



Kauno technologijos universitetas
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

Vandentiekio įrengimo technologijos priešprojektinių pasiūlymų daugiakriteris vertinimas

Baigiamasis magistro projektas

Rasa Masiliūnienė
Projekto autorė

Doc. Danas Garuckas
Vadovas



Kauno technologijos universitetas
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

Vandentiekio įrengimo technologijos priešprojektinių pasiūlymų daugiakriteris vertinimas

Baigiamasis magistro projektas
Statybos valdymas (6211EX007)

Rasa Masiliūnienė
Projekto autorė

Doc. Danas Garuckas
Vadovas

Lekt. Vardenis Pavardenis
Recenzentas / Recenzentė



Kauno technologijos universitetas
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas
Rasa Masiliūnienė

Vandentiekio įrengimo technologijos priešprojektinių pasiūlymų daugiakriteris vertinimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Rasos Masiliūnienės, baigiamasis projektas tema „Vandentiekio įrengimo technologijos priešprojektinių pasiūlymų daugiakriteris vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETO
TECHNOLOGIJŲ IR VERSLUMO KOMPETENCIJŲ CENTRAS**

TVIRTINU
TVKC vadovė
Doc. dr. Nida Kvedaraitė

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Diplomantui **Rasai Masiliūnienei**

Baigiamojo projekto tema
(lietuvių kalba)

**Vandentiekio įrengimo technologijos priešprojektinių
pasiūlymų daugiakriteris vertinimas**

Baigiamojo projekto tema
(anglų kalba)

**Multi-Criteria Evaluation of Water Treatment Technology
before Project Tenders**

Patvirtinta 2018 m. 10 mėn. 31 d. dekanų potvarkiu Nr. V25-13-26.

Įrišto baigiamojo projekto pateikimo į TVKC terminas iki 2019 m. sausio 3 d.

Duomenys, reikalavimai ir sąlygos baigiamajam projektui

Apibendrinti teorinę medžiagą apie vandentiekio įrengimo technologijas. Išanalizuoti skirtingas vandentiekio įrengimo technologijas SAW metodika. Pateikti tyrimo rezultatus ir išvadas.

Baigiamojo projekto užduotys / uždaviniai / klausimai, kurie turi būti atskleisti projekte

1. Išanalizuoti vandentiekio tinklų įrengimo ir rekonstrukcijos technologijas.
2. Išnagrinėti, apžvelgti ir atrinkti daugiakriterio vertinimo rodiklius.
3. Išnagrinėti vandentiekio įrengimo sprendinius.
4. Įvertinti techniškai ir ekonomiškai vandentiekio įrengimo vamzdinių alternatyvas ir jiems parinktą darbų technologiją.
5. Parengti vandentiekio įrengimo priešprojektinį vertinimą konkrečiam atvejui.

Vadovas

Dr. Danas Garuckas

(parašas, pareigos, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

Rasa Masiliūnienė

(studento parašas, vardas, pavardė)

2018 m. lapkričio 09 d.

Rasa Masiliūnienė. Vandentiekio įrengimo technologijos priešprojektinių pasiūlymų daugiakriteris vertinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Danas Garuckas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis: statybos inžinerija, inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: daugiakriteris, vandentiekis, statyba, technologija, vamzdynai, SAW.

Panevėžys, 2019. 70 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe analizuojamos vandentiekio įrengimo technologijos. Tiriamasis objektas – priešprojektiniai vandentiekio įrengimo metodai, kai 100 m vandentiekio trasa turi būti įrengta po asfalto danga iš 110 mm skersmens vamzdžių. Dangos konstrukcijos klasė III: asfalto viršutinis sluoksnis – 4 cm, asfalto apatinis sluoksnis – 4 cm, asfalto pagrindo sluoksnis – 10 cm, skaldos pagrindo sluoksnis – 15 cm, smėlio sluoksnis – 33 cm.

Įvadiniame skyriuje aptartas darbo aktualumas, aprašytas tiriamas objektas, tyrimo tikslas, uždaviniai, rezultatų praktinė reikšmė ir darbo struktūra.

Pirmoje darbo dalyje apžvelgta vandentiekio plėtros istorija, vandentiekio aktualumas Lietuvoje ir užsienio šalyse, inžineriniai tinklai.

Antroje dalyje išanalizuojamos skirtingos vandentiekio tinklų įrengimo ir rekonstrukcijos technologijos, vamzdynų alternatyvos.

Trečiojoje darbo dalyje parengtas vandentiekio įrengimo priešprojektinis vertinimas. Išanalizuotos skirtingos vandentiekio įrengimo technologijos daugiakriterio SAW metodo pagalba ir nustatyta efektyviausia technologija įrenginėjant vamzdynus po asfalto danga.

Rengiant baigiamojo magistro darbą, naudotasi naujausia mokslinė, techninė literatūra, atsižvelgta į statybos techninių reglamentų reikalavimus.

Šiame magistro darbe daugiausiai dėmesio skirta Lietuvos vandentiekio, nuotekų tinklų šiuolaikiško įrengimo, rekonstravimo technologijoms ir jų eksploatavimui. Atsiradus poreikiui rekonstruoti, plėsti vandentiekio, nuotekų tinklus naudojant naujausias medžiagas, technologijas. Atliekant darbus kuo mažiau sudaryti nepalankias sąlygas gyventojams, darbus atlikti greitai, nepažeisti gamtinės aplinkos, kraštovaizdžio ir nesuardyti ekologinės pusiausvyros.

Rasa Masiliūnienė. Multi-Criteria Evaluation of Water Treatment Technology before Project Tenders. Master's Final Degree Project / supervisor abbreviation of the position, Prof. Dr. Danas Garuckas; Panevėžys Faculty of Technologies and Business, Kaunas University of Technology.

Study field and area: Civil Engineering, Engineering Sciences.

Keywords: multi – criteria, water supply, construction, technology, pipelines, SAW.

Panevėžys, 2019. 70 pages.

SUMMARY

Water supply installation technologies are analyzed in Master's thesis. Investigated object – preproject water supply installation methods, when 100 m water supply path must be equipped under asphalt covering with pipes – diameter 110 mm Covering construction class III: top layer of asphalt – 4 cm; lower layer of asphalt – 4 cm; base layer of asphalt – 10 cm; base of rubble layer – 15 cm; sand layer – 33 cm.

In introductory section work relevance is characterized; investigated object, aim of investigatory, tasks, the practical value of the results and work structure are described.

In first work section water supply development history is reviewed, and water supply relevance in Lithuania and foreign countries, engineering networks.

In second section different water supply networks installation, reconstruction technologies and pipeline alternatives are analyzed.

In third work section preproject water supply installation evaluation is prepared. Analysis is made with SAW method for different water supply installation technologies, most effective technology is established for pipeline installation under asphalt covering.

In final section of Master's thesis received results of calculations are summarized and conclusions are formulated.

When preparing Master's thesis newest scientific, technical literature was used, requirements for construction technical regulations were considered.

In this Master's thesis most attention is meant for Lithuanian water supply, modern installation of sewage networks, technologies of reconstruction and their operation. Due to the need to reconstruct, expand water supply and sewerage networks with newest material technologies. To reduce inconveniences for residents during work performances, to finish job quickly, do not damage environment and landscape, also do not damage ecological balance.

TURINYS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| ĮVADAS | 11 |
| 1. APŽVALGINĖ DALIS | 13 |
| 1.1. Vandentiekio plėtros istorinė apžvalga | 17 |
| 1.2. Vandentiekis Lietuvoje | 19 |
| 1.3. Geriamo vandens kokybė Europoje | 18 |
| 1.4. Inžineriniai tinklai | 20 |
| 1.5. Požeminiai vandentiekio tinklai | 21 |
| 2. ANALITINĖ DALIS | 23 |
| 2.1. Betranšėjės technologijos atsiradimas..... | 23 |
| 2.2. Vandentiekio ir nuotekų tinklų įrengimo, rekonstrukcijos technologijos | 23 |
| 2.3. Vamzdynų įrengimas atviru būdu..... | 24 |
| 2.4. Vamzdynų įrengimas betrašėja technologija..... | 27 |
| 2.4.1. Vamzdynų įrengimas kryptinio gręžimo būdu | 28 |
| 2.4.2. Uždaras perėjimas..... | 31 |
| 2.4.3. Mikrotunelio (MT) įrengimas..... | 32 |
| 2.4.4. Laisvo įtraukimo metodas | 34 |
| 2.4.5. Priverstinio įtraukimo metodas..... | 35 |
| 2.4.6. Prigludusio įtraukimo metodas..... | 37 |
| 2.4.7. CIPP „rankovės“ metodas | 37 |
| 2.5. Kokybės kontrolė | 39 |
| 2.6. Vamzdžiai..... | 40 |
| 3. TIRIAMOJI DALIS..... | 48 |
| 3.1. Daugiakriteriai vertinimo metodai..... | 49 |
| 3.2. SAW vertinimo metodas | 49 |
| 3.3. Daugiakriteris vertinimas pagal SAW metodą..... | 58 |
| IŠVADOS..... | 66 |
| LITERATŪROS SĄRAŠAS | 67 |

