LST EN ISO 10523:2012
Savitasis elektrinis laidis, µS/cm prie 20°C	593	2500	LST EN ISO 27888:2002
Drumstumas, NTU	4	4	LST EN ISO 7027-1:2016
Spalva, mg/l Pt	35	30	LST EN ISO 7887:2012
Bendroji geležis, µg/l	21	200	LST ISO 6332:1995
Koliforminės bakterijos, labiausiai tikėtinas skaičius KSV/100 ml	<1,0	0	LST EN ISO 9308-2:2014
Žarninės lazdelės (E.coli), labiausiai tikėtinas skaičius KSV/100 ml	<1,0	0	LST EN ISO 9308-2:2014
Žarniniai enterokokai, KSV/100 ml	<1,0	0	LST EN ISO 7899-2:2001

Pateiktuose vandens tyrimo rezultatuose matome, kad tirtame vandenyje vandenilio jonų koncentracija, savitasis elektrinis laidis, drumstumas, bendroji geležis atitinka Lietuvos higienos normoje nustatytus reikalavimus, tačiau nustatyti amonio koncentracijos, spalvos, koliforminių

*bakterijų, žarninių lazdelių ir žarninių enterokokų parametrai* rodo galimas vandens kokybes problemas. Didžiausias nukrypimas nustatytas *amonio koncentracijai* (1,9 mg/l), kuri daugiau nei tris kartus viršija leistiną normą. Padidėjęs amonio kiekis vandenyje dažniausiai rodo organinės taršos požymius – galimą nuotekų ar trąšų infiltraciją į gruntinius vandenis. Spalvos rodiklis taip pat viršija nustatytą ribinę vertę, spalvotumą paprastai lemia natūralios organinės (humusinės) priemaišos (A. Sakalauskas ir kt., 2008). Drumstumo parametras atitinka nustatytas normas, tačiau yra ties leistina riba, todėl šį rodiklį rekomenduojama periodiškai stebėti. Kiti cheminiai rodikliai – pH, savitasis elektrinis laidis, bendroji geležis – atitinka nustatytus reikalavimus, o tai rodo, kad vanduo nėra chemiškai užterštas toksinėmis medžiagomis ir jo mineralinė sudėtis išlieka normos ribose. Tuo tarpu *mikrobiologinių tyrimų rezultatai* atskleidžia reikšmingus nukrypimus nuo normų. *Koliforminių bakterijų, žarninių lazdelių ir žarninių enterokokų skaičius* pagal HN 24:2023 turi būti lygus 0, tai reiškia, kad geriamajame vandenyje jie neturi būti aptinkami. Atlikto tyrimo rezultatuose matyti, kad tirtame mėginyje šie rodikliai vis dėlto buvo aptikti, o tokia tarša rodo fekalinės kilmės bakterijų būvimą, kurios kelia tiesioginę grėsmę žmogaus sveikatai ir gali sukelti virškinamojo trakto infekcijas bei kitas ligas.

Atsižvelgiant į vandens kokybės tyrimo rezultatus, galima teigti, kad tiriamojo gręžinio vanduo neatitinka geriamojo vandens kokybės reikalavimų – viršyta amonio koncentracija, nustatyta mikrobiologinė tarša rodo, kad šis vanduo nėra tinkamas tiesioginiam vartojimui be papildomo valymo. Šie tyrimo rezultatai patvirtina, kad tiriamuoju atveju vandens gerinimo technologijų parinkimas ir taikymas yra būtinas, siekiant užtikrinti geriamojo vandens saugą.

