



**VILNIAUS UNIVERSITETAS
ŠIAULIŲ AKADEMIJA**

INFORMACINIŲ TECHNOLOGIJŲ VALDYMO MAGISTRO STUDIJŲ PROGRAMA

ALA ROŽKOVA

Magistro studijų baigiamasis darbas

**VANDENS SUVARTOJIMO DUOMENŲ ANALIZĖ TAIKANT DUOMENŲ
TYRYBOS METODUS**

Darbo vadovas (-ė): Doc. Dr. Sigita Turskienė

Šiauliai, 2023

**Studijuojančiojo, teikiančio baigiamąjį darbą,
GARANTIJA**

WARRANTY of Final Thesis

Vardas, pavardė <i>Name, Surname</i>	Ala Rožkova
Padalinys <i>Faculty</i>	Šiaulių akademija <i>Šiauliai Academy</i>
Studijų programa <i>Study Programme</i>	Informacinių technologijų valdymas <i>Information Technology Management.</i>
Darbo pavadinimas <i>Thesis topic</i>	Vandens suvartojimo duomenų analizė taikant duomenų tyrybos metodus <i>Analysis of water consumption data using data mining methods</i>
Darbo tipas <i>Thesis type</i>	Baigiamasis darbas <i>Final Thesis</i>

Garantuojau, kad mano baigiamasis darbas yra parengtas sąžiningai ir savarankiškai, kitų asmenų indėlio į parengtą darbą nėra. Jokių neteisėtų mokėjimų už šį darbą niekam nesu mokėjęs. Šiame darbe tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos yra pažymėtos literatūros nuorodose.

I guarantee that my thesis is prepared in good faith and independently, there is no contribution to this work from other individuals. I have not made any illegal payments related to this work. Quotes from other sources directly or indirectly used in this thesis, are indicated in literature references.

Aš, Ala Rožkova, pateikdamas (-a) šį darbą, patvirtinu (pažymėti)

x

**Embargo laikotarpis
*Embargo Period***

Prašau nustatyti šiam baigiamajam darbui toliau nurodytos trukmės embargo laikotarpį:
I am requesting an embargo of this thesis for the period indicated below:

_____ mėnesių / *months*
(embargo laikotarpis negali viršyti 60 mėn. / *an embargo period shall not exceed 60 months*).

x Embargo laikotarpis nereikalingas / *no embargo requested.*

Embargo laikotarpio nustatymo priežastis / *Reason for embargo period:*

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	5
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	6
SANTRUMPOS	8
SANTRAUKA	9
VARTOJAMŲ SAŲOKŲ PAAIŠKINIMAI.....	11
ĮVADAS.....	12
DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI.....	14
1. LITERATŪROS APŽVALGA	15
1.1. Informacinės technologijos vandens valdyme	15
1.2. Vandens nuostoliai	16
2. METROLOGIJA	19
2.1. Metrologija ir jos uždaviniai	19
2.2. Pasaulinės metrologijos organizacijos.....	21
2.3. Pasaulinės regioninės metrologijos organizacijos (RMO).	22
3. DUOMENŲ TYRYBOS METODŲ TAIKYMAS METROLOGIJOJE.....	25
3.1. Duomenų tyryba.....	25
3.2. Duomenų tyrybos metodai	27
3.2.1. Neuroniniai tinklai.....	27
3.2.2. Asociacijų analizė	27
3.2.3. Sprendimų medžiai.....	27
3.2.4. Genetiniai algoritmai.....	28
3.2.5. Artimiausio kaimyno algoritmas	28
3.2.6. Naïve Bayes algoritmas.....	28
3.2.7. Grupavimas	29
3.2.8. Asociacijų taisyklės.....	29
3.2.9. Sekos nustatymas	29
3.2.10. Regresija.....	30
3.2.11. Laiko eilutės	30
3.3. Duomenų tyrybos poreikis metrologijos srityje	30
3.4. Duomenų tyrybos iššūkiai	31
3.5. Duomenų tyrybos įrankiai	32

4.	VANDENS SKAITYKLIAI	34
4.1.	Vandens skaitiklių gyvavimo ciklas.....	34
4.2.	Skaitmeninių vandens skaitiklių pranašumas lyginant su analoginiais skaitikliais	37
4.3.	Analoginiai vandens skaitikliai daugiabučiuose namuose	38
4.4.	Geriamojo vandens apskaitos prietaisų tikrinimas	39
5.	DUOMENŲ TYRYBOS ANALIZĖS METODŲ TAIKYMAS	41
5.1.	Duomenų tyrybos taikymas vandens suvartojimo analizėje	41
5.2.	Duomenų privatumas	42
5.3.	Naudojamų duomenų charakteristikos	43
5.4.	Realių duomenų paruošimas tyrimui.....	43
5.5.	Duomenų sezoniškumas.....	44
5.6.	Trendo ir sezoniškumo nustatymas naudojant vizualizaciją su Tableau programa.....	46
5.7.	Laiko eilučių dekompozicija	48
5.8.	Paprastojo slankiojo vidurkio metodas.....	49
5.9.	ARIMA modelis.....	51
5.10.	Eksponentinio išlyginimo metodas	56
5.11.	Prognozavimo modelių palyginimas	58
	IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	60
	LITERATŪRA.....	62
	PRIEDAI.....	65

LENTELIŲ SĄRAŠAS

Lentelė 1. Pasaulinės metrologijos organizacijos.....	21
Lentelė 2. Duomenų tyrybos iššūkiai.	32
Lentelė 3. Analoginiai ir skaitmeniniai vandens skaitikliai.	37
Lentelė 4. Duomenų charakteristika.	45
Lentelė 5. Modelių prognozavimo klaidų vertinimas.....	59

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Skaitmenizacija ir vandens valdymas.....	15
2 pav. Strateginės tariamąsios netekties valdymas.....	16
3 pav. Vandens skaitiklio paklaidų skirstiniai.....	17
4 pav. Kokybė ir matavimai.....	19
5 pav. Metrologijos objektai.....	20
6 pav. Metrologijos mokslo santykis su kitomis mokslų disciplinomis.....	20
7 pav. Regioninės metrologijos organizacijos visame pasaulyje.....	22
8 pav. OIML nustatyta matavimo sieties schema.....	23
9 pav. Duomenų tyrybos gyvavimo ciklas.....	26
10 pav. Žinių radimo duomenų procesas.....	31
11 pav. Duomenų tyrybos įrankiai (sudaryta autoriaus).....	32
12 pav. Vandens skaitiklių gyvavimo ciklas.....	35
13 pav. Vandens skaitiklių tyrimų rezultatai.....	36
14 pav. Vidutinės metinės išlaidos.....	36
15 pav. Vandens apskaitos mazgas daugiabučiuose namuose.....	38
16 pav. Šalto vandens skaitiklio įrengimo schema.....	39
17 pav. Privatumą išsaugantį duomenų gavyba.....	42
18 pav. Duomenų surinkimo ir apdorojimo schema.....	44
19 pav. Vandens suvartojimas (2010 - 2022 m.).....	45
20 pav. Vandens suvartojimo horizontalus laiko eilutės modelis (2010 - 2022 m.).....	45
21 pav. Bendras vandens vartojimo trendas.....	46
22 pav. Vandens suvartojimo skirtumai per mėnesį.....	47
23 pav. Vandens suvartojimo skirtumas pagal atskirus mėnesius ir metus.....	48
24 pav. Laikinės sekos grafikas (vidutinis vandens suvartojimas).....	49
25 pav. Slankiojo vidurkio metodas, kai $n=3$	49
26 pav. Slankiojo vidurkio metodas, kai $n=8$	50
27 pav. SMA modelių palyginimas.....	50
28 pav. Augmented Dickey-Fuller (ADF) testo rezultatai.....	51
29 pav. Laiko eilutės grafikas su pirmuoju skirtumu $\text{diff}=1$	51
30 pav. Augmented Dickey-Fuller (ADF) testo rezultatai.....	52
31 pav. Laiko serijos auto-koreliacijos funkcijos (ACF) grafikas.....	52
32 pav. Laiko serijos auto-koreliacijos funkcijos (PACF) grafikas.....	53

33 pav. Geriausio ARIMA modelio parinkimas.....	53
34 pav. Modelio ARIMA (0,1,1) liekanų grafinė analizė	54
35 pav. Prognozė sudaryta naudojant ARIMA(0,1,1) modelį.....	54
36 pav. Vandens suvartojimo prognozė	55
37 pav. Prognozės klaidų laiko grafikas ir histograma.....	56
38 pav. Eksponentinio išlyginimo metodo liekanų grafinė analizė.....	57
39 pav. Prognozė sudaryta naudojant eksponentinio išlyginimo metodą.....	57

SANTRUMPOS

WELMEC	Western European Legal Metrology Cooperation - Vakarų Europos teisinės metrologijos kooperacija.
OIML	Organizacion Internationale de Metrologie Legale – Tarptautinė teisinės metrologijos organizacija.
ISO	International Standart - Tarptautinė standartų organizacija.
ILAC	International Laboratory Accreditation Conference – Tarptautinė laboratorijų akreditavimo konferencija.
ACF	AutoCorrelation Function – Autokoreliacijos funkcija
PACF	Partial AutoCorrelation Function – Dalinės autokoreliacijos funkcija
ARIMA	AutoRegressive Integrated Moving Average – Autoregresinis slankiojo vidurkio modelis
AIC	Akaike Information Criterion – Akaike informacijos kriterijus
BIC	Bayesian Information Criterion – Bajeso informacijos kriterijus

SANTRAUKA

Pasaulyje atsirandant dideliam poreikiui efektyviai valdyti vandens išteklius, bandoma rasti įvairius būdus, kaip tai pasiekti. Vandens išteklių valdymas yra būtinas siekiant užtikrinti ekologinę pusiausvyrą, patenkinti didėjančius pasaulio gyventojų poreikius ir išvengti konfliktų dėl ribotų vandens resursų. Duomenų tyrybos metodų taikymas vandens suvartojimo analizėje padeda gauti gilų supratimą apie vandens suvartojimo tendencijas ir identifikuoti galimas efektyvumo gerinimo galimybes. Įvairių metodų taikymas, tokių kaip ARIMA, paprastojo slankiojo vidurkio ir eksponentinio išlyginimo metodas, yra pasirinkti dėl jų savybių analizuojant duomenys.

Raktiniai žodžiai: *duomenų tyryba, vandens skaitikliai, metrologija, vandens nuostoliai, vandens kiekiai.*

SUMMARY

Since the growing need to manage water resources efficiently appeared globally, various ways are being explored to achieve the goal. The management of water resources is important to ensure ecological balance, satisfy the growing needs of the world's population and prevent conflicts due to limited water resources. Data research methods application for water consumption analysis helps to gain a good understanding about water consumption trends and identify potential opportunities for improving efficiency. Application of various methods, such as ARIMA, simple moving averaging and exponential smoothing, are chosen for their specific properties in data analysis.

Keywords: *data mining, water meters, metrology, water losses, water quantities.*

VARTOJAMŲ SAŲVOKŲ PAAIŠKINIMAI

Metrologija – matavimo mokslas, apimantis visus teorinius ir praktinius matavimų aspektus, nesvarbu, kokia yra matavimų neapibrėžtis ir kurioje mokslo ar technikos srityje atliekami matavimai (Lietuvos Respublikos metrologijos įstatymas).

Matavimas – tai eksperimentinis fizikinio dydžio vertės radimas, naudojant specialiai tam tikslui skirtas technines matavimų priemones.

Teisinė metrologinė priežiūra – teisinio metrologinio reglamentavimo objektų atitikties techniniams reglamentams ir (arba) metrologijos srities teisės aktams kontrolė, šių objektų gamintojų, pardavėjų ir naudotojų kontrolė, siekiant nustatyti, ar jie laikosi šio įstatymo, techninių reglamentų ir (arba) kitų metrologijos srities teisės aktų, ir su tuo susijusi rinkos priežiūra (Lietuvos Respublikos metrologijos įstatymas).

Kalibravimo liudijimas – dokumentas, kuriuo patvirtinama metrologinė sietis.

Matavimo priemonės atitikties įvertinimas – procesas, kuriuo nustatoma, ar matavimo priemonė atitinka tai priemonei taikomame techniniame reglamente nustatytus reikalavimus.

Vandens skaitiklis – prietaisas skirtas nuolat matuoti, įsiminti ir rodyti vandens tūrį, matavimo sąlygomis pratekanti per matavimo keitiklį [16].

Laiko eilutė – duomenų imtis, sudaryta iš fiksuotu dažniu atliktų matavimų.

Prognozė – būsimą sistemos būvį apibūdinančio kintamojo reikšmė.

Sezoniškumas – periodas, apimantis dėsningus duomenų pasikartojimus.

ĮVADAS

Kasdieniniame gyvenime mes nuolat susiduriame su matavimais ir matavimo priemonėmis. Parduotuvėje už prekes mokame pagal svarstyklių parodymus, o už sunaudotą šilumą ir vandenį atsiskaitome pagal skaitiklių parodymus. Siekiant užtikrinti duomenų tikslumą ir apsaugoti vartotoją nuo finansinių nuostolių, svarbu tinkamai prižiūrėti matavimo priemones. Metrologija yra svarbi ir plačiai naudojama kasdieniniame gyvenime: namų ūkis, automobiliai, elektros prietaisai, energijos suvartojimas, vandens suvartojimas, pirkimų pardavimų sandoriai, oro ir aplinkos tyrimai, medicinos diagnostika, sportas, saugumas ir kitos sritys

Kiekvieną dieną visame pasaulyje didėja duomenų kiekiai, kurie yra surenkami kas sekundę. Metrologijos mokslas apima daugybę sričių. Tolimesniam darbui pasirinkome nagrinėti vandens suvartojimo sritį, konkrečiai - analoginių vandens skaitiklių naudojimą fiksuojant vandens suvartojimą. Šie skaitikliai naudojami kasdieniame kiekvieno žmogaus gyvenime. Ši sritis pasirinkta, nes metrologijos mokslas yra apie tikslus matavimus, kurie padeda teisingai atlikti matavimus. Nepaisant gausybės saugomų duomenų, mažai dėmesio skiriama jų analizei ir naudingos informacijos tyrybai.

Naujojoje informatikos bendrojoje programoje išskirtos šešios pasiekimų sritys: Skaitmeninio turinio kūrimas, Algoritmai ir programavimas, Duomenų tyryba ir informacija, Technologinių problemų sprendimas, Virtualioji komunikacija ir bendradarbiavimas, Saugus elgesys [31]. Atsirado nauja sritys apie duomenų tyrybą, todėl darbe konkrečių duomenų pavyzdžiu atliekama duomenų analizė taikant pasirinktus duomenų tyrybos metodus. Tai padeda iliustruoti realaus gyvenimo problemų sprendimą ir suprasti duomenų tyrybos svarbą,

Problema. Tikslūs ir patikimi vandens suvartojimo matavimai yra svarbūs tiek namų ūkiams, tiek pramonės šakoms, nes pagal juos vyksta atsiskaitymai tarp tiekėjo ir vartotojo už sunaudotą vandenį. Šiuo metu duomenų rinkimas, sisteminimas, atrinkimas ir apdorojimas nėra atliekamas korektiškai įmonėse. Problema su kuria susiduriame - tai skaitmeninio turinio kokybė ir gautos informacijos patikimumas.

Aktualumas. Šiuo metu pasaulyje yra didėjantis poreikis efektyviai valdyti vandens išteklius ir stengtis sumažinti vandens suvartojimą. Tačiau analoginių vandens skaitiklių tikslumas gali būti nepakankamas vertinant vandens suvartojimą. Todėl aktualu ištirti analoginių skaitiklių tikslumą ir galimą įtaką vandens suvartojimo duomenų tikslumui.

Naujumas. Duomenų tyrybos metodų taikymas vandens suvartojimo analizėje, atneša aiškia naujovę informatikos dalyko kontekste. Šiame tyrime parodome, su kokiais iššūkiais susiduriame apdorojant duomenis ir informaciją. Šio tyrimo vienas iš tikslų yra parodyti, kaip atlikti suformuluoto uždavinio analizę kaip įvertinti skaitmeninio turinio kokybę ir informacijos patikimumą sprendžiant realias gyvenimo problemas.

Kadangi šiuolaikiniame pasaulyje duomenų yra labai daug surinka ir tai didelė vertybė, remiantis turimais duomenimis sprendžiamos įvairiausios realaus gyvenimo problemos. Darbe yra parodoma, kaip galima spręsti vandens suvartojimo ir vandens resursų valdymą.

Tai aktualu ir mokymo procese norime praplėsti mokinių suvokimą apie informatikos taikymą kasdieniniame gyvenime, demonstruodami praktinį būdą, kaip technologijos gali būti naudojamos sprendžiant realias problemas. Mūsų tyrimas stiprina skaitmeninį raštingumą ir informacinį mąstymą, nes mokiniai ne tik įgyja praktinių įgūdžių, bet ir mokosi kritiškai vertinti ir analizuoti duomenis. Darbo rezultatai taip pat praturtina informatikos dalyko tematiką, pridedant naujas perspektyvas, kaip duomenų tyrybos metodai gali būti pritaikyti. Tai gali skatinti mokinius tyrinėti ir kurti naujus būdus, kaip informatika gali būti naudojama sprendžiant įvairias problemas, išplečiant tradicines suvokimo ribas. Tyrimas gali atnešti ne tik praktinių įgūdžių, bet ir didinti mokinių suvokimą apie informatikos svarbą ir jos įtaką šiuolaikiniam pasaulyje. Tai puikus pavyzdys, kaip inovatyvus tyrimas gali praturtinti mokymo programas ir skatinti pažangą informatikos švietimo srityje.

DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Darbo tikslas – Duomenų tyrybos metodų taikymas vandens suvartojimo duomenų analizei. Siekiant gauti gilų supratimą apie suvartojimo tendencijas, identifikuoti galimas efektyvumo gerinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti mokslinės literatūros analizę.
2. Atlikti informacinių technologijų naudojimo analizę vertinant vandens suvartojimą.
3. Atlikti pagrindinių metrologijos uždavinių analizę.
4. Parinkti ir pritaikyti duomenų tyrybos metodus, nagrinėjant vandens suvartojimą.
5. Suformuluoti rekomendacijas dėl efektyvesnio vandens suvartojimo ir vandens resursų valdymo.

Tyrimo objektas ir metodai:

Baigiamojo darbo tyrimo objektas yra duomenų tyrybos metodų taikymas vandens suvartojimo duomenų analizei. Siekiama sukurti modelius, kurie turėtų ne tik praktinį, bet ir teorinį reikšmingumą, prisidedant prie vandens suvartojimo efektyvumo ir svarbių resursų valdymo. Baigiamojo darbo iškeltiems uždaviniams spręsti buvo taikyti metodai: mokslo šaltinių analizė, techninių dokumentų analizė, statistinė analizė, duomenų tyrybos ir vaizdų apdorojimo metodai.

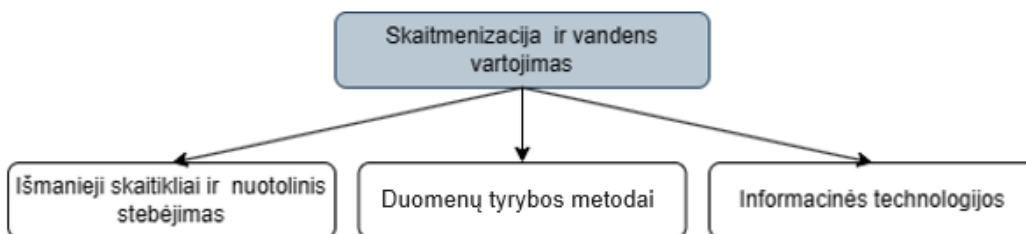
1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Informacinės technologijos vandens valdyme

Informacinių technologijų vystymasis nestovi vietoje, ir vis dažniau mes girdime tokį terminą kaip skaitmenizacija. Informacinių technologijų pagalba ir įtaka daug gyvenimo sričių yra skaitmenizuojamos. Kadangi informacinės technologijos sparčiai vystosi, bendrovėms dirbant dinaminėje aplinkoje reikia prisitaikyti ir perėjimui prie skaitmeninių technologijų, kurios pagerina ne tik darbo, bet ir paslaugų kokybę. Formuojant Europos skaitmeninę ateitį, Europos komisija išskiria tris pagrindinius tikslus [2]:

- *Žmonėms skirtos technologijos*: galimybės laisvai kurti, įdiegti ir naudotis, bendravimo laisvė, duomenų srautų reguliavimas, laisvas internetas.
- *Teisinga ir konkurencinga ekonomika*: produktų ir paslaugų kūrimas, duomenų lengvas prieinamumas ir gavimas, paprastas duomenų naudojimas ir apdorojimas.
- *Atvira, demokratinė ir tvari visuomenė*: saugus duomenų valdymas, atsakomybė, skaidrumas ir prieiga prie informacijos ir duomenų srautų.

Taikant skaitmeninę transformaciją svarbių gyvenimo išteklių valdymui, ji sudarytų sąlygas paslaugų plėtrai, duomenims valdyti ir informaciniams ištekliams reorganizuoti. Skaitmenizacija gali prisidėti prie efektyvaus vandens išteklių valdymo (1 pav.), sumažinti nuostolius ir padidinti sistemos efektyvumą. Svarbu užtikrinti, kad technologijos būtų naudojamos atsakingai ir atsižvelgiant į privatumo bei saugumo reikalavimus.



1 pav. Skaitmenizacija ir vandens valdymas.

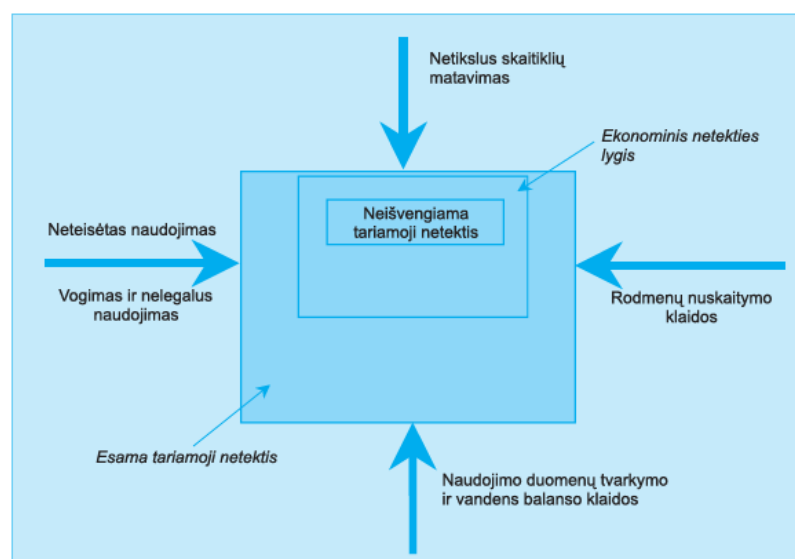
Šiandien pasaulyje vis daugiau dėmesio skiriama ekologijai ir gamtos išteklių išsaugojimui. Klimato kaita ir besikeičiantys poreikiai reikalauja imtis veiksmų, kurių tikslas būtų užtikrinti tvarų

vandens tiekimą ir naudojimą. Vandens apskaitą nuo senų laikų vykdoma naudojant vandens skaitiklius. Vandens skaitikliai – prietaisai vandens suvartojimo kiekiui matuoti. Skaitikliai montuojami tiek gyvenamuosiuose, tiek komerciniuose pastatuose, prijungtuose prie viešųjų vandentiekio sistemų. Lietuvoje vandens apskaitai naudojami analoginiai (mechaniniai) vandens skaitikliai. Labai nedaug bendrovių integravo į rinką skaitmeninius vandens skaitiklius su nuotoliniu nuskaitymu, nes tai reikalauja didelių finansinių įsipareigojimų.

Vartotojų edukacija ir skaitmeninių technologijų priėmimas yra svarbus žingsnis siekiant sėkmingai įgyvendinti skaitmeninį vandens valdymą. Atsižvelgiant į skirtingus vartotojų poreikius ir skaitmeninių technologijų priėmimo ypatumus, svarbu įgyvendinti integruotą ir adaptuojamą edukacinę programą. Tai padės ne tik informuoti vartotojus, bet ir užtikrinti, kad jie pasitikėtų skaitmeninėmis inovacijomis vandens išteklių valdyje.

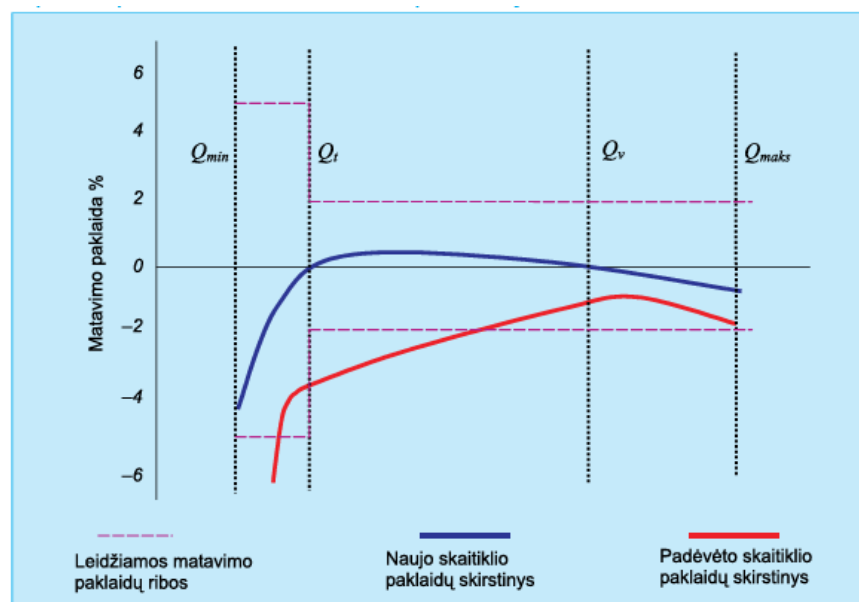
1.2. Vandens nuostoliai

Vandens nuostolių valdymas yra svarbus aspektas vandens tiekimo bendrovėms, skirtas efektyviai tvarkyti ir mažinti vandens nuostolius grandinėje nuo tiekėjo iki vartotojo. Tai apima daug veikslių ir strategijų, kurių bendras tikslas - sumažinti arba išvengti vandens nuostolių, kurie atsiranda tarp tiekimo šaltinio ir vartotojo, ir užtikrinti efektyvų vandens išteklių panaudojimą.



