

## IŠLAIDŲ EFEKTYVUMO VERTINIMAS VANDENTVARKOS ĮMONĖJE TAIKANT DUOMENŲ APGAUBTIES ANALIZĖS METODĄ

**Vaida PATAPIENĖ**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el.paštas [vaida.patapiene@stud.vdu.lt](mailto:vaida.patapiene@stud.vdu.lt)

**Erika BESUSPARIENĖ**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el.paštas [erika.besuspariene@vdu.lt](mailto:erika.besuspariene@vdu.lt)

**Vesa NISKANEN**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el.paštas [vesa.niskanen@vdu.lt](mailto:vesa.niskanen@vdu.lt)

### Santrauka

Vandentvarkos įmonių teikiamų paslaugų kainos yra reguliuojamos valstybiniu lygiu. Pritaikius duomenų apgaubties analizės metodą (DEA) galima įvertinti vandentvarkos įmonės kiekvienos veiklos efektyvumą, t. y. ar ištekliams patirtos išlaidos panaudojamos efektyviai. Norint nustatyti įmonės UAB „N“ išlaidų efektyvumą buvo atlikta mokslinės literatūros analizė ir identifiukuoti DEA modelyje įtraukiami išteklių ir rezultatų kintamieji, jais remiantis sudaryta tyrimo metodika ir atliktas tyrimas. Išlaidų efektyvumą atspindi ne tik gautos pajamos, tačiau ir klientų skaičius, tinklų ilgis ir kiti rezultatai. Mokslinės literatūros analizė atskleidė, kad nustatant kainą dažniausiai įtraukiamos patirtos sąnaudos, investicijų grąža, turto nusidėvėjimas. Identifikuota, kad daugiausia sunkumų patiria mažų savivaldybių vandentvarkos įmonės, kadangi jų vidutinės gamybos sąnaudos yra didesnės nei daugiau gyventojų turinčių savivaldybių įmonės. Atlikus pasirinktos vandentvarkos UAB „N“ empirinį tyrimą buvo nustatyta, kad vykdoma kita veikla turi trūkumų dėl žaliavų ir darbo užmokesčio išlaidų bei vartotojų skaičiaus. Efektyvios UAB „N“ yra pagrindinės veiklos – vandens tiekimas ir nuotekų tvarkymas. Vandens tiekimo veiklos efektyvumas buvo didesnis nei nuotekų tvarkymo veiklos. Daroma išvada, kad tik šių dviejų veiklų (vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo) atveju ištekliams patirtos išlaidos panaudotos efektyviai. Remiantis tyrimo rezultatais galima būtų atlikti tolesnius tyrimus, siekiant identifikuoti problemas įmonėje, kodėl dalies veiklų ištekliams patirtos išlaidos panaudotos neefektyviai.

**Reikšminiai žodžiai:** išlaidų efektyvumas, DEA, vandentvarka.

### Įvadas

Vandentvarkos įmonių paslaugų kainos yra prižiūrimos ir reguliuojamos valstybiniu lygiu. Tačiau dažnai vandentvarkos įmonių, ypač veikiančių mažose savivaldybėse, uždirbamos pajamos ne visuomet padengia patiriamas išlaidas ir čia susiduriama su išlaidų efektyvumo problema. Pritaikius duomenų apgaubties analizės metodą (DEA) galima įvertinti vandentvarkos įmonių kiekvienos veiklos išlaidų efektyvumą. Išlaidų efektyvumą atspindi rezultatai – gautos pajamos, aptarnautas vandentvarkos klientų skaičius, aptarnautas tinklų ilgis ir kiti rezultatai. Panašaus pobūdžio tyrimai atliekami užsienyje lyginant kelių vandentvarkos įmonių išlaidų efektyvumą, tačiau pasigendama vienos vandentvarkos įmonės skirtingų veiklų išlaidų efektyvumo vertinimo tyrimų. Įvairiuose ankstesniuose tyrimuose (Cesaroni, 2018; Shiraz ir kt., 2020) išlaidų efektyvumas buvo vertinamas taikant DEA metodą, kas leidžia ištirti išlaidų efektyvumą per įmonės gebėjimą sukurti tą patį rezultatą su minimaliomis išlaidomis, t. y. optimaliu išlaidų paskirstymu. Apskaitos ir finansų tyrimuose (Li ir kt., 2019) DEA metodas padeda įžvelgti problemas dėl pastovių išlaidų paskirstymo tarp įmonės padalinių ar filialų.

Įvertinus DEA metodo pritaikomumą apskaitos ir finansų srities tyrimams išlaidų efektyvumo vertinimo, šiame straipsnyje pagal identifikuotus DEA modelyje įtraukiamus išteklių ir rezultatų kintamuosius, sudaryta empirinio tyrimo metodika ir atliktas empirinis tyrimas pasirinktos vandentvarkos įmonės UAB „N“, veikiančios mažoje savivaldybėje atveju. Šiame tyrime nebuvo vertinama kaip savivaldybės dydis daro poveikį vandentvarkos įmonės išlaidų efektyvumui. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad pasirinktos vandentvarkos įmonės UAB „N“ atveju tik pagrindinėje veikloje (vandens tiekimas ir nuotekų tvarkymas) užtikrinamas išlaidų efektyvumas. Tačiau kitų vykdomų veiklų (paviršinio vandens tvarkymas, apskaitos skaitiklių įrengimas ir kita veikla) atveju išlaidos yra neefektyvios, atsižvelgiant į tų veiklų rezultatus. Tyrimo rezultatai leidžia atlikti tolesnius tyrimus, siekiant identifikuoti problemas, kodėl dalies veiklų atveju ištekliams patirtos išlaidos panaudojamos neefektyviai.