Paveikslėlių sąrašas

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 pav. Akveduko schema..... | 13 |
| 2 pav. Romenų akvedukas vandentiekui..... | 13 |
| 3 pav. Mediniai vamzdžiai..... | 14 |
| 4 pav. Geriamojo vandens tiekėjai Lietuvos savivaldybėse, tiekiantys vandenį 50 ir daugiau vartotojų..... | 17 |
| 5 pav. Šalys, kur vandentiekio vandenį galima gerti..... | 19 |
| 6 pav. Šalys, kur vandentiekio vandenį gerti nerekomenduojama..... | 19 |
| 7 pav. Inžinerinių tinklų klasifikacija..... | 20 |
| 8 pav. Vandentiekio ir nuotekų tinklų įrengimo būdai..... | 24 |
| 9 pav. Tranšėja: a) be išramstymo, b) su išramstymu, c) su nuožulniais šlaitais..... | 25 |
| 10 pav. Vamzdžių sudėjimas į tranšejas. a) rankomis, b) naudojant linus, c) naudojant specialias kėlimo sijas | 26 |
| 11 pav. a) Grunto sutankinimas plokščiu virbratoriumi. b) Grunto sutankinimas kojomis | 26 |
| 12 pav. Betranšėjų technologijų skirstymo schema..... | 27 |
| 13 pav. Pilotinio gręžimo schema..... | 29 |
| 14 pav. Išplėtimo schema..... | 29 |
| 15 pav. Įtraukimo schema..... | 30 |
| 16 pav. Horizontalus valdomas kryptinis gręžimas..... | 31 |
| 17 pav. Gręžimo parametrų kontrolė vairinės monitoriuje..... | 33 |
| 18 pav. Mikrotunelių įrengimo technologija..... | 34 |
| 19 pav. Laisvo įtraukimo metodo schema..... | 35 |
| 20 pav. Priverstinio įtraukimo metodo schema..... | 36 |
| 21 pav. Prigludusio įtraukimo metodo schema..... | 37 |
| 22 pav. „Rankovės“ įtraukimo proceso momentas..... | 38 |
| 23 pav. CIPP metodu renovuoto vamzdžio vidus..... | 38 |
| 24 pav. Vandentiekio ir nuotekų tinklų vamzdžiai..... | 40 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 25 pav. Ketinis vamzdis..... | 41 |
| 26 pav. Plieniniai vamzdžiai..... | 41 |
| 27 pav. Gelžbetoniniai vamzdžiai..... | 42 |
| 28 pav. PVC vamzdžiai..... | 43 |
| 29 pav. PE vamzdžių rūšys..... | 45 |
| 30 pav. PE vamzdžių tipai..... | 46 |
| 31 pav. SAW algoritmo schema..... | 49 |
| 32 pav. Horizontalaus valdomo gręžimo įrenginys..... | 53 |
| 33 pav. a, b, c, d Lokalinė sąmata..... | 54 |
| 34 pav. Rodiklių reikšmingumas..... | 60 |
| 35 pav. Vandentiekio trasos įrengimo atitikimas pagal min. ir maks. Rodiklius..... | 63 |
| 36 pav. Vandentiekio trasos įrengimo technologijų vertės..... | 64 |
| 37 pav. Efektyviausio vandentiekio trasos įrengimo technologijos nustatymas SAW (Simple Additive Weighting) metodu..... | 65 |

Lentelių sąrašas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 lentelė. Geriamojo vandens mėginių, imamų programinei priežiūrai per kalendorinius metus, normos..... | 21 |
| 2 lentelė. Šlaito statmens priklausomybė nuo duobės gylio..... | 25 |
| 3 lentelė. Darbinių duobių gabaritai mikrotunelio technologijai..... | 33 |
| 4 lentelė. Technologinių vamzdynų montavimo darbų kokybės kontrolės schema..... | 40 |
| 5 lentelė. Vamzdžių užkasimo gylis nuo vamzdžio viršaus (m) pagal klases..... | 44 |
| 6 lentelė. Pagrindinės žalaivų, naudojamų vandentiekio vamzdžiams gaminti, fizinės, šiluminės ir mechaninės savybės..... | 46 |
| 7 lentelė. Daugiatikslių metodų klasifikacija..... | 48 |
| 8 lentelė. Vandentiekio trasos įrengimo alternatyvos..... | 51 |
| 9 lentelė. Gatvių kategorijos ir jiems priskiriamos dangų konstrukcijų klasės..... | 51 |
| 10 lentelė. Asfalto dangų konstrukcijos..... | 52 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11 lentelė. Ekspertų apklausos rezultatai..... | 59 |
| 12 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica P..... | 61 |
| 13 lentelė. Nustatomi rodiklių reikšmingumai q_j ir normalizuojama matrica | 62 |
| 14 lentelė. Reikšmių matrica..... | 64 |

Santrupos

VMVT – Valstybinė maisto ir veterinarijos tarnyba
STR – statybos techninis reglamentas
SSV – statinio statybos vadovas
DV – darbų vykdytojas
ES – Europos sąjunga
BT – betransšėjės technologijos
MT – mikrotunelio metodas
HVKG – Horizontalus valdomas kryptinis gręžimas

ĮVADAS

Lietuvai įstojus į Europos Sąjungą, gauta finansinė parama vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo sistemų renovavimui ir plėtrai. ES pagalba Lietuva turi galimybę modernizuoti ir išplėsti vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo infrastruktūrą aglomeracijose pagal nustatytuosius paslaugų kokybės, aplinkosaugos ir sveikatos apsaugos reikalavimus. Todėl mūsų šalyje pradėta vykdyti dideli vandens tiekimo, nuotekų tvarkymo sistemų paklojimo, renovavimo darbai.

Vamzdynų tiesimas gali būti vykdomas dviem būdais: atviru ir uždaru. Atviruoju būdu vamzdžių klojimo darbai vykdomi lėtai, tęsiasi ilgai, miestuose išardomos gatvės, sutrinka eismas, ko pasekoje sudaromos nepalankios sąlygos gyventojams, pažeidžiama gamtinė aplinka, kraštovaizdis ir suardoma ekologinė pusiausvyra. Atvirasis metodas naudojamas vis rečiau, nes nuo 1980 metų Lietuva pradėjo kloti vamzdžius betranšėju metodu. Šis vamzdžių klojimo būdas tampa vis populiariesnis. Vykdam darbus uždaru būdu vamzdžiai klojami po žeme, tačiau nereikia kasti tranšėjų. Uždaru būdu gali būti klojami plastmasiniai, ketiniai ir keramikiniai vamzdžiai.

Tyrimo objektas

Baigiamajame darbe tyrimo objektu parinktas priešprojektinis pasiūlymas vandentiekio trasos įrengimo technologijoms įvertinti. 100 m vandentiekio trasa turi būti įrengta po asfalto danga, paklojant 110 mm skersmens vamzdį.

Tyrimo tikslas

Išanalizuoti technologijas, vandentiekio trasai įrengti. Remiantis daugiakriteriu vertinimu nustatyti priemonių efektyvumą.

Darbo uždaviniai

1. Išanalizuoti vandentiekio tinklų įrengimo ir rekonstrukcijos technologijas.
2. Išnagrinėti, apžvelgti ir atrinkti daugiakriterio vertinimo rodiklius.
3. Išnagrinėti vandentiekio įrengimo sprendinius.
4. Įvertinti techniškai ir ekonomiškai vandentiekio įrengimo vamzdynų alternatyvas ir jiems parinktą darbų technologiją.
5. Parengti vandentiekio įrengimo priešprojektinį vertinimą konkrečiam atvejui.

Rezultatų praktinė reikšmė

Pagal darbe atliktą tyrimą galima pasiūlyti tokį vandentiekio įrengimo būdą, kuris geriausiai tiktų įrengiant vandentiekio trasą po asfalto dangą.

Sukurtu programos Excel įrankiu galima naudotis kitiems atvejams atitinkantiems tirtą objektą. Keičiant kainos su įrengimu, statybos laiko, eksploatacijos laiko, vamzdžio svorio, ilgio ir sienelės storio laipsnio rodiklius, sukurtas įrankis nustato naujo atvejo efektyviausią alternatyvą.

Tyrimo metodai

Mokslinės literatūros, straipsnių, standartų analizė, anketinė apklausa, anketinių duomenų analizė, lyginimo metodas, daugiakriterinis vertinimo metodas.

Darbo struktūra

Baigiamąjį magistro darbą sudaro įvadas, 3 skyriai, išvados, literatūros sąrašas. Darbo apimtis – 70 p., 37 paveikslai, 14 lentelių, 51 literatūros šaltinis.

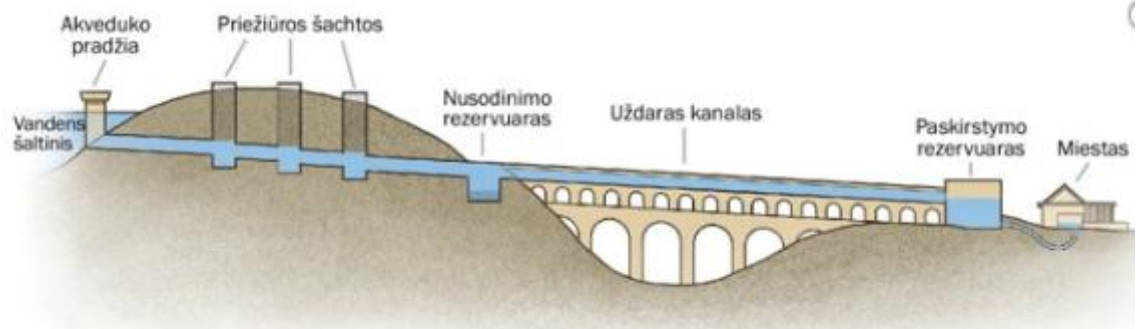
Autoriaus publikuotų straipsnių sąrašas

Masiliūnienė R., Sušinskas S. 2017. Tiekiamo vandens vamzdynų įtaka geriamo vandens kokybei.

1. APŽVALGINĖ DALIS

1.1 Vandentiekio plėtros istorinė apžvalga

Žinių apie įrenginių vandens ėmimui ir paskirstymui yra išlikę iki mūsų laikų. Jau apie 3 000 metų prieš mūsų erą Egipte, Eufrato uopės slėnyje, šumerai suprato, kad vanduo reikalingas miestui ir žemdirbystės poreikiams tenkinti, buvo įrengę kanalų tinklą vandeniui iš šulinių kelti. Senovės babiloniečiai taip pat naudojami panašiais vandens kėlimo įrenginiais. Žinoma, kad Egipte jau 2 500 m. prieš mūsų erą buvo kasami šuliniai, kurie siekė iki 90 metrų. Vano miestui aprūpinti vandeni 800 m. prieš mūsų erą buvo įrengtas 70 kilometrų ilgio vandentiekio tinklas. Taip pat vandentiekiai buvo įrengti Tiro, Damasko, Palmiro ir kituose miestuose. Atėnuose buvo įrengta 18 vandentiekių. Dauguma jų buvo požeminiai. Romos ir Graikijos vandentiekiams buvo naudojami degto molio vamzdžiai, įrenginiai buvo labai kokybiški, padaryti labai kruopščiai. Vandens kanalai buvo savitakiai, jais vanduo tekėdavo iš aukščiau kalnuose esančių šaltinių. Kanalus per upių slėnius tiesdavo ant specialių, kartais iki dešimčių metrų aukščio tiltų-akvedukų (1 pav.). Miestuose buvo įrengti specialūs rezervuarai, iš kurių vanduo būdavo paskirstomas turtuoliams į rūmus, viešąsias pirtis, o prastuomenė naudodavo gatvėse esančių fontanų vandenį.