2 pav. Strategines tariamosios netekties valdymo krypitys [4]

Tarptautinės vandens asociacijos darbo grupės (*International Water Association*) buvo išskirtos keturios strategiškai svarbios kryptys (2 pav.): netikslūs skaitiklių matavimai, rodmenų nuskaitymo klaidos, duomenų tvarkymo klaidos, vandens vogimas [4]. Vandens nuostolių tema yra aktuali visoms vandens tiekimo bendrovėms, nes dėl netikslių matavimų atsiranda vandens ir finansiniai nuostoliai. Netikslūs vandens matavimai gali atsirasti dėl įvairių priežasčių tokių, kaip: netinkamai sumontuoti vandens skaitikliai, skaitiklių tikslumo klasė, skaitiklio nusidėvėjimas, vandens kokybė ir kt. Naudojamų skaitiklių charakteristikos su laiku blogėja, nes tai priklauso ir nuo eksploataavimo laiko, ir nuo vandens savybių. Kai vanduo labai agresyvus fiziškai arba chemiškai, matavimo tikslumas gali pablogėti per palyginti trumpą laiką. Kraštutiniais atvejais nuosėdos gali trukdyti mechanizmui, kad skaitiklis neveiks [4]. Vandens skaitiklio tikslumą parodo debitas. Debitas – santykinis vandens kiekis, pratekantis pro vandens skaitiklį [19]. Skaitiklio tikslumas yra tiesiogiai susijęs su debito dydžiu. Skaitiklių tikslumas yra prasčiausias, kai matuojami maži debitai, o geriausias - esant vardiniam debitui (3 pav.). Vardinis debitas (Q_n) yra lygus pusei didžiausiojo srauto ir išmatuojamas kubiniais metrais per valandą. Šis parametras naudojamas skaitiklio charakteristikoms apibūdinti. Esant vardiniam debitui, skaitiklis turi atitikti įprastines naudojimo sąlygas, būti patikimas ir nepriklausyti nuo didelių paklaidų, taigi, nepriklausyti nuo pastovių ar kintamų veikimo sąlygų. Mažiau tikslus matavimas būna dideliems debitams, tačiau ne tiek kiek mažiems debitams. Matavimo tikslumas yra netolygaus vandens naudojimo padarinys ir yra priklausomas nuo realaus vandens naudojimo bei skaitiklio paklaidų skirstinio funkcijos.



3 pav. Vandens skaitiklio paklaidų skirstiniai [4]

Efektyvus vandens netekties valdymas yra svarbus tiek tiekimo įmonėms, tiek vartotojams, siekiant tausoti vandens išteklius ir užtikrinti efektyvų vandens paskirstymą. Tai taip pat prisideda prie darnaus vandens naudojimo ir tvaraus vandens tiekimo sistemos formavimo. Naujovės ir informacinės technologijos, tokios kaip išmanieji skaitikliai, duomenų analizės metodai ir kitos inovacijos, gali ženkliai padėti vandens netekties valdymo klausimais. Šios technologijos leidžia vandens tiekimo sistemoms būti proaktyvioms, greitai reaguoti į netektis ir optimizuoti vandens naudojimą.

Skaitiklių keitimas: Periodiškas skaitiklių keitimas, ypač naudojant naujas technologijas, gali užtikrinti, kad matavimai būtų tikslūs. Skaitiklių keitimo periodiškumą nustato pati tiekimo įmonė, bet ne rečiau kaip šeši metai [23]. Remiantis skaitmeniniais duomenimis apie skaitiklių būklę, galima nustatyti optimalius laikotarpius skaitiklių keitimui, siekiant užtikrinti tikslų matavimą ir sumažinti nuostolius dėl senų ar netikslių skaitiklių.

Išmanieji vandens skaitikliai: Šie skaitikliai nuolat stebi vandens naudojimą ir siunčia duomenis į centrinę sistemą. Tai leidžia realiuoju laiku stebėti vandens srautus, greitai identifikuoti netektis ir nereguliarumus vandens tiekimo sistemoje. Skaitikliai palaiko nuotolinį nuskaitymą, tai sumažina klaidų tikimybę, nes duomenys yra nuskaitymi automatiškai be tiesioginės fizinės prieigos prie skaitiklių. Nuotolinis nuskaitymas padeda sisteminti ir rinkti duomenų istoriją, remiantis kuria paskui - tirti vandens suvartojimo elgseną.

Duomenų analizės įrankiai: Modernios duomenų analizės platformos gali apdoroti didžiules duomenų apimtis ir identifikuoti modelius bei nereguliarumus vandens suvartojime. Tai padeda prognozuoti galimas problemas ir optimaliai valdyti vandens tiekimą. Yra įvairių programų ir priemonių, kurios naudoja panašią metodologiją, siekdamos matuoti ir valdyti tariamą vandens netektį. Jos detalizuotai lygina tiekiamą vandens kiekį su vartotojų sunaudotu kiekiu ir naudoja nuotolinį skaitiklių nuskaitymą, išvengdamos klaidų. Ši integruota sistema suteikia vandens tiekėjui efektyvias priemones netekties kiekybiniam vertinimui ir valdymui. Vandens nuostolių valdymas tiekimo įmonėms yra vienas iš daugelių svarbių aspektų.

Naujovės, kaip išmanieji skaitikliai ir duomenų analizės metodai, padeda realiuoju laiku stebėti vandens naudojimą, optimaliai valdyti procesą ir sumažinant finansinius nuostolius. Periodiškas skaitiklių tikrinimas, keitimas ir modernios duomenų analizės platformos yra efektyvios priemonės netekties valdymui.

2. METROLOGIJA

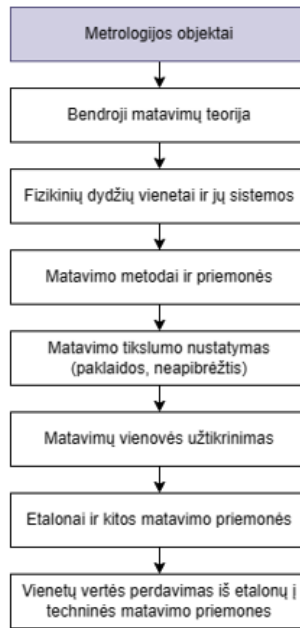
2.1. Metrologija ir jos uždaviniai

Žodis metrologija yra kilęs iš graikiškų žodžių: metro – *matas* ir *logos* – mokslas. Šiandien žmonės atlieka dar daugiau matavimų negu anksčiau. Metrologijos naudojimas tapo kasdienybe, kurios mes jau nebepastebime. Kavos pirkimas, audinių pirkimas perkami pagal svorį ir matmenys. Namuose naudojami vanduo, elektra, šilumą, kur yra svarbūs tikslūs matavimai, nes pagal juos yra atliekamas atsiskaitymas. Gydymo įstaigose, kad nepakenkti paciento sveikatai yra matuojamas aktyviųjų medžiagų kiekis vaistuose, atliekamas kraujo bandinio ištyrimas (matavimas) ir kiti tyrimai. Iš aukščiau pateiktų pavyzdžių matome, kad beveik neįmanoma ką nors apibūdinti nesinaudojant svoriais ir matais: pakuotės svoris, paros laikas, padangų slėgis, kraujo spaudimas, kūno temperatūra.



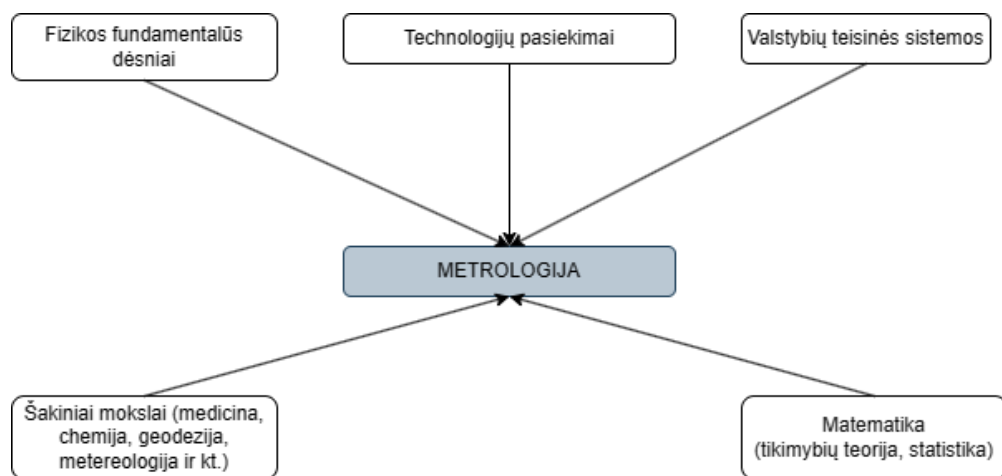
4 pav. Kokybė ir matavimai

Matavimų kokybė yra labai svarbi, kuri susijusi su produkto ar paslaugos kokybės nustatymu ir užtikrinimu. Matavimų kokybės siekimas apima visus procesus, metodikas ir technologijas, susijusias su matavimų atlikimu, siekiant įvertinti ir užtikrinti produkto ar paslaugos atitikimą nustatytiems kokybės reikalavimams (4 pav.). Kokybė paremta teisingais sprendimais, kurie remiasi teisingais duomenimis ir matavimais. Matavimai yra teisingi ir tikslūs kai yra naudojamos kalibruotos arba patikrintos matavimo priemonės, kuriu tikslumą užtikrina sietis su etalonais. Metrologija yra mokslas, kuris tiria matavimus, matavimo vienetus ir jų taikymą įvairiose srityse.



5 pav. Metrologijos objektai

Metrologijos mokslas turi glaudų ryšį su kitais mokslais, nes tikslių matavimų ir metrologijos principų taikymas yra svarbus daugelyje mokslinių sričių ir pramonės sektorių (6 pav.). Kaip vienas iš pavyzdžių būtų fizikiniai dėsniai, kurie yra susiję su matavimais ir dažnai patvirtinami tik tada, kai matavimai yra atlikti su aukštu tikslumu ir patikimumu.







6 pav. Metrologijos mokslo santykis su kitomis mokslų disciplinomis.


Pateiktos tik kelios mokslų disciplinos, kuriose metrologija turi reikšmės. Bendradarbiavimas tarp metrologijos ir kitų mokslų leidžia geriau suprasti pasaulį, sukurti tikslesnes technologijas ir užtikrinti, kad moksliniai tyrimai bei praktinė veikla būtų paremti patikimais matavimais.

2.2. Pasaulinės metrologijos organizacijos

Pasaulinės metrologijos organizacijos yra tarptautinės organizacijos, kurios koordinuoja, kontroliuoja ir skatina metrologijos veiklą pasaulyje. Jos tikslas užtikrinti vienodų matavimo standartų taikymą, skatinti bendradarbiavimą tarp šalių ir organizacijų bei prisideda prie matavimo tikslumo ir patikimumo užtikrinimo. Šias organizacijas vienija bendri tikslai ir veiklos kryptis, siekiant užtikrinti reikiamą matavimo vienetų nacionalinių etalonų sietį su kitų šalių valstybiniais etalonais, perduodant vienetų reikšmes darbinėms matavimo priemonėms, įgyvendinti bendrus normatyvinius dokumentus ir jų taikymą. Keletas svarbiausių pasaulinės metrologijos organizacijų pavadinimų ir aprašymai (1 lentelė).

Lentelė 1. Pasaulinės metrologijos organizacijos.

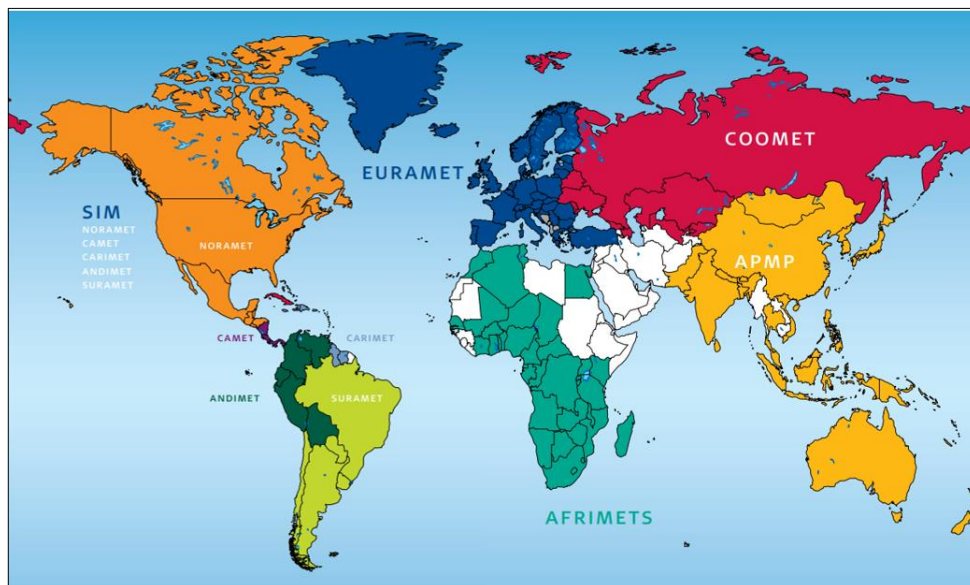
Organizacija:	Aprašymas:	
Tarptautinė matavimo sistema (SI, sutrump. pranc. <i>Le système international d'unités</i>).	SI sistema yra pasaulinė matavimo vienetų sistema, nustatyta Tarptautinės matavimo sistemos konvencijoje. Ji įsteigta Tarptautinio svorio ir matavimo biure (BIPM), o jos tikslas yra užtikrinti vienodų matavimo vienetų taikymą visame pasaulyje [9].	
Tarptautinis svorio ir matavimo biuras. <i>Bureau International des Poids et Mesures</i> (BIPM)	Organizacija, įsikūrusi Prancūzijoje, kurios tikslas yra prižiūrėti Tarptautinę matavimo sistemos konvenciją. BIPM yra atsakingas už SI vienetų standartizaciją ir patikslinimą bei teikia rekomendacijas dėl matavimų įrangos ir metodų [9].	
Tarptautinė metrologijos bendruomenė. <i>International Measurement Confederation</i> (IMEKO)	Tarptautinė organizacija, skatinanti mokslinius tyrimus metrologijos srityje. Ji siekia koordinuoti ir skatinti metrologijos plėtrą, skelbti mokslinius straipsnius ir rengti konferencijas [10].	
Tarptautinė standartizacijos organizacija. <i>International Organization for Standardization</i> (ISO).	ISO nėra tiesiogiai metrologijos organizacija, ji yra svarbi standartų kūrimo ir sklaidos organizacija, kurioje taip pat dalyvauja metrologijos ekspertai. ISO išleidžia standartus įvairiose srityse, įskaitant matavimus ir kalibravimą [11].	

Organizacija:	Aprašymas:	
Tarptautinė elektrotechninė komisija. <i>International Electrotechnical Commission</i> (IEC).	IEC yra standartizacijos organizacija, kuri taip pat veikia elektrotechnikos ir elektronikos srityje, kurioje matavimai ir matavimo prietaisai yra svarbūs [12].	
Tarptautinio svorio ir matavimo biuro patariamoji komisija. <i>International Committee for Weights and Measures</i> (CIPM)	Tarptautinio svorio ir matavimo biuro patariamoji komisija, kuri teikia patarimus BIPM ir kitoms organizacijoms dėl metrologijos klausimų.	

Šių organizacijų veikla prisideda prie mokslinių tyrimų plėtros, technologijų inovacijų ir saugumo įvairiose srityse.

2.3. Regioninės metrologijos organizacijos (RMO).

Regioninės metrologijos organizacijos, veikiančios konkrečiuose regionuose ir kurios koordinuoja metrologijos veiklą bei bendradarbiavimą tarp šalių tose teritorijose. Šios organizacijos padeda užtikrinti vienodų matavimo standartų taikymą regionuose, skatina technologijų plėtrą ir mokslinius tyrimus bei prisideda prie matavimo tikslumo ir patikimumo. RMO geografinis plitimas parodytas žemėlapyje (7 pav.).



7 pav. Regioninės metrologijos organizacijos visame pasaulyje [13].

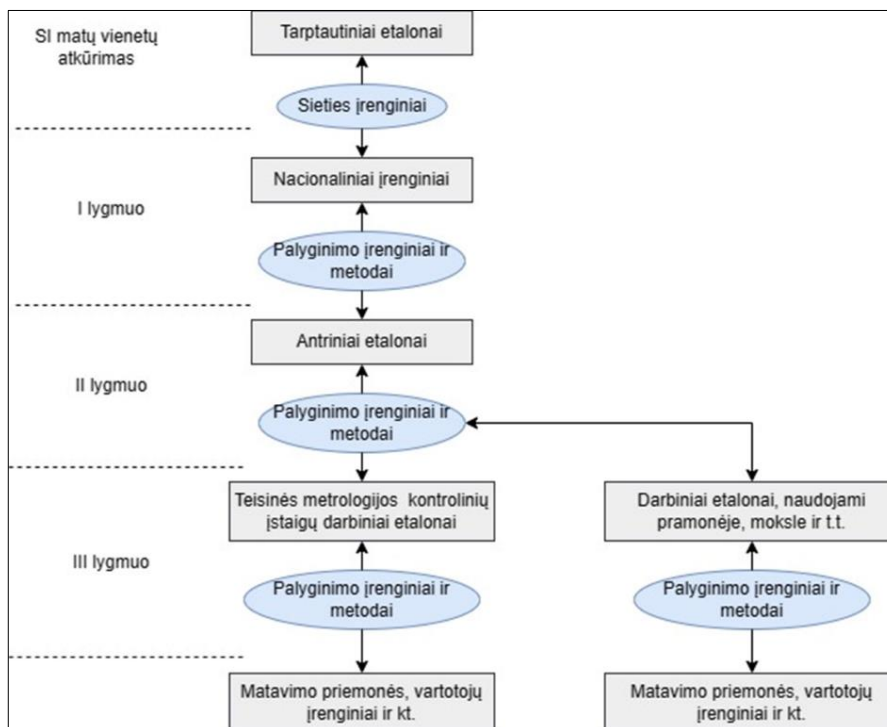
Europos infrastruktūra – EUROMET yra Europos nacionalinių metrologijos institucijų asociacija, koordinuojanti metrologijos veiklą Europoje. EUROMET organizacija yra priskiriama prie mokslinės metrologijos atšakos.

Amerikos infrastruktūra – SIM (*Sistema Interamericana de Metrología*) yra Amerikos žemyno metrologijos sistema, kuri siekia gerinti matavimų tikslumą bei bendradarbiavimą regione.

Azijos ir Ramiojo vandenyno infrastruktūra – APMP (*Asia-Pacific Metrology Programme*) yra Azijos ir Ramiojo vandenyno regiono metrologijos programa, kurios nariai yra įvairių šalių metrologijos institucijos iš Azijos, Australijos ir kitų regiono valstybių.

Afrikos infrastruktūra – SADC (*Southern African Development Community*) yra Pietų Afrikos vystymosi bendruomenė – tarptautinė regioninė organizacija, jungianti 16 pietinės Afrikos šalių narius.

Pasaulinių metrologijos organizacijų funkcionavimo veiklą koordinuoja (prižiūri) Tarptautinė teisinė metrologijos organizacija OIML. Vienas svarbiausių teisinės metrologijos reikalavimų – matavimo sietis. „Sietis – tai matavimo rezultato savybė, leidžianti susieti rezultatą su etalonu dokumentuota ir nepažeidžiama kalibravimų grandine, kurios kiekviena grandis įneša savo indėlį į matavimo neapibrėžtį“ [8].



8 pav. OIML nustatyta matavimo sieties schema

OIML nustatytos matavimo sieties schemos yra struktūrizuotos išdėstymo taisyklės, kurios apibrėžia, kaip atlikti matavimus ir kaip tiksliai įvertinti rezultatus. Šios schemos gali apimti daug skirtingų matavimo sričių (8 pav.). Metrologija – matavimų mokslas, kuris nulemia produktų kokybę nuo kasdienių pirkinių iki technologijų plėtros, įtraukiant globalų bendradarbiavimą siekiant standartizacijos ir matavimo tikslumo.

Metrologija, kaip matavimų mokslas, įtvirtina tikslius standartus, užtikrindama produkto ar paslaugos kokybę. Jos svarba apima kasdieninius veiksmus, nuo pirkinių iki gydymo procedūrų, įskaitant vandens suvartojimą. Pasaulinės ir regioninės metrologijos organizacijos skatina bendradarbiavimą, o OIML nustatyta matavimo sietis užtikrina matavimų tikslumą. Metrologija yra neišvengiama mokslo sritis, nuo kurios priklauso daugelis gyvenimiškai svarbių aspektų, įskaitant efektyvų vandens suvartojimą ir jo apskaitą.

3. DUOMENŲ TYRYBOS METODŲ TAIKYMAS METROLOGIJOJE

„Duomenų tyryba (*angl. Data Mining*) – anksčiau nežinomų, netrivialių, praktiškai naudingų ir prieinamų žinių (dėsningumo) interpretacijai, reikalingų sprendimams priimti įvairiose žmogaus veiklos srityse atskleidimo procesas“ G. Piatetsky-Shapiro

Duomenų tyryba dažniausiai apibrėžiama kaip kompiuterių ir automatizavimo procesas, kurio tikslas yra ieškoti dideliuose duomenų rinkiniuose modelių ir tendencijų, o gautus rezultatus paverčia verslo įžvalgomis ir prognozėmis. Duomenų tyryba išsiskiria ne tik paieškos proceso, bet ir duomenų panaudojimu ateities tikimybinėms prognozėms kurti bei veiksmingoms analizėms atlikti.

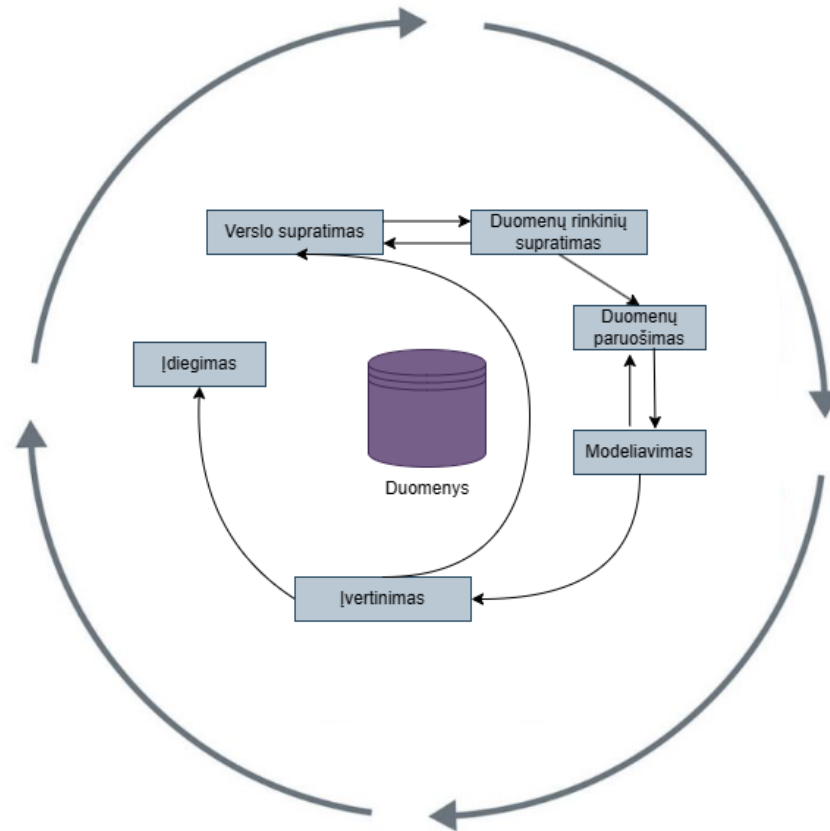
3.1. Duomenų tyryba

Duomenų tyryba – tai procesas, kuriame iš duomenų yra išgaunami reikšmingi modeliai, įžvalgos arba informacija. Tai apima įvairius metodus ir technologijas, kurios leidžia analizuoti didelius duomenų kiekius ir atskleisti šių duomenų paslėptas savybes arba tendencijas [25]. CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*) yra dažnai naudojamas standartinis duomenų tyrybos procesas, susidedantis iš šešių pagrindinių etapų (9 pav.).

CRISP-DM etapai:

- *Supratimas (Understanding)*: Pradinis etapas, skirtas suvokti verslo užduotis, problemas ir tikslus. Formuluojamos hipotezės ir nustatomi duomenų gavybos tikslai.
- *Duomenų supažindinimas (Data Understanding)*: Duomenų paieška, surinkimas, įvertinimas ir analizavimas. Tikslas yra sukurti bendrą vaizdą apie turimus duomenis.
- *Duomenų paruošimas (Data Preparation)*: Duomenų paruošimas modeliavimui: duomenų valymas, transformacijos, trūkstančių reikšmių užpildymas.
- *Modeliavimas (Modeling)*: Modelių parinkimas pagal paruoštus duomenis. Tai gali apimti skirtingų modelių naudojimą ir vertinimą, siekiant rasti efektyviausią sprendimą.
- *Įvertinimas (Evaluation)*: Vertinami sukurto modelio rezultatai. Atliekama modelio tikslumo analizė, kuri padeda nuspręsti modelio yra tinkamą ir efektyvią.

- *Įdiegimas (Deployment)*: Įvertinto modelio įdiegimas į realią aplinką, įtraukiant verslo procesus ir naujų programų kūrimą, siekiant užtikrinti, kad modelis taptų naudingas ir prieinamas naudotojams.



9 pav. Duomenų tyrybos gyvavimo ciklas [25].

Šis procesas CRISP-DM skatina dirbti etapais ir, jei reikia, kartoti veiksmus. Veiksmų kartojimas atliekamas, norint atsižvelgti į besikeičiančius duomenis arba įvesti naujus kintamuosius.

Nauji duomenys: Jei atsiranda nauji duomenys arba pasikeičia jų savybės, gali prireikti atlikti papildomus duomenų paruošimo ir modeliavimo žingsnius.

Modelio naudojimo efektyvumo patikrinimas: Kai modelis yra įdiegtas, svarbu stebėti jo naudojimo rezultatus ir efektyvumą. Jei pastebimi trūkumai arba poreikis patobulinti modelį, procesas galima būti kartojamas tol, kol būtų pasiektas geriausias rezultatas.

Verslo poreikių kaita: Besikeičiant verslo aplinkai, gali prireikti pritaikyti modelius arba įtraukti naujus duomenų šaltinius.