**Tyrimo tikslas** – atskleidus išlaidų efektyvumo svarbą nustatant vandentvarkos įmonių paslaugų kainas, parengus išlaidų efektyvumo vertinimo metodiką vandentvarkos įmonės vykdomoms veikloms, nustatyti pasirinktos vandentvarkos įmonės UAB „N“ atveju išlaidų efektyvumą vykdomose veiklose pritaikant duomenų apgaubties analizės (DEA) metodą.

### Tyrimo uždaviniai

1. Atskleisti išlaidų efektyvumo reikšmę vandentvarkos įmonėse kainų reguliavimo kontekste;
2. Parengti išlaidų efektyvumo vertinimo metodiką taikant duomenų apgaubties analizės (DEA) metodą vandentvarkos įmonės vykdomoms veikloms;
3. Atlikti vandentvarkos įmonės UAB „N“ vykdomų veiklų išlaidų efektyvumo analizę taikant duomenų apgaubties analizės metodą (DEA).

## Tyrimo objektas ir metodai

**Tyrimo objektas** – išlaidų efektyvumas vandentvarkos įmonėje.

Siekiant atskleisti išlaidų efektyvumo reikšmę vandentvarkos įmonėse ir taikomus tyrimo metodus išlaidų efektyvumui įvertinti buvo naudoti mokslinės literatūros analizės, lyginimo ir sintezės metodai. Tyrimo metodikai parengti naudotas ankstesnių empirinių tyrimų metodų palyginimas, grupavimas ir apibendrinimas. Siekiant sudaryti vandentvarkos įmonės išlaidų efektyvumo vertinimo metodiką, taikytas DEA metodas.

## Išlaidų efektyvumo reikšmė vandentvarkos įmonėse

Vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo paslaugų kainų reguliavimas yra svarbus siekiant apsaugoti viešąjį interesą. Dabartinėmis aplinkybėmis vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įmonės (toliau – vandentvarkos įmonės) susiduria su dideliais iššūkiais ir sunkumais. Įmonių veiklai labai svarbu ne tik valdyti išteklius, aplinkosauginiai klausimai, bet ir ekonominė, politinė situacija šalyje ir pasaulyje.

Vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo sektorius prižiūrimas ir veikla reguliuojama valstybiniu lygmeniu. Kai kuriose šalyse, tokiose kaip Italija, vandens tiekimo pramonė sudaryta iš valstybinių komunalinių įmonių, kurios apima viešojo ir privačiojo sektorių partnerystes, kurios gali padėti įgyti patirties operacijų, fondų ir santykių srityse (Romano ir kt., 2017). Valdžios paskirta institucija, reguliuojanti komunalinių paslaugų kainas, įgyvendina socialinių poreikių kainų reguliavimą, palaikydama kainas pageidaujamo lygio, kas gali lemti, kad nustatyta kaina gali tapti žemesnė nei patirtos įmonės išlaidos. Dėl šio ribojimo ūkio subjektai, teikiantys komunalines paslaugas, turi prisiimti riziką dėl kainos nustatymo (Ko, 2015).

Reglamentai ir metodikos dėl vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo dažnai yra išdėstyti taip, kad leistų tiekėjams susigrąžinti nurodytas išlaidas ir kitas sumas per jų taikomas kainas klientams, taip pat paslaugos kaina yra reguliuojama siekiant apsaugoti vartotojų interesus. Taigi siekiant sumažinti kainos nepastovumą reguliuotojas gali atidėti sąnaudų susigrąžinimą (Eyibio ir kt., 2022). Tokiu atveju vandentvarkos įmonės veikla gali būti nuostolinga dėl išlaidų neefektyvumo.

Vandentvarkos įmonėse išlaidų efektyvumui įtaką daro skirtingos kainų reguliavimo praktikos, kurios dažniausiai tam tikrose šalyse paremtos „išlaidų plius“ principu. Kaina nustatoma kelių metų periodui ir remiantis būsimų išlaidų metodu. Tačiau tyrėjai išskiria šio principo taikymo problematiką – kad kainos taikymas nėra paremtas ankstesne patirtimi ar „atsigręžimo“ į tikrąją padėtį požiūriu (Ko, 2015). Atlikus mokslinės literatūros analizę 1 lentelėje pateikiamos kainos reguliavimo praktikos vandentvarkos ir kitose komunalinių paslaugų įmonėse, veikiančiose skirtingose šalyse.