### 3. Vandens gerinimo technologijos ir jų pritaikymo galimybės individualiam gręžiniui

Atsižvelgiant į individualaus gręžinio vandens tyrimo rezultatus, nustatyta, kad vanduo nėra tinkamas vartoti be papildomo valymo – viršyta amonio koncentracija ir aptikta mikrobiologinė tarša. Abi šios taršos rūšys kelia tiesioginę grėsmę žmogaus sveikatai, ypač ilgalaikėje perspektyvoje. Amonio junginiai patekę į organizmą apsunkina inkstų veiklą, trikdo deguonies pernešimą, taip pat gali oksiduotis į nitritus ar nitratus, kurie dar labiau didina toksiškumo riziką. Aptiktos, mikrobiologinę taršą, identifikuojančios bakterijos, gali sukelti virškinamojo trakto infekcijas, viduriavimą, vėmimą, karščiavimą. Dėl šių priežasčių būtina taikyti efektyvias vandens valymo technologijas. Rekomenduojamų vandens gerinimo technologijų – atvirkštinio osmoso sistemos, jonų mainų filtravimo ir ultravioletinių spindulių (toliau – UV) dezinfekcijos, parinktų pagal šalinamų teršalų rūšį, lyginamoji analizė pateikta 3 – oje lentelėje.

**3 lentelė. Rekomenduojamų vandens gerinimo technologijų lyginamoji analizė** (Šaltinis: sudaryta autorių, pagal *United States Centers for disease control and prevention (2024) duomenis*)

Technologija	Veikimo principas	Privalumai	Trūkumai	Amonio šalinimas	Mikrobiologinės taršos šalinimas
Atvirkštinis osmosas	Vanduo perleidžiamas per pusiau laidžią membraną (0,0001 μm), atskiriant ištirpusius teršalus	Iki 99 % valymo efektyvumas, šalina amonį (96–98 %), bakterijas, virusus, pirmuonis	Lėtas procesas, sudaro daug sūrių nuotekų (1:4), reikalauja išankstinio mechaninio valymo	+	+
Jonų mainų filtrai	Katijoninė derva keičia amonio jonus į natrio jonus	Efektyviai mažina amonio koncentraciją, regeneruojama derva	Nepašalina mikroorganizmų, dervos efektyvumas mažėja esant dideliame vandens kiekiui	+	-

Technologija	Veikimo principas	Privalumai	Trūkumai	Amonio šalinimas	Mikrobiologinės taršos šalinimas
UV dezinfekcija	UV spinduliai pažeidžia mikroorganizmų DNR/RNR, todėl jie nebegali daugintis	Iki 99,99 % patogenų sunaikinimas, nereikia cheminių medžiagų, plačiai taikomas	Nepašalina ištirpusių cheminių teršalų, priklauso nuo vandens skaidrumo	-	+

Atlikus trijų skirtingų vandens valymo technologijų – *atvirkštinio osmoso, jonų mainų bei UV dezinfekcijos lyginamąją analizę*, galima teigti, kad nėra vienos universalios technologijos, kuri užtikrintų aukštą valymo kokybę ir galėtų būti optimalus sprendimas butyje. Atvirkštinio osmoso sistemos, nors ir yra pajėgios sumažinti amonio jonų koncentraciją iki 96 – 98 %, veiksmingai šalina mikroorganizmus – bakterijas, virusus, pirmuonis ir gali veikti kaip mikrobiologinės taršos barjeras (Lenntech, 2025), vis dėlto pasižymi tam tikrais eksploataciniais trūkumais: ji veikia lėtai, negali užtikrinti didelio vandens debito visam namui be didelės apimties įrangos, taip pat generuoja reikšmingą kiekį nuotekų, kurios gali apkrauti individualius nuotekų valymo įrenginius. Be to, ilgai gali sutrikti membranų veikimas – didėja mikroorganizmų pratekėjimo rizika, todėl būtina nuolatinė filtrų priežiūra ir keitimas. Jonų mainų technologija yra efektyvi amonio, kalcio, magnio, dalinai geležies ir mangano jonų šalinimui, taip pat bendros vandens cheminės sudėties pagerinimui. Šios technologijos veikimo principas pagrįstas katijoninės dervos naudojimu, kuri pritraukia teigiamus jonus (katijonus), tokius kaip amonis. Pro įrenginį su dervos užpildu pratekęs vanduo atiduoda amonio jonus dervai, sau pasiimdamas natrio jonus. Remiantis šių sistemų gamintojų duomenimis, specialus 42 litrų katijoninis filtras su 5 litrų užpildu gali sumažinti amonio koncentraciją iki 2,5 mg/l (Nordic Sios). Šios sistemos yra palankios buitiniams sąlygoms, nes sunaudoja mažiau vandens regeneracijai ir pasižymi paprasta eksploatacija. Tačiau ši technologija nėra skirta mikrobiologinių teršalų šalinimui, todėl reikalauja papildomos dezinfekcijos. UV dezinfekcija yra viena iš efektyviausių fizinių priemonių mikroorganizmams šalinti. Šios technologijos veikimo principas pagrįstas specialia UV spinduliuote, kuri nukreipiama į pro įrenginį tekančią vandenį. UV spinduliai pažeidžia bakterijų, virusų, pirmuonių ląstelių DNR/RNR taip, kad jos nebegali daugintis. Tinkamai suprojektuotos UV sistemos sunaikina iki 99,99 % bakterijų, virusų, grybelių, pirmuonių ir kitų patogenų vandenyje, tačiau neturi poveikio cheminiams teršalams, tokiems kaip amonis. Be to, UV lempų efektyvumas laikui bėgant mažėja, todėl jas būtina periodiškai keisti – vidutiniškai kartą per metus.