3.2. Duomenų tyrybos metodai

Įvairūs duomenų tyrybos metodai ir algoritmai yra skirti analizuoti, interpretuoti ir gauti informaciją iš duomenų rinkinių. Kiekvienas metodas turi savo pritaikymo sritį, ir jų pasirinkimas priklauso nuo mūsų konkrečių uždavinių. Parenkant duomenų tyrybos metodą, svarbu įvertinti įvairius faktorius ir pasirinkti tokį, kuris geriausiai atitinka konkrečius mūsų tyrimo poreikius. Dažnai galima taikyti ir kombinuoti kelis metodus, siekiant gauti geresnius rezultatus.

3.2.1. Neuroniniai tinklai

Neuroniniai tinklai naudojami įvairiose srityse dėl jų galimybių analizuoti, klasifikuoti ir prognozuoti. Neuroniniai tinklai klasifikuoja objektus ar duomenis pagal pateiktus požymius. Tai gali būti nuotraukų klasifikavimas, kalbos atpažinimas ar kitokie duomenų klasifikavimo uždaviniai. Algoritmo naudojimas priklauso nuo konkrečių poreikių ir galimybių, ir šie tinklai dažnai tampa svarbiu įrankiu spręsti sudėtingus uždavinius, kurie priverčia sistemą mokytis iš duomenų.

3.2.2. Asociacijų analizė

Asociacijos algoritmas yra duomenų gavybos metodas, kuris padeda rasti sąryšius tarp duomenų elementų dideliuose duomenų masyvuose. Jis yra naudojamas identifikuoti, kurie elementai dažnai pasitaiko kartu, leidžiant įmonėms suprasti vartotojų elgesį, kurti personalizuotus pasiūlymus ir optimizuoti strategijas, ypač prekybos ir pardavimų analizėje. Algoritmas taip pat naudojamas kitose srityse, kur reikia išryškinti sąryšius tarp duomenų elementų. Asociacijos algoritmas yra svarbus įrankis siekiant išgryninti paslėptas duomenų struktūras ir pateikti prasmingus sprendimus.

3.2.3. Sprendimų medžiai

Sprendimų medžio algoritmas yra paprasčiausias ir dažnai naudojamas duomenų gavybos įrankis. Jis klasifikuoja duomenų požymius hierarchine struktūra, ieškodamas svarbiausių požymių, kurie turėtų didžiausią įtaką galutiniam rezultatui. Algoritmo privalumas, kad jis yra lengvai supratamas, todėl jis yra naudingas įvairių sričių specialistams.

3.2.4. Genetiniai algoritmai

Genetiniai algoritmai yra evoliuciniai optimizavimo algoritmai, kurie modeliuoja gamtos evoliucijos procesus, tokius kaip paveldimumas, mutacijos ir natūralus atrankos principai. Šie algoritmai dažnai naudojami optimizavimo uždaviniams spręsti, kai reikia rasti didžiausią ar mažiausią funkcijos reikšmę per daugelį galimų sprendinių. Algoritmas yra plačiai naudojamas įvairiose srityse dėl jo galimybių ieškoti geriausių sprendimų skirtingose problemose

3.2.5. Artimiausio kaimyno algoritmas

Artimiausio kaimyno algoritmas yra vienas iš paprasčiausių mašininio mokymosi algoritmų. Šis algoritmas naudojamas klasifikavimo, regresijos uždaviniams spręsti. Algoritmas priskiria naujam duomenų taškui prognozuotą reikšmę arba klasę pagal jo artimiausius kaimynus. Vienas iš pagrindinių trūkumų yra tas, kad yra ribotas modelio dydis ir apdoroja nedidelius duomenų kiekius. Šis algoritmas yra populiarus dėl savo paprastumo ir lengvumo įgyvendinant. Jis yra naudojamas įvairiose srityse, tokiose kaip prekyba, medicina, kalbų atpažinimas ir kitose situacijose, kuriose reikia klasifikuoti naujus duomenis pagal panašumą į esamus duomenis. Taip pat galima reguliuoti artimiausių kaimynų skaičių ir naudoti skirtingus atstumo matavimo metodus, priklausomai nuo konkrečių uždavinių.

3.2.6. Naïve Bayes algoritmas

Naïve Bayes algoritmas yra efektyvus sprendžiant klasifikavimo ir prognozavimo uždavinius. Jo pagrindinis principas yra įvertinti objektų būsenas ir jiems priskirti konkrečių atributų reikšmes. Šis algoritmas yra vienas iš greičiausių duomenų tyrybos modelių formavimo būdų. Jis sėkmingai taikomas sprendžiant uždavinius, susijusius su elektroninės reklamos įtaka pirkimams ir pelno prognozavimu. Dažnai naudojamas identifikuoti tikslines pirkėjų grupes, skirtas reklamuoti tam tikrus produktus [1].

3.2.7. Grupavimas

Grupavimo algoritmas taikomas siekiant išskirti ir suskirstyti duomenis į grupes, kurios turi panašius požymius, savybes ar charakteristikas. Šis metodas remiasi pasikartojimo principu, kai tarp duomenų elementų ieškoma panašių požymių ir jie yra grupuojami į atskiras klases arba grupes. Proceso metu pasirenkami kriterijai, pagal kuriuos vyksta grupavimas, ir identifikuojamos savybės, kurias turintys duomenų elementai sudaro tarpusavyje panašius požymių turinčius rinkinius. Sudaromos šios grupės, kurios vėliau gali būti naudojamos sprendžiant įvairius uždavinius, tokius kaip rinkos segmentavimas, klientų suskirstymas arba net nekilnojamojo turto ir finansinių rodiklių prognozavimas. Grupavimo algoritmas leidžia gauti struktūrizuotą informaciją iš didelių ir įvairių duomenų rinkinių bei taikyti tinkamus sprendimus priklausomai nuo identifikuotų grupių charakteristikų.

3.2.8. Asociacijų taisyklės

Asociacijos algoritmas naudojamas rasti ryšius ir sąryšius tarp skirtingų duomenų elementų arba reiškinių. Algoritmas dažniausiai yra naudojamas stebint didelius duomenų masyvus, siekiant nustatyti, kurie elementai yra dažnai pasikartojantys kartu. Pagrindinis algoritmo tikslas yra nustatyti asociacijų taisykles, kurios išreiškia, kaip vieni duomenys yra susiję su kitais, jų pasikartojimo dažniu. Tai leidžia išgauti taisykles, kurias galima naudoti prognozuojant arba nustatant geresnį verslo modelį.

3.2.9. Sekos nustatymas

Sekų nustatymo algoritmas naudojamas nustatyti arba rasti tam tikrą tvarką ir sąryšius tarp įvykių arba duomenų sekos. Šis algoritmas dažnai taikomas stebint laiko eilučių arba chronologiškai surinktų duomenų, siekiant atskleisti svarbius įvykius, dėsningumą, arba prognozuoti ateities reiškinius, grindžiamus praeities sekomis. Sekų nustatymo algoritmai analizuoja tam tikras taisykles, tendencijas, arba panašumą tarp sekančių elementų, kad galėtų suteikti supratimą apie duomenų eiliškumą bei struktūrą. Dažniausiai šio algoritmo pagalba sprendžiami tokie uždaviniai, kaip internetu užsakomos prekes. Šio metodo pagalbą išanalizavus gautus rezultatus, galima prognozuoti pirkėjų elgseną ateityje.

3.2.10. Regresija

Regresijos modelis yra statistikos arba matematikos pagrindu sukurtas algoritmas, kuris numato, kaip priklausomas kintamasis gali kisti, remiantis vienu ar daugiau nepriklausomųjų kintamųjų. Šis modelis yra naudojamas prognozuoti arba paaiškinti ryšius tarp kintamųjų duomenų rinkinyje. Pagrindinis tikslas yra rasti optimalų matematinį ryšį, kuris geriausiai atspindėtų realią situaciją, leistų įvertinti arba numatyti priklausomos kintamosios reikšmę, kai yra žinomos arba pasikeičiančios nepriklausomosios kintamosios. Metodas yra naudojamas sprendžiant iškilusius uždavinius susijusius su pardavimais, gamyba, produkcija ir finansais.

3.2.11. Laiko eilutės

Laiko eilučių algoritmas yra plačiai naudojamas prognozuojant ar analizuojant reikšmių kitimą per laikotarpį. Pagrindinis šio algoritmo tikslas yra identifikuoti modelį, kuris geriausiai aprašo ir prognozuoja laiko eilutės elgesį. Verslai gali prognozuoti produkcijos pardavimus ateityje, remdamiesi ankstesnėmis pardavimų tendencijomis. Laiko eilučių algoritmai gali būti pritaikyti skirtingoms situacijoms ir duomenų rinkinio pobūdžiams, padėti atskleisti svarbius aspektus ir numatyti ateities scenarijus.

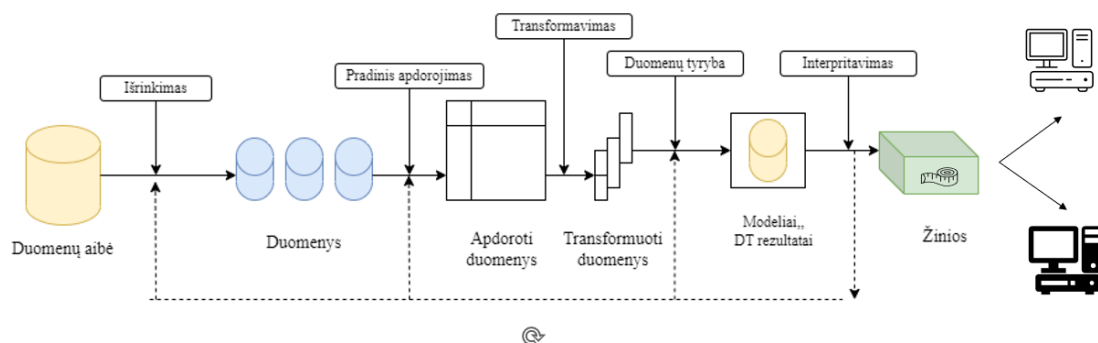
3.3. Duomenų tyrybos poreikis metrologijos srityje

Kaip žinome metrologijos mokslas apima daug gyvenimo sričių, duomenų kiekiai yra renkami ir ne visi apdorojami. Šiandien vyksta visuotinis judėjimas į informacijos amžių, kur vyksta visuomenės skaitmenizavimas, duomenų rinkimo ir saugojimo technologijų tobulėjimas, duomenų pasiekiamumas. Duomenų tyryba metrologijoje yra svarbus procesas, kuris turi daugybę pritaikymo galimybių ir poreikių. Štai keli pagrindiniai duomenų tyrybos poreikiai metrologijos srityje: matavimų tikslumo vertinimas, duomenų analizė, metrologijos proceso tobulinimas, produktų (paslaugų) kokybės kontrolė. Matavimų tikslumo vertinimas apima duomenų tyrybą, kuri leidžia įvertinti matavimo prietaisų tikslumą ir patikimumą. Priklausomai nuo gautos informacijos, galima nustatyti, ar matavimai yra pakankamai tikslūs, ar reikalingi prietaisų kalibravimai arba pataisymai. Metrologijos duomenys turi būti analizuojami, siekiant nustatyti tendencijas, statistiką, nepakankamai tikslus matavimus arba kitus svarbius rodiklius. Duomenų tyryba padeda išgauti naudingą informaciją iš didelių duomenų rinkinių ir

yra naudojama matavimo prietaisų kalibravimo procese. Tai apima duomenų rinkimą apie matavimo prietaisus ir juos lyginant su aukštos kokybės etalonais, siekiant patikrinti jų tikslumą. Metrologijos proceso tobulinimas apima sistemų ir procesų tobulinimą, kad būtų pasiektas didesnis tikslumas ir efektyvumas. Duomenų tyrybos naudojimas metrologijoje naudingas moksliniams tyrimams atlikti ir inovacijoms įdegti. Poreikio buvimas rodo, kad duomenų tyryba yra svarbi metrologijos dalis, kuri prisideda prie tikslaus matavimų atlikimo, kokybės kontrolės ir mokslo pažangos šioje srityje.

3.4. Duomenų tyrybos iššūkiai

Duomenų gavyba (angl. *data mining*) - procesas, kuriame iš didelių duomenų kiekio yra išgaunami naudingi modeliai, šablonai, žinios ir informacija. Šis procesas susiduria su iššūkiais, kurie gali skirtis priklausomai nuo konkrečių duomenų ir tyrimo tikslų. Žinių radimo procesas yra būti sudėtingas ir reikalauja didelių duomenų apimčių, geros analitinės ir statistinės kompetencijos bei technologijų naudojimo. Žinių radimo procesas naudojamas verslo analizėje, moksliniuose tyrimuose, medicinoje ir kitose srityse, kuriose yra didelės duomenų apimtys ir poreikis išgauti žinias iš šių duomenų (10 pav.).



10 pav. Žinių radimo duomenų procesas

Duomenų tyryba yra bendras žinių atradimo procesas. Žinių atradimas susideda iš žingsnių:

- pradinis duomenų apdorojimas;
- duomenų apdorojimas ir transformavimas;
- duomenų tyryba;
- duomenų įvertinimas (interpretavimas) ir duomenų pateikimas.

Pagrindiniai iššūkiai, su kuriais susiduriame duomenų gavyboje (Lentelė 2):

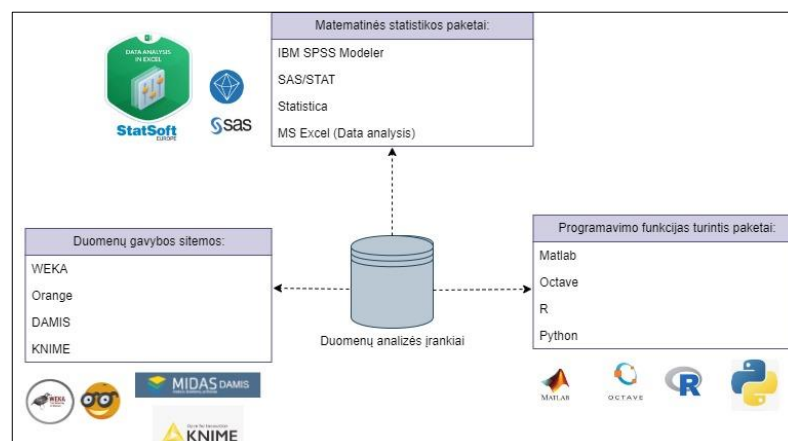
Lentelė 2. Duomenų tyrybos iššūkiai

Iššūkiai:	
<i>Didelių duomenų apimties valdymas:</i>	Dideli duomenų rinkiniai, kurie reikalauja efektyvaus saugojimo, pernešimo ir apdorojimo.
<i>Duomenų kokybė:</i>	Duomenų rinkiniai nepilni, netikslūs, kurie gali turėti įtakos modelių tikslumui.
<i>Duomenų nesuderinamumas:</i>	Skirtingų šaltinių duomenys gali turėti skirtingas struktūras ir būti nesuderinami.
<i>Resursai:</i>	Duomenų tyryba reikalauja daug laiko, kompiuterinių išteklių ir žmogiškųjų išteklių.
<i>Duomenų ne stacionarumas:</i>	Duomenų rinkiniai kurie yra nestacionarus, kurie keičiasi laike, o tai gali reikalauti specialių modelių ir žinių.
<i>Rezultatų interpretavimas:</i>	Rezultatų interpretavimas ir nustatymas jų naudingumą gali būti iššūkis, nes tai priklauso nuo daugybės faktorių.
<i>Atnaujinimas:</i>	Darbas su duomenimis yra interaktyvus procesas, kuris reikalauja reguliariai būti atnaujintu, kad būtų atsižvelgiama į naujus duomenis ir pokyčius.

Visus iššūkius galima spręsti naudojant tinkamus metodus, duomenų analizės priemones ir planavimą. Tam gali prireikti įdėti daug pastangų ir ekspertų žinių, tačiau duomenų tyryba gali suteikti daug vertingos informacijos ir naudos verslui, mokslui ir visuomenei.

3.5. Duomenų tyrybos įrankiai

Duomenų tyrybos įrankiai (duomenų analizės įrankiai) yra programinės įrangos, skirtos išgauti reikšmingą informaciją iš didelių duomenų rinkinių. Šie įrankiai padeda analizuoti, transformuoti ir interpretuoti duomenis, kad būtų galima gauti naudingą informaciją, paslėptas tendencijas ar žinias.



11 pav. Duomenų gavybos įrankiai (sudaryta autoriaus)

Paveikslėlyje (11 pav.) pateikti pagrindiniai duomenų gavybos įrankiai, toliau apžvelgsime tik keletą iš jų, kurios mus labiau domina ir kurias toliau naudosime darbui su duomenimis.

R – tai specializuota statistinės analizės kalba, ir ji turi gausybę įskiepių ir paketų duomenų analizei. Daugelis statistikos specialistų naudoja R duomenų tyrybos projektams, nes programavimo kalba yra naudojama kaip pagrindinis mašininio mokymosi, statistikos ir duomenų analizės įrankis. Tai nepriklausoma nuo platformos kalba. Tai reiškia, kad ją galima pritaikyti visoms operacinėms sistemoms. Šiuo metu R yra viena iš labiausiai pageidaujamų programavimo kalbų duomenų mokslo darbo rinkoje.

KNIME – tai atviro kodo duomenų analizės platforma, leidžianti kurti duomenų analizės srautus naudojant grafinę sąsają. Tai leidžia neturintiems programavimo patirties analizuoti duomenis.

DAMIS – tai duomenų analizės įrankis, sudarantis tyrėjams galimybę atlikti pagrindinius duomenų analizės tyrimus (klasifikavimą ir grupavimą), vizualios analizės priemonėmis tirti daugiamačių duomenų projekcijas į plokštumą, duomenų tarpusavio panašumas, atskirų daugiamačių duomenų požymių įtaką ir tarpusavio priklausomybes, naudojant lygiagrečiųjų ir paskirstytųjų skaičiavimo išteklius. Taip pat yra įgyvendinti pradinio duomenų apdorojimo bei pagrindinių statistinių charakteristikų skaičiavimo algoritmai.

IBM SPSS Modeler – tai itin lengvai naudojamas paketas, kurį galima perprasti vos per keletą valandų. Intuityvi vartotojo sąsaja leidžia atlikti įvairius duomenų valdymo ir analizės veiksmus iš karto per grafinę vartotojo sąsają, nenaudojant jokių programavimo kodų ar SQL užklausų. Todėl verslo analitikai gali sutelkti dėmesį ir pastangas į uždavinio sprendimą, o ne gaišti savo laiką bandydami programuoti [15].

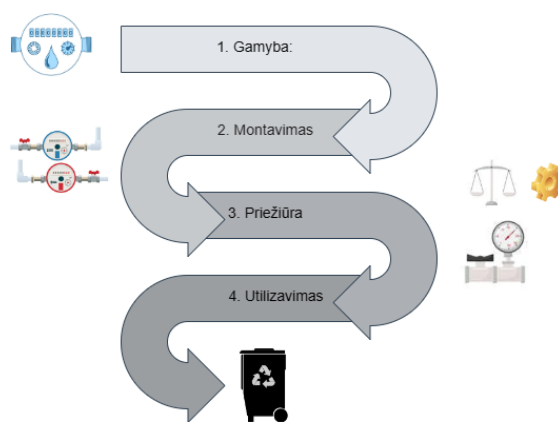
Pasirinkimas tarp šių išvardintų įrankių priklauso nuo mūsų poreikių, patirties su programavimu ir duomenų analize bei projekto masto.

4. VANDENS SKAITYKLIAI

4.1. Vandens skaitiklių gyvavimo ciklas

Vandens skaitiklių gyvavimo ciklas apima kelis etapus, pradedant nuo skaitiklių gamybos, priežiūros, nurašymu ir utilizavimu. Dažniausiai vandens skaitiklių gyvavimo ciklai susideda iš šių etapų:

- *Gamyba*: Vandens skaitikliai tai matavimo prietaisai, kurie gaminami specializuotose įmonėse. Skaitiklių gamybos procesas apima šiuos etapus: projektavimą, inžinerinius skaičiavimus, gamybą ir testavimą kad užtikrinti jų kokybę ir veikimo patikimumą.
- *Montavimas*: Po gamybos vandens skaitikliai yra tiekiami į rinką vartotojams arba tiekimo įmonėms. Jie yra montuojami į vandentiekio sistemas, prijungiant juos prie vamzdžių, kuriais teka vanduo [7].
- *Naudojimas*: Vandens skaitiklių paskirtis yra matuoti vandens suvartojimo kiekį: komerciniuose pastatuose, viešosiose įstaigose ir pramonėje. Jie fiksuoja vandens tekėjimo ir suvartojamo kiekį, kuris naudojamas apskaitai ir atsiskaitymui už vandens tiekimo paslaugas.
- *Priežiūra*: Vandens skaitikliai turi būti prižiūrimi, kad jų parodymai būtų tikslūs matuojant vandens suvartojimą. Priežiūros veiksmus apima metrologinis patikrinimas, valymas, techninis aptarnavimas.
- *Utilizavimas*: Skaitiklių tarnavimo laikotarpis priklauso nuo naudojimo paskirties. Gyvenamųjų namų butuose skaitikliai yra keičiami į naujus kai pasibaigia pirminė patikra. Pramonės įmonėse ir gyvenamųjų namų įvadiniai skaitikliai tęsia savo gyvavimo ciklą jei po metrologinės patikros atitinka reikalavimus. Skaitikliai, kurie baigia savo gyvavimo ciklą yra pridodami į tam skirtas įmones, kurios specializuojasi pavojingų atliekų utilizavime. Perdirbimas padeda išvengti aplinkos taršos ir išteklių neatsakingo vartojimo. Medžiagos, naudojamos vandens skaitikliams gaminti, turi būti atskirtos ir perdirbtos.



12 pav. Vandens skaitiklių gyvavimo ciklas. (Sudaryta autoriaus)

Vandens skaitikliai reikalingi norint užtikrinti efektyvų vandens valdymą ir išteklių tausojimą. Skaitiklių tinkamas priežiūros ir perdirbimo procesas gali padėti sumažinti atliekų kiekį ir prisideda prie darnaus vartojimo. Vienas iš keliamų šiandien klausimų, tai vandens skaitiklio tarnavimo laikas. Kada turėtumėte pakeisti savo namuose vandens skaitiklį į naują? Šis klausimas vandens tiekimo įmonių suprantamas skirtingai. Kai kurios įmonės, po pasibaigusio metrologinės patikros galiojimo laiko, keičia į naujus, o kitos įmonės atlikinėja pakartotinai patikrą. Remdamosi šių skaitiklių parodymais vandens tiekimo bendrovės išrašo sąskaitas vartotojams už vandens vartojimą ir nuotekas.

Darant prielaidą, kad dėl nusidėvėjimo buitiniai vandens skaitikliai tampa mažiau tikslūs, vandens tiekimo bendrovės praranda pajamas, nes vandens suvartojimas nėra pilnai apskaitomas. Tačiau keičiant senus vandens skaitiklius, kurie yra tikslūs, naujais yra neracionalus išteklių valdymas ir finansinė našta bendrovėms ir gyventojams. Atliktame tyrime apie vandens skaitiklių optimalaus eksploatavimo laiko nustatymą (*Determining the Economical Optimum Life of Residential Water Meters [29]*), autoriaus tikslas buvo rasti buitinių vandens skaitiklių optimalų keitimo laiką. Vandens skaitiklių gamintojai dažniausiai nurodo tik eksploatavimo trukmę, kitaip garantinį terminą. Instrukcijoje nėra pateikiama informacija kaip su laiku keičiasi vandens skaitiklio tikslumas.

Tyrimo metu buvo patikrinta po aštuonis skaitiklius kiekvienoje iš keturių naudojimo trukmės grupėse (15, 20, 25 ir 30 metų) trimis skirtingais srauto intensyvumo lygiais. Bendras imties dydis buvo 32 matavimai. Tyrimo rezultatai pateikti lentelėje, kur rodoma, kiek procentų vandens skaitiklis užfiksavo iš viso pratekančio vandens (13 pav.). Pavyzdžiui, 60 procentų rodmuo reiškia, kad skaitiklis neužfiksavo 40 procentų vandens, parodant tik 60 procentų tikslumą. Tai leidžia įvertinti neteisingo skaitymo veiksnio ryšį su skaitiklio naudojimo trukme.

Meters 30 Years Old				Meters 20 Years Old			
Sample	Slow Flow	Interm. Flow	Fast Flow	Sample	Slow Flow	Interm. Flow	Fast Flow
1.	26	88	96	1.	89	100	100
2.	45	91	100	2.	90	100	100
3.	55	92	98	3.	94	100	100
4.	25	92	97	4.	94	100	100
5.	33	90	96	5.	96	100	100
6.	65	89	94	6.	91	100	100
7.	67	90	96	7.	98	100	100
8.	34	90	97	8.	93	100	100
Mean Value	35.0	90.25	96.75	Mean Value	93.12	100	100

Meters 25 Years Old				Meters 15 Years Old			
Sample	Slow Flow	Interm. Flow	Fast Flow	Sample	Slow Flow	Interm. Flow	Fast Flow
1.	90	100	90	1.	90	100	100
2.	85	99	100	2.	97	100	100
3.	90	99	100	3.	98	100	100
4.	87	92	100	4.	94	100	100
5.	90	93	100	5.	97	100	100
6.	92	96	100	6.	97	100	100
7.	78	100	100	7.	97	100	100
8.	88	100	100	8.	94	100	100
Mean Value	87.5	97.34	98.75	Mean Value	95.5	100	100

13 pav. Vandens skaitiklių tyrimų rezultatai [29]

Atliktame tyrime aprašoma ekonominė analizė, kurios tikslas yra nustatyti optimalų laiką keisti geriamojo vandens skaitiklį siekiant minimizuoti metines išlaidas. Metodika pagrįsta abiejų sąnaudų (skaitiklio keitimas ir efektyvumo mažinimas) metiniu paskirstymu. Lentelėje (14 pav.) yra pateikiamos vidutinės metinės išlaidos 30 metų laikotarpiui, leidžiančios pasirinkti optimalų skaitiklio eksploatavimo laiką ir minimalias išlaidas.