**1 lentelė.** Komunalinių paslaugų kainų reguliavimas skirtingose šalyse (Šaltinis: Ko, 2015)

**Table 1.** Regulation of water supply prices in different countries (Source: Ko, 2015)

Šalis	Kokiais periodais skaičiuojama kaina	Kas įtraukiama į kainą	Reguliuotojo įtaka
Jungtinė Karalystė	Kas 5 metai skaičiuojama kaina, kas metai peržiūrimos pajamos ir sąnaudos	Kainų kontrolė nustatoma remiantis numatomomis veiklos sąnaudomis, fiksuotomis tinklo infrastruktūros turto priežiūros ir keitimo išlaidomis	Veikla licencijuojama. Pagrindinis vyriausybės tikslas – nustatyti žemas kainas užtikrinant aukštos kokybės paslaugos tiekimą. Reguluotojas nustato maksimalių pajamų ribą, o ne kainos maksimalią ribą, kuri apskaičiuojama: pajamos + inovacijos + iniciatyvos + rezultatai
JAV	Baziniai tarifai dažniausiai nustatomi kas 1 metai	Įkainiai nustatomi remiantis patirtomis išlaidomis ar numatomų išlaidų lygiu ir investicijų grąža. Įmonių rizikos ir galimybės priklauso nuo faktinių išlaidų, kadangi pajamos skiriasi dėl procesų nustatant tarifą	Vyriausybė veiksmingai suteikia įmonei monopolinę franšizę teikti paslaugą apibrėžtoje teritorijoje su išpareigojimu aptarnauti visus klientus toje teritorijoje. Mainais už tokią franšizę komunalinėms įmonėms leidžiama turėti galimybę apmokestinti ir susigrąžinti iš klientų išlaidas, patirtas vykdant prievolę, ir uždirbti pagrįstą investicijų grąžą
Kanada	Kainos peržiūra vyksta periodiškai (pvz., kas 4 ar 5 metus)	Leista už komunalines paslaugas pagrįstai susigrąžinti išlaidas ir uždirbti sąžiningą grąžą už reikšmingas finansines investicijas, kad būtų teikiama paslauga vartotojams. Už komunalines paslaugas galima susigrąžinti visą sumą pagal patvirtintus patirtų išlaidų likučius. Patvirtintas pajamų reikalavimas apima grąžos normą, atsižvelgiant į įprastą paklausos svyravimo riziką	Reguliavimas vyksta regionų lygmeniu ir yra skirtas elektros energijos ir dujų perdavimui bei paskirstymui. Veikla licencijuojama. Reguluotojas reguliariai tikrina ir audituoja komunalines įmones. Vienas įprastas būdas yra nustatyti bazinius tarifus kiekvienai paskirstymo įmonei per išsamią komunalinių paslaugų išlaidų apžvalgą
Australija	Kainos numatomos 5 metų laikotarpiui	Didžiausia vidutinė kaina priklauso nuo turto nusidėvėjimo sąnaudų, kapitalo investicijų grąžos, mokesčių, eksploatavimo ir priežiūros išlaidų. Didžiausią įtaką kainoms turi patiekto ir numatomo patiekti vandens kiekis, o mažmeninė marža nustatoma pagal pelną prieš palūkanas, mokesčius ir nusidėvėjimą	Įmonės paprastai turi turėti licenciją teikti paslaugas ir gali nuspręsti nebeteikti paslaugų atsisakydamos licencijos. Yra aplinkybių, kai ūkio subjektas gali būti vienintelis reguliuojamo turto valdytojas, todėl yra apribojimų ir sąlygų dėl veiklos licencijų atsisakymo. Įmonės gali nustatyti kainą pagal maksimalią vidutinę to laikotarpio kainą
Šiaurės Korėja	Nustatytas periodinis kainų skaičiavimas	Apskaičiuojamos susigrąžinamos išlaidos už reguliuojamų paslaugų teikimą, įskaitant kapitalo kainą. Jei įkainiai yra pagrįsti leistinomis išlaidomis, į kurias įeina panaudotų lėšų išlaidos investicijoms (sudarytos iš nuosavų ir skolintų lėšų), įmonė turėtų kapitalizuoti ir padidinti grynąsias pajamas ta suma, kuri naudojama tarifams sudaryti. Reikalaujama, kad pelnas būtų atidėtas ir per tam tikrą laikotarpį ateityje būtų naudojamas sumažinant komunalinių paslaugų kainas	Pardavimo kainos skirtumas (pripažintas praėjusiais metais) kaip diferencinė kaina nustatoma pagal vyriausybės reglamentuotą žaliavų išlaidomis pagrįstą kainodaros sistemos kodeksą

Kaip matyti 1 lentelėje, visose analizuotose šalyse kaina yra nustatyta tam tikram periodui. Skirtingose šalyse kainos nustatymo periodas skiriasi ir svyruoja nuo 1 iki 5 metų. Tačiau pastebima, kad dažniausiai šalys taiko ilgo laikotarpio kainų nustatymą (5 metams). Atlikta analizė leido identifikuoti kainos nustatymo sudedamąsias dalis. Kaina įprastai susideda iš patirtų sąnaudų, investicijos grąžos, turto nusidėvėjimo. Pažymėtina, kad visose 1 lentelėje pateiktose šalyse kaina reguliuojama, ją sudaro tos pačios dalys, o patirtas sąnaudas vandentvarkos įmonė turi pagrįsti reguliuotojui. Pažymėtina, kad ne visose šalyse reguliuojama kaina nustatoma „išlaidos plius“ principu, pavyzdžiui, Jungtinės Karalystės atveju kaina gali nustatyti pati įmonė (remtis tiek išlaidomis, tiek rinka), tačiau jos pajamos neturi viršyti nustatytos pajamų ribos.

Šalyse taikomas kainos reguliavimas turi įtakos vandentvarkos įmonių išlaidų efektyvumui. Tyrėjai (Duarte ir kt., 2020) pažymi, kad mažoms savivaldybėms sunku užtikrinti, kad jų miesto vandens tiekimas atitiktų Europos Sąjungos Vandens pagrindų direktyvoje įtvirtintą išlaidų padengimo principą (Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2000/60/EB). Europos sąjungos direktyvoje reikalaujama, kad valstybės narės atsižvelgtų į išlaidų, patirtų teikiant paslaugas, įskaitant aplinkos apsaugos ir išteklių išlaidas, susigražinimo principą pagal ekonominę analizę, ir pirmiausia atsižvelgtų į principą „teršėjas moka“. Skirtingai nei daugiau gyventojų turinčiose savivaldybėse, mažų savivaldybės vandentvarkos įmonių vidutinės gamybos išlaidos yra didesnės. Apibendrinus galima daryti prielaidą, kad su išlaidų efektyvumo problemomis dažniau susiduria mažų savivaldybių vandentvarkos įmonės.

## Išlaidų efektyvumo vertinimo metodika

Įmonių efektyvus valdymas susijęs su efektyviu išteklių naudojimu. Kaip aptarta, vandentvarkos įmonės veiklos išsiskiria dėl kainų reguliavimo, todėl išlaidų efektyvumo klausimas tampa dar reikšmingesnis, nes įmonė pati negali priimti sprendimo didinti kainą. Vandentvarkos įmonių tyrimai atliekami dėl reguliuotojų, politikos formuotojų, verslo ir mokslinių tyrimų bendruomenės interesų. Nors pirmieji lyginamosios analizės metodai buvo taikomi praktiškai, šį dešimtmetį pastebima vis didesnė tyrimų sklaida. Natūralus monopolio pobūdis vandens paskirstymo, teisingų kainų poreikio ir apskritai daug esamų stebėjimų paskatino efektyvumo analizės poreikio augimą. Todėl šiuo metu taikomi tyrimų metodai tampa vis sudėtingesni, ypač kai dominuoja techniniai klausimai (Walter ir kt., 2009).

