

## GERIAMOJO VANDENS AERAVIMO SISTEMŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS

Andrius Styra<sup>1</sup>, Vytautas Striška<sup>2</sup>, Vadim Mokšin<sup>3</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>andrius.styra@vgtu.lt; <sup>2</sup>vytautas.striska@vgtu.lt; <sup>3</sup>vadim@vgtu.lt

**Santrauka.** Didelė dalis individualaus naudojimo modernių geležies šalinimo įrenginių neužtikrina reikiamų geriamojo vandens valymo rodiklių. Viena iš priežasčių galėtų būti netinkamas aeravimo sistemos darbas, todėl šio tyrimo tikslas – ištirti trijų tipų čiurkšlinių siurblių, naudojamų Lietuvoje individualiuose namuose, darbą ir palyginti siurbiamą deguonies kiekį su reikiamu ištirpinti deguonies kiekiu, apskaičiuotu teoriškai. Per tyrimą nustatyta, kad esant mažiems valomo vandens debitams čiurkšliniai siurbliai dirba nestabiliai – stabiliam darbui reikia papildomo viršslėgio.

**Reikšminiai žodžiai:** geležies šalinimo įrenginiai, aeravimo sistema, čiurkšlinis siurblys, reikiamas deguonies kiekis.

### Įvadas

Geležies šalinimo įrenginių naudojimas, siekiant išvalyti geriamąjį vandenį individualiuose namuose, yra labai dažnas. Jų veikimo principas pagrįstas vandenyje paprastai vyraujančios divalentės geležies jonų ( $Fe^{2+}$ ) paverimu į netirpius trivalentės geležies ( $Fe^{3+}$ ) junginius  $Fe(OH)_3$ , kurie atsiskiria vandeniui tekant pro košiančią terpę. Siekiant divalentę geležį paversti trivalente, būtina ją papildomai oksiduoti, todėl vandenį reikia aeruoti. Geležies šalinimo įrenginiuose deguonies prisotinimas dažniausiai vyksta siurbiant orą. Orui siurbti naudojama klasikinė schema – vientūris vamzdis, susidedantis iš konfuzoriaus, difuzoriaus ir žiočių. Žiotyse yra vožtuvėlis, kuris užtikrina sistemos hermetiškumą, bet suveikia tik esant tam tikram vandens tekėjimo greičiui.

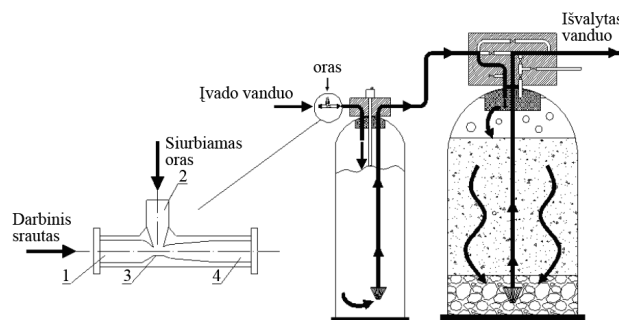
### Tyrimo tikslas

Netinkamą įrenginio darbą gali lemti nepakankamas sistemos oro siurbimas esant tam tikram vandens tekėjimo greičiui. Blogai suprojektuota aeravimo sistema gali geležies valymo iš vandens procese netiekti reikiamo deguonies kiekio, tokiu atveju valymo įrenginys dirbs blogai ir geležis bus valoma nepakankamai. Šio tyrimo tikslas – tirti trijų tipų čiurkšlinių siurblių, naudojamų Lietuvoje individualiuose namuose, darbą ir palyginti siurbiamą deguonies kiekį su reikiamu ištirpinti deguonies kiekiu, apskaičiuotu teoriškai.

### Tyrimo objektas

Tirti pasirinkti trijų tipų čiurkšliniai siurbliai, naudojami Lietuvoje gaminamuose geležies šalinimo įrenginiuose. Pirmasis čiurkšlinis siurblys – „Mazzei“, antrasis – „Waterite“ ir trečiasis – „Vakuumtrocken-apparat“.

Visi šie čiurkšliniai siurbliai yra panašios konstrukcijos (1 pav.), t. y. sudaryti iš konfuzoriaus, siurbiamo srauto atvamzdžio, difuzoriaus ir žiočių, kur įtaisytas vožtuvėlis, užtikrinantis sistemos hermetiškumą, bet suveikiantis tik esant tam tikram vandens tekėjimo greičiui.