Years	Meter Cost	Cost of Use	Accumulated Cost	Average Cost Per Year
1	\$39.00	\$0.00	\$39.00	\$39.00
2		\$0.00	\$39.00	\$19.50
3		\$0.00	\$39.00	\$19.300
4		\$0.00	\$39.00	\$9.75
5		\$0.00	\$39.00	\$7.80
6		\$0.00	\$39.00	\$6.50
7		\$0.00	\$39.00	\$5.57
8		\$0.00	\$39.00	\$4.88
9		\$0.00	\$39.00	\$4.33
10		\$0.10	\$39.10	\$3.91
11		\$0.30	\$39.40	\$3.58
12		\$0.70	\$40.10	\$3.34
13		\$1.20	\$41.30	\$3.18
14		\$1.80	\$43.10	\$3.08
15		\$2.56	\$45.60	\$3.04
16		\$2.90	\$48.50	\$3.03*
17		\$3.24	\$51.74	\$3.04
18		\$3.58	\$55.32	\$3.07
19		\$3.92	\$59.24	\$3.12
20		\$4.26	\$63.50	\$3.18
21		\$6.99	\$70.49	\$3.36
22		\$9.72	\$80.21	\$3.65
23		\$12.45	\$92.66	\$4.03
24		\$15.18	\$107.84	\$4.49
25		\$17.92	\$125.76	\$5.03
26		\$30.06	\$155.82	\$5.99
27		\$42.20	\$198.02	\$7.33
28		\$54.34	\$252.36	\$9.01
29		\$66.48	\$318.84	\$10.99
30		\$78.64	\$397.48	\$13.25

*Minimum

14 pav. Vidutinės metinės išlaidos .

Taip pat pabrėžiama, kad nors 16 metų senumo skaitiklio tikslumas yra gana geras (0,992), jo keitimas yra ekonomiškai pagrįstas dėl tolesnių nuostolių prevencijos ir vandens srauto matavimų. Vandens skaitiklių tarnavimo laikas nėra reglamentuotas, todėl vandens tiekimo įmonės pačios sprendžia - keisti skaitiklius į naujus ar atlikti pakartotinai metrologinę patikrą. Visi sprendimai priimami atsižvelgiant į įrengimo išlaidas ir bendrovės pajamas.

4.2. Skaitmeninių vandens skaitiklių pranašumas lyginant su analoginiais skaitikliais

Skaitmeniniai vandens skaitikliai - išmanieji įrenginiai, skirti tiksliai matuoti vandens srautą ir suvartojimą. Metrologinis atitikimas svarbus, kad būtų užtikrintas tikslus vandens suvartojimo matavimas ir duomenų patikimumas vartojamas ir tiekimo įmonei. Skaitmeninių bei analoginių vandens skaitiklių paskirtis yra nuolat matuoti vandens srautą ir suvartojimą, užtikrinti tikslų vandens suvartojimą. Lyginant dviejų skirtingo tipo skaitiklius, skiriasi jų veikimo principai ir funkcionalumas.

Lentelė 3. Analoginiai ir skaitmeniniai vandens skaitikliai

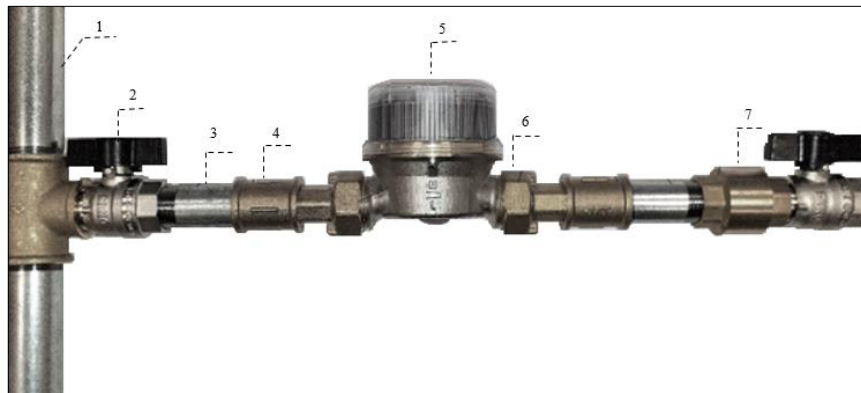
	Analoginiai vandens skaitikliai	Skaitmeniniai (išmanieji vandens skaitikliai)
<i>Veikimo principas:</i>	Analoginiai vandens skaitikliai naudoja mechaninį principą, kai vandens srauto matavimui per įrenginį, naudojami mechaniniai elementai, pvz., ratas arba diskas.	Skaitmeniniai skaitikliai yra elektroniniai įrenginiai, kurie naudoja elektroninius jutiklius ir mikroprocesorius vandens srauto matavimui ir duomenų registravimui.
<i>Duomenų nuskaitymas:</i>	Informacijos surinkimas (nuskaitymas) apie vandens suvartojimą atliekamas rankiniu būdu.	Duomenų nuskaitymas (perdavimas) atliekamas nuotoliniu būdu.
<i>Tikslumas:</i>	Tikslumas gali skirtis priklausomai nuo skaitiklio modelio (tipo), gamintojo specifikacijų ir montavimo.	Tikslumas gali skirtis priklausomai nuo skaitiklio modelio (tipo), gamintojo specifikacijų ir jutiklių kokybės.

Pagrindiniai skirtumai (Lentelė 3) tarp šių dviejų skaitiklių yra veikimo principas ir funkcionalumas. Analoginiai skaitikliai yra paprasti, mechaniniai įrenginiai, kurie yra mažiau tikslūs lyginant su skaitmeniniais skaitikliais registruojant vandens srautą. Analoginiai skaitikliai nesuteikia papildomos informacijos apie vandens debitus, gedimus, slėgį ir kt. Skaitmeniniai skaitikliai yra tikslesni ir efektyvūs, gali suteikti išsamesnę informaciją, turi nuotolinį valdymą ir kitus privalumus, kurie palengvina vandens suvartojimo valdymą ir priežiūrą. Šiandien skaitmeniniai vandens skaitikliai atitinka visiems šiuolaikiniams reikalavimams. Visur vyksta skaitmenizavimas ir informacinių technologijų

integravimas. Skaitmeniniai skaitikliai savo ruožtu gali surinkti daug duomenų, ir jie gali būti apdoroti laiku taikant įvairius duomenų tyrybos metodus, kurie padėtų optimizuoti išlaidų kaštus, resursų taupymą. Skaitmeninių vandens skaitiklių techniniai duomenys priklauso nuo gamintojo ir techninių charakteristikų.

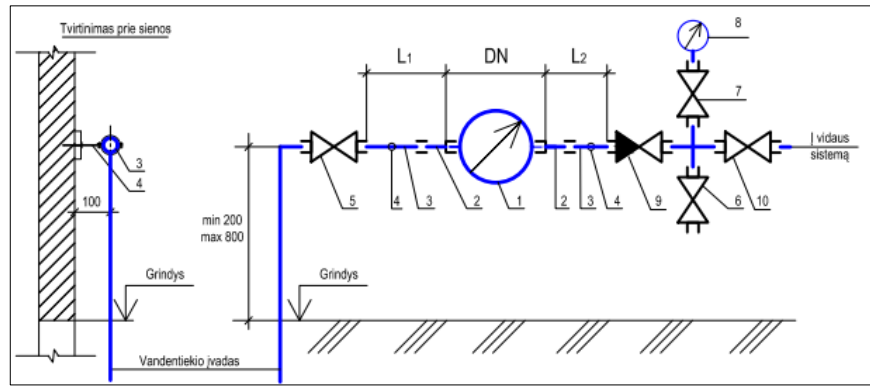
4.3. Analoginiai vandens skaitikliai daugiabučiuose namuose

Analoginiai (mechaniniai) vandens skaitikliai daugiabučiuose namuose yra tradiciniai vandens skaitikliai, kurie nejungiami prie jokių nuotolinio valdymo ar duomenų perdavimo sistemų. Skaitikliai neperduoda duomenų apie vandens suvartojimą elektroniniu būdu, neturi nuotolinio valdymo, nuskaitymo ir kontrolės apie vandens suvartojimą. Vandens skaitiklio įrengimas (15 pav.) turi įtakos matavimo tikslumui. Teisingas skaitiklio įrengimas yra svarbus veiksnys užtikrinant tikslią vandens suvartojimo registravimą.



15 pav. Vandens apskaitos mazgas daugiabučiuose namuose (1-vandetikio stovas, 2- ventilis, 3- plėninis cinkuotas vamzdis, 4- mova, 5-vandens skaitiklis, 6- skaitiklio prijungimo vamzdis, 7 – atbulinio srauto vožtuvas).

Skaitiklio montavimo vieta taip pat turi didelę įtaką, nes jis turi būti įrengtas tik ties vartotojo vandens tiekimo tašku. Skaitiklio pajungimas ir įrengimas turi būti atliktas pagal schemą, kad nebūtų nuotėkio ar spaudimo nuostolių, kurie gali paveikti matavimo tikslumą. Vadovaujantis LR statybos techniniu reglamentu STR2.07.01:2003 „Vandentiekis ir nuotekų šalintuvais. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai“ [19] ir skaitiklių gamintojų nurodymais parengiamos šalto vandens skaitiklio įrengimo schemos (16 pav.). Vandens skaitiklio įrengimas turi būtų atliktas pagal visus gamintojo nurodymus ir LR reikalavimus.



16 pav. Šalto vandens skaitiklio įrengimo schema.

1- Šalto vandens skaitiklis, 2-skaitiklio pajungimo antgalis, 3-tiesaus vamzdžio atkarpa, tokio pat vidinio diametro kaip pajungimo antgalio, 4-vamzdžio laikikliai, tvirtinami prie sienos, 5 sklendė(ventilis), 6- ventilis mėginių paėmimui, 7-ventilis, 8-manometras, 9-atbulinis vožtuvas. [18].

Neteisingas montavimas arba neteisinga priežiūra gali lemti netikslius matavimus kas lemia galutinio vartotojo sąskaitų netikslumus. Todėl rekomenduojama vadovautis gamintojo rekomendacijomis ir naudoti kvalifikuotus specialistus įrengimui ir priežiūrai.

4.4. Geriamojo vandens apskaitos prietaisų tikrinimas

Geriamojo vandens apskaitos prietaisų metrologinį tinkamumą naudoti nustato Valstybinė metrologijos inspekcija. Lietuvos Respublikos ekonomikos ir inovacijų ministro 2014 m. rugpjūčio 1 d. įsakymu Nr. 4-523 "Dėl teisinei metrologijai priskirtų matavimo priemonių grupių ir laiko intervalų tarp periodinių patikrų sąrašo patvirtinimo" patvirtinto sąrašo 6.6.2 punkte nurodyta, jog karšto ir šalto vandens skaitiklių butuose ir individualiuose namuose laiko intervalas tarp patikrų – ne rečiau kaip 6 metai [23]. Geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatyme įtvirtinta nuostata, jog geriamojo vandens apskaitos prietaisai priklauso geriamojo vandens tiekėjui, todėl už vandens skaitiklių atitikimą metrologiniam atitikimui atsakingas vandens tiekėjas [14]. Geriamojo vandens apskaitos prietaisų tikrinimas Lietuvoje yra svarbus procesas, siekiant užtikrinti vandens suvartojimo tikslumą ir teisingumą. Vandens apskaitos prietaisų tikrinimas yra svarbus užtikrinant sąžiningą vandens suvartojimo apskaitą ir užkertant kelią galimiems nusižengimams. Lietuvoje šis procesas yra reguliuojamas teisės aktais. Matavimo prietaisų (skaitiklių) patikra atliekama akredituotose laboratorijose.

4.5. Vandens kokybės įtaka vandens skaitikliams

Vandens kokybė gali turėti įvairios įtakos vandens skaitikliams, jų ilgaamžiškumui, ypač jei kalbame apie mechaninius (analoginius) vandens skaitiklius. Mechaninės priemaišos, rūdys ir kiti nešvarumai labai sutrumpina skaitiklio darbą. Rekomenduojama prieš įrengiant skaitiklį įrengti papildomą filtrą. Filtro valymo periodiškumas priklauso nuo vandens užterštumo [26]. Mes išskiriame pagrindinius įtakos aspektus, kurie gali turėti įtakos vandens skaitikliams:

Korozija: Jei vanduo yra agresyvus arba turtingas cheminėmis medžiagomis, tai gali sukelti koroziją vandens skaitiklio vidinius komponentuose. Ilgainiui tai gali paveikti skaitiklio tikslumą [27].

Nuosėdos ir užsikimšimas: Jei vanduo turi daug nuosėdų ar kitokių dalelių, jos gali užkimšti skaitiklio mechanizmą. Vandens skaitiklių užsikimšimas gali turėti įtakos vandens skaitiklių veikimui ir tikslumui.

Chemikalai: Vandens kokybę gali paveikti įvairūs chemikalai, kurie yra vandenyje. Kai kurie chemikalai gali sukelti cheminį poveikį skaitiklio medžiagoms, pakeisdami jų savybes.

Biologinė įtaka: Jei vanduo yra praturtintas bakterijomis arba kitomis mikroorganizmais, tai gali turėti neigiamą įtaką skaitiklio veikimui. Bakterijos gali prisidėti prie nuosėdų susidarymo arba sukelti kitokį neigiamą poveikį.

Temperatūros svyravimai: Vanduo sukelia temperatūros svyravimą, kuris gali paveikti medžiagų išplėtimą ir sutraukimą. Ilgainiui tai gali sukelti deformacijas arba nuolatinius veikimo pokyčius skaitiklyje.

Vandens skaitiklių valdymas reikalauja integruoto požiūrio, kuris apima gamybos kokybę, technologinę pažangą, reguliarią priežiūrą ir atitinkamą vandens kokybės kontrolę. Tai yra svarbu siekiant užtikrinti tikslią vandens suvartojimo apskaitą, efektyvų išteklių valdymą ir galutinių vartotojų pasitikėjimą vandens tiekimo sistema.

5. DUOMENŲ TYRYBOS ANALIZĖS METODŲ TAIKYMAS

Duomenų tyryba yra galingas įrankis, kurį mes naudosime analizuojant vandens suvartojimą. Ši analizė leidžia giliau suprasti tiriamus duomenis ir identifikuoti slypinčias tendencijas, bei prognozuoti ateities įvykius.

5.1. Duomenų tyrybos taikymas vandens suvartojimo analizėje

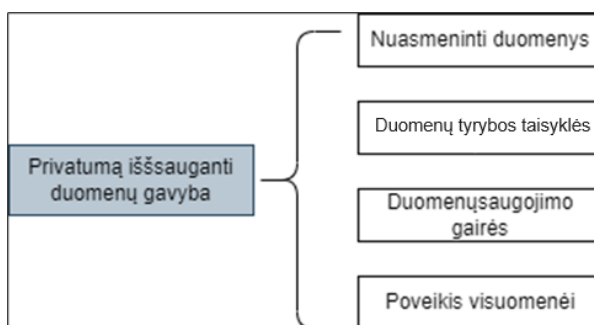
Duomenų tyryba vandens suvartojimo analizėje gali būti labai naudinga įvairiais aspektais. Štai keletas sričių kurias mes išskyrime, kur duomenų gavyba galėtų atnešti naudos:

- Vartotojų vandens suvartojimo modeliavimas, kur galima sukurti modelius, atpažįstančius ir prognozuojančius vandens suvartojimo tendencijas. Tai gali būti naudinga tiek vandens tiekimo įmonėms, tiek vartotojams, leidžiant optimizuoti vandens paskirstymą ir naudojimą.
- Atliekant sąnaudų efektyvumo vertinimą atlikus duomenų analizę, galima įvertinti resursų efektyvumą ir nustatyti galimus taupymo būdus. Tai yra labai svarbu tiek išteklių, tiek finansiniu požiūriu.
- Vandens nuostolių mažinimas norint identifikuoti sritis, kuriose dažnai atsiranda vandens nuostoliai ar nutekėjimai, ir numatyti būdus, kaip šiuos nuostolius sumažinti arba laiku pastebėti.
- Sezoniškumo įvertinimas vandens suvartojime, turi įtakos efektyviam resursų planavimui ir vandens tiekimo sistemų pritaikymui skirtingu metų laiku.
- Energetinis efektyvumas, kur analizė gali prisidėti prie energijos efektyvumo didinimo, nustatant optimalius būdus vandens šildymui ir šaldymui.

Duomenų tyryba suteikia daug galimybių išgauti naudingos informacijos iš didelių duomenų rinkinių, suteikiant aiškesnį vaizdą apie vandens suvartojimo procesus, o tai leidžia efektyviau planuoti, taupyti išteklius ir tobulinti infrastruktūrą. Duomenų tyryba yra labai galingas įrankis, kuris leidžia išryškinti slypinčius ryšius ir modelius duomenyse, kurie nebūtų akivaizdūs ar lengvai pastebimi. Tai suteikia galimybę identifikuoti veiksnius ar sąlygas, kurios gali turėti įtakos vandens suvartojimui.

5.2. Duomenų privatumas

Privatumą išsauganti duomenų tyryba (17 pav.) tai duomenų analizės ir gavybos metodas, kuris užtikrina asmeninės informacijos apsaugą ir privatumą. Šis metodas svarbus ir naudingas visuomeninių ir privačių organizacijų, kurios nori analizuoti duomenis, tačiau nori, kad jie būtų nuasmeninti. Duomenų gavybos tikslas, kad duomenų analizės rezultatai būtų naudingi, tačiau tuo pačiu metu neturėtų atskleisti asmeninės informacijos apie asmenį.



17 pav. Privatumą išsauganti duomenų tyryba

- Duomenų nuasmeninimas, tai procesas, kurio metu duomenys keičiami arba pašalinami, kad būtų apsaugotas asmenų privatumas. Tai daroma siekiant užtikrinti, kad duomenys nebūtų susieti su konkrečiais individais.
- Duomenų tyrybos taisyklės apibūdina arba išskiria taisykles, sąryšius arba modelius duomenų rinkinyje. Tai leidžia identifikuoti svarbius dėsningumus, gauti įžvalgų ar prognozuoti iš didelio duomenų kiekio.
- Duomenų saugojimo gairės tai nustatytos taisyklės ir praktikos, kurių organizacijos ir asmenys turi laikytis, norėdami užtikrinti duomenų saugumą. Šios gairės padeda apsaugoti duomenys nuo neteisėtos prieigos, naudojimo arba nutekėjimo, apimant duomenų apsaugos politiką, duomenų klasifikaciją, prieigos kontrolę, duomenų šifravimą, atsarginę kopiją, apsaugą nuo kenkėjiškų programų, teisės aktų laikymąsi. Šios gairės yra būtinos norint užtikrinti duomenų saugumą, ir jos gali skirtis priklausomai nuo organizacijos dydžio, pramonės šakos ir taikomų teisės aktų. Duomenų saugumas yra svarbus aspektas, ypač atsižvelgiant į nuolatines interneto grėsmes ir didėjančią duomenų naudojimą versle ir kasdieniame gyvenime.

- Duomenų tyryba ir analizė turi didelį poveikį visuomenei ir aplinkai daugelyje sričių (medicina, ekonomika, pramonė, saugumas ir kt.). Poveikis gali būti tiek teigiamas, tiek neigiamas, todėl svarbu tinkamai planuoti ir reguliuoti šią veiklą, kad būtų išvengta neigiamų padarinių. Tai apima tinkamą duomenų apsaugą, privatumo užtikrinimą ir teisinių apribojimų laikymąsi.

Svarbu paminėti, kad privatumą išsauganti duomenų tyryba nėra absoliutus sprendimas ir priklauso nuo konkrečios situacijos ir tikslų. Tai reiškia, kad reikia atidžiai įvertinti, kokios priemonės geriausiai tinka konkrečiam duomenų rinkiniui ir analizės tikslams, siekiant užtikrinti, kad asmeninė informacija būtų apsaugota [20].

5.3. Naudojamu duomenų charakteristikos

Vandens vartojimo kiekis: Tai pagrindiniai duomenys kurie rodo kiek vandens buvo vartota per tam tikrą laikotarpį (mėnesius ar metus).

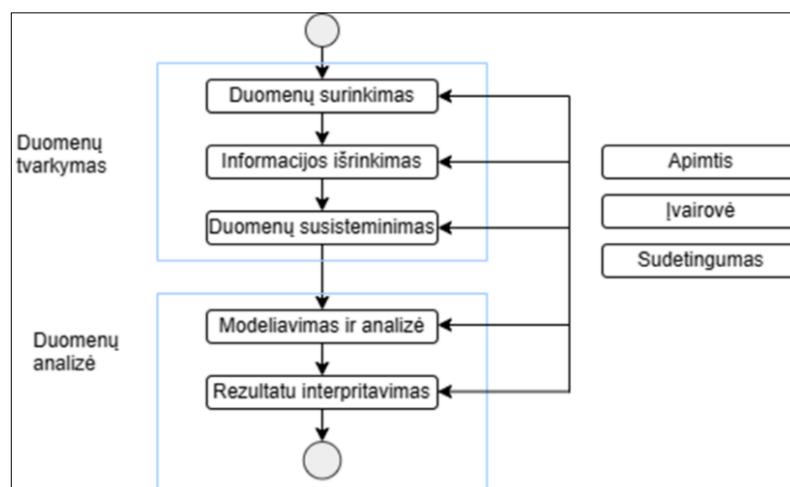
Laiko žymės: Kiekvienam užregistruotam vandens vartojimo kiekiui ir kitoms metrikoms dažnai pridedamos laiko žymės, kad būtų galima atsekti, kada šie duomenys buvo surinkti.

Naudojimo tipas: Duomenyse gali būti nurodomi vartojimo tipai, pvz., ar tai buvo komercinis, gyventojų ar pramoninis vartojimas. Tai gali padėti atskirti skirtingus naudotojus ir nustatyti specifinius vartojimo modelius.

Duomenų šaltinis: Naudojami duomenys yra gauti iš bendrovės, kuri teikia vandens tiekimo paslaugą gyventojams. Duomenų informacija surinkta iš gyventojų, kurie kiekvieną mėnesį registruoja sunaudotą vandens kiekį.

5.4. Realių duomenų paruošimas tyrimui

Realių duomenų surinkimas ir paruošimas tyrimui turi daug iššūkių, su kuriais susiduria dauguma atliekančių tyrimą. Duomenų surinkimas apie vandens suvartojimą taip pat turėjo savo specifinių iššūkių, dėl duomenų pobūdžio ir jų surinkimo metodo. Visi turimi duomenys, kurie yra naudojami tyrime yra fiksuojami analoginiais (mechaniniais) vandens skaitikliais, ir deklaruojami butų savininkų vandens tiekėjo internetiniame puslapyje. Pagrindiniai duomenų surinkimo etapai pavaizduoti schemoje (18 pav.), toliau detaliau apžvelgime tik duomenų tvarkymo eigą.



18 pav. Duomenų surinkimo ir apdorojimo schema. (Sudaryta autoriaus)

Duomenų surinkimas: pirmas sunkumas su kuriuo teko susidurti pirmame etape, tai iš kur gausime duomenis, kokie tai bus duomenys. Duomenys gauti, tačiau jie nebuvo visiškai tikslūs ir nepakankamai išsamūs.

Informacijos išrinkimas: Duomenų kokybės įvertinimas apėmė duomenų klaidų tikrinimą ir koregavimą. Rasta klaidų, susijusių su parodymų registravimu daugiau nei vieną kartą per mėnesį, ir duomenys buvo pateikti su neatitikimais. Visų reikalingų duomenų gauti nepavyko, kad visapusiškai įvertinti duomenų kokybę. Duomenų tikslumas neįtakojo tyrimo rezultatų, o atvirkščiai padėjo išvelgti papildomas vietas, kur būtų galima ateityje pagerinti duomenų gavimo kokybę.

Duomenų sisteminimas: Duomenų apdorojimas apėmė duomenų valymą (šiukšlių pašalinimą, trūkstančių reikšmių užpildymą), duomenų transformavimą (duomenų formato keitimas) ir duomenų agregavimą. Turėjome išrinkti tik mus dominančią informaciją. Vienas iš svarbiausių aspektų, kurį reikia paminėti, tai duomenų nuasmeninimas, kuris apima asmeninius duomenis. Visi naudojami duomenys buvo nuasmeninti.

5.5. Duomenų sezoniškumas

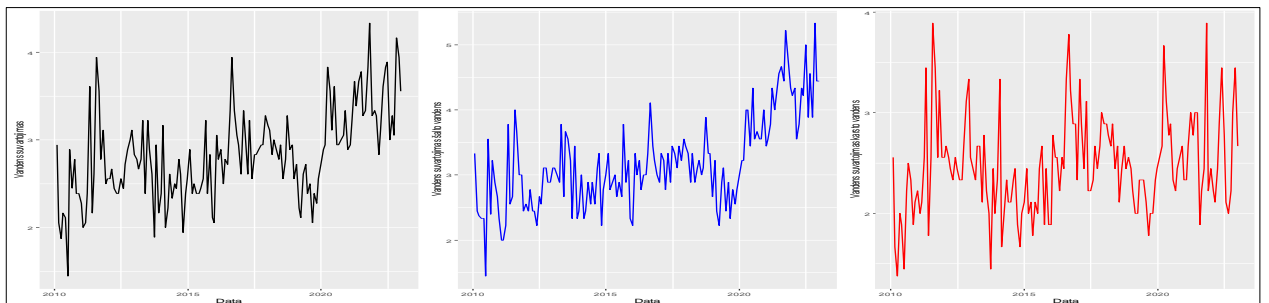
Duomenų sezoniškumo analizę atliksime su R programa ir Tableau, kur naudosime statistinius metodus ir grafikus, kurie mums leis nustatyti kaip vandens naudojimas priklauso nuo sezoniškumo.

Lentelė 4. Duomenų charakteristika

Duomenų surinkimas:	Turime duomenis apie vandens suvartojimą 9 skirtingų butų (A, B, C, D, E, F, H, I, J). Šie duomenys apimta tiek šalto, tiek karšto vandens suvartojimą, surinkti tam tikru laikotarpiu (kiekvieno mėnesio rodmenys).
Duomenų paruošimas:	Tai apima duomenų valymą, pakeitimą į tinkamą formatą kad galėtume naudoti tolimesniam darbui R programos aplinkoje.
Duomenų vizualizacija:	Grafikai, kur bus pavaizduoti šalto ir karšto vandens suvartojimo tendencijas per laiką. Tai padės mums identifikuoti bet kokias akivaizdžias sezoniškumo tendencijas.

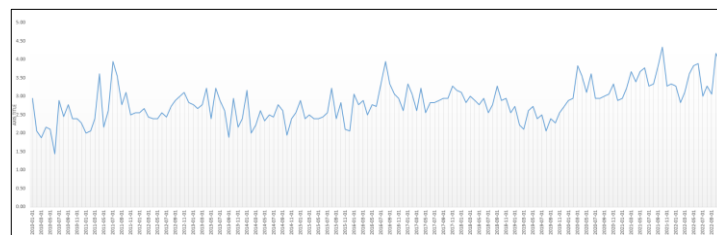
Grafinė analizė:

Šiame tyrime naudosime karšto ir šalto vandens duomenų vidurkius, siekdami išanalizuoti vandens suvartojimą 9 butuose. Be to, išskirsime šalto ir karšto vandens suvartojimo vidurkius, siekdami gilesnio supratimo apie šiuos duomenis. Lengviausias būdas ištirti laiko eilutės struktūros dėsningumą yra nubraižyti grafikus (19 pav.). Svarbu pabrėžti, kad analizuojame butų vidurkius, o ne atskirus butus su skirtingomis reikšmėmis.