Išlaidų efektyvumui vertinti tyrėjai naudoja įvairius tyrimo metodus, tačiau pastebima, kad vandentvarkos srityje tyrėjai (Baranzini, Faust, 2010; Zichille, Walter, 2012; Romano ir kt., 2017) dažnai taiko DEA metodą. DEA yra neparametrisinis metodas, naudojamas efektyvumui įvertinti pagal tam tikras prielaidas, susijusias su gamybos rodikliais ir gamybos funkcijomis. Taikant DEA metodą gali būti vertinamas techninis, išlaidų, pajamų ar pelno efektyvumas. Pagal poreikį DEA modelis gali būti nuosekliai papildytas keliais efektyvumo rodikliais. Taikant DEA metodą, priklausomai nuo tiriamos problemos, efektyvumas (techninis, išlaidų, pajamų, pelno ar keli sujungti) gali būti vertinamas skirtinguose sektoriuose (pvz., komunalinis sektorius, bankai), skirtingose veiklose (pvz., tiekimo grandinių operacijos) (Shiraz ir kt., 2020). Vertinimas atliekamas sprendimus priimančiuose vienetuose (toliau – DMU). DMU gali apimti įmones vykdančias panašią veiklą (Jablonsky, 2008), ar tos pačios įmonės skirtingus padalinius ar filialus (Li ir kt., 2019). Apskaitos ir finansų mokslų požiūriu, išlaidų efektyvumo vertinimas taikant DEA metodą reikšmingas dėl išlaidų paskirstymo. Tyrėjai (Li ir kt., 2019) pažymi, kad siekiant tirti problemas, kaip sąžiningai paskirstomos pastovios išlaidos tarp DMU rinkinio, DEA metodas gali padėti įvertinti išlaidų efektyvumą, kurį lėmė netinkamas išlaidų paskirstymas.

Mokslinėje literatūroje vandens tiekimo veiklų išlaidų efektyvumo vertinimas vykdomas gana plačiai. Dalis tyrėjų (Lombardi ir kt., 2019, Gidion ir kt., 2019, Romano ir kt., 2017) vykdo tyrimus, susijusius su vandens tiekimo išlaidų ir techninio efektyvumo vertinimu. Atlikus empirinių tyrimų analizę, 2 lentelėje pateikti ankstesniuose tyrimuose taikyti tyrimo metodai vandens tiekimo išlaidų ir kainos tematika (žr. 2 lentelę).

**2 lentelė.** Vandens tiekimo išlaidų ir kainos tematika vykdyti tyrimai taikant DEA metodą.

**Table 2.** Conducted research on the topic of water supply costs and prices using the DEA method

Taikomi tyrimo metodai	Tyrimo šalis	Metodo pritaikomumas ir esmė	Šaltinis
Neparametrisinis metodas, duomenų apgaubties analizės metodas (DEA), Delta metodas	Šveicarija	Geriamojo vandens tiekimo įmonių išlaidų analizė ir efektyvumo matavimo tyrimas. Ekonometriniai modeliai leidžia įvertinti vandens gamybos procesų efektyvumą, įvertinus vandens tiekimo įmonių transloginę išlaidų funkciją, galima vertinti ribines išlaidas, klientų tankumą, masto ekonomiją	Baranzini ir kt. (2010)
Duomenų apgaubties analizės metodas (DEA), stochastinė ribinė analizė (SFA)	Vokietija	Naudojami DEA ir stochastinės ribinės analizės metodai, norint nustatyti vandens tiekimo įmonių paslaugų techninio efektyvumo balus	Zschille ir kt. (2012)
Duomenų apgaubties analizės metodas (DEA)	Italija	DEA metodas naudojamas nustatyti nuosavybės struktūrų poveikį efektyvumui	Romano ir kt. (2017)
Duomenų apgaubties analizės metodas (DEA)	Italija	Įvertinti tvarų vandens sektorių efektyvumą, taikant DEA metodą, įvertinti techninius ir ekonominius rodiklius	Lombardi ir kt. (2019)
Duomenų apgaubties analizės metodas (DEA)	Brazilija	DEA metodu vertinamas veiklos efektyvumas ir (arba) našumas ir jį lemiantys veiksniai, ypač naudojant lyginamąją analizę, skirtą paskatoms nagrinėti	Cetrulo ir kt. (2020)
Duomenų apgaubties analizės metodas (DEA)	Tanzanija	DEA metodas skirtas santykiniam veiklos vertinimui, veiklos rezultatams reitinguoti	Gidion ir kt. (2019)
Taikyti keturi modeliai – CCR* orientuotas į išteklius; CCR* orientuotas į rezultatus; BCC** orientuotas į išteklius; BCC** orientuotas į rezultatus	Italija	DEA metodas taikytas siekiant palyginti Italijos vandentvarkos įmonių efektyvumą pagal taikomą reguliavimo sistemą. Nustatyta, kad valstybinės vandentvarkos įmonės turi aukščiausią efektyvumo balą, tai rodo, kad žaliavos naudojamos efektyviau nei mišrių ar privačių įmonių atveju	Lombardi ir kt., 2019

\*CCR – Charnes, Cooper ir Rhodes modelis

\*\* BCC – Banker, Charnes ir Cooper modelis

Kaip matyti 2 lentelėje, taikomi skirtingi DEA modeliai. Modeliai skiriasi skirtingų objektų efektyvumo vertinimu. Efektyvumo vertinimas priklauso nuo pasirinktų kintamųjų. Vieni tyrėjai vertina išlaidų efektyvumą, kiti – technologinių rodiklių efektyvumą, dar kiti – gyventojų tankį ar vartotojų skaičių. Taip pat taikant skirtingus modelius ir vertinant efektyvumą keičiama modelio orientacija į išteklius ar rezultatus.