Atsižvelgiant į lyginamosios analizės rezultatus, optimaliausias sprendimas aprūpinimui švairiu geriamuoju vandeniu yra kombinuota jonų mainų ir UV dezinfekcijos sistema. Šis derinys vienu metu spręstų tiek cheminės, tiek mikrobiologinės taršos problemas ir yra lengvai pritaikomas naudoti individualiuose namų ūkiuose. Tuo tarpu atvirkštinio osmoso filtrai gali būti sėkmingai taikomi lokaliai – tik geriamojo vandens ruošimui, pavyzdžiui, virtuvėje. Vis dėlto, toks sprendimas nepašalina amonio iš viso namo vandens sistemos, o likusi cheminė tarša gali neigiamai paveikti buitinius prietaisus, šildymo sistemas ir sukelti nemalonų kvapą skalbiant ar naudojant vandenį butyje.

## Išvados

1. Palyginus skirtingų vandens valymo technologijų veikimo principus, privalumus, trūkumus ir pritaikomumą, galima teigti, kad buitines sąlygomis, dažniausiai taikomos mechaninio filtravimo, aktyvintos anglies, jonų mainų, aeracijos ir atvirkštinio osmoso technologijos, tačiau konkretus priemonės parinkimas, grindžiamas vandens kokybės tyrimų duomenimis.
2. Individualaus gręžinio vandens tyrimo analizė rodo, kad vanduo nėra tinkamas vartoti be papildomo valymo, nes neatitinka nustatytų higienos normų: viršyta nustatyta leistina amonio

koncentracija (1,9 mg/l) taip pat aptikta mikrobiologinė tarša (koliforminės bakterijos, žarninės lazdelės, žarniniai enterokokai), kurioms geriamajame vandenyje taikoma nulinė tolerancija.

## Rekomendacijos

1. Palyginus atvirkštinio osmoso, jonų mainų ir ultravioletinės dezinfekcijos technologijas, galima teigti, kad kiekviena iš jų yra veiksminga skirtingiems teršalams šalinti. Nors atvirkštinis osmosas užtikrina aukštą valymo kokybę, dėl didelių eksploatacinių sąnaudų jis nėra optimalus visam namui, todėl rekomenduojama kombinuoti jonų mainų bei UV dezinfekcijos technologijas, kurios kartu užtikrina amonio koncentracijos bei mikrobiologinės taršos kontrolę vandenyje.