19 pav. Vandens suvartojimas (2010 - 2022 m.)

Pavaizduotuose laiko eilučių grafikuose su realiais duomenimis pastebime, kad mūsų duomenys atitinka horizontalaus laiko eilučių modelį. Šiame modelyje duomenų reikšmės svyruoja apie vieną pastovią reikšmę, kuri dažniausiai būna apibrėžiama kaip duomenų vidurkis.



20 pav. Vandens suvartojimo horizontalus laiko eilutės modelis (2010 - 2022 m.)

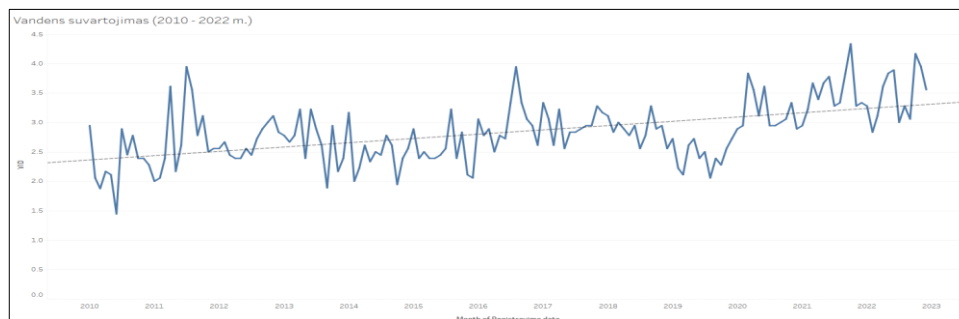
Mūsų atveju tai yra vandens suvartojimo vidurkis (20 pav.). Šis modelis yra tinkamas naudoti tokioje produkto gyvavimo ciklo stadijoje, kai vartojimas (paklausa) yra nusistovėjęs ir nėra didelių svyravimų, kurie galėtų įtakoti mūsų laiko eilutes. Sezoniškumo tendencijų mūsų laiko eilutėse nematome, nes modelyje nėra duomenų kitimo tendencijos, kuri reguliariai kartotųsi vienodais laiko intervalais.

5.6. Trendo ir sezoniškumo nustatymas naudojant vizualizaciją su Tableau programa.

Norint ištirti vandens vartojimą laiko eigoje, naudosime laiko eilučių analizę. Ši analizė gali padėti atsakyti į klausimus apie vandens suvartojimo modelį, įskaitant bendrą tendenciją, sezoninius svyravimus ir kitas savybes. Kadangi mes padarėme prielaidą, kad mūsų duomenys atitinka horizontalaus laiko eilučių modelį, tačiau turime įsitikinti, kad nėra sezoniškumo, toliau su Tableau programa ištirsime vandens suvartojimą, nagrinėsime turimus duomenis.

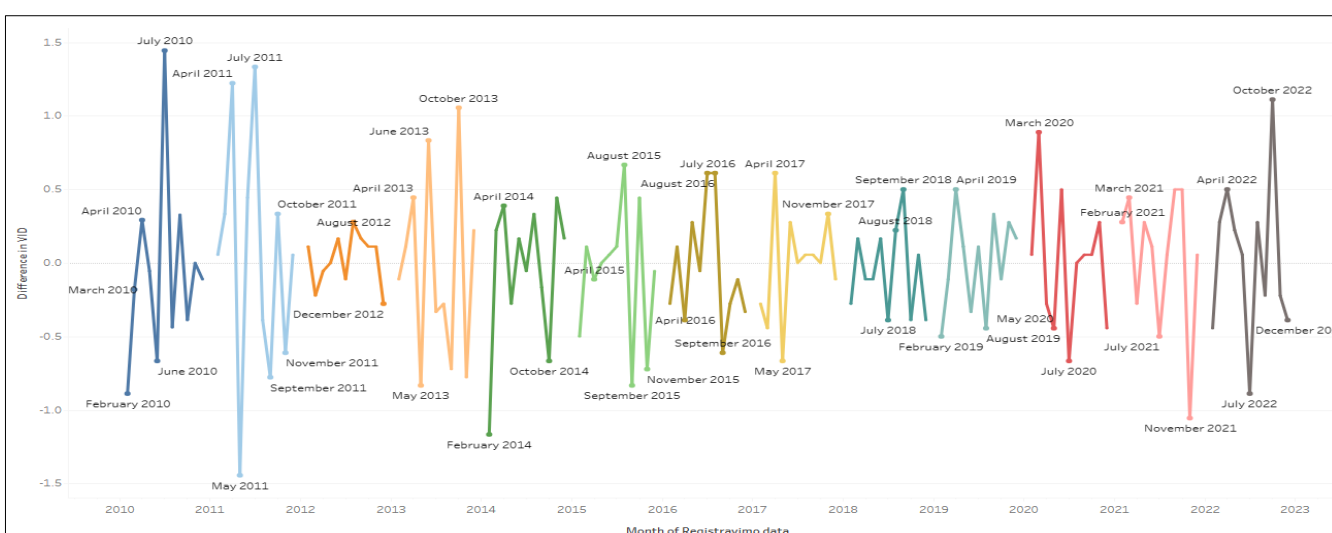
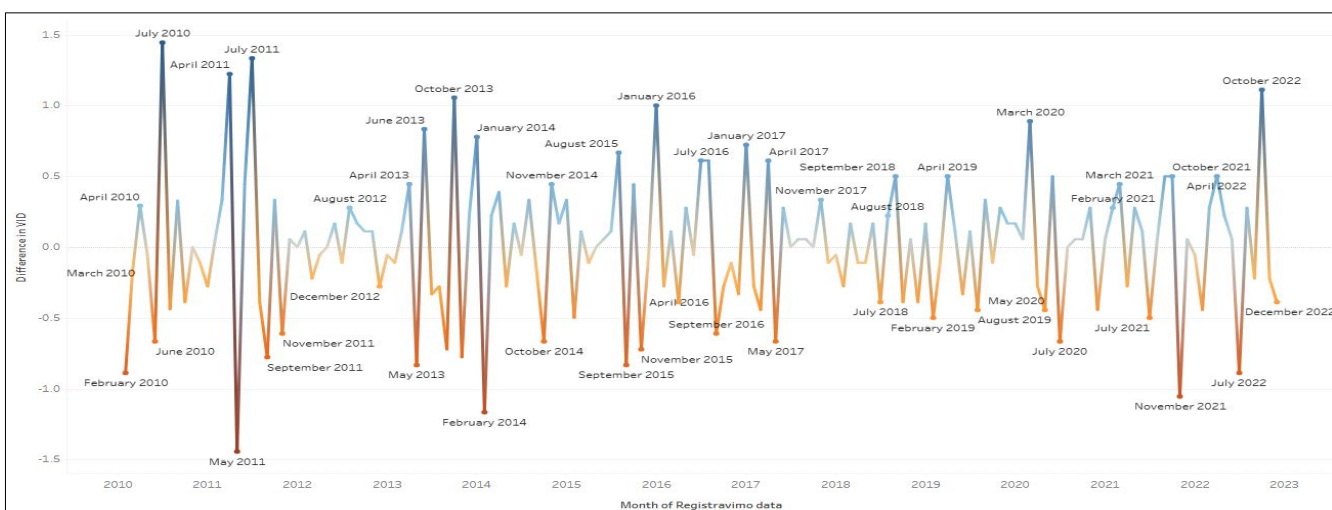
Bendras vandens vartojimo trendas:

Bendras vandens vartojimo trendas laiko eigoje rodo, kad (2010 - 2023) m. vandens vartojimas nežymiai didėja. Šis trendas mums parodo bendrą kryptį, kuria juda vandens vartojimo duomenys.



21 pav. Bendras vandens vartojimo trendas

Iš grafiko matome (22 pav.), kad bendras trendas yra teigiamas, tai reiškia, kad vandens vartojimas turi nedidelę tendenciją (literatūroje dažnai vadinama trendu) didėti per mūsų nagrinėjimo laikotarpį. Tai gali būti dėl įvairių veiksnių, tokių kaip gyventojų skaičiaus augimas ar kitokie veiksniai, kurie gali padidinti vandens vartojimą. Siekiant palengvinti sezoninių svyravimų nustatymą, toliau mes pašalinsime tendenciją ir vizualizuosime (22 pav.) tik vandens kiekio skirtumus tarp laikotarpių (mūsų atveju - tarp mėnesių).

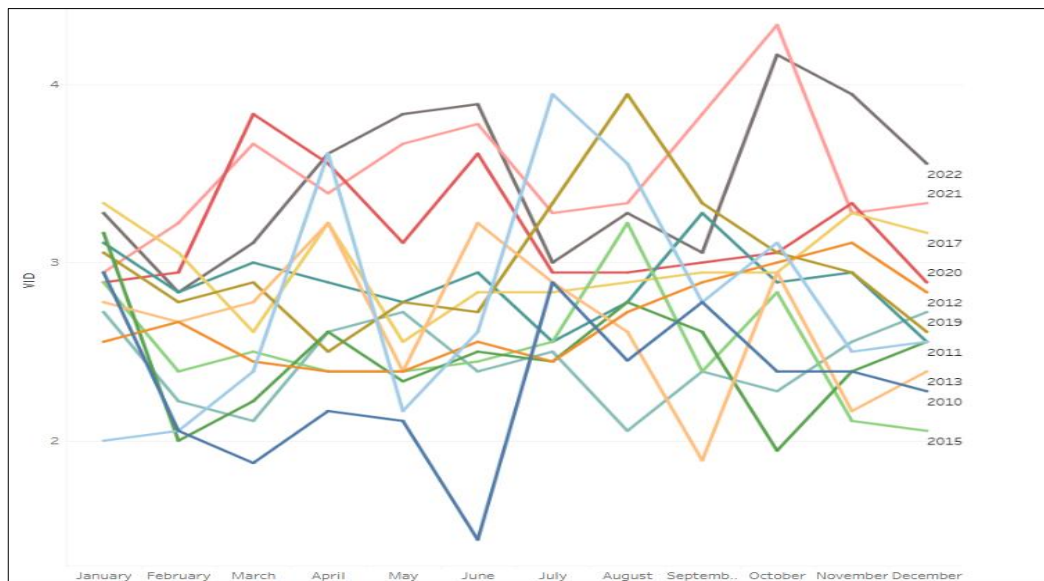


22 pav. Vandens suvartojimo skirtumai per mėnesį

Vandens suvartojimo tendencijos:

Jei mėnesio skirtumas yra teigiamas (didesnis nei nulis), tai mums rodo, kad vandens suvartojimas tą mėnesį padidėjo palyginti su ankstesniu mėnesiu. Tai gali būti susiję su sezoniškais veiksniais arba su kitais veiksniais kaip žmonių skaičiaus padidėjimas (sumažėjimas). Iš mūsų grafiko, galime daryti prielaidą kad liepos mėnesį 2010 – 2011 metais skirtumas buvo didžiausias, tai galėjo įtakoti oro temperatūra. Jei mėnesio skirtumas yra neigiamas (mažesnis nei nulis), tai mums gali rodyti, kad vandens suvartojimas sumažėjo. Iš grafiko galime pastebėti, kad žiemos ir vasaros laikotarpiais yra vandens vartojimo sumažėjimas. Tai gali įtakoti taupymo įpročiai, kada yra šildymo sezonas ar atostogų metas vasaros laiku, bei kiti veiksniai. Iš sudaryto grafiko mes galime nustatyti, kad mėnesinio vandens suvartojimo skirtume nėra sezoniškumo arba akivaizdaus pasikartojimo vandens vartojime, o tai reiškia,

kad vandens suvartojimas yra nesisteminis ir gali būti atsitiktinis arba priklausyti nuo įvairių kintamųjų, kurie neatsiranda su tam tikru reguliarium dažniu.

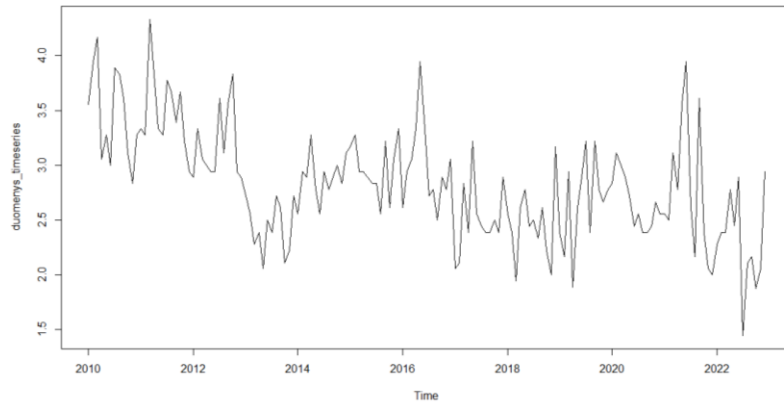


23 pav. Vandens suvartojimo skirtumas pagal atskirus mėnesius ir metus

Vandens suvartojimo skirtumo stebėjimas pagal atskirus mėnesius ir metus gali atskleisti keletą svarbių informacijos aspektų, nors nėra ryškaus sezoniškumo. Staigus vandens suvartojimo skirtumas gali rodyti netikėtus pokyčius vandens naudojimo metu. Priežastys gali būti kaip techninės problemos (gedimai vandens tiekimo sistemoje) arba netikslus vandens parodymų registravimas. Metiniai skirtumai gali parodyti ilgalaikius pokyčius vandens suvartojime. Tai gali atsirasti dėl demografinių, ekonominių pokyčių arba dėl vandens taupymo prižasčių. Nors nėra ryškaus sezoniškumo, tačiau gali būti sezoninių veiksnių, kurie daro įtaką vandens suvartojimui. Šie sezoniniai veiksniai gali būti susiję su klimato sąlygomis arba tam tikromis sezoninėmis veiklomis, kurios gali šiek tiek keisti vandens suvartojimą tam tikrais mėnesiais ar metais. Iš pateikto grafiko matome, kad vandens suvartojimas yra chaotiškas ir netolygus (23 pav.).

5.7. Laiko eilučių dekompozicija

Laikinės sekos – laikine seka vadiname atsitiktinių stebėjimų, atliekamų reguliariais laiko momentais, seką. Nesezoninių duomenų skaidymas yra svarbus žingsnis, siekiant suprasti laiko eilutės struktūrą ir atskirti tendencijos komponentą nuo netaisyklingo komponento. Tai yra vienas iš svarbių etapų, kuris gali padėti geriau suprasti duomenis ir padaryti prognozes.

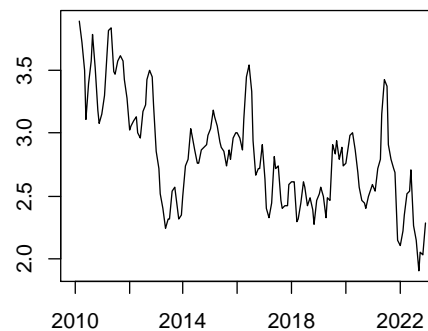


24 pav. Laikinės sekos grafikas (vidutinis vandens suvartojimas)

Iš laiko grafiko matome, kad šią laiko eilutę galima aprašyti, naudojant horizontalųjį modelį. Šis modelis yra tinkamas būdas modeliuoti šią laiko seriją dėl pastovių atsitiktinių duomenų svyravimų. Horizontalusis modelis yra vienas iš laiko serijų prognozavimo ir analizės būdų, kuriuo siekiama išskirti laiko serijos komponentes ir modeliuoti jas atskirai, o tada jas susumuoti, norint prognozuoti ateities reikšmes. Šis metodas yra naudojamas norint išnagrinėti laiko serijos komponentes, tokiu būdu atskleidžiant tendencijas, sezoniškumą ir atsitiktinius svyravimus. Šis duomenų nagrinėjimo žingsnis leidžia geriau suprasti duomenų struktūrą ir sukurti modelius bei prognozes analizuojant nesezoninius duomenis, kuriuose išryškėja ilgalaikės tendencijos ir nereguliarus svyravimai.

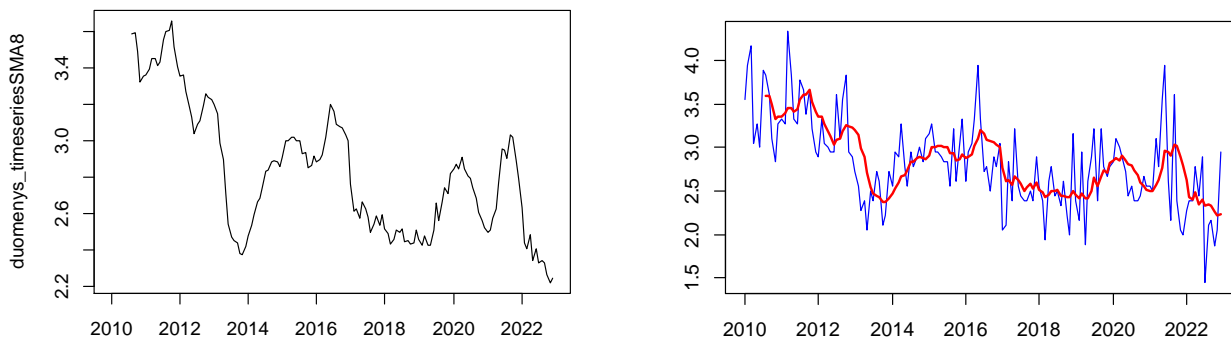
5.8. Paprastojo slankiojo vidurkio metodas

Paprastojo slankiojo vidurkio metodą (angl. *Simple Moving Average, SMA*) naudosime vandens suvartojimo analizėje siekiant išgryninti ilgalaikes tendencijas ir išlyginti trumpalaikius svyravimus.



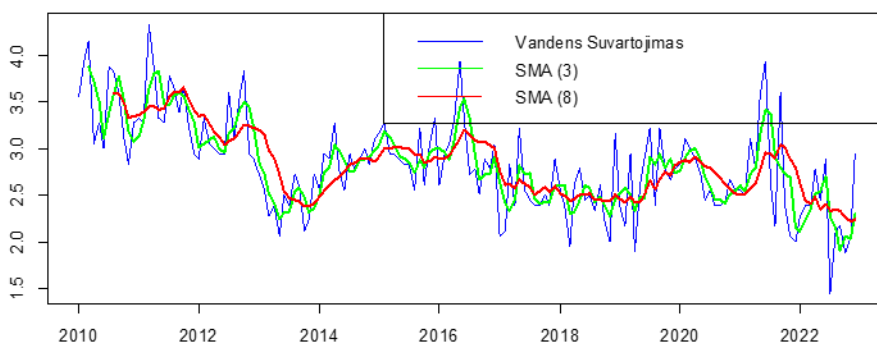
25 pav. Slankiojo vidurkio metodas, kai $n=3$.

Šis metodas naudojamas norint sumažinti triukšmą, išskirti duomenyse ilgalaikius tendencijų ir modelių pokyčius. Šios laiko eilutės tendencijų komponentą įvertiname naudojant paprastą slankiojo vidurkio metodą. Norint išlyginti laiko eilutę, naudojame paprastą 3 eilės slankųjį vidurkį. Tačiau išlygintoje laiko eilutėje, kai $n = 3$, vis dar matome, kad yra atsitiktinių svyravimų (26 pav.).



26 pav. Slankiojo vidurkio metodas, kai $n=8$.

Norėdami tiksliau įvertinti tendencijos komponentą, naudojame 8 eilės slankųjį vidurkį. Duomenys buvo išlyginti slenkamojo vidurkio metodu, taikant 8 eiles, kuris suteikė aiškesnę tendencijos komponento vaizdą. Pastebime, kad naudojant 8 eilių slankiojo vidurkio (*SMA*) metodą, grafike gautos linijos yra lygesnės ir mažiau svyruojančios nei naudojant 3 eilių metodą. Tai rodo, kad naudojant 8 eilių slankiojo vidurkio metodą buvo pasiektas geresnis triukšmo išlyginimas ir tendencijos aiškumas, leidžiantis geriau matyti ilgalaikes vandens suvartojimo tendencijas.



27 pav. *SMA* modelių palyginimas

Grafiškas *SMA* modelių palyginimas mums parodo, kaip skirtingi *SMA* ($n=3$ ir $n=8$) įtakoja pradinės vandens suvartojimo laiko eilutės tendenciją ir triukšmo lygį. Iš grafiko matyti, kad naudojant $n=8$, vandens suvartojimo tendencija buvo aiškesnė ir mažiau paveikta trumpalaikių svyravimų, palyginti su $n=3$ atveju. Taigi, palyginimas parodo, kad $n=8$ geriau susitvarko su triukšmu, leidžia aiškiau išryškinti ilgalaikes vandens suvartojimo tendencijas. Todėl pasirinkome $n=8$ kaip optimalų slankųjį vidurkį

analizei. Išnagrinėjus grafiką, matome kad vandens sunaudojimas yra pakankamai stabilus be didelių svyravimų tam tikrais metais. Kadangi nėra didelių svyravimų, tai rodo, kad žmonės naudoja vandenį gana nuosekliai be ryškių kitimų. Tai gali būti susiję su pastoviu gyventojų skaičiumi, klimato sąlygomis ar kitais veiksniais, kurie nesukelia staigių vandens naudojimo pokyčių.

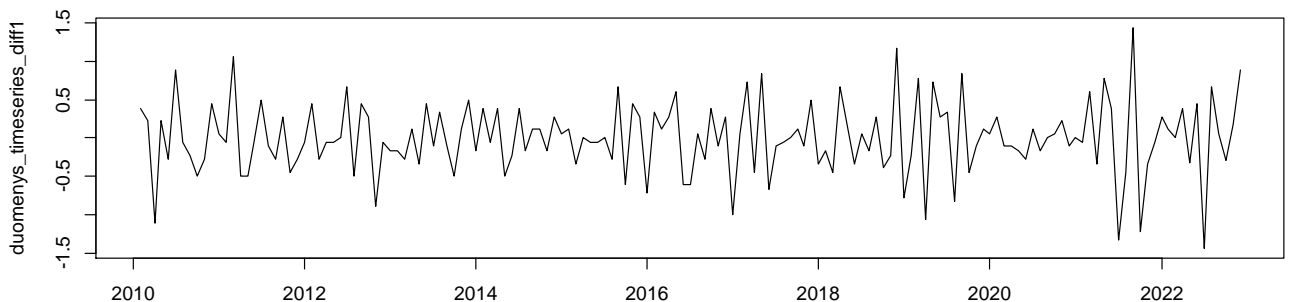
5.9. ARIMA modelis

Laiko eilutės, kurios yra stacionarios, gali būti apibūdintos taikant autoregresinį slankiųjų vidurkių modelį *ARIMA* (*AutoRegressive Integrated Moving Average*). Prieš pradėdant taikyti modelį, turime nustatyti eilutės stacionarumo egzistavimą arba jo nebuvimą. Nustatant, ar laiko eilutė yra nestacionari, galime naudodami vizualinę analizę arba statistinius testus. Mes pasirinkome *Augmented Dickey-Fuller* (*ADF*) testą. Jei $p\text{-value} > 0,05$ atlikus testą, galime daryti išvadą kad mūsų laiko eilutė yra nestacionari $p\text{-value} = 0,07564$.

```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: duomenys_timeseries
Dickey-Fuller = -3.2888, Lag order = 5, p-value = 0.07564
alternative hypothesis: stationary
```

28 pav. *Augmented Dickey-Fuller* (*ADF*) testo rezultatai.

Norint pritaikyti *ARIMA* modelį mes turime atlikti transformaciją, siekiant paversti nestacionarią laiko eilutę į stacionarią ir parengti ją tolimesniam modeliavimui. Norint paversti nestacionarią laiko eilutę į stacionarią, turime apskaičiuoti pirmųjų skirtumų laiko eilutę, taip pat vadinamą pirmuoju skirtumu. Tai daroma, kad būtų pašalintos tendencijos arba kiti nestacionarumo komponentai.



29 pav. Laiko eilutės grafikas su pirmųjų skirtumų $diff=1$

Naudojome $differences = 1$, tai reiškia, kad atlikome pirmąjį skirtumą (pirmąjį diferencijavimą) tarp šios laiko serijos ir jos prieš tai buvusios reikšmės. Dauguma atveju, pirmojo skirtumo (diferencijavimo) pakanka paversti nestacionarią laiko seriją į stacionarią.

```

Augmented Dickey-Fuller Test

data: duomenys_timeseries_diff1
Dickey-Fuller = -7.9054, Lag order = 5, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

```

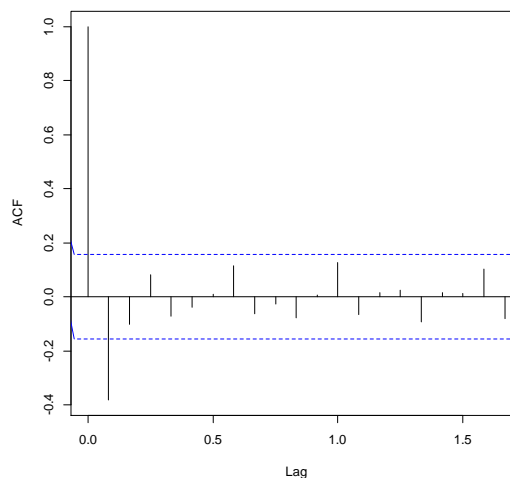
30 pav. Augmented Dickey-Fuller (ADF) testo rezultatai.