1 pav. Akveduko schema [50]



2 pav. Romėnų akvedukas vandentiekiiui [50]

Viduramžiais Vakarų Europoje atsiradus neigiamam katalikų bažnyčios požiūriui į žmonių rūpinimąsi kūnu, centralizuotu vandens tiekimu pradėta nebesirūpinti, įrenginiai ėmė irti, o vandenį gyventojai imdavo iš šulinių arba tiesiai iš upių. Vanduo buvo užterštas įvairių nešvarumų, o tai lėmė dažnai kildavusias choleros ir kitų ligų epidemijas, kurios nusiaubdavo ištikus miestus. Susidariusi situacija privertė susirūpinti švaraus vandens tiekimu.

Žinios apie centralizuotą vandens tiekimą Vakarų Europoje siekia XII a. Pirmasis savitakis vandentiekis iš medinių vamzdžių, kurie galėjo būti daromi iš pušinių, eglinių, ąžuolinių, maumedžio ir kitokių rąstų (3 pav.), šio amžiaus pabaigoje pastatytas Paryžiuje, XIII a. Londone pradėtas tiesti toks pat vandentiekis iš švininių vamzdžių.



3 pav. Mediniai vamzdžiai [47]

Tik Renesanso epochoje vandens tiekimas vėl pradeda sparčiai vystytis. Tuo metu ima augti manufaktūra, miestuose apsigyvena vis daugiau žmonių. XV–XVI a. švininiai vandentiekiai įrengti keliuose Vokietijos miestuose. Iki šiol tebeveikia XVII a. pastatyti Versalio karališkieji fontanai, kuriems per parą tiekiamo vandens kiekis vos ne šešis kartus viršijo visam Paryžiui tiekiamo vandens kiekį (Versaliui – 2 800 kubinių metrų, o Paryžiui – 500 kubinių metrų). XVI a. pabaigoje įrengtas vandentiekis Kopenhagoje.

Buvusioje Sovietų Sąjungoje seniausi vandentiekio įrenginiai randami Vidurinėje Azijoje, kur gruntiniam vandeniui surinkti buvo naudojamos požeminės galerijos, vadinami kiarizai. Kryme uolose iškirstais rezervuarais buvo renkami atmosferiniai vandenys. XI a. Novgorode buvo įrengtas savitakis vandentiekis iš medinių vamzdžių, o Gruzijoje XIII a. įrengtas vandentiekis iš keraminių vamzdžių. Maskvos kremliuje XV a. buvo įrengtas savitakis vandentiekis, o XVII a., 1631 m., – slėginis švininių vamzdžių vandentiekis su bokštu. Pirmojoje XVIII a. pusėje Rusijos imperijos sostinėje Sankt Peterburge ir priemiestinėse caro rezidencijose pastatyti tuo metu gana sudėtingi vandentiekio įrenginiai: vandens kanalas Perterburgo vasaros sode, garsieji Peterhofo fontanai, kurie savo dydžiu pralenkė garsiuosius Versalio fontanus,

vandentiekis Carskoje Selo. Savitakis Maskvos miesto vandentiekis įrengtas XIX a. pradžioje. XIX a. antrojoje pusėje skaidrintas paviršinių telkinių vanduo centralizuotais vandentiekiais imtas tiekti Stokholmo ir Varšuvos miestuose.

Įdomių faktų randama ir apie Lietuvos vandentiekų vystymąsi. Pirmasis vandentiekis mūsų šalyje įrengtas Vilniuje XVa. Vanduo miestui tiekiamas iš Vingrių šaltinių. Juos tuo metu dominikonų vienuoliams rašytine privilegija pasipelnymui padovanojo Lietuvos Didysis kunigaikštis Aleksandras. Vėliau, apie 1535m., miestas įsigijo Žiurponių vandens šaltinius, kurie vadinti Misionierių šaltiniais, o 1598 m. pradėti naudoti ir Aušros vartų vandens šaltiniai. Taip buvo įrengti trys gravitaciniai senojo vandentiekio tinklai ir vanduo miestui iš šių trijų vandens šaltinių be pertraukos buvo tiekiamas net daugiau kaip 400 metų. Įmonių savininkai ir turtingi gyventojai iki 1893m. įvairiose miesto dalyse buvo išsigręžę apie 40 vandens gręžinių. Vilniaus miesto vandentiekio tinklai, iš pradžių padaryti iš medinių gręžtinių vamzdžių, vėliau, XIX a. antroje pusėje, pakeisti metaliniais. Tuo metu Vilniuje daugėjant gyventojų skaičiui vandens ėmė trūkti, atsirado būtinybė įrengti naują vandentiekį. Pagal inžinieriaus E. Šimanskio projektą vandenį numatyta imti iš Neries upės ir jį valyti, vokiečių hidrotechnikas O. Smrekeris pateikė projektą vandens tiekimui naudoti požeminius vandenius. Pastarojo projektas buvo patvirtintas, vėliau detalizuotas bei papildytas inžinieriaus E. Šenfeldo. Naujasis vandentiekis pradėjo veikti 1914 m., išgręžus gręžinius ir pastačius siurblinę Bernardinų sode. Iki Antrojo pasaulinio karo Vilniaus miesto vandentiekis jau buvo 93 kilometrų ilgio. Po karo plečiantis Vilniui, sparčiai plėtėsi ir vandentiekio tinklai. 1990 m. Vilniaus miesto vandentiekio tinklų ilgis siekė 764 kilometrus, o 2004 m. – 1 275 kilometrus. Tai rodo nuolatinį šios sistemos poreikį plėstis ir tobulėti.

Kituose Lietuvos miestuose vandentiekio tinklai taip pat palaipsniui buvo įrenginėjami ir plečiami. Kaune, Eiguliuose, 1928 m. pradėtas įrengti pirmasis centralizuotas vandentiekis, kuriam projektą parengė šveicarų inžinierius V. Briksas. Pagal jį buvo išgręžti gręžiniai, pastatyta siurblinė ir nutiesti vandentiekio vamzdžiai. Vandentiekis pradėjo veikti kitų metų pabaigoje. Klaipėdoje pirmasis gręžinys išgręžtas 1899 m. Buvo pastatyta siurblinė, aeracijos bei filtracijos stotis ir pradėjo veikti pirmasis centralizuotas vandentiekis. Šiuo metu Klaipėdoje įrengtos ir veikia trys vandenvietės. Nuo 2004 m. veikia vandens ruošykla, šalinanti organines priemaišas, spalvingumą, manganą. Šiauliuose vandentiekis pradėjo veikti tik 1948 metais, nors tinklų tiesimo darbai buvo pradėti dar prieš Antrąjį pasaulinį karą. Panevėžyje centralizuotas vandentiekis pradėjo veikti 1960 metais.

1.2. Vandentiekis Lietuvoje

Vandentikiu vadinamas inžinerinių įrenginių kompleksas, kurio pagalba vandens vartotojai aprūpinami kokybišku vandeniu.

Mūsų šalies geriamojo vandens kokybė ganėtinai gera lyginant su kitų Europos miestų geriamojo vandens kokybe, tai įtakoja ne tik geros gamtinės sąlygos, bet ir geriamojo vandens kokybės priežiūra. Tačiau, kad ir kaip būtų gaila, ne visos vandenvietės atitinka griežtus geriamojo vandens įstatymus ir Lietuvos higienos normas: HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“, kuri nustato geriamojo vandens ir buityje naudojamo karšto vandens saugos kokybės reikalavimus, HN 28:2003 „Natūralaus mineralinio vandens ir šaltinio vandens naudojimo ir pateikimo į rinką reikalavimai“, kuri taikoma šaltinio ir iš žemės gelmių gautam vandeniui, kuris atsakingų institucijų pripažintas natūraliu mineraliniu vandeniu.

Visas žmogaus gyvenimas, jo ūkinė veikla tiesiogiai susieta su vandeniu, todėl mes turime skirti didžiulį dėmesį vandens kokybei. Nacionalinis visuomenės sveikatos centras yra pateikęs duomenis, apie šachtinių šulinių vandens mėginių reikalavimų neatitikimą. Šachtinių šulinių vandens mėginių reikalavimų neatitinka apie 30 proc. tirtų šulinių ir šis skaičius negerėja jau daugeli metų. Šuliniuose vanduo užterštas nitritais ir nitratais. Norint pagerinti šį rodiklį Lietuvoje ir naudotis švariu ir kokybišku geriamuoju vandeniu pigiausias ir patogiausias būdas yra prisijungti prie vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo tinklų. Europos Sąjungos, vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įmonių, Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos, savivaldybių administracijos pagalba, vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo infrastruktūra sėkmingai plečiama Lietuvoje. Vis daugiau gyventojų gali ženkliai pagerinti savo gyvenimo kokybę.

Kokybiškas vanduo yra gyvybiškai svarbus, kuris reikalingas kasdien, gyvybinimas procesams palaikyti, maistui gaminti, pramonei vystyti, gaisrams gesinti, žemės ūkiui.

Per dešimt metų (2004–2014) Lietuvoje prie centralizuotų vandentiekio tinklų prijungta 120 952 namų ūkiai, o prie nuotekų tinklų – 167 465 namų ūkiai. Šią informaciją pateikė Aplinkos projektų valdymo agentūros Vandentvarkos projektų skyriaus vedėjas Vidas Stašauskas.

Šiuo metu apie 82 proc. Lietuvos gyventojų turi galimybę naudotis centralizuoto vandentiekio ir nuotekų surinkimo tinklais. Žvelgiant iš dabartinių technologinių pasiekimų vandentvarkos srityje šių dienų tikslas, kad 95 proc. gyventojų turėtų galimybę naudotis centralizuoto vandentiekio ir nuotekų surinkimo tinklais.