Atlikus empirinių tyrimų analizę, kuriuose vandentvarkos įmonių efektyvumui vertinti taikytas DEA metodas, buvo identifikuoti išteklių ir rezultatų kintamieji (žr. 3 lentelę).

### 3 lentelė. Vandentvarkos įmonių efektyvumo vertinimo kintamieji taikant DEA metodą

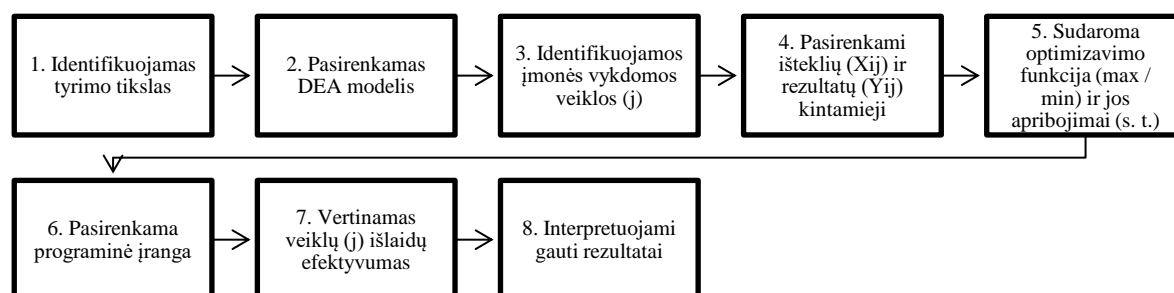
**Table 3.** Variables for evaluating the efficiency of water supply companies using the DEA method

Kintamieji	Lambardi ir kt., 2019	Cetrulo ir kt., 2020 (1 modelis)	Cetrulo ir kt., 2020 (2 modelis)	Cetrulo ir kt., 2020 (3 modelis)	Girdion ir kt., 2019	Romano ir kt., 2017	Zschille ir kt., 2012	Baranzini ir kt., 2010
<b>Išteklų kintamieji</b>								
Žaliavų išlaidos	+				+	+		+
Nusidėvėjimas						+		
Darbo išlaidos	+		+	+		+		+
Paslaugų nuomos išlaidos	+							
Kapitalo išlaidos	+	+				+		+
Veiklos išlaidos		+	+	+				
Tinklo ilgis		+	+	+			+	
Pajamas (1000 Eur)							+	
KPI*: vandens, negeneruojančių pajamų, dalis visoje produkcijoje					+			
KPI: personalo išlaidų dalis nuo pajamų					+			
KPI: visu etatu dirbančių darbuotojų, dalyvaujančių vandens tiekimo operacijose, dalis, tenkanti 1000 prisijungimų					+			
<b>Rezultatų kintamieji</b>								
Pateiktas vanduo	+	+	+	+		+	+	+
Paslaugų aprėptis				+				
Išsiurbtas vanduo / perpumpuojamas vanduo	+						+	+
Tinklo ilgis	+	+						
Skaitiklių skaičius							+	
Vandens tiekimo procentas	+							
Vandens nuostoliai			+	+			+	+
Vandens kokybė			+	+				
Lygybė vandens prieigoje				+				
Klientų ar vartotojų skaičius	+	+	+	+		+	+	+
Gyventojų tankumas							+	+
KPI: gyventojų dalis, kuriai tiekiamas vanduo					+			
KPI: paslaugų tęstinumas, paslaugų dalis, kai užtikrinamas tiekiamas vandens slėgis 24 val.					+			
KPI: vartotojai (abonentai), tenkantys visiems prisijungimams					+			

\*KPI (angl. key performance indicator) – pagrindiniai veiklos rodikliai

Nustatyta, kad dažniausiai tyrimuose taikytas DEA modelis orientuotas į sąnaudas su neparimetriniu metodu. Modeliuose kintamieji skirstomi į išteklių ir rezultatų kintamuosius. Modeliuose, kai tyrimai orientuojami į išlaidas, į išteklių kintamuosius dažniausiai įtraukiamos veiklos išlaidos kaip visuma arba suskirstytos į pagrindines sudedamąsias dalis (darbo sąnaudos, išlaidos medžiagoms, energijai ir kt. išlaidos ir t. t.); darbuotojų skaičius ir (arba) darbo veiklos trukmė; vandentiekio magistralės ilgis. Rezultatų kintamieji dažniausiai apima patiektą vandenį, klientų skaičių. Išskirtinis tyrimas buvo vykdytas Cetrulo ir kt. (2020), kur kintamieji, susieti su klientų skaičiumi, personalo išlaidomis ir kt., buvo perskaiciuoti į pagrindinius veiklos rodiklius. Tai rodo galimą naują tyrimo kryptį, kai į DEA modelį įtraukiami rodikliai, apimantys kelis išteklius ar rezultatus.

Atsižvelgus anksčiau atliktus vandentvarkos įmonių tyrimus, buvo sudaryta tyrimo loginė schema (žr. 1 pav.).