Norint įsitikinti, ar nagrinėjama laiko eilutė yra stacionari ar ne, naudosime statistinį *Dickey-Fuller* testą. Nulinė hipotezė laikoma H_0 , kad laiko eilutė yra nestacionari, o alternatyvioji hipotezė H_1 teigia, kad laiko eilutė yra stacionari. Atlikus *Dickey-Fuller* testą, jei $p < 0,05$, mes atmetame nulinę hipotezę ir priimame alternatyvią hipotezę, kad laiko eilutė yra stacionari. Priešingu atveju, jei p reikšmė būtų didesnė nei $0,05$, mes neturėtume pakankamai įrodymų atmesti nulinę hipotezę ir galime teigti, kad laiko eilutė yra nestacionari. Mūsų atveju laiko eilutė yra stacionari $p = 0,01 \Rightarrow p < 0,05$ (31 pav.). Kitas žingsnis yra pasirinkti tinkamą *ARIMA* modelį, įskaitant modelio parametrų (p, d, q) nustatymą. Toliau atliksime stacionarios laiko eilutės korelogramos ir dalinės korelogramos analizę, kad galėtume atitinkamai parinkti tinkamus modelio parametrus. Korelogramos analizė tai grafikai, kurie vaizduoja autokoreliacijos (*ACF*) ir dalinės autokoreliacijos (*PACF*) funkcijas.

```

> acf(duomenys_timeseries_diff1, lag.max=20, plot=FALSE)
Autocorrelations of series 'duomenys_timeseries_diff1', by lag
0.0000 0.0833 0.1667 0.2500 0.3333 0.4167 0.5000 0.5833 0.6667 0.7500 0.8333 0.9167 1.0000 1.0833 1.1667 1.2500 1.3333 1.4167 1.5000 1.5833 1.6667
1.000 -0.382 -0.102 0.082 -0.073 -0.038 0.008 0.114 -0.064 -0.026 -0.077 0.006 0.126 -0.066 0.014 0.026 -0.093 0.016 0.013 0.102 -0.080

```

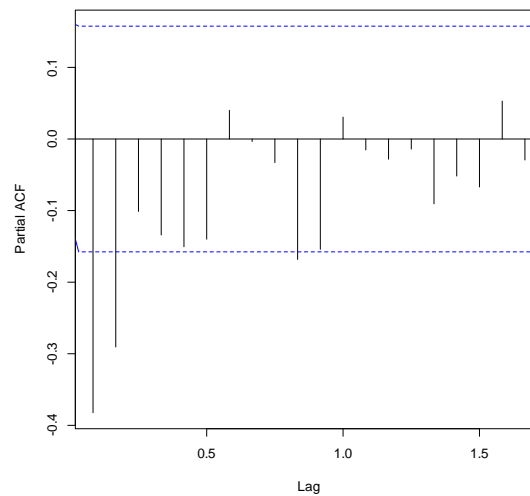


31 pav. Laiko serijos auto-koreliacijos funkcijos (ACF) grafikas

Iš korelogramos matome (31 pav.), kad autokoreliacija 1 atsilikimo metu (-0,382) viršija reikšmingumo ribas, tačiau visos kitos autokoreliacijos tarp 1-20 atsilikimų neviršija reikšmingumo ribų. Toliau

atliksime dalinę korelogramos (*Partial Autocorrelation Function, PACF*) analizę, kuri suteikia mums informacijos apie autokoreliaciją tarp laiko serijos reikšmių ir jos ankstesnių reikšmių, pašalinant tarpinius (pirmos eilės) kintamuosius.

```
> pacf(duomenys_timeseries_diff1, lag.max=20, plot=FALSE)
Partial autocorrelations of series 'duomenys_timeseries_diff1', by lag
0.0833 0.1667 0.2500 0.3333 0.4167 0.5000 0.5833 0.6667 0.7500 0.8333 0.9167 1.0000 1.0833 1.1667 1.2500 1.3333 1.4167 1.5000 1.5833 1.6667
-0.382 -0.291 -0.102 -0.134 -0.150 -0.140 0.039 -0.004 -0.034 -0.169 -0.154 0.031 -0.016 -0.029 -0.015 -0.090 -0.052 -0.068 0.052 -0.030
```



32 pav. Laiko serijos auto-koreliacijos funkcijos (PACF) grafikas

Jei dalinės autokoreliacijos 1 ir 2 atsilikimo metu yra reikšmingos ir neigiamos, tai gali rodyti, kad yra ryškios autokoreliacijos pirmame ir antrame atsilikime. Toliau naudosime funkciją *auto.arima* automatiniam *ARIMA* modelio parametrų pasirinkimui (33 pav.)

```
> auto.arima(duomenys_timeseries)
Series: duomenys_timeseries
ARIMA(0,1,1) (1,0,1) [12]

Coefficients:
          mal          sar1          smal
        -0.6821         0.6711        -0.5477
s.e.      0.0793         0.3525         0.3886

sigma^2 = 0.162: log likelihood = -77.92
AIC=163.84  AICc=164.1  BIC=176.01
```

33 pav. Geriausio *ARIMA* modelio parinkimas

Mūsų laiko eilutėje nėra pastebimo sezoninio elgesio arba sezoniškumas yra labai silpnas, tai mes pasirenkame taikyti *ARIMA* modelį be sezoninių komponentų *ARIMA* (0,1,1). Sudarytas modelis yra adekvatus, kadangi liekanos yra baltojo triukšmo procesas. Modelio liekanų grafinė analizė rodo, kad liekanos atitinka keliamus reikalavimus, t. y. liekanų reikšmės išsidėsčiusios apie nulinę tiesę, *ACF*

grafike stulpeliai nekerta kritinės reikšmės ribų, *Box – Ljung* statistikos reikšmės $p > 0,05$, $p\text{-value} = 0.2058$.

```
> checkresiduals(duomenys_timeseries_forecasts)

      Ljung-Box test

data: Residuals from ARIMA(0,1,1)
Q* = 28.269, df = 23, p-value = 0.2058

Model df: 1. Total lags used: 24

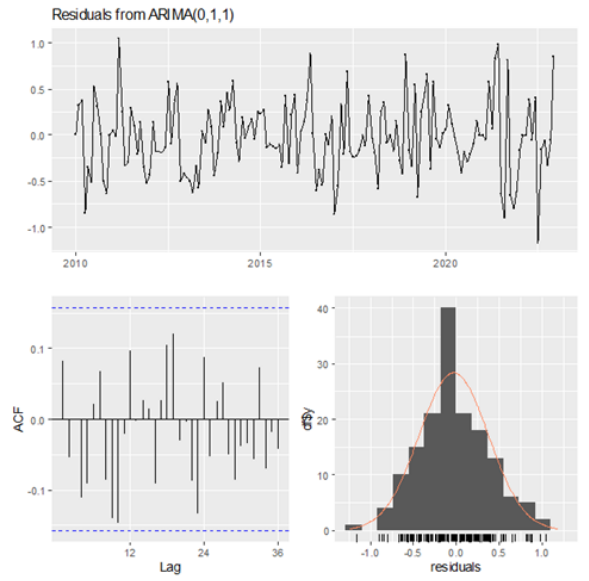
> summary(arima)

Call:
arima(x = duomenys_timeseries, order = c(0, 1, 1))

Coefficients:
      ma1
-0.7106
s.e.      0.0741

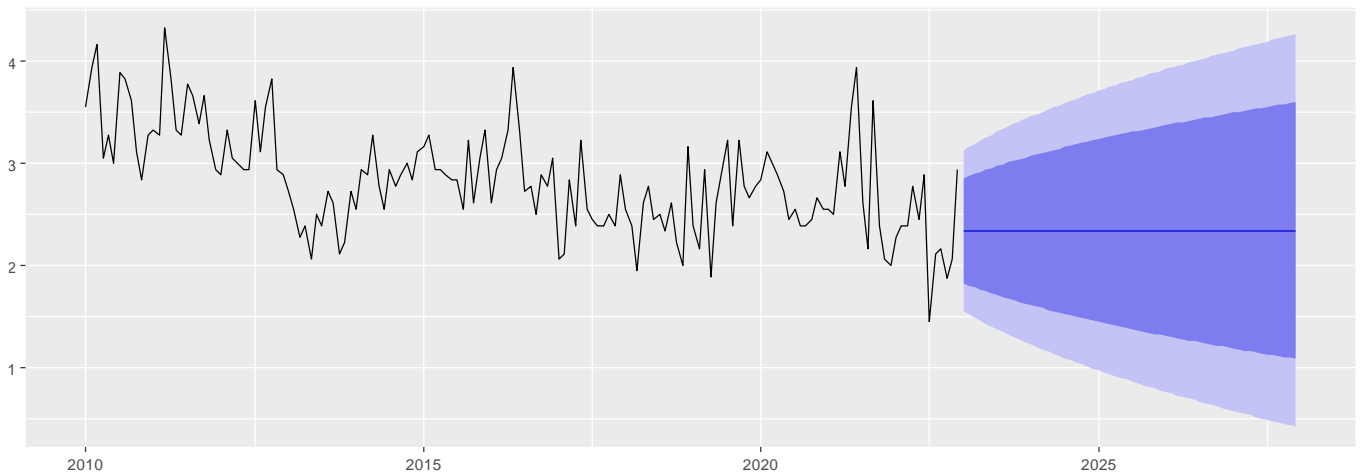
sigma^2 estimated as 0.1625: log likelihood = -79.45, aic = 162.91

Training set error measures:
      ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE      ACF1
Training set -0.02911596 0.4017912 0.3133803 -2.83901 11.51648 0.8820046 0.08310018
```



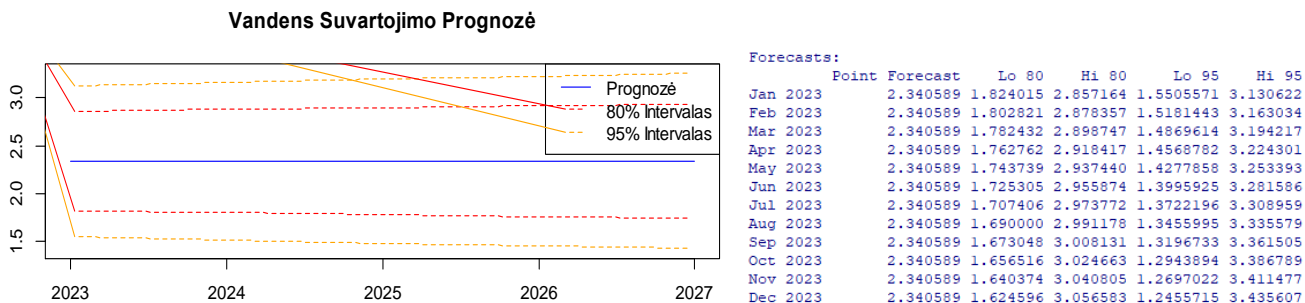
34 pav. Modelio *ARIMA (0,1,1)* liekanų grafinė analizė

Toliau naudosime *ARIMA (0,1,1)* modelį ir *forecast.arima()* funkciją būsimoms vandens suvartojimo reikšmėms prognozuoti. Pradiniai duomenys apima 2010 – 2022 metus, o mūsų prognozė bus skirta numatyti vandens suvartojimą nuo 2023 iki 2027 metams, t. y. dar 5 metams (60 mėnesių).



35 pav. Prognozė sudaryta naudojant *ARIMA(0,1,1)* modelį

Pagal pateiktas prognozes, numatoma, kad vandens suvartojimas išliks santykinai stabilus su minimaliais svyravimais ateinančius 60 mėnesių. Prognozuojamas vandens suvartojimo vidurkis išlieka apie 2.34 m³. Prognozių intervalui (Lo 80, Hi 80, Lo 95, Hi 95), kurie rodo, kuris intervalas apima prognozuojamus vandens suvartojimo rezultatus su 80% ir 95% pasitikėjimo intervalais.

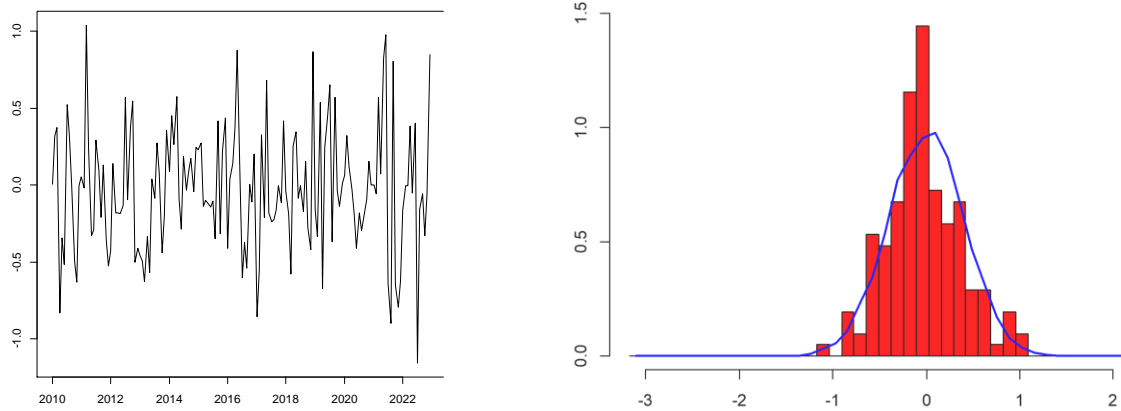


36 pav. Vandens suvartojimo prognozė

Šie intervalai padeda įvertinti prognozės tikslumą ir numatyti galimas neapibrėžtis. Pavyzdžiui, jei žiūrime į sausį 2023 m., vidutinė prognozuojama vandens suvartojimo vertė yra 2.34 m³, kur:

- 80% pasitikėjimo intervalas rodo diapazoną, kuriame yra 80% tikimybė, kad tikroji vandens suvartojimo vertė bus. Šiuo atveju, intervalas yra nuo 1.824015 iki 2.857164 m³, taigi, pagal 80% pasitikėjimo intervalą, prognozuojama, kad tikroji vertė bus šiame diapazone su 80% tikimybe.
- 95% pasitikėjimo intervalas yra plačiau ir rodo diapazoną, kuriame yra 95% tikimybė, kad tikroji vandens suvartojimo vertė bus. Šiuo atveju, intervalas yra nuo 1.5505571 iki 3.130622 m³. Tai reiškia, kad pagal 95% pasitikėjimo intervalą prognozuojama, kad tikroji vertė bus šiame diapazone su 95% tikimybe.

Norėdami nustatyti, ar prognozės paklaidos normaliai pasiskirsto su vidutiniu nuliu ir pastovia dispersija, galime sukurti laiko eilutės grafiką ir histogramą (su uždėta normaliąja kreive) prognozės klaidoms. Prognozės klaidų laiko grafikas leidžia stebėti, kaip kinta prognozės klaidos per laiką. Jei klaidos išlaiko nuolatinę struktūrą ir neatsiranda aiškios tendencijos, tai gali būti geras ženklas modelio tinkamumui. Histograma su normaliąja kreive palygina faktinius duomenis su prognozių klaidų pasiskirstymu.



37 pav. Prognozės klaidų laiko grafikas ir histograma

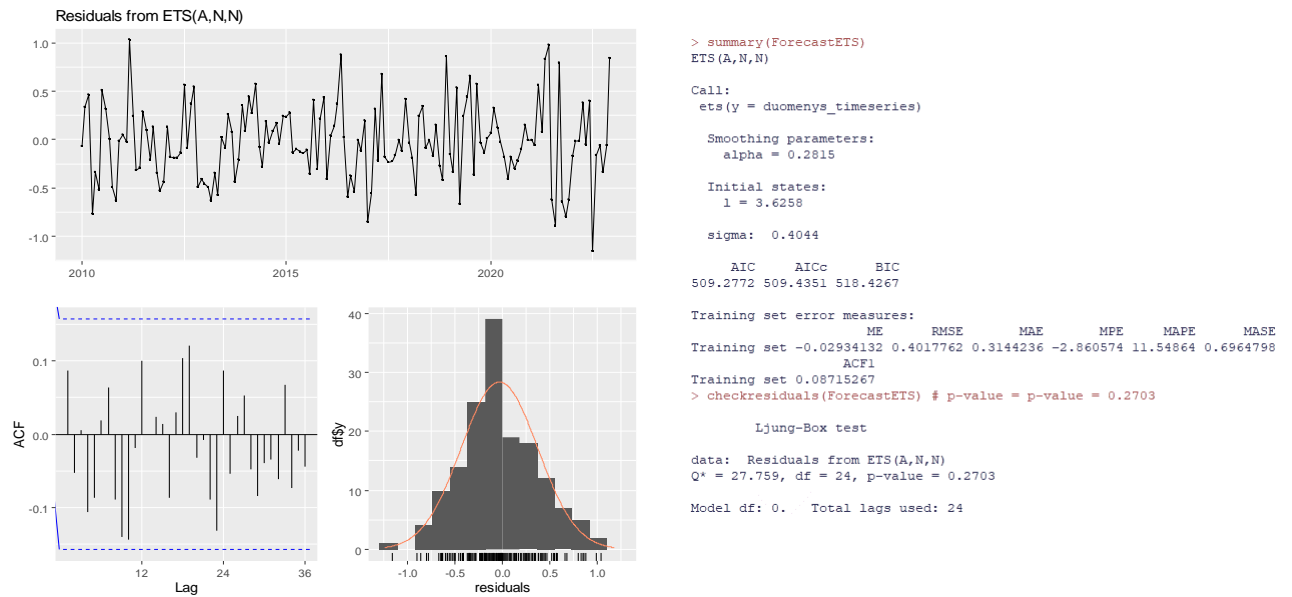
Jei prognozių paklaidos atitinka normaliąją pasiskirstymo formą, tai rodo, kad modelis gerai tvarko paklaidas. Laiko eilutės viduje esančių prognozės klaidų grafikas rodo, kad prognozės paklaidų dispersija atrodo maždaug pastovi laikui bėgant (nors galbūt antroje laiko eilutės pusėje yra šiek tiek didesnė dispersija). Laiko eilutės histograma rodo, kad prognozės paklaidos yra maždaug normaliai pasiskirsčiusios, o vidurkis atrodo artimas nuliui. Taigi, tikėtina, kad prognozės klaidos paprastai pasiskirsto su vidutiniu nuliu ir pastovia dispersija. Kadangi atrodo, jog viena po kitose einančios prognozės klaidos nėra koreliuojamos, o prognozės paklaidos pasiskirsto normaliai su vidutiniu nuliu ir pastovia dispersija, galima manyti, kad $ARIMA(0,1,1)$ yra tinkama modelio prognozei vandens suvartojimo analizei.

5.10. Eksponentinio išlyginimo metodas

Eksponentinio išlyginimo metodas (angl. *Exponential Smoothing*) yra laiko serijų prognozavimo metodas, kuris naudojamas nuspėti ateities reikšmes remiantis praeities duomenimis. Šis metodas tinka trumpalaikėms prognozėms ir yra efektyvus, kai laiko eilutė neturi ryškios tendencijos arba sezoniškumo.

Liekanų analizė ir ACF grafikas:

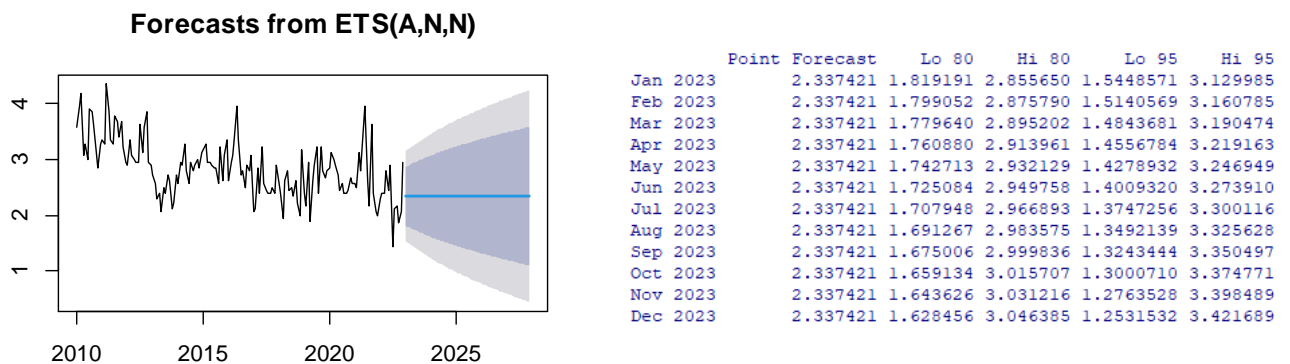
Modelio liekanų analizė parodė, kad liekanos yra pasiskirstę aplink nulį, o *ACF* grafikas rodo, kad tarp liekanų nėra statistiškai reikšmingos koreliacijos. Tai leidžia manyti, kad modelio prognozės yra nekoreliuotos ir atitinka stacionarumo reikalavimus (39 pav.).



38 pav. Ekspontinio išlyginimo metodo liekanų grafinė analizė

Modelio liekanų grafinė analizė rodo, kad liekanos atitinka keliamus reikalavimus, t. y. liekanų reikšmės išsidėsčiusios apie nulinę tiesę, ACF grafike stulpeliai nekerta kritinės reikšmės ribų, *Box – Ljung* statistikos reikšmės $p > 0,05$, $p\text{-value} = 0.2703$. Liekanų pasiskirstymas atrodo normalus. Baltojo triukšmo buvimas liekanose yra geros prognozės ženklas (tarp likučių nėra jokios koreliacijos). Atsižvelgiant į visus vertinimo kriterijus, galima manyti, kad eksponentinio išlyginimo metodas yra tinkamas modelio prognozei vandens suvartojimo analizei. Modelio liekanos atitinka keliamus reikalavimus, yra nepriklausomos ir pasiskirsto normaliai, o tai rodo, kad jis efektyviai paaikšina duomenis.

Toliau naudosime eksponentinio išlyginimo (ETS) metodą būsimoms vandens suvartojimo reikšmėms prognozuoti.



39 pav. Prognozė sudaryta naudojant eksponentinio išlyginimo metodą

Vidutinė prognozuojama vandens suvartojimo vertė išlieka 2.337421 m³ per visą prognozuojamą laikotarpį. Pasitikėjimo intervalai yra palyginti siauri, nes jų ribos nesikeičia per mėnesius. Tai gali rodyti gana tikslų ir stabilų modelio prognozavimą:

- 80% pasitikėjimo intervalai yra siauresni nei 95% pasitikėjimo intervalai, kas rodo didesnę pasitikėjimą prognoze.
- 80% pasitikėjimo intervalas rodo diapazoną, kuriame yra 80% tikimybė, kad tikroji vandens suvartojimo vertė bus. Šiuo atveju, intervalas yra nuo 1.819191 iki ir 2.855650 m³, taigi, pagal 80% pasitikėjimo intervalą, prognozuojama, kad tikroji vertė bus šiame diapazone su 80% tikimybe.
- 95% pasitikėjimo intervalas yra plačiau ir rodo diapazoną, kuriame yra 95% tikimybė, kad tikroji vandens suvartojimo vertė bus. Šiuo atveju, intervalas yra nuo 1.5448571 iki 3.129985 m³. Tai reiškia, kad pagal 95% pasitikėjimo intervalą prognozuojama, kad tikroji vertė bus šiame diapazone su 95% tikimybe.

Pasitikėjimo intervalų ribos nesikeičia per mėnesius, tai rodo stabilų modelio prognozavimą.

5.11. Prognozavimo modelių palyginimas

Modelių prognozavimo palyginimas yra svarbus žingsnis, siekiant nustatyti, kuris modelis geriausiai atitinka turimus duomenis ir suteikia tikslias prognozes. Vertinant *ETS* ir *ARIMA* modelius pagal paklaidų matavimo rodiklius, pastebime, kad šie modeliai pasižymi panašiu tikslumu. *RMSE* (*Root Mean Squared Error*), *MAE* (*Mean Absolute Error*) ir *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) rodo minimalius skirtumus tarp *ETS* ir *ARIMA* modelių.

- *RMSE* (*Root Mean Squared Error*), matuojantis kvadratinę nuokrypį nuo faktinių reikšmių, yra apie 0.4017 abiem modeliams.
- *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*), įvertinantis vidutinę prognozės paklaidą, taip pat rodo mažą skirtumą - 0.3144 (*ETS*) palyginti su 0.3134 (*ARIMA*).
- *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*), kuris vertina procentinę prognozės paklaidų vidurkį, yra 11.5486 (*ETS*) ir 11.5165 (*ARIMA*).

Visi šie matavimai rodo, kad *ETS* ir *ARIMA* modeliai yra panašaus tikslumo, ir galutinis pasirinkimas gali priklausyti nuo kitų vertinimo kriterijų arba praktinių modelio taikymo svarbos.

Lentelė 5. Modelių prognozavimo klaidų vertinimas

	ETS	ARIMA
<i>RMSE (Root Mean Squared Error)</i>	0.4017762	0.4017912
<i>MAE (Mean Absolute Error)</i>	0.3144236	0.3133803
<i>MAPE (Mean Absolute Percentage Error)</i>	11.54864	11.51648

Iš šių rezultatų galima daryti prielaidą, kad ETS ir ARIMA modeliai turi panašų tikslumą, nes skirtumai tarp jų yra minimalūs. Kitais atvejais galbūt būtų naudinga atsižvelgti į kitus modelių vertinimo kriterijus

Bendros išvados:

ARIMA ir eksponentinio išlyginimo metodai pasižymi tinkamu prognozavimo tikslumu ir geru liekanų elgesiu. Pasirinkus vieną iš jų, galima efektyviai prognozuoti vandens suvartojimą.

Rekomendacijos:

Tolimesniems tyrimams galima įtraukti papildomus faktorius, tokius kaip orų sąlygos ar ekonominiai veiksniai, siekiant tiksliau prognozuoti vandens suvartojimą. Modelių tikslumui gerinti galima eksperimentuoti su kitais parametrais arba sudėtingesniais modeliais. Būtina nuolat atnaujinti modelius ir stebėti jų efektyvumą su naujaisiais duomenimis.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Informacinių technologijų ir skaitmeninės transformacijos integracija į metrologijos sritį išties suteikia išskirtinę galimybę efektyviau valdyti vandens resursus. Ši integracija ne tik apima daugelį gyvenimo sričių, su kuriais susiduriame kasdien, bet ir tampa neatsiejama priemone vertinant vandens nuostolius bei suvartojimą. Informacinės technologijos šiuo atveju yra raktas, leidžiantis lengviau fiksuoti, stebėti, kaupti ir tyrinėti gautus duomenis. Metrologijos mokslas, kuris atsako už matavimų tikslumą, yra esminis žingsnis siekiant užtikrinti, kad gaunami duomenys būtų patikimi. Duomenų tyryba ir informacijos apdorojimas tampa neatsiejama priemone, leidžiančia išgryninti naudingą informaciją. Tai padeda suvokti vykstančius procesus ir suteikia svarbią informaciją vandens nuostolių valdymui bei tvaraus vandens išteklių naudojimo skatinimui. Analizuojant vandens suvartojimo tendencijas, pastebima, kad bendras vandens vartojimas didėja, todėl yra svarbu atsižvelgti į sezoniškumo faktorius. Slankiojo vidurkio metodai ir laiko eilučių dekompozicija tampa nepakeičiamais įrankiais identifikuoti ilgalaikes tendencijas ir sezoniškumą vartotojų vandens suvartojime. Taikant *ARIMA* ir eksponentinio lyginamojo modelio metodus, galima ne tik identifikuoti tendencijas, bet ir prognozuoti ateities vandens suvartojimą, suteikiant aiškesnį planavimą. Be to, duomenų gavybos metodai atlieka svarbų vaidmenį išskiriant vartotojų elgsenos modelius ir neįprastus duomenų modelius, kurie gali rodyti potencialius vandens nuostolius. Visi šie aspektai įrodo, kad informacinės technologijos kartu su duomenų analizės metodais tampa esminėmis priemonėmis siekiant efektyviau valdyti vandens tiekimą ir skatinti tvarų vandens resursų naudojimą.