Lietuvos geologijos tarnybos apie Aplinkos ministerijos, šalyje yra 1 304 gėlo geriamojo požeminio vandens vandenvietės ir 37 mineralinio vandens vandenvietės. 2014 metais iš žemės gelmių buvo paimta daugiau kaip 132 mln. kubinių metrų (vidutiniškai 362 633 kub. m per dieną) gėlo geriamojo vandens ir daugiau kaip 140 tūkst. kub. mineralinio vandens, naudojamo gerti ir sveikatinimo procedūroms. Požeminio vandens šalyje 2014 metais išgauta 2 proc. daugiau nei 2013 metais.

Atsakomybė už geriamojo vandens tiekimą ir nuotekų tvarkymą perduota savivaldybėms, o valstybinis reguliavimas – Vyriausybei, Aplinkos ministerijai, Sveikatos apsaugos

ministerijai, Valstybinei maisto ir veterinarijos tarnybai, Valstybinei kainų ir energetikos kontrolės komisijai, Valstybinei vartotojų teisių apsaugos tarnybai. Šiandien Lietuvoje dirba 373 geriamojo vandens tiekėjai, tačiau 98 % Lietuvos vartotojų aptarnauja apie 70 savivaldybių įsteigtų ir kontroliuojamų geriamojo vandens tiekimo įmonių [27].

| GERIAMOJO VANDENS TIEKĖJAI LIETUVOS SAVIVALDYBĖSE, TIEKIAN TY S VANDENĮ 50 IR DAUGIAU VARTOTOJŲ | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| Savivaldybės | Geriamojo vandens tiekėjų skaičius | Savivaldybės | Geriamojo vandens tiekėjų skaičius | Savivaldybės | Geriamojo vandens tiekėjų skaičius |
| Akmenės r. | 6 | Klaipėdos r. | 29 | Skuodo r. | 25 |
| Alytaus m. | 1 | Kretingos r. | 3 | Šakių r. | 15 |
| Alytaus r. | 1 | Kupiškio r. | 13 | Šalčininkų r. | 4 |
| Anykščių r. | 19 | Lazdijų r. | 2 | Šiaulių m. | 1 |
| Birštono | 1 | Marijampolės | 4 | Šiaulių r. | 6 |
| Biržų r. | 21 | Mažeikių r. | 12 | Šilalės r. | 2 |
| Druskininkų | 1 | Molėtų r. | 1 | Šilutės r. | 8 |
| Elektrėnų | 3 | Neringos | 2 | Širvintų r. | 1 |
| Ignalinos r. | 4 | Pagėgių | 2 | Švenčionių r. | 8 |
| Jonavos r. | 4 | Pakruojo r. | 13 | Tauragės r. | 10 |
| Joniškio r. | 2 | Palangos m. | 3 | Telšių r. | 2 |
| Jurbarko r. | 1 | Panevėžio m. | 1 | Trakų r. | 1 |
| Kaišiadorių r. | 7 | Panevėžio r. | 11 | Ukmergės r. | 2 |
| Kalvarijos | 2 | Pasvalio r. | 15 | Utenos r. | 1 |
| Kauno m. | 1 | Plungės r. | 1 | Varėnos r. | 4 |
| Kauno r. | 9 | Prienų r. | 2 | Vilkaviškio r. | 23 |
| Kazlų Rūdos | 7 | Radviliškio r. | 3 | Vilniaus m. | 2 |
| Kelmės r. | 3 | Raseinių r. | 4 | Vilniaus r. | 4 |
| Kėdainių r. | 1 | Rietavo | 6 | Visagino m. | 1 |
| Klaipėdos m. | 3 | Rokiškio r. | 26 | Žarasų r. | 3 |

4 pav. Geriamojo vandens tiekėjai Lietuvos savivaldybėse, tiekiantys vandenį 50 ir daugiau vartotojų [27]

1.3. Geriamo vandens kokybė Europoje

Vienas iš pagrindinių Europos Sąjungos politikos elementų užtikrinti saugią prieigą prie kokybiško geriamojo vandens. 1998 11 03 ES buvo priimta Europos Tarybos direktyva 98/83/EC „Žmonių vartojamo vandens kokybė“ („Council Directive 98/83/EC of November 1998

on the quality of water intended for human consumption“), kuri reglamentuoja geriamojo vandens kokybę. Pasaulinė sveikatos organizacija yra išleidusi geriamojo vandens kokybės vadovą WHO „Guidelines for drinking water quality“.

Daugumos ES gyventojų prieiga prie kokybiško geriamojo vandens, ypač palyginti su kai kuriais kitais pasaulio regionais, jau yra labai gera. Tam iš dalies padėjo jau daugiau kaip 30 metų galiojantys ES teisės aktai, reglamentuojantys geriamojo vandens kokybę. Ši politika užtikrina, kad žmonėms vartoti skirtas vanduo būtų saugus ir nekeltų grėsmės piliečių sveikatai. Pagrindiniai šios politikos ramsčiai:

- užtikrinti, kad geriamojo vandens kokybė būtų kontroliuojama remiantis naujausiais moksliniais duomenimis grindžiamais standartais;
- vykdyti veiksmingą ir efektyvią geriamojo vandens kokybės stebėseną, atlikti kokybės vertinimą ir užtikrinti, kad ji atitiktų reikalavimus;
- laiku tinkamai teikti vartotojams reikiamą informaciją [12].

Tačiau ne visuose šalyse geriamasis vanduo yra 100 % kokybiškas ir rekomenduojamas gerti. Tą pastebėję Britai sudarė žemėlapius 5 pav., 6 pav. turistams, kuriuose pažymėjo Europos šalis, kuriuose patartina gerti vandenį iš čiaupo, kuriose nepatartina. Žemėlapius sudarė vadovaudamiesi JAV užkrečiamų ligų prevencijos ir kontrolės centro rekomendacijomis.

Labai gaila, bet Lietuva pateko į sąrašą, kuriame nerekomenduojame gerti vandens iš čiaupo. Tačiau galime nesutikti su šia informacija, nes „Mūsų vanduo yra 98–100 % ruošiamas iš vandens, išsiurbto iš žemės gelmių. Toks aukštas požeminio vandens naudojimo rodiklis yra tik Vokietijoje, Austrijoje ir Danijoje. Tuo metu didžiajai daliai europiečių tenka gerti upių ir ežerų vandenį“, – teigė Lietuvos vandens tiekėjų asociacijos prezidentas Bronius Miežutavičius.



5 pav. Šalys, kur vandentiekio vandenį gerti galima [12]



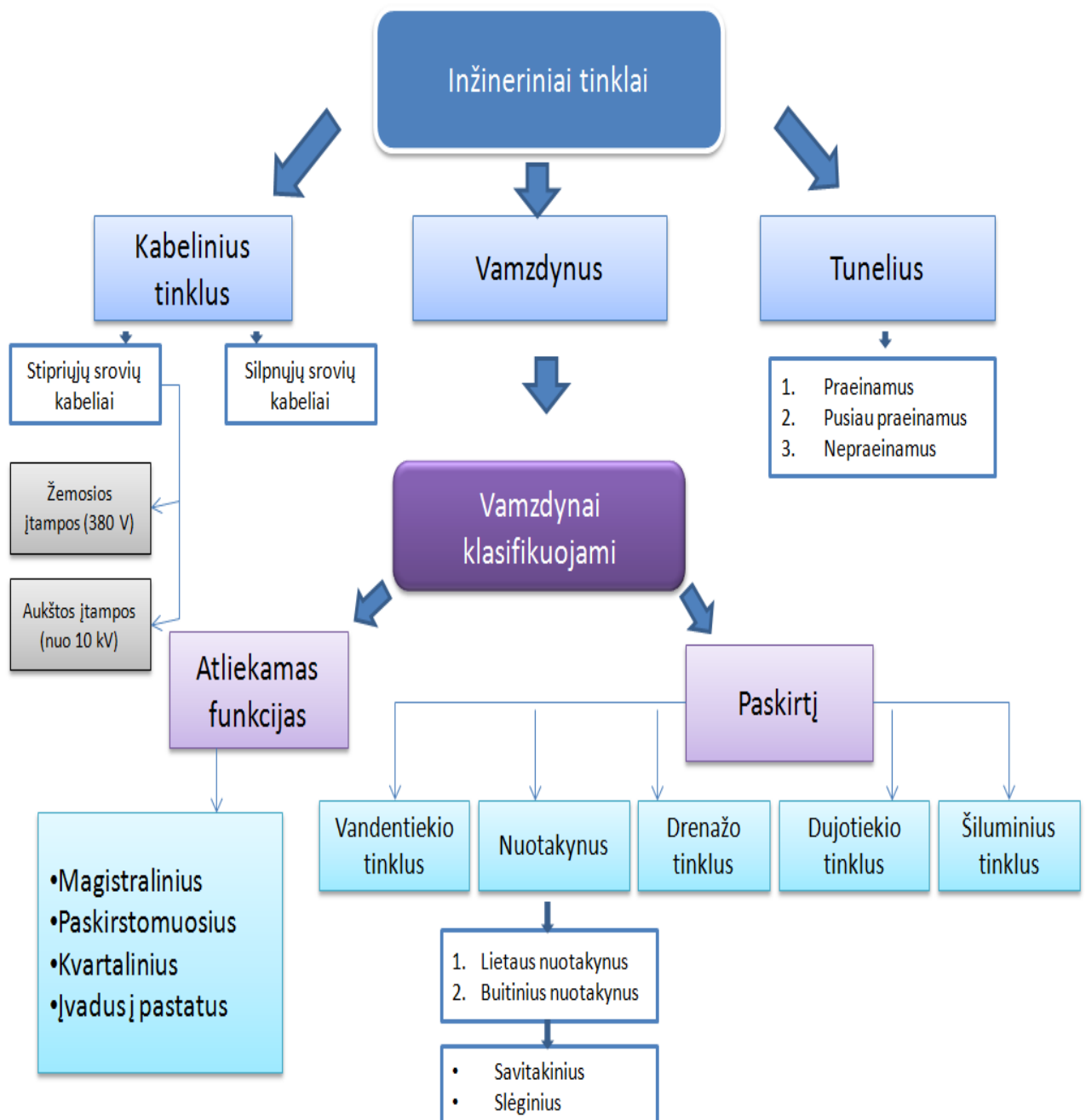
6 pav. Šalys, kur vandentiekio vandenį gerti nerekomenduojama [12]

1.4. Inžineriniai tinklai

Inžineriniai tinklai – statinio statybos sklype (išskyrus statinio vidų) ir už jo ribų nutiesti komunaliniai ar vietiniai vandentiekio, nuotekų šalinimo, šilumos, naftos, dujų ar kito kuro,

technologiniai vamzdynai, elektros perdavimo, energijos ir elektroninių ryšių tinklai kartu su maitinimo šaltiniais ir įrenginiais [25].