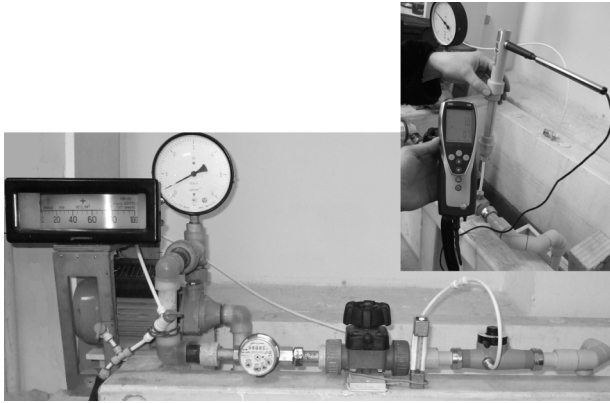
**1 pav.** Čiurkšlinio siurblio schema: 1 – konfuzorius; 2 – siurbiamo srauto atvamzdis; 3 – žiotys; 4 – difuzorius

**Fig. 1.** Scheme of the jet pump: 1 – confuser; 2 – branch; 3 – neck; 4 – diffuser

Čiurkšlinio siurblio veikimo principas (1 pav.): darbinis srautas atvamzdžiu 1 patenka į purkštuką, kuriame didėja srauto greitis, o slėgis krenta – potencinė energija virsta kinetine energija. Išpurkštas srautas siurbia atvamzdžiu 2 patenkantį srautą ir nukreipia į maišymosi kamerą 3, vėliau – į difuzorių 4. Maišymosi kameroje pradeda kilti mišinio slėgis, greitis krenta ir vyksta srautų masės mainai.

## Tyrimų metodika

Šio darbo standas susideda (2 pav.) iš vandens siurblio, debitmačio, reguliuojamos sklendės, manometro, rotametro ir anemometro. Bandymai su čiurkšliniais siurbliais atlikti esant penkiems skirtingiems vandens greičiams ir įvairiems siurbiamo oro slėgiams – tai 0 Pa, 60 Pa, 100 Pa.



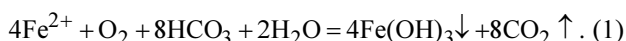
2 pav. Tiriamasis standas aeravimo sistemų efektyvumui nustatyti

Fig. 2. Experimental stand for testing of effectiveness of aeration systems

### Bandymo tvarka:

- įjungus vandens siurbli, pagal debitmatį sureguliuojama sklendė ir pasirenkamas vandens debitas;
- rotametu ir anemometru nustatomas siurbiamo oro kiekis esant 0 Pa;
- tiekiamas 60 Pa papildomas viršslėgis ir vėl fiksuojamas siurbiamo oro kiekis;
- tiekiamas 100 Pa papildomas viršslėgis ir vėl fiksuojamas siurbiamo oro kiekis;
- tada su kiekvienu čiurkšliniu siurbliu esant penkiems skirtingiems vandens debitams ir skirtingiems viršslėgiams (0 Pa, 60 Pa, 100 Pa) fiksuojami oro traukimo kiekiai.

Požeminio vandens kokybės Lietuvos vandenvietėse 1997–2003 m. vertinimas pagal higienos kriterijų –  $\sum Fe_{bendra} = 1,54 \text{ mg/l}$  (Klimas 2000). Pagal HN 24:2003 leidžiama koncentracija yra  $\sum Fe_{bendra} = 0,2 \text{ mg/l}$ . Taigi požeminiame vandenyje dažniausia yra divalencio jono forma, esanti geležies aeravimo įrenginyje. Tiekiamo oro deguonies oksidavimą parodo lygtis



Iš šios lygties gaunama, kad 1 mg/l oksiduoti reikia 0,143 mg/l vandenyje ištirpusio deguonies. Taigi norint išvalyti požeminiame vandenyje vidutiniškai Lietuvoje vyraujantį geležies kiekį 1,54 mg/l, reikia 0,22 mg/l vandenyje ištirpusio deguonies.