Išvados:

1. Informacinės technologijos prisideda prie efektyvaus vandens suvartojimo valdymo, leidžia nuolat stebėti ir optimizuoti naudojamus išteklius bei sumažinti neefektyvumą ir nuostolius. Tai svarbu siekiant tvaraus vandens išteklių valdymo ir mažinant aplinkos įtaką.
2. Metrologija siekia užtikrinti tikslus, patikimus ir vienodus matavimus. Pagrindiniai jos uždaviniai apima matavimų standartizavimą, metrologinį teisingumą bei rezultatų atsekamumą, taip pat užtikrinti teisinį ir ekonominį saugumą.
3. Iš visų tyrimo rezultatų išplaukia, kad duomenų tyryba gali būti neįkainojamas įrankis vandens suvartojimo analizėje. Modeliai, paremti gautais duomenimis, gali padėti ne tik suprasti esamas tendencijas bet ir prognozuoti ateities įvykius. Nepaisant to, reikia atkreipti dėmesį į duomenų privatumą ir tinkamai taikyti priemones duomenų saugumui užtikrinti.
4. Atlikus modelių analizę bei prognozes buvo nustatyta, kad:

- naudojant 8 eilių slankiojo vidurkio metodą (SMA) buvo pasiektas geresnis triukšmo išlyginimas ir tendencijos aiškumas, leidžiantis geriau matyti ilgalaikes vandens suvartojimo tendencijas. Buvo nustatyta, kad žmonės naudoja vandenį gana nuosekliai be ryškių pakitimų.
- ARIMA(0,1,1) modelis, su mažu RMSE (0.4017912) ir MAE (0.3133803), yra tinkamas vandens suvartojimo analizei, nes mažos prognozės klaidos rodo, kad modelis gerai prisitaiko prie turimų duomenų ir tiksliai prognozuoja vandens suvartojimą.
- Eksponentinio išlyginimo metodas, parodydamas mažą RMSE (0.4017762) ir MAE (0.3144236), pasižymi mažomis prognozės klaidomis, tai rodo, kad šis metodas yra tinkamas vandens suvartojimo analizei, nes modelis gerai prisitaiko prie turimų duomenų ir tiksliai prognozuoja vandens suvartojimą.

Pasiūlymai ir rekomendacijos:

1. Remiantis atlikta analize, siūloma perėjimui prie skaitmeninių vandens skaitiklių, kurie leistų efektyviau valdyti vandens tiekimą. Norint efektyviai naudoti gautus duomenis apie vandens suvartojimą, būtina turėti galingą ir patikimą duomenų saugojimo bei analizės infrastruktūrą. Investicijos į šią sritį leistų efektyviau tvarkyti didelius duomenų kiekius ir lengviau išgryninti svarbią informaciją.
2. Parengti išsamų duomenų gavybos planą, kuris apimtų tiek metodologiją, tiek ir naudojamus įrankius. Tai padės aiškiai nustatyti, kokie duomenų gavybos metodai bus taikomi ir kaip bus analizuojami gauti rezultatai. Įdiegti naujausias duomenų analizės technologijas, leidžiančias efektyviau tvarkyti didelius duomenų kiekius.
3. Remiantis duomenų gavybos rezultatais, kurti tvarias vandens valdymo strategijas, kurios padės efektyviau mažinti vandens nuostolius ir skatinti tausojantį vandens naudojimą.
4. Reguliariai vykdyti nepriklausomas audito procedūras, siekiant įvertinti duomenų gavybos proceso efektyvumą, tikslumą ir teisingumą. Tai padės nuolat tobulinti analizės metodus ir rezultatų interpretaciją.

LITERATŪRA

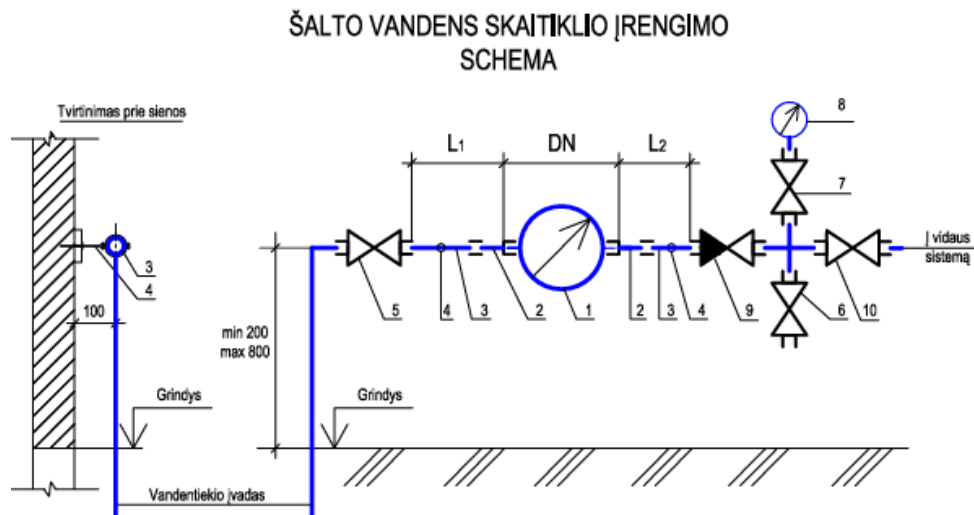
1. Lina Norkevičiūtė. Didžiųjų duomenų klasterizavimas ir klasifikavimas. Bakalauro baigiamasis darbas. Vilnius, 2020.
2. European Commission. Shaping Europe's Digital Future. 2020. [žiūrėta 2023 09 10] Prieiga internete: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-shaping-europes-digital-future-feb2020_en_4.pdf
3. Lietuvos Respublikos metrologijos įstatymas. Prieiga internete: [žiūrėta 2023 09 10] Prieiga internete: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.29970/asr>
4. Vilius Šulga. Vandens tvarka. Lietuvos vandens tiekėjų asociacijos informacijos leidinys Nr. 21. Tariamasis vandens netiekties valdymas. 2005. [žiūrėta 2023 11 10] Prieiga internete: <https://www.lvta.lt/images/Leidiny/Leidinys-Nr21.pdf>
5. ISO 4064-1:1993, Measurement of water flow in closed conduits – Meters for cold potable water – Part 1: Specification. P. 9.
6. LR Geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatymas, Valstybės žinios, Nr. 82-3260, 2006.
7. LST EN 14154-3 + A1:2007, Vandens skaitikliai. 3 dalis. Bandymo metodai ir įranga. P. 8–13.
8. Tarptautinis metrologijos žodynas. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), 3rd edition, 2008. [žiūrėta 2023 09 10] Prieiga internete: http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf
9. Le Système international d'unités (SI). <https://www.bipm.org/fr/measurement-units>
10. Tarptautinė metrologijos bendruomenė. International Measurement Confederation (IMEKO). Prieiga internete: <https://www.imeko.org/>
11. Tarptautinė standartizacijos organizacija. International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/about-us.html>
12. Tarptautinė elektrotechninė komisija. International Electrotechnical Commission (IEC). [žiūrėta 2023 10 19] Prieiga internete: <https://iec.ch/homepage>
13. Valstybinė metrologijos tarnyba. Metrologija trumpai. Vilnius, 2005
14. Valstybinė energetikos reguliavimo taryba. [žiūrėta 2023 10 20] Prieiga internete: <https://www.regula.lt/Puslapiai/bendra/DUK/Vanduo/kaip-daznai-turi-buti-tikrinami-apskaitos-prietaisai.aspx>

15. Insight Solution analitiniai IT sprendimai.
http://www.insol.lt/software/modeling/modeler/?section_name=software¶m1=modeling¶m2=modeler
16. Šalto geriamojo vandens ir karšto vandens skaitikliai. 1 dalis. Metrologiniai ir techniniai reikalavimai. ISO 4064-1:2014.
17. ĮSAKYMAS DĖL MATAVIMO PRIEMONIŲ TECHNINIO REGLAMENTO PATVIRTINIMO. Galiojanti suvestinė redakcija (nuo 2016-04-20). [žiūrėta 2023 10 20] Prieiga internete: <https://eseimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/1c8984707f4a11e59a1ed226d1cbceb5/asr>
18. UAB "Šilutės vandenys". Skaitiklių įrengimo schemas. [žiūrėta 2023 10 20] Prieiga internete: <https://silutes-vandenys.lt/Informacija-vartotojams/skaitikliu-irengimo-schemas>
19. Įsakymas dėl statybos techninio reglamento STR 2.07.01:2003 "Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai" patvirtinimo. Galiojanti suvestinė redakcija (nuo 2023-07-25). [žiūrėta 2023 10 28] Prieiga internete <https://eseimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.216857?jfwid>
20. Lietuvos Respublikos asmens duomenų teisinės apsaugos įstatymas. Galiojanti suvestinė redakcija (2021-12-01 - 2023-12-31). [žiūrėta 2023 10 28] Prieiga internete: <https://eseimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.29193/asr>
21. Data Mining: Concepts and Techniques .The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. 3rd Edition. 2012.
22. Stanislava Stungurienė. Operacijų valdymas. TEV, Vilnius 2010
23. Dėl Teisinio metrologinio reglamentavimo sritims priskirtų matavimo priemonių grupių ir laiko intervalų tarp periodinių matavimo priemonių patikrų sąrašo patvirtinimo. Galiojanti suvestinė redakcija (nuo 2021-11-01). [žiūrėta 2023 11 28] Prieiga internete: <https://eseimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/07d931c019bf11e4988dd8c7447f8ac5/asr>
24. Tarptautinė rekomendacija Nr. 49. Vandens skaitikliai skirti šalto vandens apskaitai.
25. CRISP-DM Help Overview - IBM Documentation. [žiūrėta 2023 10 25] Prieiga internete: <https://www.ibm.com/docs/sr/spss-modeler/saas?topic=dm-crisp-help-overview>
26. Vandens skaitiklio WFH-M instrukcija. [žiūrėta 2023 11 20] Prieiga internete: <http://put.lt/misc/axis-skaitiklis-wfh/index.htm>
27. Visuotinė lietuvių enciklopedija. [žiūrėta 2023 11 23] Prieiga internete: <https://www.vle.lt/straipsnis/korozija/>

28. Publishable Summary for 17IND13 Metrowamet. Metrology for real-world domestic water metering. [žiūrėta 2023 11 28] Prieiga internete: <https://www.euramet.org/research-innovation/search-research-projects/details/project/metrology-for-real-world-domestic-water-metering>
29. Dr. Hans D. Allender. Determining the Economical Optimum Life of Residential Water Meters. 2019. [žiūrėta 2023 11 20] Prieiga internete: <https://www.wwdmag.com/utility-management/article/10917086/determining-the-economical-optimum-life-of-residential-water-meters>
30. Mehmed Kantardzic. Data Mining– Concepts, Models, Methods, and Algorithms, 2011. [žiūrėta 2023 11 25] Prieiga internete: https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=ZZ7l6v0CvRMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Data+mining+methods&ots=pQtgljpHHd&sig=ff_RqiEqZ3F28CHoVzxXHvOKbsY&redir_esc=y#v=onepage&q=Data%20mining%20methods&f=false
31. Antanas Balvočius, prof. dr. Valentina Dagienė, Loreta Gražalienė, Liucija Jasiukevičienė, doc. dr. Eglė Jasutė, Povilas Leonavičius, dr. Bronius Skūpas, Lina Tamošiūnaitė, Aidas Žandaris. INFORMATIKOS BENDROJI PROGRAMA. [žiūrėta 2023 12 20] Prieiga internete: <https://www.emokykla.lt/bendrosios-programos/pradinis-ugdymas/3?st=1>

PRIEDAI

Priedas 1. Šalto vandens skaitiklio įrengimo schema.



Eksplikacija:

1. Šalto vandens skaitiklis.
2. Skaitiklio pajungimo antgalis.
3. Tiesaus vamzdžio atkarpa, tokio pat vidinio diametro kaip pajungimo antgalio (2).
4. Vamzdžio laikikliai, tvirtinami prie sienos.
5. Sklendė, ventilis.
6. Ventilis mėginių paėmimui.
7. Ventilis.
8. Manometras.
9. Atbulinis vožtuvas.

Tiesaus vamzdžio minimalus ilgis		
Skaitiklio diametras, DN	L ₁ , mm	L ₂ , mm
15	75	30
20	100	40
25	125	50
32	160	64
40	200	80
50	250	100
100	500	200

Pastabos: 1. Vietoje atbulinio vožtuvo (9) ir ventilio (10) galima montuoti kombinuotą ventilių su atbuliniu vožtuvu.

Reikalavimai montavimui:

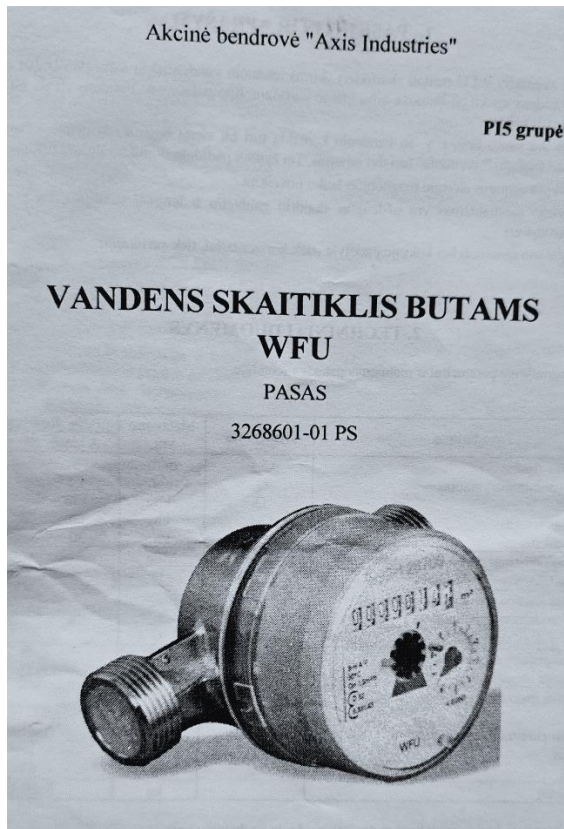
1. Vandens apskaitos mazgai (VAM) įrengiami pastate arba šulinyje. VAM pastate turi būti įrengiamas specialiai tam skirtoje, esančioje prie artimiausios lauko vandentiekio išorinės sienos ir lengvai prieinamoje patalpoje, kurioje oro temperatūra būtų ne žemesnė kaip +5°C. Jei tokios patalpos nėra, suderinus su UAB "Šilutės vandenys" VAM galima įrengti lauke, speceliame neužšalančiame vandens apskaitos šulinyje.
2. Vandens skaitiklis turi būti įrengiamas tik horizontalioje padėtyje.
3. Vamzdžių laikikliai turi būti pritvirtinti taip, kad keičiant skaitiklį, vamzdžiai nejudėtų.

Priedas 2. TEISINIO METROLOGINIO REGLAMENTAVIMO SRITIMS PRISKIRTŲ MATAVIMO PRIEMONIŲ IR JŲ GRUPIŲ IR LAIKO INTERVALŲ TARP PERIODINIŲ MATAVIMO PRIEMONIŲ PATIKRŲ SĄRAŠAS

Eil. Nr.	Matavimo priemonės pavadinimas	Laiko intervalas tarp periodinių patikrų,metai (-ų)
6.	SKYSCIŲ IR DUJŲ KIEKIO MATAVIMO PRIEMONĖS	
6.1.	Skysčių, garų, dujų ir šilumos energijos kiekio diafragminės matavimo priemonės ir sistemos	2
6.2.	Matavimo sistemų, nurodytų Teisinei metrologijai priskirtų matavimo priemonių grupių ir laiko intervalų tarp periodinių patikrų sąrašo (toliau – Sąrašas) 6.1 papunktyje, diafragmos vamzdynuose, kurių skersmuo 300 mm ir daugiau	4
6.3.	Šilumos skaitikliai:	
6.3.1.	šilumos šaltiniuose (kai matavimo priemonė naudojama parduodamos šilumos apskaitai) ir pastatų įvaduose;	2
6.3.2.	daugiabučių namų butuose ir individualiuose namuose, kai vardinis pralaidumas ne didesnis kaip 1,5 m ³ /h	4
6.4.	Dujų skaitikliai:	
6.4.1.	membraniniai, naudojami buitiniams reikmėms, kurių dydis iki G6 imtinai;	12 (+ 6 metai, jeigu atrankinės patikros rezultatai tenkina nustatytus reikalavimus)
6.4.2.	membraniniai, naudojami komercinėms reikmėms, kurių dydis nuo G10 iki G25 imtinai;	8
6.4.3.	rotaciniai;	5
6.4.4.	turbininiai, sūkuriniai, ultragarsiniai;	2
6.4.5.	turbininiai, ultragarsiniai dujų skaitikliai, esant įrengtai matavimo kontrolės sistemai, kai apskaitos linijoje ar linijose nuosekliai įrengtas antras žinomo tikslumo skaitiklis	5
6.5.	Dujų tūrio perskaičiavimo įtaisai:	
6.5.1.	su slėgio keitikliu;	2
6.5.2.	be slėgio keitiklio	5
6.6.	Vandens skaitikliai:	
6.6.1.	karšto ir šalto vandens skaitikliai pastatų įvaduose;	2
6.6.2.	karšto ir šalto vandens skaitikliai butuose ir individualiuose namuose, karšto vandens skaitikliai, skirti šildymo (vėdinimo) sistemoms papildyti	6
6.6.3.	karšto ir šalto vandens skaitikliai, kurių sąlyginis skersmuo 150 mm ir daugiau;	4
6.6.4.	kiti karšto ir šalto vandens skaitikliai, nenurodyti Sąrašo 6.6.1–6.6.3 papunkčiuose	2
6.7.	Degalų ir tepalų (alyvos) įpylimo kolonėlės, tepalų skaitikliai	1

6.8.	Skysčių, kitų nei vanduo, matavimo priemonės ir sistemos, išskyrus degalų ir tepalų (alyvos) įpylimo kolonėles, tepalų skaitiklius	2
6.9.	Techniniai saikikliai (ir su termometrais)	2
6.10.	Skysčių automobilinės talpyklos	2
6.11.	Tūrio matavimo priemonės:	
6.11.1.	tūrio dozavimo matai (gėrimų stiklinės, ąsočiai, matavimo taurelės, skirti nustatytam tūriui skysčio, parduodamo iškart suvartoti, dozuoti (išskyrus farmacijos produktus):	
6.11.1.1.	stikliniai;	privaloma tik EB pirminė patikra
6.11.1.2.	iš kitų medžiagų;	2
6.11.2.	laboratoriniai tūrio matavimo indai (kolbos, cilindrai, pipetės, biuretės, menzūros, mėgintuvėliai):	
6.11.2.1.	stikliniai;	5
6.11.2.2.	iš kitų medžiagų	2
6.12.	Stūmoklinės tūrio matavimo priemonės (pipetės, biuretės, dozatoriai)	1
6.13.	Automatiniai skysčių lygio matuokliai ir matavimo sistemos	5
TAR pastaba. Iki įsakymo Nr. 4-439 įsigaliojimo (2015-07-09) atlikta skysčių lygio matavimo priemonių periodinė patikra galioja matavimo priemonės patikros sertifikate nustatyta laikotarpį arba, jeigu matavimo priemonės patikros sertifikatas nebuvo išduotas, 2 metus, kurie skaičiuojami nuo patikros žymenyje nurodytos datos.		
6.14.	Skysčių talpyklos (išskyrus esančias laivuose)	10 metų, jeigu talpykla eksploatuojama iki 20 metų; 5 metai, jeigu talpykla eksploatuojama daugiau kaip 20 metų
6.15.	Skysčių talpyklos, esančios laivuose	12
6.16.	Pieno šaldytuvai-talpyklos su metrolazde arba liniuote ir termometru	5
6.17.	Suskystintųjų dujų ir suslėgtų gamtinių dujų įpylimo kolonėlės	1
6.18.	Nuotekų srauto matavimo priemonės	4
6.19.	Siaurinantieji įrenginiai (įtaisai) skysčio srautui matuoti atviruose kanaluose (Venturi, Kafagi-Venturi, Paršalio latakai ir kt.)	4
6.20.	Etilo alkoholio matavimo skaitikliai	0,5
6.21.	<i>Neteko galios nuo 2021-11-01.</i>	
6.22.	<i>6.22 papunktis neteko galios nuo 2015-11-01.</i>	

Priedas 3. Vandens skaitiklio pasas



3. KOMPLEKTUOTĖ

2 lentelė

Pavadinimas	Kiekis
Skaitiklis	1
Pasas	1
Plombavimo viela	1
Plomba	1
Tarpinė	1
Veržlė	2
Antgalis	2*
* Komplektuojami pagal specialų užsakovo pageidavimą	

4. IRENGIMO TVARKA

- Skaitikliai turi būti įrengiami pagal apskaitos taisyklių reikalavimus. Montavimo darbus gali atlikti turintis reikiamą kvalifikaciją ir leidimą specialistai.
- Rekomenduojama prieš ir po skaitiklio įrengti uždromąją armatūrą.
- Leidžiamas tiek horizontalus, tiek vertikalus montavimas. Bet kurio atveju turi būti užtikrintas patogus rodmėnų nuskaitymas.
- Vandens skaitiklį montuoti į sistemą taip, kad strėlė ant korpuso sutaptų su vandens tekėjimo kryptimi. Prieš skaitiklį turi būti ne mažiau kaip 3DN ilgio tiesi vamzdyno dalis.
- Sandariniui naudoti tik originalias tarpines.
- Išbandyti sumontuoto skaitiklio sandarumą slėgiu 1.0 MPa ir patikrinti skaitiklio skaitmeninių ratukų sukimosi dirbant skaitikliui.
- Plombavimo viela praveriti per kiaurymes korpuse ir veržlėse bei užplombuoti.

5. NAUDOJIMOSI TVARKA IR TECHNINIS APTARNAVIMAS

- Skaitiklio ilgaamžiškumui didelę įtaką daro vandens kokybė. Mechaninės priemaišos, rūdys ir kiti nešvarumai labai sutrumpina skaitiklio darbą. Rekomenduojama prieš skaitiklį įrengti papildomą filtrą. Filtru valymo periodiskumas priklauso nuo vandens užterštumo.
- Dėmesio!** Saugokite skaitiklį nuo užšalimo. Ledas nepataisomai sugadina skaitiklį.
- Druskinga daryti mechaninį poveikį skaitikliui. Mechaninio poveikio skaitikliui faktą parodo ir skaitavimo mechanizmo gaubto vidinėje pusėje specialų indikatorių paiktos žymės.

6. GALIMI GEDIMAI IR BŪDAI JUOS PAŠALINTI

3 lentelė

Galimi gedimai, jų pasireiškimai	Galima priežastis	Pastabos
Neprateka vanduo per skaitiklį	Užsikimšęs įėjimo filtras.	Visais atvejais kreiptis į skaitiklius aptarnaujančią organizaciją
Vanduo teka per skaitiklį, bet rodyklė nejudą.	1. Skaičiavimo mechanizmo gedimas. 2. Užstrigusi sparnuotė.	

1. PASKIRTIS IR APRAŠYMAS

Vandens skaitiklis WFU (toliau skaitiklis) skirtas tekančio vandentiekio šalto (WFU 10) arba šilto (WFU 20) vandens apskaitai butuose arba kitose panašaus tipo patalpose. Vandens slėgis turi būti ne didesnis kaip 1.0 MPa.

Skaitiklis yra sauso tipo, t. y. su vandeniu kontaktą turi tik viena besisukanti detalė - "sparnuotė". Skirtingai nuo analogų "sparnuotė" turi dvi atramas. Tai žymiai padidina skaitiklio ilgaamžiškumą.

Skaitiklis yra atsparus išorinio magnetinio lauko poveikiui.

Skaičiavimo mechanizmas yra uždengtas skaidriu gaubteliu ir lengvai sukiojasi, tai yra patogiu atskaitant parodymus.

Skaitiklį galima montuoti bet kokioje padėtyje (tiek horizontaliai, tiek vertikaliai)

2. TECHNINIAI DUOMENYS

2.1. Pagrindiniai parametrai ir matavys pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė	
			A klasė	B klasė
Didžiausias srautas	Q_{max}	m ³ /h	3	3
Vardinis (nominalus) srautas	Q_n	m ³ /h	1.5	1.5
Pereinamasis srautas	Q_t	l/h	150	120
Mažiausias srautas	Q_{min}	l/h	60	30
Jautrio slenkstis		l/h	30	15
Didžiausias leistinas darbo slėgis	P_{max}	MPa	1.0	
Skalės padalos vertė			0.1	
Didžiausia leistina vandens temperatūra:				
- šalto vandens skaitikliams	T_{max}	°C	30	
- šilto vandens skaitikliams	T_{max}	°C	90	
Skaitiklio prijungimo sriegis		colis	G 3/4	
Pereinamųjų antgalių sriegis		colis	G 1/2	
Gabaritiniai matavys:				
- ilgis	L	mm	80/110	
- ilgis su pereinamaisiais antgaliais	L	mm	160/190	
- aukštis	H	mm	70	
- plotis	b	mm	67	
Masė (neto)		kg	0.4/0.45	

2.2. Vandens kiekio santykinė matavimo paklaida ne daugiau kaip:

- šalto vandens skaitikliams: 5% kai srautas nuo Q_{min} iki Q_t ; 2% kai srautas nuo Q_t iki Q_{max} ;

- šilto vandens skaitikliams: 5% kai srautas nuo Q_{min} iki Q_t ; 3% kai srautas nuo Q_t iki Q_{max} ;

7. PRIĖMIMO LIUDIJIMAS

Vandens skaitiklis, gamybinis Nr. _____ atitinka IST 3268601-01-2000 reikalavimus ir tinka naudoti.

Parašas _____

Priėmimo data 200 _____ 2011.01.05

A.V. _____

8. GAMINTOJO GARANTLIJA

1. Vandens skaitikliui suteikiama 24 mėnesių garantija, skaičiuojant nuo pardavimo ar pakeitimo dienos, su sąlyga, jeigu skaitiklis:

- irengtas igaliotos organizacijos pagal įrengimo ir naudojimo tvarkos taisykles;
- naudojamas pagal paskirtį;
- nesugadintas dėl nequalifikuoto bei neatsargaus montavimo;
- nepažeistos plombos.