Inžinerinių tinklų klasifikavimas pateiktas 7 pav.



7 pav. Inžinerinių tinklų klasifikacija

1.5. Požeminiai vandentiekio tinklai

Vandens panaudojimas labai įvairus, todėl vandens kokybei keliami nevienodi reikalavimai. Atsižvelgiant į vandens kokybę, tiekiamas vanduo gali būti:

- buitinis;
- gamybinis;
- priešgaisrinis.

Buitinis vanduo labai svarbus mūsų kasdieniniame gyvenime, nes pagrindinis vartotojas yra gyventojai. Jis naudojamas ne tik troškuliui malšinti, maistui gaminti, bet ir švarai palaikyti. Šiam vandieniui keliami sanitariniai ir higieniniai reikalavimai. Jis turi būti be bakterijų, kurios gali sukelti ligas, skaidrus, bekvapis, be specifinio kvapo, skonio ir nekenkti žmogaus sveikatai.

Geriamąjį vandenį tiekia komunaliniai vandentiekiai. Jie atsakingi už tiekiamo vandens kokybę vartotojams. Lietuvoje geriamojo vandens kokybę nustato Lietuvos higienos norma HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“. Šiuo dokumentu privalo vadovautis visi mūsų šalies vandens tiekėjai. Norint užtikrinti vandentiekio skirstomųjų tinklų tiekiamą vandens kokybę yra nustatytas imamų mėginių skaičius, kuris pateiktas 1 lent. Apskaičiuojant geriamojo vandens mėginių normas, vertinama, kad vienas žmogus per diena suvartoja 200 litrų vandens.

Kiekvienais metais geriamojo vandens tiekėjai iš viso atlieka apie 150 tūkstančių geriamojo vandens programinės priežiūros tyrimų. VMVT kontroliuoja geriamojo vandens programinės priežiūros vykdymą [28].

1 lentelė

Geriamojo vandens mėginių, imamų programinei priežiūrai per kalendorinius metus, normos

[23]

| Vandens tiekimo objekto teritorijai per dieną tiekiamo arba paskirstomo geriamojo vandens kiekis, kub. metrais | Nuolatinei programinei priežiūrai imamų mėginių skaičius per metus, ne mažiau kaip | Periodinei (audito) programinei priežiūrai imamų mėginių skaičius per metus, ne mažiau kaip |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Iki 100 | 4 | 1 |
| 101–1000 | 4 | 1 |
| 1001–10000 | | 1 ir 1 papildomas mėginys kiekvienai 3300 kub. metrų per dieną tiekiamo geriamojo vandens bendrojo tūrio daliai |
| 10001–100000 | 4 ir 3 papildomi mėginiai kiekvienai 1000 kub. metrų per dieną tiekiamo geriamojo vandens bendrojo tūrio daliai | 3 ir 1 papildomas mėginys kiekvienai 10000 kub. metrų per dieną tiekiamo geriamojo vandens bendrojo tūrio daliai |
| 100001 ir daugiau | | 10 ir 1 papildomas mėginys kiekvienai 25000 kub. metrų per dieną tiekiamo geriamojo vandens bendrojo tūrio daliai |

Gamybinis vanduo gausiai naudojamas pramonės, transporto, energetikos, žemės ūkio ir kitose įmonėse. Gamybinio vandens vartotojai – pramoniniai ir gamybiniai rajonai,

gyvulininkystės ir žemės ūkio veikla užsiimantys sektoriai, kitų ūkio šakų mažos įmonės. Šio vandens kokybei nėra keliami labai aukšti reikalavimai, tačiau kiekvienas naudotojas, kelia įvairius reikalavimus, nes kiekvienai ūkio šakai reikia kitokio vandens.

Priešgaisrinis vanduo skirtas gaisrams gesinti. Gaisrų gesinimui tinkamas bet koks vanduo. Šio vandens vartotojai – gyvenamųjų namų gyventojai, pramoniniai, gamybiniai sektoriai. Projektuojant priešgaisrinio vandens tiekimo leidžiama nenumatyti:

- gyvenvietėse iki 50 gyventojų;
- valgykloms, užkandinėms, kavinėms ir panašioms įmonėms iki 1000 m³ tūrio, pastatytoms ne gyvenvietėse, prekybos įmonėms iki 150 m², išskyrus pramoninių prekių parduotuves, I ir II atsparumo ugniai visuomeniniams pastatams iki 250 m³ tūrio;
- I ir II atsparumo ugniai iki 1000 m³ tūrio E gamybos kategorijos pastatams, o taip pat iki 250 m³ tūrio pastatams, kuriuose yra neapsaugotos metalinės, medinės laikančios konstrukcijos arba naudojama polimerinė šiluminė izoliacija;
- I ir II atsparumo ugniai gelžbetonio gamyklų pastatams gyvenvietėse turinčiuose vandentiekį, kai hidrantai išdėstyti ne toliau 200 m., nuo gamyklos pastatų;
- sezoniniams universaliems iki 1000 m³ tūrio žemės ūkio produkcijos priėmimo – paruošimo punktams;
- degių ir nedegių medžiagų degiame įpakavime iki 150 m² ploto sandeliams [22].

Išvada. Šiuo metu visuose didesniuose Lietuvos miestuose, taip pat ir daugelyje kaimo gyvenviečių vandentiekiai yra. Geriamasis vanduo Lietuvoje tiekiamas tik iš požeminių vandens telkinių. Vandentiekų tinklas nuolat plečiamas ir tobulinamas, siekiama, kad vandens kokybė atitiktų šiuolaikinius reikalavimus. Mažose gyvenvietėse ir ypač atokesniuose kaimuose vandentiekų trūksta, ir gyventojai geriamuoju vandeniu apsirūpina iš šachtinių šulinių. Naujai nutiesti ar renovuoti vandentiekio tinklai užtikrina geriamo vandens kokybę, pagal Lietuvos higienos normas HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“.

2. ANALITINĖ DALIS

2.1. Betranšėjės technologijos atsiradimas

Betranšėjės technologijos atsirado Amerikoje, buvo sugalvotos JAV konstruktorių. Naujų vamzdynų tiesimo technologijų jie buvo priversti ieškoti dėl to, jog tankiai apgyvendintuose miestuose atliekami požeminiai darbai ne tik trikdė susisiekimą, bet ir bjaurojo aplinką. Tokiems aplinką sujaukiantiems darbams priešinosi ir privačią nuosavybę turintys amerikiečiai [26].

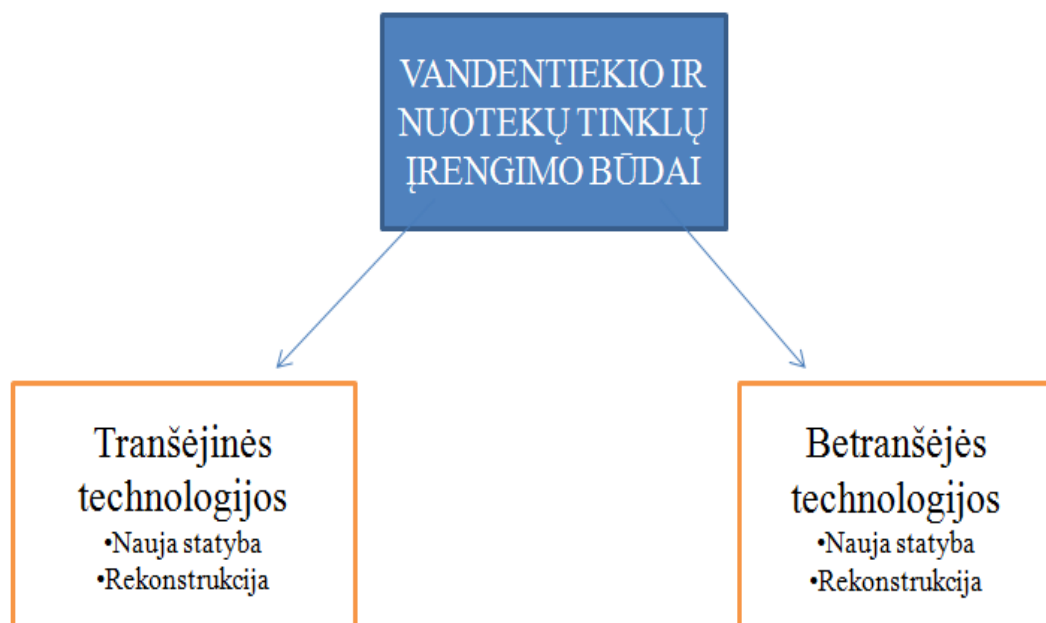
Betranšėjės technologijos leidžia atnaujinti susidėvėjusius vamzdynus, kloti naujus neardant aplinkos, tiesti juos, taip pat kabelius, po pastatais, geležinkeliu, keliais, automagistralėmis ir pan. Naujos technologijos leidžia darbus atlikti švariai neardant asfalto dangos, šaligatvio, neuždarant ir netrikdant eismo. Šios technologijos leidžia komunikacijas nutiesti net po upėmis [26].

Lietuvoje betranšėjės technologijos pradėtos naudoti gana neseniai, tačiau jų efektyvumas jau įrodytas ne viename įgyvendintame projekte. Žinoma, palyginti su Azijos valstybėse ar JAV naudojamais įrenginiais, mūsų įmonių pajėgumas gerokai skiriasi. Kita vertus, Lietuvoje kol kas nėra ir poreikio itin galingai betranšėjų technologijų įrangai. Įsimintiniausi darbai, atlikti naudojantis betranšėjėmis technologijomis, – iš Klaipėdos pusės į Neringą nutiestas optinis kabelis po Kuršių mariomis. Įgyvendinant projektą tuo metu buvo išgręžtas ilgiausias ne tik Lietuvoje, bet ir vienas ilgiausių vientisų uždarytų perėjimų Baltijos šalyse. Šis gręžinys Kuršių marių dugnu siekė 1 572 metrus [43].