Tada apžvelgiami dažniausiai naudojamų buitinių sanitarinių prietaisų debitai:

- praustuvas = 0,02–0,2 l/s;
- dušas = 0,03–0,3 l/s;
- vonia = 0,05–0,5 l/s.

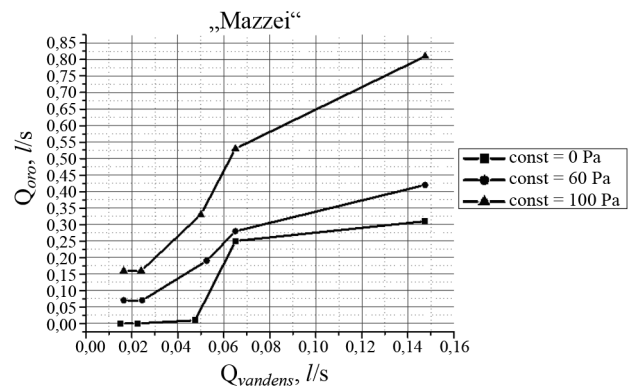
Taigi vienu aeratoriumi ištirpinamas deguonies kiekis,  $kgO_2/h$  skaičiuojamas pagal formulę

$$OC_1 = \gamma \cdot O_1 \cdot 0,21 \cdot \eta, \quad (2)$$

čia  $\gamma$  – oro tankis,  $kg/m^3$ ,  $\gamma = 1,2$ ;  $O_1$  – oro kiekis, tiekiamas į vieną aeratorių,  $m^3/h$ ;  $\eta$  – deguonies išnaudojimo koeficientas vieneto dalimis, renkamas pagal aeratorius gaminančių firmų duomenis.

## Rezultatai

Bandymų rezultatai pateikti 3–6 pav.



3 pav. Čiurkšlinio siurblio „Mazzei“ oro traukimo pajėgumo priklausomybė nuo vandens debito esant skirtingiems slėgiams

Fig. 3. Air suction capacity of “Mazzei” jet pump as function of water consumption and gauge pressure

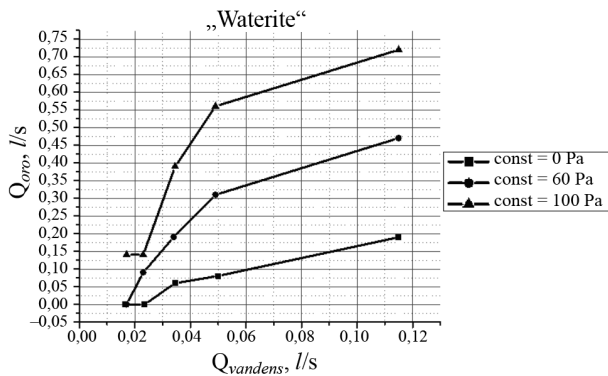
Kaip matyti 3 pav., vožtuvėlio atsідarymo minimumas ir deguonies siurbimas priklauso nuo vandens debito ir papildomo viršslėgio. Esant 0 Pa viršslėgiui matome, kad kai yra 0,0225 l/s vandens debitas, vožtuvėlis visiškai neveikia. Jis pradeda veikti tik esant 0,0475 l/s, o tiekiant papildomą viršslėgį (60 Pa) – jau esant minimaliam debitui 0,0150 l/s matyti pagerėjęs vožtuvėlio darbas. Ir esant 100 Pa viršslėgiui matoma, kaip puikiai siurbiamas oras.

Kaip matyti 4 ir 5 pav., labai panašiai išsidėsto vožtuvėlių atsідarymo minimumai ir siurblys geriau veikia esant papildomam viršslėgiui.

Iš 6 pav. matyti, kad be papildomo viršslėgio geriausiai veikia „Mazzei“ firmos čiurkšliniai siurbliai.

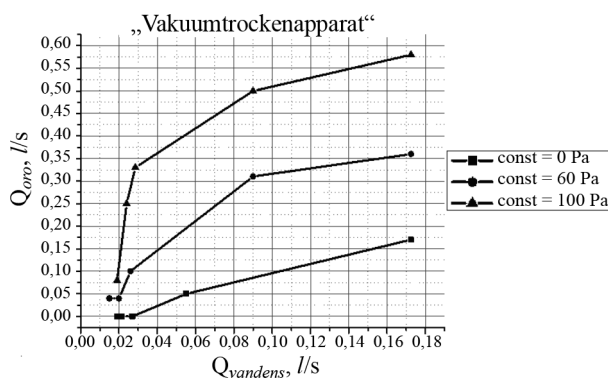
Vandens debitas namuose vidutiniškai svyruoja nuo 0,03–0,3 l/s, todėl vožtuvėlis ne visada suveikia.