**1 pav.** Vandentvarkos įmonės išlaidų efektyvumo vertinimo taikant DEA metodą tyrimo loginė schema

**Fig. 1.** The logical scheme of the research of the evaluation of the water supply company's cost efficiency using the DEA method

Kaip pateikta 1 pav., identifikuojamas tyrimo tikslas – pasirinktos vandentvarkos įmonės UAB „N“ atveju ištirti patiriamų išlaidų efektyvumą. Pasirinkta vandentvarkos įmonė UAB „N“ veikia mažoje savivaldybėje, kas gali lemti išlaidų efektyvumą. Šiam tikslui pasiekti buvo pasirinktas į rezultatus orientuotas DEA modelis, kuris bus pritaikytas identifikuotoms UAB „N“ veikloms (DMU1 – vandens tiekimas, DMU2 – nuotekų tvarkymas, DMU3 – paviršinio vandens tvarkymas, DMU4 – apskaitos prietaisų įrengimas; DMU5 – kita veikla). Norint nustatyti skirtingų vandentvarkos įmonės UAB „N“ veiklų išlaidų efektyvumą buvo taikomas DEA modelis su spinduliniu (radial) techninio efektyvumo matu. Taikant šį DEA modelį negalima orientuotis į išteklių kintamuosius, todėl naudotas atskaitos taškas – rezultatų kintamieji. Tyrimui atlikti pasirinkti išteklių ir rezultatų kintamieji pateikti 4 lentelėje, kurie atrinkti apibendrinus 3 lentelės informaciją.

**4 lentelė.** Tyrimui pasirinkti išteklių ir rezultatų kintamieji

**Table 4.** Inputs and outputs variables selected for the research

Kintamieji		Žymėjimas
Išteklių kintamieji	Žaliavų išlaidos	I1
	Veiklos išlaidos	I2
	Darbo užmokesčio išlaidos	I3
	Tinklų ilgis	I4
Rezultatų kintamieji	Paslaugų kiekis	O1
	Vartotojų skaičius	O2
	Vandens nuostoliai	O3
	Paruoštas vandens kiekis	O4

Atliekant tyrimą buvo taikomas DEA modelis (1), kai modelis pagrįstas tiesiniu programavimu ir taikant optimizavimo metodiką įvertinamas kiekvienos vandentvarkos įmonės veiklos išlaidų efektyvumas. Siekiant pagerinti kiekvienos vandentvarkos įmonės veiklos išlaidų efektyvumą, buvo nustatomas neefektyvios veiklos išlaidų atskaitos taškas ir įvairių veiklų išlaidų efektyvumą buvo galima palyginti su efektyvumo riba. DEA modelyje tam tikrą išlaidų kiekį reikėtų atitinkamai kuo labiau sumažinti, išlaikant tą patį rezultatų lygį.

$$\text{Minimizavimo funkcija } Z_0 = -\sum_{r=1}^s s_r^+ - \sum_{i=1}^m s_i^- \quad (1)$$

Apribojimai:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad (r=1, 2, \dots, s)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0} \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0$$

čia  $Z$  – efektyvumas;

$j$  – įmonės veikla;

$\lambda_j$  – įmonės veiklos svoris;

$x_r$  – įmonės veiklos išteklių kintamieji (I1–I4, žr. 4 lentelėje);

$y_r$  – įmonės veiklos rezultatų kintamieji (O1–O4, žr. 4 lentelėje);

$s_r^+$  – pagalbinis kintamasis, susijęs su rezultatų (O1–O4, žr. 4 lentelėje) apribojimais;

$s_i^-$  – pagalbinis kintamasis, susijęs su išteklių (I1–I4, žr. 4 lentelėje) apribojimais.

Tyrimui atlikti pasirinkta DEA internetinė programinė įranga iš *OnlineOutput.com*, kuria naudojantis galima atlikti norimus skaičiavimus ir pritaikyti DEA modelį, orientuotą į išteklius.

## Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Į išteklius orientuotame DEA modelyje kiekviena vandentvarkos įmonės veikla lyginama tarpusavyje, atsižvelgiant į išlaidų dydį ir vertinant ar jį reiktų sumažinti siekiant išlaikyti tą patį rezultatų lygį (Shiraz ir kt., 2020). Taikomas DEA modelis kiekvieno ištekliu ir rezultatų kiekį pakeičia taip, kad nagrinėjama veikla (DMU) gali būti ant efektyvumo ribos (t. y. jos efektyvumas yra lygus 1), tada hipotetinį vienetą, esantį ant efektyvumo ribos, galima laikyti virtualiuoju vienetu ( $\lambda$  – tai lygiaverčių veiklų, naudojamų kiekvienam virtualiajam vienetui sukurti, derinys).  $\lambda$  reikšmės pateiktos 5 lentelėje.

**5 lentelė.** Vandentvarkos įmonės UAB "N" veiklų derinių  $\lambda$

**Table 5.** Water supply company UAB "N" activities combinations  $\lambda$

Veiklos	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5
DMU1	1	0	0	0	0
DMU2	0	1	0	0	0
DMU3	0	0	1	0	0
DMU4	0	0	0	1	0
DMU5	0	0	0	0	1

Toliau tiriami su kiekviena veikla susiję išteklių ir rezultatų trūkumai (žr. 6 lentelėje). Trūkumai nustatyti vandentvarkos įmonės UAB „N“ kitos veiklos (DMU5) atveju, dėl žaliavų ir darbo užmokesčio išlaidų bei vartotojų skaičiaus.

**5 lentelė.** Vandentvarkos įmonės UAB "N" išteklių ir rezultatų trūkumai

**Table 5.** Water supply company UAB "N" inputs and outputs gaps

Veiklos	Išteklių kintamieji				Rezultatų kintamieji			
	I1	I2	I3	I4	O1	O2	O3	O4
DMU1	0	0	0	0	0	0	0	0
DMU2	0	0	0	0	0	0	0	0
DMU3	0	0	0	0	0	0	0	0
DMU4	0	0	0	0	0	0	0	0
DMU5	0.006	0	0.003	0	0	0.056	0	0

Veiklos efektyvumas buvo vertinamas atsižvelgus į tris galimus efektyvumo tipus. Veikla laikoma neefektyvi, jei efektyvumas yra mažesnis nei 1. Jei veiklos efektyvumas lygus 1 ir yra nulinės papildomos reikšmės, tai atitinka Pareto efektyvumą. Jei veiklos efektyvumas lygus 1 ir yra papildomos reikšmės, jis vadinamas silpnuoju efektyvumu (Shiraz ir kt., 2020).