Suskystintųjų gamtinių dujų (SGD) terminalo projekto Klaipėdos uoste įgyvendinimas būtų sunkiai įmanomas be betranšėjų technologijų. Projekto metu įrengtos magistralinio dujotiekio bei optinio kabelio atkarpos po Vilhelmo kanalu, nutiestas 650 m ilgio dujotiekis ir paklota 350 m optinio kabelio nuo Kiaulės Nugaros iki terminalo platformos. Be tranšėjų paklotas optinis kabelis nuo Kiaulės Nugaros salos iki žemyninės dalies. Po Kuršių mariomis įrengta dujotiekio atkarpa, jungianti suskystintųjų gamtinių dujų terminalą su magistraliniu dujotiekiu. Užbaigtas 2,4 km ilgio gręžinys savo masteliu neabejotinai pretenduos į Europos rekordą [43].

2.2. Vandentiekio ir nuotekų tinklų įrengimo, rekonstrukcijos technologijos

Vandentiekio ir nuotekų tinklai gali būti renovuojami arba tiesiami nauji. Šiomis dienomis naudojamos technologijos pateikiamos schemoje (8 pav.):



8 pav. Vandentiekio ir nuotekų tinklų įrengimo būdai

Tranšėjinė technologija – viena iš seniausių technologijų, kai vamzdžiai klojami arba rekonstruojami atviru būdu.

Betranšėjės technologijos (BT) – tai greičiausiai besivystanti paskutinių dviejų dešimtmečių inžinierinių tinklų statybos ir remonto darbų sritis, leidžianti iki minimumo sumažinti varginančius žemės darbus, neapsunkinti transporto eismo ir sutrumpinti statybos laiką [16].

2.3. Vamzdynų įrengimas atviru būdu

Prieš pradėdant vamzdynų klojimo darbus atviru būdu pirmiausia patikrinamas vamzdynas, kuris turi būti be apnašų, nusidėvėjimo žymių, nedeformuotas, neturėti standartinių nuokrypių.

Žemės darbai vykdomi vadovaujantis STR 1.06.01:2016 „Statybos darbai. Statinio statybos priežiūra“. Kasant natūralaus drėgnumo gruntą, kai gruntinis vanduo yra giliai, vertikalias tranšėjas galima kasti jų neramstant (8 pav., a):

- smėlio ir žvyro gruntuose – iki 1,0 m gylio;
- priemolio ir molio gruntuose – iki 1,25 m gylio;
- molio gruntuose – iki 1,50 m gylio;
- ir ypač tankiuose molio gruntuose – iki 2,0 m gylio.

Gilesnės tranšėjos ramstomos (8 pav., b) arba kasamos su nuožulniais šlaitais (8 pav., c). Dirbant be išramstymo, didžiausias įvairaus gylio šlaito statumas nustatomas įvertinant grunto savybes pagal 2 lentelę [40].

2 lentelė

Šlaito statmens priklausomybė nuo duobės gylio [40]

| Gruntai | Didžiausias šlaito statmuo duobės gyliui, m | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| | 1,5 | | 3,0 | | 5,0 | |
| | Kampas tarp šlaito krypties ir horizontalės, laipsniais | Šlaito nuolydžio su duobės gyliu santykis | Kampas tarp šlaito krypties ir horizontalės, laipsniais | Šlaito nuolydžio su duobės gyliu santykis | Kampas tarp šlaito krypties ir horizontalės, laipsniais | Šlaito nuolydžio su duobės gyliu santykis |
| Supilti | 58 | 1:0,67 | 45 | 1:1 | 38 | 1:1,25 |
| Drėgni smėlio ir žvyro | 53 | 1:0,5 | 45 | 1:1 | 38 | 1:1 |
| Priesmėlis | 76 | 1:0,25 | 56 | 1:0,63 | 50 | 1:0,85 |
| Priemolis | 90 | 1:0 | 63 | 1:0,50 | 53 | 1:0,75 |
| Molis | 90 | 1:0 | 76 | 1:0,25 | 63 | 1:0,50 |
| Sausas geltonžemis | 90 | 1:0 | 63 | 1:0,50 | 63 | 1:0,50 |
| Moreninis smėlis ir piesmėlis | 76 | 1:0,25 | 60 | 1:0,57 | 53 | 1:0,75 |
| Priemolis | 78 | 1:0,2 | 63 | 1:0,50 | 57 | 1:0,65 |



a)



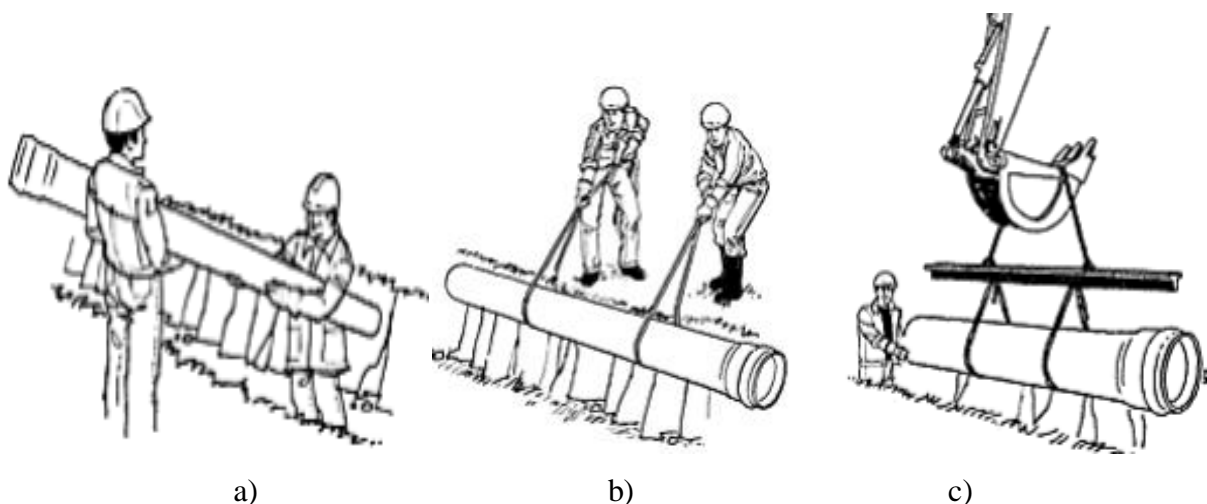
b)



c)

9 pav. Tranšėja: a) be išramstymo [18], b) su išramstymu [47], c) su nuožulniais šlaitais [29]

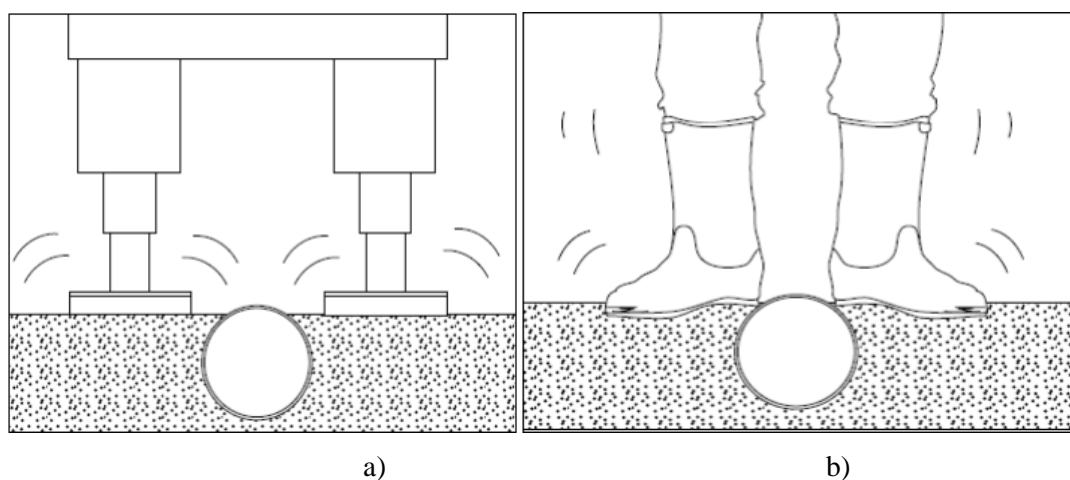
Į iškastas tranšėjas vamzdžius galima nuleisti rankomis arba mechanizmais (9 pav.). Tačiau rankomis galima leisti tik nedidelių skersmenų (100–300 mm) vamzdžius, kurie yra nesunkūs. Klojant didesnių diametrų vamzdžius naudojami kranai, trikojai, kėlimo sijos. Darbai atliekami kruopščiai, nuleidimas atliekamas taip, kad vamzdžiai nesiremtų į tranšėjos kraštą, mechanizmai netrūkčiotų, nebūtų pažeistas viršutinis vamzdžių sluoksnis. Vamzdis paklojamas pagal išilginę ašį, padėtis vertikalioje padėtyje nustatoma pagal išniveliuotus prie vizirinių lentų prikaltus vizirius.



10 pav. Vamzdžių sudėjimas į tranšėjas. a) rankomis, b) naudojant linus, c) naudojant specialias kėlimo sijas [49]

Klojant vamzdynus privaloma vadovautis projektu, kuriame nurodytas tranšėjos dugno nuolydis. Vamzdynų susidūrimo vietose tranšėjos dugnas praplatinamas ir pagilinamas, tam kad būtų patogu jungiant vamzdžius.

Tranšėjos dugne suformuojamas 15 cm paruošiamasis sluoksnis, sutrambuojant į esamą gruntą. Vamzdžiai ant jo turi atsiremti vienodai. Paklojus, vamzdžiai užpilami gruntu iki 20 cm virš vamzdžio viršaus. Gruntas sutankinamas plokščiu vibratoriumi ar kojomis (11 pav.) taip, kad vamzdžiai jame nejudėtų į šonus.