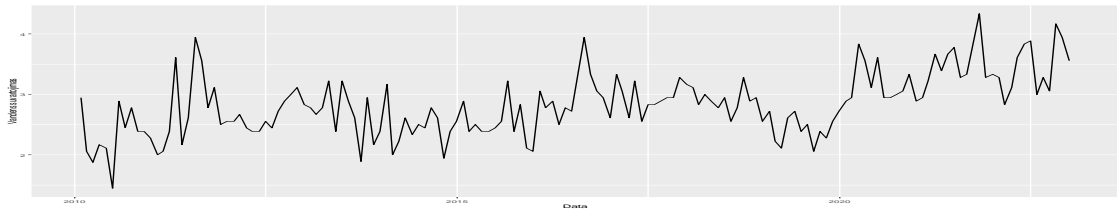
2. Gamintojo adresas:
AB „Axis Industries“, Kulautuvos g. 45a, LT-47190 Kaunas, Lietuva
Tel. (8-37) 360234; faksas (8-37) 360358

9. PATIKRA

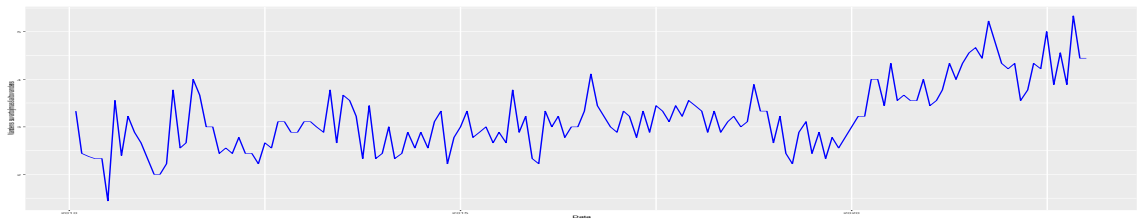
Patikra atliekama Valstybinės metrologijos tarnybos prie Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos nustatyta tvarka ir periodiskumu, vadovaujantis bendrosiomis patikros metodikomis:

- šilto vandens skaitikliui - 8871101-29-2002 ir jos 2004-07-19 keitimu Nr. 1
- šalto vandens skaitikliui - 8871101-57-2002 ir jos 2004-07-19 keitimu Nr. 1

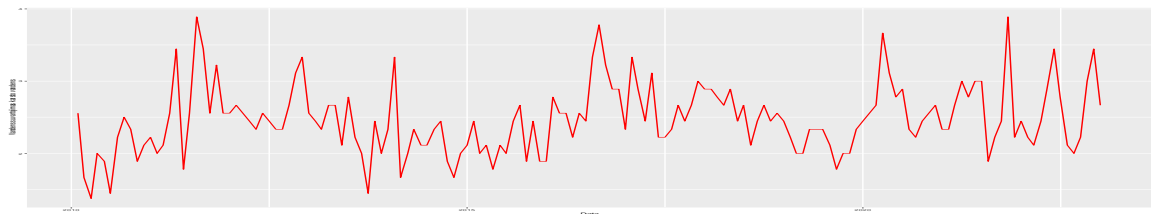
Priedas 4. Vandens suvartojimo grafikai.



Bendras vandens suvartojimas (2010 - 2022 m.)

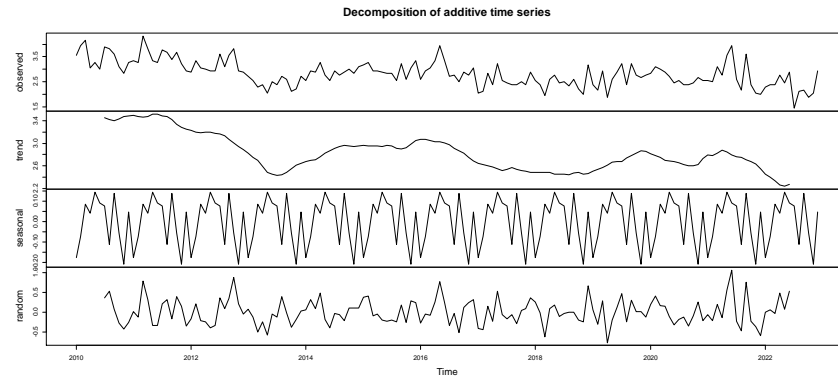


Šalto vandens suvartojimas (2010 - 2022 m.)

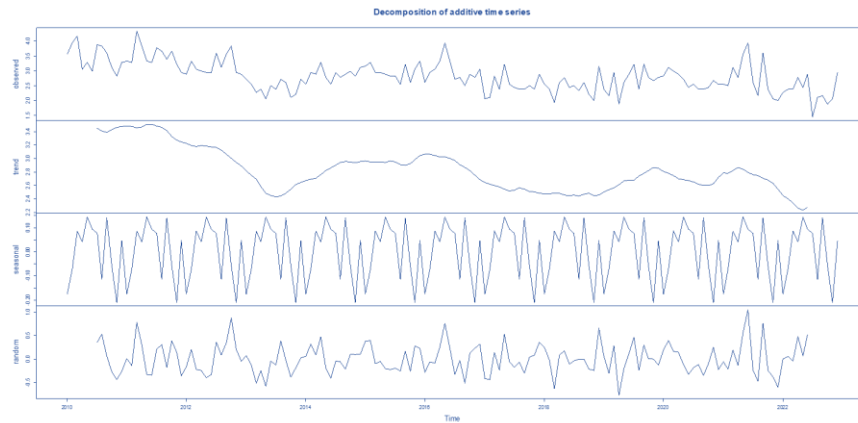


Karšto vandens suvartojimas (2010 - 2022 m.)

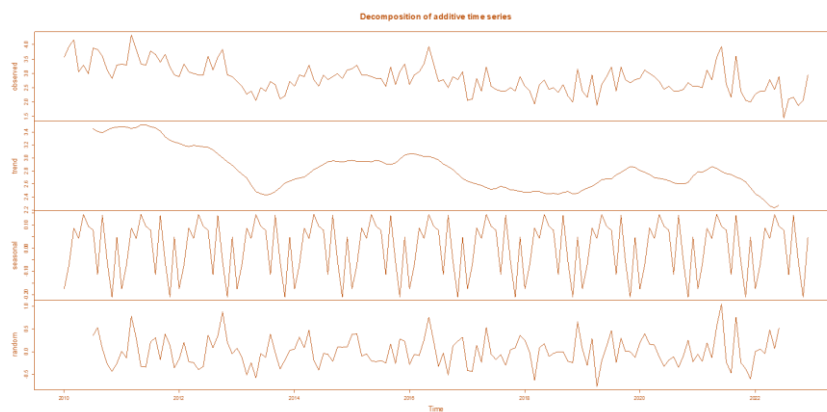
Priedas 5. Laikinės sekos ir jos trijų komponentių (tendo, sezoninės ir paklaidų) grafikai



Laikinės sekos (bendras) ir jos trijų komponentių grafikai



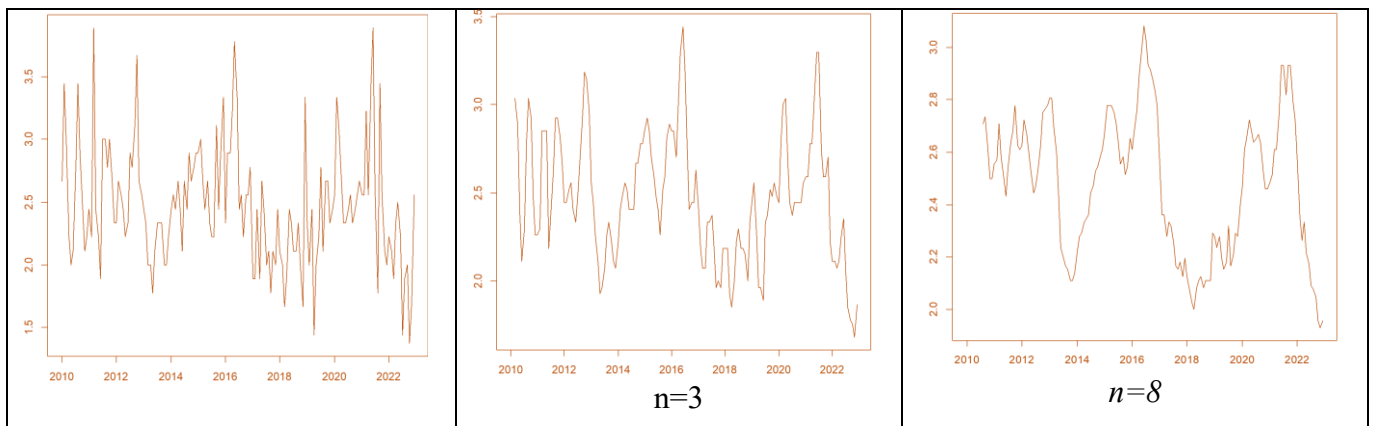
Laikinės sekos (šaltas) ir jos trijų komponentių grafikai



Laikinės sekos (karštas) ir jos trijų komponentių grafikai

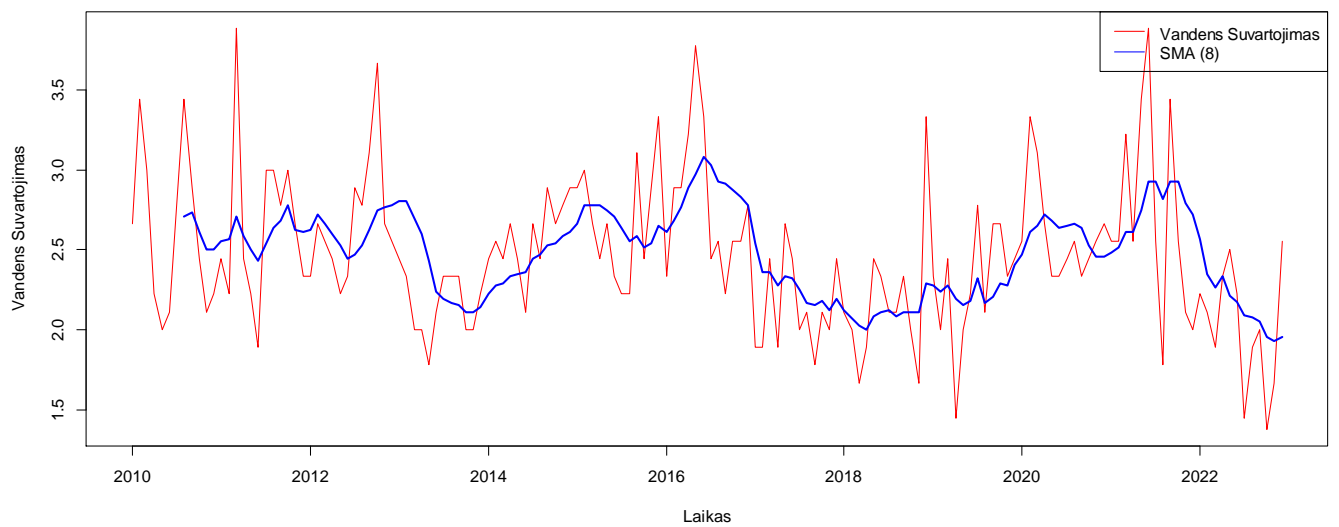
Priedas 6. Paprastojo slankiojo vidurkio metodas

a) Karštas vanduo

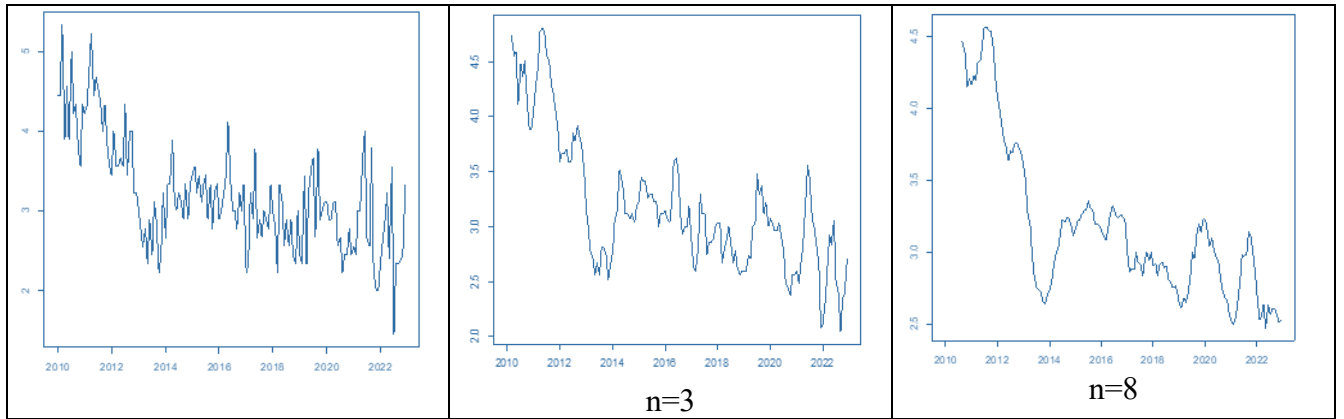


Slankiojo vidurkio metodas, kai $n=3$ ir $n=8$ (karštas vanduo).

Vandens Suvartojimo Analizė

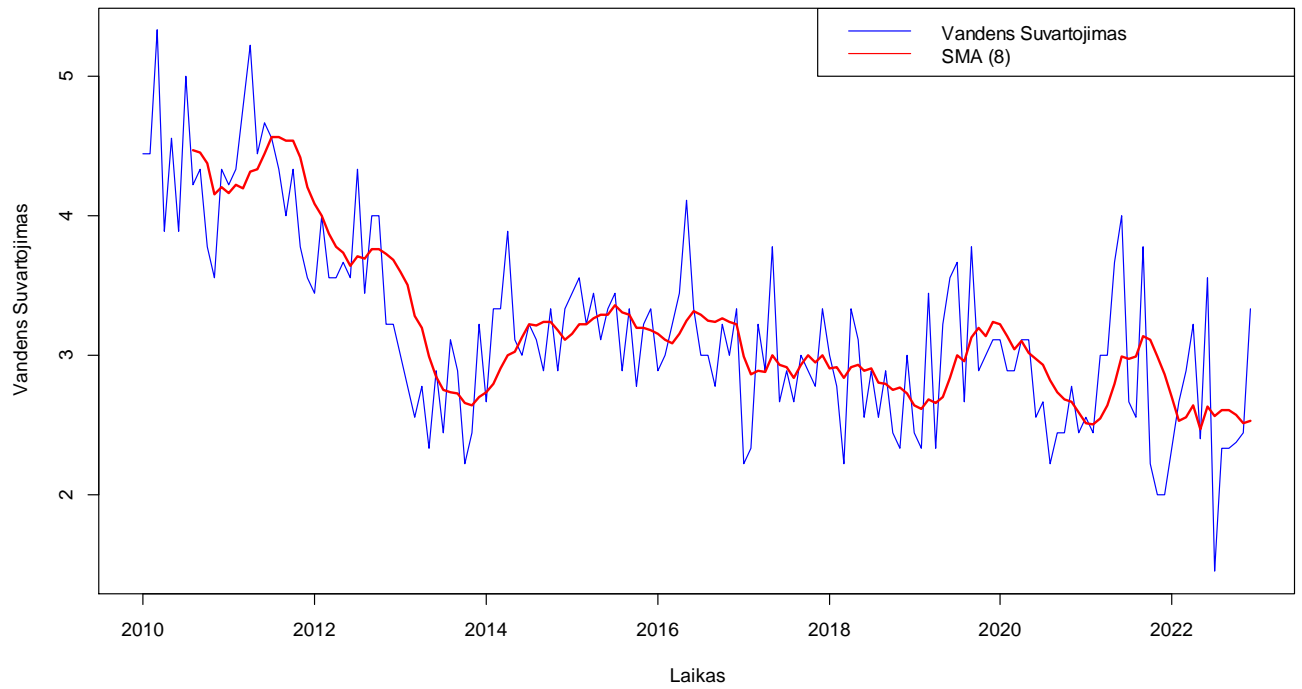


b) Šaltas vanduo



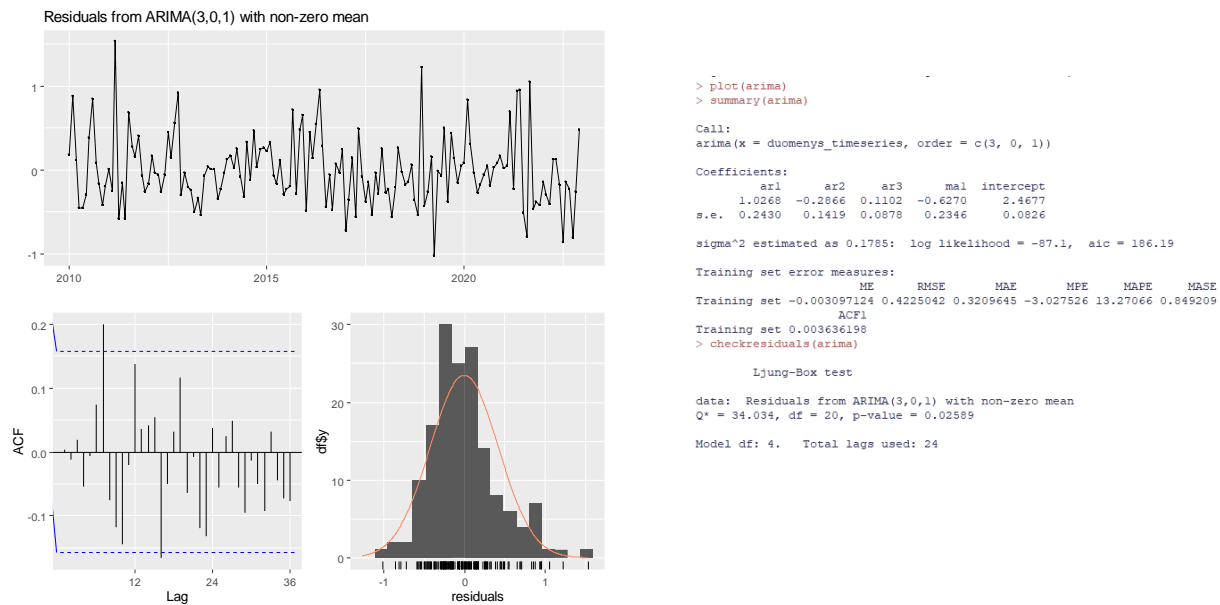
Slankiojo vidurkio metodas, kai $n=3$ ir $n=8$ (šalto vanduo).

Vandens Suvartojimo Analizė



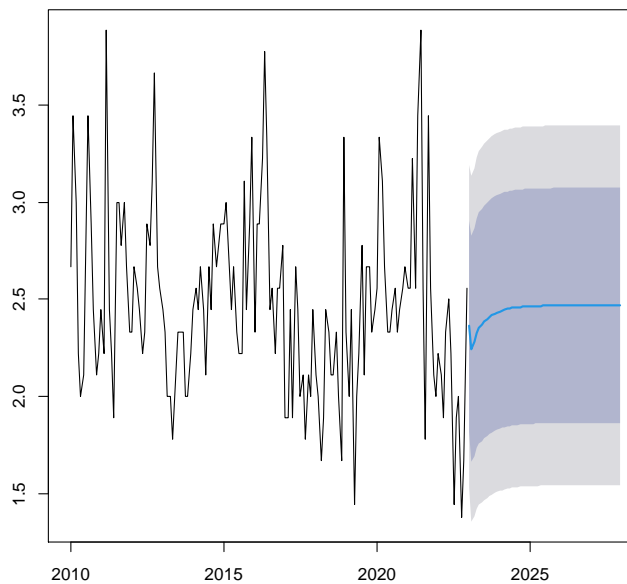
Priedas 7. ARIMA modelis

a) Karštas vanduo



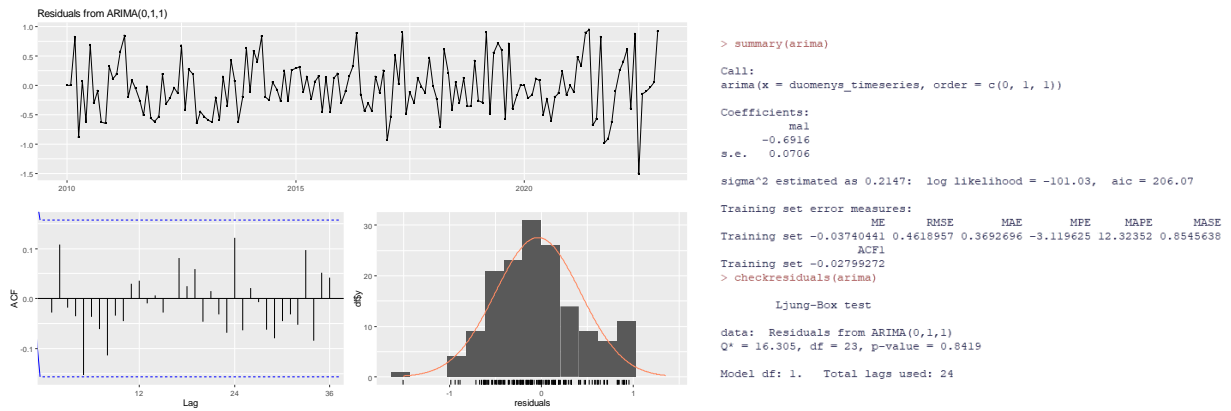
Modelio ARIMA (3,0,1) liekanų grafinė analizė

Forecasts from ARIMA(3,0,1) with non-zero mean



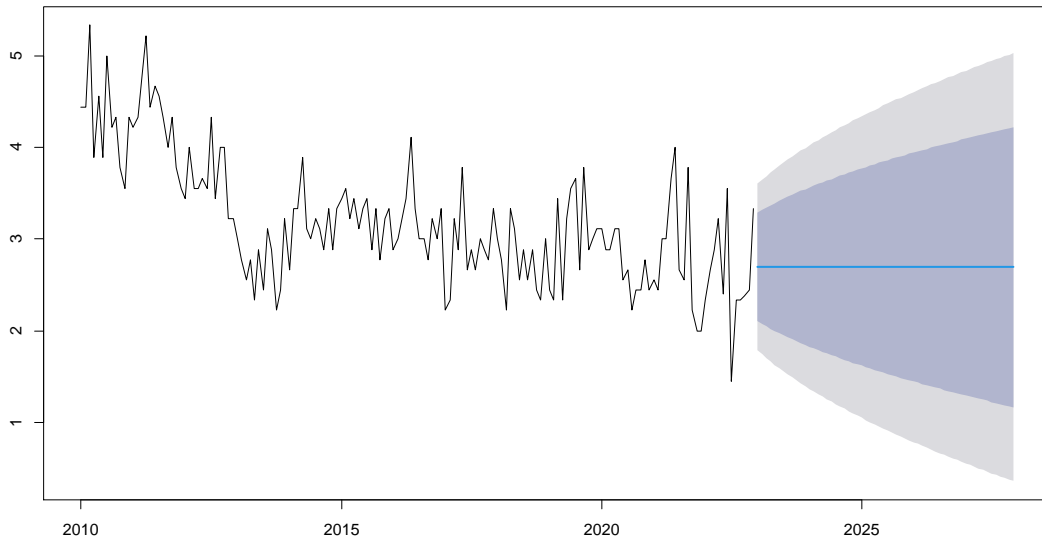
Prognozė sudaryta naudojant ARIMA(3,0,1) modelį

b) Šaltas vanduo



Modelio ARIMA (0,1,1) liekanų grafinė analizė

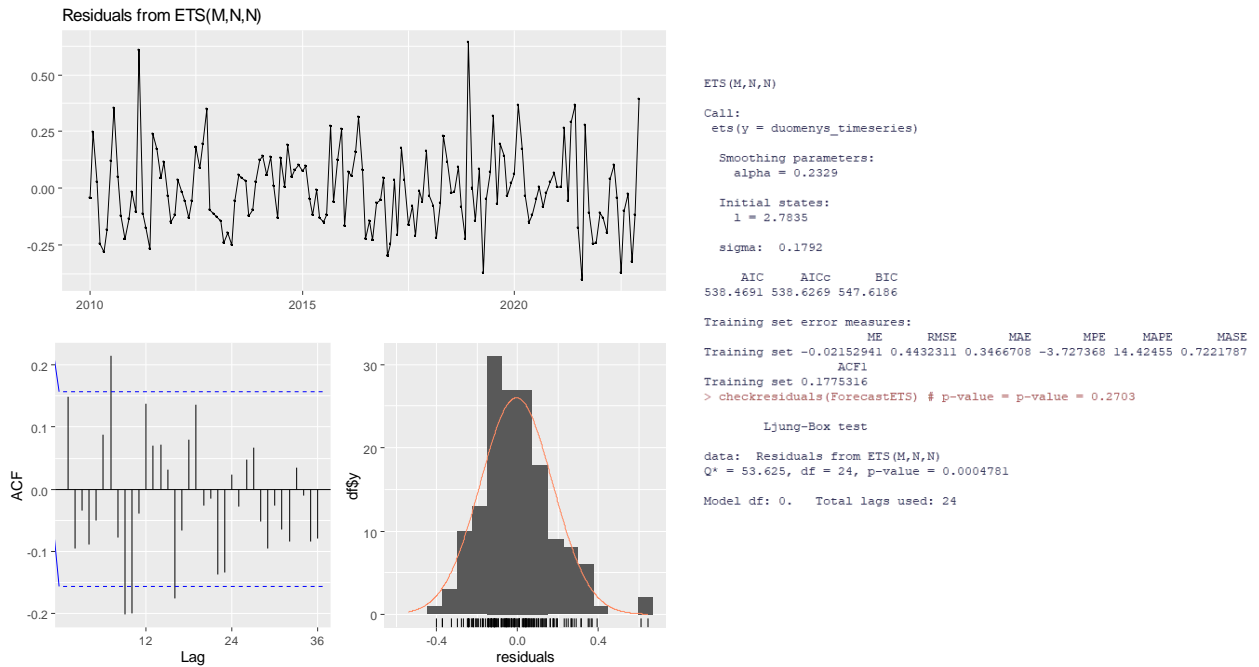
Forecasts from ARIMA(0,1,1)



Progozė sudaryta naudojant ARIMA(0,1,1) modelį

Priedas 8. Eksponentinio išlyginimo metodas

a) Karštas vanduo



Eksponentinio išlyginimo metodo liekanų grafinė analizė

b) Šaltas vanduo



Eksponentinio išlyginimo metodo liekanų grafinė analizė