Iš formulės skaičiavimų ir analizės matyti, kad esant minimaliems debitams 0,03 l/s vanduo prisotinamas nepakankamu deguonies kiekiu.



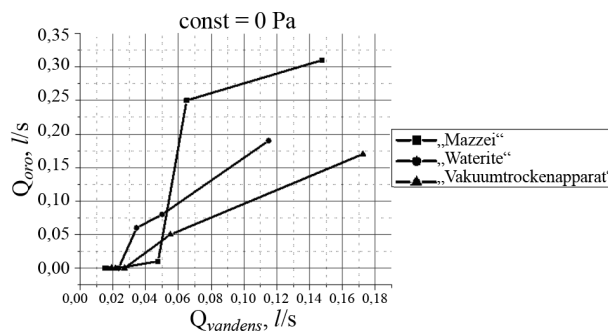
4 pav. Čiurkšlinio siurblio „Waterite“ oro traukimo pajėgumo priklausomybė nuo vandens debito esant skirtingiems slėgiams

Fig. 4. Air suction capacity of “Waterite” jet pump as function of water consumption and gauge pressure



5 pav. Čiurkšlinio siurblio „Vakuumtrockenapparat“ oro traukimo pajėgumo priklausomybė nuo vandens debito esant skirtingiems slėgiams

Fig. 5. Air suction capacity of “Vakuumtrockenapparat” jet pump as function of water consumption and gauge pressure



6 pav. Čiurkšlinių siurblių „Mazzei“, „Waterite“, „Vakuumtrockenapparat“ oro traukimo pajėgumo priklausomybė nuo vandens debito esant 0 Pa viršslėgiui

Fig. 6. Air suction capacity of “Mazzei”, “Waterite” and “Vakuumtrockenapparat” jet pumps as function of water consumption, gauge pressure 0 Pa

## Išvados

1. Mažo našumo geležies šalinimo įrenginiuose dažniausiai naudojami vientūriai vamzdžiai.
2. Esant mažiems debitams iki 0,04 l/s čiurkšliniai siurbliai dirba nestabiliai ir siurbiamo oro kiekio nepakanka oksiduoti valomame vandenyje esančiai divalentei geležiai.
3. Nustatyta, kad efektyviausias iš tirtų čiurkšlinių siurblių esant mažiems debitams yra „Mazzei“.
4. Norint suaktyvinti čiurkšlinio siurblio darbą tikslinga tiekti papildomą viršslėgį, kurį galima paimti iš orapūtės, naudojamos individualiuose nuotekų valymo įrenginiuose.

## Literatūra

- Diliūnas, J.; Jurevičius, A. 1998. *Geležis Lietuvos gėlame požeminiame vandenyje*. Vilnius. 58 p.
- Klimas, A. 2000. *Vandens kokybė Lietuvos vandenvietėse*. Vilnius. 355 p.
- Lietuvos higienos norma HN 24:2003. *Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai*. Vilnius. 24 p.
- Matuzevičius, A. B. 2000. *Rekomendacijos biologinio valymo įrenginiams projektuoti*. Vilnius. 48 p.
- Станкевичюс, В. 1978. *Удаление железа из воды. Фильтрация*. Москва. 109 с.

## RESEARCH ON THE EFFICIENCY OF DRINKING WATER AERATION SYSTEMS

A. Styra, V. Striška, V. Mokšins

Abstract

A number of modern iron removal systems used in individual houses do not work properly. One of the reasons could be inappropriate work of the aeration system. Therefore, the aim of this research is to analyze three types of jet pumps used in individual houses in Lithuania and compare the amount of sucked oxygen with demand for dissolved oxygen the amount of which is calculated. When summarizing the results of research, it was discovered that the ejector worked unstable when flow was low, and therefore stable operation require additional pressure.

**Keywords:** deironing equipment, aeration systems, jet pump, oxygen demand.