11 pav. a) Grunto sutankinimas plokščiu virbatoriumi. b) Grunto sutankinimas kojomis [49].

Išlyginimui ir užpildui naudojamos medžiagos turi atitikti šiuos kriterijus:

- dalelių dydis neturi viršyti 20 mm;
- 8... 20 mm dalelių kiekis neturi viršyti 10 %;
- medžiaga neturi būti sušalusi;
- negalima naudoti aštrių nuolaužų turinčių medžiagų.

Virš vamzdžio esantis užpildas turi atitikti reikalavimus, keliamus konstrukcijai, esančiai virš vamzdyno. Grunto sluoksnis virš vamzdžio turi būti nemažesnis kaip 0,6 m, jei vamzdyną veiks transporto apkrova, išskyrus atvejus, kai imamasi specialių priemonių [49]. Buitinių nuotekų vamzdžiai turi būti pakloti tokia gylyje, kad jie būtų apsaugoti nuo užšalimo.

2.4. Vamzdynų įrengimas betrašėja technologija

Betranšėjės technologijos gali būti taikomos naujų vamzdynų statybai ir senų vamzdynų renovacijai.



12 pav. Betranšėjų technologijų skirstymo schema

2.4.1. Vamzdynų įrengimas kryptinio gręžimo būdu

Šis metodas taikomas klojant naujas, visiškai nekasant grunto, inžinerines komunikacijas, dideliais atstumais, sudėtinguose gruntuose ir sunkiai prieinamose vietose (po keliais, pastatais, medžiais, upėmis ir t.t). Mechanizmas po žeme gręžimo būdu padaro reikiamo diametro tunelį ir įtraukia naujus atitinkamo dydžio vamzdžius [11].

Prieš pradėdant gręžimą nustatoma grunto rūšis ir atitinkamai paruošiamas bentonito mišinys gręžimui. Mišinio paruošimui mišinio talpa užpildoma vandeniu ir sudedami reikiami komponentai, įjungiami maišymo siurbliai ir ruošiamas mišinys. Atliekamas trasos išmušimas. Gręžimo mašina pastatoma numatytame starto taške ir paruošiama darbui. Mašina sujungiama šlangomis su maišymo stotimi, iš kur bus paduodamas bentonito mišinys, o taip pat valdymo kabeliu.

Vamzdynus įrengiant kryptinio gręžimo būdu, gręžimo mašina pastatoma traukiamos linijos gale, atsitraukus nuo pajungimo taško įgilinimui reikalingu atstumu. Prieš pradėdant horizontalų valdomą gręžimą, apribojamas automobilių eismas pagal suderintas schemas. Eismas ribojamas pastatant kelio ženklus, suderintus su atitinkama organizacija, kuriai priklauso statybos ruožas, kuriame vykdomi darbai.

Naudojant gręžimo mašiną išgręžiamas numatytos trajektorijos pilotinis gręžinys (13 pav.). Pilotinio gręžimo kryptį operatorius stebi specialios įrangos pagalba. Gręžimo metu operatorius seka informaciją apie šiuos:

- gręžimo galvos padėtį;
- nuolydį;
- gylį;
- baterijų išsikrovimą;
- grąžto galvos temperatūrą.

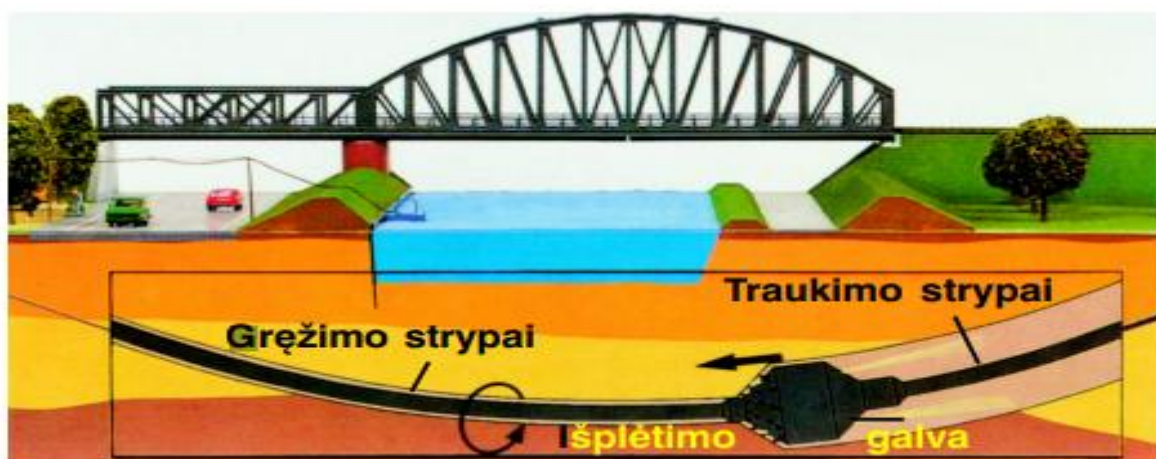
Šią informaciją įrenginys perduoda tiesiogiai.

Atliekant pilotinį gręžimą kontroliniai matavimai atliekami kas 3m. Mašinos operatorius sustūmęs 1 štangą, sustabdo mašiną pasukęs gręžimo galvą į padėtį 12 val., ir jungia naują štangą. Tuo metu matuotojas lokalizuoja gręžimo galvos vietą ir pamatuoja gylį. Esant nukrypimų nuo numatytos trajektorijos atitinkamai koreguojamas sekančios štangos stūmimas. Toliau operacijos kartojasi. Esant būtinybei kontroliniai matavimai ir trajektorijos koregavimas galima daryti kas trumpesnę atstumą [32].



13 pav. Pilotinio gręžimo schema [16]

Išėjimo taške pasiekus projektinį gylį, gręžimo galva nuimama ir prie gręžimo štangų prikabinamas plėstuvas ir polietileninis vamzdis. Gręžimo mašina pradeda traukti štangas atgal ir platindama gręžinį iki reikiamo diametro, kuris turi būti apie 30 % didesnis nei tiesiamo vamzdžio, traukia vamzdį.



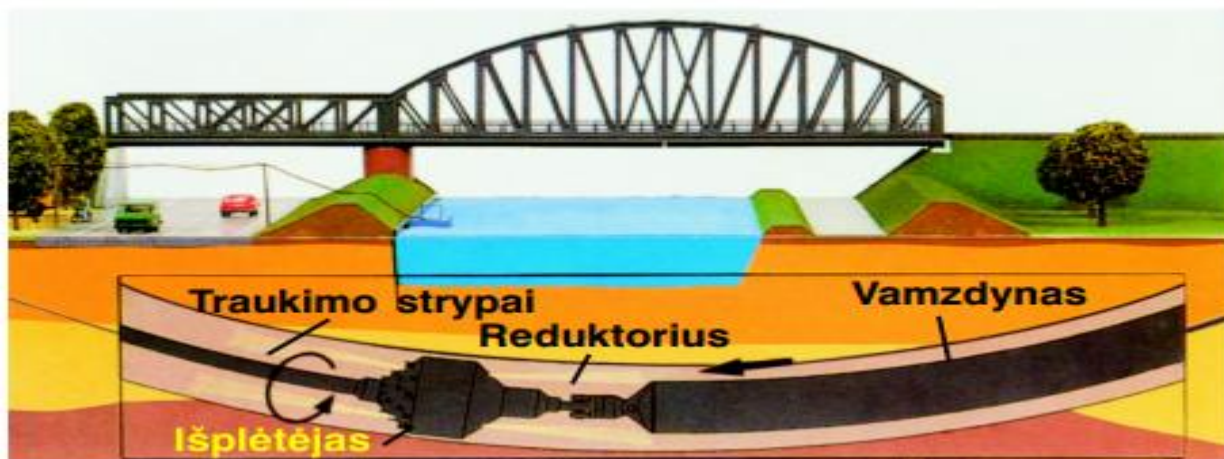
14 pav. Išplėtimo schema [16]

Kad gręžinys neįgriūtų yra naudojamas bentonitas, kuris neleidžia gruntui užgriūti ir tuo pačiu išneša gruntą iš gręžinio. Bentonitas – ekologiškas, švarus produktas, kuris sustiprina, stabilizuoja gręžinio sienelės, palengvina gręžimo procesą ir vamzdžio įtraukimą į gręžinį.

Bentonitas naudojamas:

- a) atšaldyti grąžtą ir elektroniką;
- b) suminkštinti gruntą tam, kad padidinti darbo našumą;
- c) pašalinti gręžinio gruntą iš tunelio;
- d) stabilizuoti tunelio sienutes;
- e) sumažinti trinties jėgas tarp tunelio sienučių ir įtraukiamo vamzdžio [16].

Įtraukus vamzdį, plėtimo galva atkabinama technologinėje iškasoje.



15 pav. Įtraukimo schema [16]

Matuotojas matavimo rezultatus įrašo į gręžimo trajektorijos lentelę. Dirbant su neautomatine gręžimo mašina štangų pajungimui ir arba išėmimui dalyvauja pagalbinis darbininkas, ar tą operaciją atlieka matuotojas atlikęs matavimo operaciją.

Atliekant gręžinio platinimo – vamzdžio traukimo darbus matavimai nebedaromi.

Jeigu gręžinio diametras didelis galimas gręžinio platinimas per kelis kartus. Tuomet, kad nepamesti gręžinio, gręžimo štangos jungiamos prie plėstuvo ir traukiamos į gręžinį. Ir taip baigus platintį gręžinį mes gręžinyje vėl turime įtrauktą gręžimo štangų jungtį, kurią atjungus nuo plėstuvo galima jungti prie mašinos ir tęsti tolimesnį gręžinio platinimą ar vamzdžio traukimą priklausomai nuo grunto ir gręžimo strategijos [32].

Jeigu vyksta gręžinio platinimas netraukiant vamzdžio tai matuotojas ir pagalbinis darbininkas organizuoja štangų nugabenimą į gręžinio galinį tašką.