Norint nustatyti vandentvarkos įmonės UAB „N“ veiklų išteklių ir rezultatų efektyvumą buvo taikytas modelis, paremtas spinduliniu (radial) efektyvumo matu, kuris laikomas itin didelio efektyvumo modeliu. Siekiant pagerinti kiekvienos veiklos efektyvumą, buvo nustatyta neefektyvių veiklos išlaidų atskaitos aibė, o įvairių veiklų išlaidų efektyvumas palygintas su efektyvumo riba. Nustatyta, kad šiame DEA modelyje negalima orientuotis į išteklių kintamuosius, darant prielaidą, kad išteklių kintamieji yra tiesiog efektyvūs ir analizė yra negalima. Todėl kaip atskaitos taškas pasirinkti rezultatų kintamieji (žr. 6 lentelėje).

**6 lentelė.** Vandentvarkos įmonės UAB "N" kintamieji ir DEA modelio parametrai

**Table 6.** Water supply company UAB "N" variables and the parameters of the DEA model

Veiklos	Išteklių kintamieji				Rezultatų kintamieji			
	I1	I2	I3	I4	O1	O2	O3	O4
DMU1	51660	86224	5557 7	4461 0	375033	1862	76222	298811
DMU2	50010	130393	9448 7	5067 3	412754	1766	51354	361400
DMU3	1532	5198	1578 0	1841 1	375300	22	261000	114300
DMU4	7132	5004	3687 7	3091	6182	3091	0	6182
DMU5	157	8539	0	3	3	18	0	3
Taikytas spindulinio efektyvumo modelis	Kintančio masto VRS	Orientuotas į rezultatus	DMU skaičius 5	Išteklių kintamųjų skaičius 4	Rezultatų kintamųjų skaičius 4			

DEA internetinėje programinėje įrangoje (*OnlineOutput.com*) suvedus išteklių ir rezultatų kintamuosius (pagal 4 lentelę) ir pasirinkus parametrus – kintančio masto (angl. *variable returns to scale*, VRS) ir spindulinio efektyvumo (angl. *radial super efficiency*) modelį (žr. 6 lentelę), buvo apskaičiuotas vandentvarkos įmonės UAB „N“ veiklų išlaidų efektyvumas (žr. 7 lentelėje).

**7 lentelė.** Vandentvarkos įmonės UAB "N" veiklų išlaidų efektyvumo reikšmės

**Table 7.** Water supply company UAB "N" values of activity efficiency

Veikla	Efektyvumo reikšmė	
DMU1	1.412867978	Efektyvi
DMU2	1.234552362	Efektyvi
DMU3	0	Neefektyvi
DMU4	0	Neefektyvi
DMU5	0	Neefektyvi

Kaip matyti iš gautų rezultatų, palyginus vandentvarkos įmonės UAB „N“ veiklų išlaidų efektyvumą nustatyta, kad paviršinio vandens surinkimo (DMU3), apskaitos prietaisų įrengimo (DMU4) ir kitos veiklos (DMU5) išlaidos yra neefektyvios. DEA modelis leido įvertinti, kad pagrindinės vandentvarkos įmonės UAB „N“ veiklos išlaidos yra efektyvios, t. y. vandens tiekimo (DMU1) ir nuotekų tvarkymo (DMU2) veiklų. Taip pat matyti, kad vandens tiekimo (DMU1) veiklos išlaidų efektyvumo reikšmė yra didesnė nei nuotekų tvarkymo (DMU2) veiklos. Minėtų UAB „N“ veiklų išlaidų neefektyvumui įtakos gali turėti kelios priežastys – netinkamas išlaidų paskirstymas tarp veiklų; nepakankamai nustatyta paslaugų kaina iš reguliuotojo pusės. Tolesni tyrimai turėtų būti nukreipti į išlaidų paskirstymą ir, jeigu reikia, jų perskirstymą tarp UAB „N“ veiklų, bei įvertinti, ar pasikeistų išlaidų efektyvumas. Taip pat tolesniuose tyrimuose galima būtų vertinti išlaidų efektyvumą skirtingais laikotarpiais, ypač kai reguliuotojas pritaikė naują paslaugų kainą, tai leistų įvertinti, kiek išlaidų efektyvumas susijęs su pajamų gavimu.

## Išvados

1. Mokslinės literatūros analizė atskleidė, kad dažniausiai vandentvarkos įmonėms įvairiose šalyse paslaugų kaina yra reguliuojama ir nustatoma tam tikram periodui (1–5 m.). Dažniausiai nustatoma patirtų išlaidų, investicijų grąžos, turto nusidėvėjimo kaina. Identifikuota, kad daugiausiai sunkumų patiria mažų savivaldybių vandentvarkos įmonės, kadangi jų vidutinės gamybos išlaidos yra didesnės nei daugiau gyventojų turinčių savivaldybių įmonių. Išlaidų efektyvumui įtakos turi šalyje taikomas kainų reguliavimas, kai kaina nustatoma ilgajam periodui pagal ankstesnes patirtas išlaidas ir neatsižvelgiama į faktinių išlaidų patyrimą, o vandentvarkos įmonės neturi galimybės keisti paslaugų kainos.

2. Vandentvarkos įmonių išlaidų efektyvumo vertinimo tyrimuose dažniausiai taikytas DEA modelis. DEA modeliuose kintamieji skirstomi į išteklių ir rezultatų kintamuosius, kur dažniausiai įtraukiamos veiklos išlaidos (darbo sąnaudos, išlaidos medžiagoms, energijai, kitos išlaidos ir t. t.); darbuotojų skaičius ir (arba) darbo veiklos trukmė; vandentiekio tinklų ilgis; patiekto vandens kiekis; klientų skaičius. Pavieniais atvejais į DEA modelio kintamuosius įtraukiami ir pagrindinės veiklos kintamieji. Atsižvelgus į anksčiau atliktus tyrimus sudaryta vandentvarkos įmonės išlaidų efektyvumo vertinimo taikant DEA metodą tyrimo loginė schema, susidedanti iš 8 žingsnių. DEA modelyje įtraukti keturi išteklių ir keturi rezultatų kintamieji.