## Literatūros sąrašas

1. Baltrėnas P., Vaišis R. (2018). *Vandens valymo technologijos: teorija ir taikymas*. Vilnius: Technika.
2. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva dėl žmonėms vartoti skirto vandens kokybės, 2020, Nr. (ES) 2020/2184. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/lt/ALL/?uri=CELEX:32020L2184>.
3. Lenntech. (2025). *Ammonium removal*. Prieiga per internetą: <https://www.lenntech.com/applications/drinking/ammonium-removal>.
4. LR Sveikatos apsaugos ministro įsakymas dėl Lietuvos higienos normos HN 24:2023 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ patvirtinimo. 2003 m. liepos 23 d. Nr. V-455, i.k. 1032250ISAK000V-455, suvestinė redakcija nuo 2023-02-02. Prieiga per internetą: <https://e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.2099D15473C7/asr>.
5. Nordic Sios. *Minkštinimo nugeležinimo amonio mangano valymo filtras S-42*. Prieiga per internetą: <https://siosnordic.lt/kontaktai/kontaktai/item/378-minkstsinimo-nugelezinimo-filtrai-s>.
6. Sakalauskas A., Šulga V., Jankauskas J. (2008). *Vandentieka vandens ruošimas*. Vilnius: Technika.
7. United States Centers for Disease Control and Prevention. (2024). *About Home Water Treatment Systems*. Prieiga per internetą: <https://www.cdc.gov/drinking-water/about/about-home-water-treatment-systems.html>.
8. United States Environmental Protection Agency. (2025). *Overview of Drinking Water Treatment Technologies*. Prieiga per internetą: <https://www.epa.gov/sdwa/overview-drinking-water-treatment-technologies>.
9. Valstybinė maisto ir veterinarijos tarnyba. *Ataskaita apie geriamojo vandens saugą ir kokybę Lietuvoje 2020 metais*. (2021). Prieiga per internetą: [https://vmvt.lrv.lt/public/canonical/1758885904/3367/lr\\_ataskaita\\_2020\\_2021-12-10.pdf](https://vmvt.lrv.lt/public/canonical/1758885904/3367/lr_ataskaita_2020_2021-12-10.pdf).
10. World Health Organisation. (2025). *Drinking-water*. Prieiga per internetą: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
11. World Health Organisation. *Guidelines for Drinking-water Quality*. Prieiga per internetą: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/b437749a-43f7-472f-a6d9-42596e8ac0ae/content>.

---

## ANALYSIS OF INDIVIDUAL WELL WATER QUALITY AND COMPARATIVE EVALUATION OF IMPROVEMENT TECHNOLOGIES

**Vaida Eidulevičiūtė, Ingrida Pliopaitė Bataitienė**

*Utenos kolegija Higher Education Institution,  
Maironio str. 18, Utena, Lithuania*

### Summary

Water quality is a key factor in human health and environmental safety, especially in rural areas without centralized water supply. This study focuses on the water quality of a specific individual well located at Jaskonių Street 22B, Jaskonys Village, Viečiūnai Eldership, Druskininkai Municipality, and compares three water treatment technologies: reverse osmosis, ion exchange, and ultraviolet (UV) disinfection. The analysis examines their operating principles and suitability for household-scale application.

An individual well water test from a rural area revealed two critical issues: ammonium concentrations exceeding legal thresholds and microbiological contamination by *E. coli* and coliform bacteria. These findings were evaluated against Lithuanian Hygiene Standard HN 24:2023 and served as a basis for technology selection. Each method was assessed by removal capacity, operational complexity, and long-term applicability. Reverse osmosis demonstrated high removal efficiency for both chemical and microbiological pollutants but was limited by high maintenance demands and wastewater generation. Ion exchange effectively reduced ammonium and improved overall mineral balance but was ineffective against microbial contamination. UV disinfection offered excellent microbiological safety but lacked chemical purification capabilities.

In conclusion, the study highlights the necessity of integrated treatment solutions for private wells. A combined UV and ion exchange system is recommended for full-spectrum contaminant control, ensuring safe and compliant drinking water in decentralized rural settings.

**Key words:** drinking water quality, water treatment technologies, reverse osmosis, UV disinfection, ion exchange, ammonium removal, microbiological contamination.