3. Atlikus empirinį tyrimą pasirinktos vandentvarkos įmonės UAB „N“ atveju buvo nustatyta, kad vykdoma kita veikla turi trūkumų dėl žaliavų ir darbo užmokesčio išlaidų bei vartotojų skaičiaus. Išlaidų efektyvumas nustatytas UAB „N“ pagrindinių veiklų – vandens tiekimas ir nuotekų tvarkymas. Vandens tiekimo veiklos išlaidų efektyvumas buvo didesnis nei nuotekų tvarkymo veiklos. Daroma išvada, kad tik šių dviejų veiklų (vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo) atveju ištekliams patirtos išlaidos panaudotos efektyviai ir nustatyta reguliuotojo kaina yra tinkama įmonei atsižvelgus į patirtas išlaidas. Kitų UAB „N“ įmonės veiklų atveju ištekliams patirtos išlaidos nėra panaudojamos efektyviai. Tolesniems tyrimams keliami šie klausimai: ar išlaidų neefektyvumui įtakos turi išlaidų valdymas; ar išlaidų neefektyvumui įtakos turi netinkama išlaidų paskirstymo metodika įmonėje; ar reguliuotojo taikoma kainos metodika neužtikrina patirtų įmonės išlaidų padengimo.

## Literatūra

1. Baranzini, A., Faust, A.-K. 2010. The cost structure of water utilities in Switzerland, *SSRN elektroninis žurnalas*, DOI: 10.2139/ssrn.1619826
2. Cetrulo, T. B., Ferreira, D. F., Marques, R. C., & Malheiros, T. F. 2020. Water utilities performance analysis in developing countries: On an adequate model for universal access. *Journal of environmental management*, Vol. 268, 110662.
3. Cesaroni, G. 2018. Industry cost efficiency in data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 61, p. 37–43.
4. Duarte, A. F., Gonzalez-Gomez, F., Saz-Salazar, S. 2020. Urban Water Pricing and Private Interests' Lobbying in Small Rural Communities, *Water*, Vol. 12, 3509; doi:10.3390/w12123509
5. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2000/60/EB, nustatanti Bendrijos veiksmų vandens politikos srityje pagrindus, <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
6. Eyibio, E. O., Tunji, S. T., Kafayat, A. A., Adeleye, O. R. 2022. Regulatory Deferral Account: A Review of Literature, *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, Vol. 22(21), p. 159–169.
7. Gidion, D. K., Hong, J., Adams, M. Z., Khoveyni, M. 2019. Network DEA models for assessing urban water utility efficiency. *Utilities policy*, Vol. 57, p. 48–58.
8. Jablonsky, J. A. 2008. Spreadsheet – based system for DEA model. *Multiple Criteria Decision Making*, Vol. (3), p. 51–64.
9. Ko Wan Suk. 2014. Accounting for Regulated Industry in Korea. *International Journal of Managerial Studies and Research*, Vol. 3, p. 70–83.
10. Li, F., Zhu, Q., Chen, Z. 2019. Allocating a fixed cost across the decision making units with two-stage network structures. *Omega*, Vol. 83, p. 139–154.
11. Lombardi, G. V., Stefani, G., Paci, A., Becagli, C., Miliacca, M., Gastaldi, M., Giannetti, B.F., Almeida, C. M. V. B. 2019. The sustainability of the Italian water sector: An empirical analysis by DEA. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 227, p. 1035–1043.
12. Romano, G., Molinos-Senante, M., & Guerrini, A. 2017. Water utility efficiency assessment in Italy by accounting for service quality: An empirical investigation. *Utilities Policy*, Vol. 45, p. 97–108.
13. Shiraz R., Hatami-Marbini A., Emrouznejad A., Fukuyama H. 2020. Chance-constrained Cost Efficiency in Data Envelopment Analysis model with random inputs and outputs. *Operational Research*, Vol. 20, p.1863–1898.
14. Walter, M., Cullmann, A., Hirschhausen, C., Wand, R., Zschille, M. 2009. Quo vadis efficiency analysis of water distribution? A comparative literature review, *Utilities Policy*, Vol. 17, p. 225–232.
15. Zschille M., Walter M. 2012. The performance of German water utilities: a (semi)-parametric analysis, *Applied Economics*, Vol. 44, p. 3749–3764.

## **ASSESSMENT OF COST EFFICIENCY IN THE WATER SUPPLY COMPANY USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD**

### **Summary**

The prices of services provided by water management companies are regulated at a national level. By applying the Data Envelopment Analysis (DEA) technique, the efficiency of each activity in water management can be evaluated, thus assessing whether costs are being used efficiently. In order to determine the cost-effectiveness of UAB „N” (Ltd.), a literature review was examined to identify the resource and outcome variables to be included in the DEA model, to develop a research methodology and to carry out the study. Cost efficiency is measured not only by the revenue generated, but also by the number of customers, the length of networks and other outcomes. The analysis of literature showed that expenses incurred obtain the costs of investment and depreciation of assets as the most common factors included in pricing. It was identified that water management companies in small municipalities face the greatest difficulties, as their average costs of production are higher than in municipalities with a larger population. The empirical research of the selected water management company UAB „N” (Ltd.) proved that other activities contain deficiency due to the cost of raw materials, wages and the number of users. The efficient activities of UAB „N” (Ltd.) are the core activities of water supply and wastewater management. The efficiency of water supply activities was higher than that of the wastewater management. It is concluded that only these two activities (water supply and wastewater management) were cost-effective. The results of the study allow further investigation to identify and detect problems of the company which lead to financial inefficiencies of some activities.

**Keywords:** cost efficiency, DEA, water supply.