Tokiu būdu pratraukiama nuo 100 m iki 150 m ilgio vamzdis. Kad reikėtų mažiau kasti vieno vamzdžio galas ir kito vamzdžio pradžia prasilenkia. Galutiniam linijos montazui gręžinių galuose kur vamzdžiai prasilenkia kasama duobė ir sujungiami vamzdžiai elektrinėmis movomis. Sujungimai gaunasi maždaug 100 – 150 m tarpais.



16 pav. Horizontalus valdomas kryptinis gręžimas [17]

Naudojant modernią technologinę gręžimo įrangą ir atliekant vamzdžių klojimo darbus HVKG – 5 ir daugiau kartų sutrumpėja statybos darbų laikas. Taip pat sumažinamos statybos darbų išlaidos, nes:

- Naudojama ženkliai mažiau sunkios žemės technikos, specialios įrangos ir darbo jėgos, tiesiant vamzdynus;
- Sumažinama avarinių situacijų atsiradimo rizika;
- Vykdamas darbus nebūtina naudotis išoriniais energijos šaltiniais dėl visiško gręžimo įrenginių autonomiškumo;
- Nebūtina vykdyti nusausinimo darbus, jei gruntinis vanduo yra aukštai;
- Nebūtina vykdyti daugelio didelių išlaidų reikalaujančių darbų, pvz. krantų tvirtinimo, povandeninių techninių darbų, sprogdinimo darbų, kieto grunto purenimo ir daugelio kitų;
- Jokių išlaidų atkuriant sugadintas kelių ir geležinkelių atkarpas, želdinius ir kitus miesto infrastruktūros objektus [17].

2.4.2. Uždaras perėjimas

Šis metodas taikomas, kai minimaliai atkasus gruntą nedideliais atstumais klojami vamzdynai po žeme, kelių dangomis, geležinkelius ir antžeminiais statiniais. Po žeme kalimo ir

stūmimo būdu padarius reikiamo dydžio tunelį įtraukiamas plieninis ar plastmasinis vamzdis [11]. Šis vamzdis dažniausiai atlieka dėklo funkciją, kurio ilgis gali siekti iki 60 metrų. Uždaro perėjimo metodu gali būti prakalami iki 2000 mm skersmens vamzdžiai.

Darbai gali būti vykdomi beveik visuose gruntuose, išskyrus uolinius ir įšalusius. Nerekomenduojama prakalimo būdu tiesti plastikinių vamzdžių iki 160 mm, ten kur grunte aptinkama statybinio laužo, didesnių nei 150 mm akmenų. Todėl prieš pradėdant prakalimo darbus būtina atlikti grunto žvalgybą.

2.4.3. Mikrotunelio (MT) įrengimas

MT metodas – pats tiksliausias būdas įrengiant inžinerinius tinklus. Jis naudojamas savitakinės linijos įrengimui arba įrengiant požemines komunikacijas apsauginiuose dėkluose po judriomis automobilių, geležinkelio ar pėsčiųjų magistralėmis. Šiuo metodu galima tiesti specialius plieninius (dėklai), polimerbetoninius, stiklo pluošto ar keramikinius vamzdžius, kurių skersmuo gali būti nuo 200 mm iki 3000 mm. Vamzdžiai būna 1 m, 2 m ir 3 m ilgio.

Kadangi šis metodas pats brangiausias, Lietuvoje jis naudojamas retai, esant būtinybei, kai darbai turi būti atlikti ypatingai tiksliai, dideliame gylyje, dideli atstumai tarp šulinių (iki 100 m), sudėtingos sąlygos (uolingi, vandeningi gruntai).

Prieš pradėdant statybos darbus MT metodu privaloma atlikti grunto tyrimus. Nustačius kokiam grunte bus atliekami darbai parenkama gręžimo galvutė, pasirenkamos darbinės ir priėmimo duobės, iš kurių bus vykdomi darbai. Atstumai tarp darbinių duobių galimi nuo 50 iki 100 metrų, tačiau jei tiesiami didelio skersmens vamzdžiai atstumai tarp darbinių duobių gali būti ir didesni. Darbinių duobių dydis (3 lent.) priklauso nuo vamzdžio skersmens ir ilgio. Darbinėje duobėje turi tilpti klojamas vamzdis ir gręžimo galvutė.

Darbinių duobių gabaritai mikro tunelio technologijai [16]

| Vamzdžio vidinis skersmuo (mm) | Vamzdžio ilgis (m) | Minimalūs darbinės duobės išmatavimai (m) | Minimalūs priėmimo duobės išmatavimai (m) |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 250 | 1 | 2,0 x 2,0 | 2,0 x 1,5 |
| 300 | 2 | 3,0 x 2,5 | 2,5 x 2,0 |
| 400 | 2 | 3,0 x 2,5 | 2,5 x 2,0 |
| 500 | 2 | 3,0 x 2,5 | 2,5 x 2,0 |
| 600 | 2 | 3,0 x 3,0 | 2,5 x 2,5 |
| 700 | 2 | 3,2 x 3,0 | 2,5 x 2,5 |
| 800 | 3 | 4,5 x 3,5 | 3,5 x 2,5 |
| 1000 | 3 | 4,5 x 3,5 | 3,5 x 2,5 |
| 1200 | 3 | 5,0 x 4,0 | 4,0 x 3,0 |
| 1500 | 3 | 5,0 x 4,0 | 4,0 x 3,0 |

Darbinių duobių apatinė dalis – maždaug 2 m aukščio nuo dugno, įrengiama gelžbetoninė, su paruoštom skylėm vamzdžio klojimo kryptimi. Darbinėje duobėje sumontuojamas hidraulinis presas, kuris stumia į priekį gręžimo galvutę ir vamzdžius. Taip pat sumontuojama lazerinė krypties valdymo sistema, leidžianti pastoviai koreguoti gręžimo tikslumą [16]. Darbai atliekami tik su minimalia paklaida – 50 metrų atstumui galimas nukrypimas 2 cm.



17 pav. Gręžimo parametrų kontrolė vairinės monitoriuje [15]

MT pagrindą sudaro:

1. Vairinė
2. Hidraulinis įrenginys
3. Kasimo skydas
4. Besisukančios dalies kontrolė
5. Optinis detektorius
6. Dumblo siurblys

7. Gręžimo vamzdžiai
8. Vamzdžių pakėlimo įrenginys
9. Stumimo stotis
10. Lazeris



18 pav. Mikrotunelių įrengimo technologija [15]

2.4.4. Laisvo įtraukimo metodas

Ilgavamzdžio laisvo įtraukimo metodas tinka tiek slėginiams tiek ir savitakiams nuotakynams, vandentiekio ir dujotiekio vamzdynų renovacijai. Šis metodas naudojamas renovuojant smarkiai suirusius vamzdynus, kurių sienelės nebegali atlaikyti išorinių ir vidinių apkrovų. Laisvo įtraukimo metodu gali būti naudojami: plastmasiniai (PE, PVC, PP) arba stiklo pluošto vamzdžiai. Maksimalus technologijos atstumas iki 200 m, vamzdžių skersmuo nuo 100 mm iki 1000 mm.

Prieš pradėdant renovuoti vamzdynus, būtina atlikti šiuos darbus:

- linija išvaloma nuo akmenų, smėlio bei kitų kietųjų dalelių, išplaunant padidintu slėgiu ar kitais metodais;
- atliekama videodiagnostika, kad būtų išsiaiškinti galimi defektai paslėptų sujungimų sandūrose, vamzdžių necentriškumo problemos.
- atkasamos tiesiame vamzdyje esančios sujungimų vietos ir pašalinami vamzdžio viduje esantys sujungimo galai.

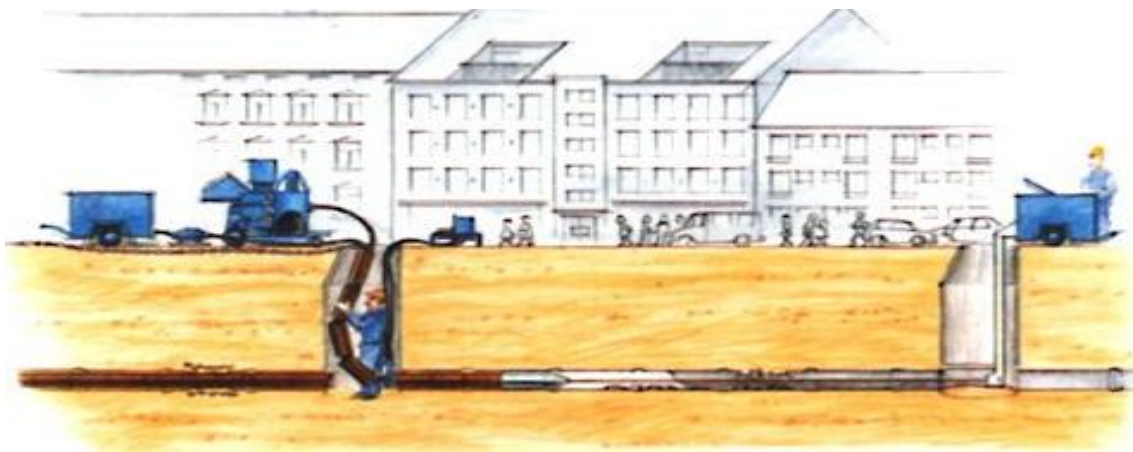
- patikrinama įtraukimo atkarpoje esančių kontrolinių šulinių pagrindo forma ir, jei reikia suardoma.

- įtraukiant vamzdį įprastiniu būdu prieš srovę, aplinkinis nuotekų permetimas nėra reikalingas. Tačiau norint išvengti patvankos pavojaus, siurbliavimo įranga turi būti paruošiama prieš įtraukimą.

Pirmiausia vamzdžiai sujungiami į vieną giją, lygią įtraukimo atkarpai, suvirinant sandūriniu būdu. Suvirinimo darbai atliekami tokioje vietoje, kur bus patiriama kiek galima mažesnė žala, o suvirinto vamzdžio įtraukimo proceso pradžioje nereikės tempti žeme. Suvirinant būtina laikytis vamzdžių gamintojo instrukcijų. Vamzdžio negalima pradėti traukti tol, kol suvirinimo siūlės nebus atvėsusios.

Darbai vykdomi iš abiejose renovuojamo vamzdyno atkarpos galuose esančių šulinių arba paruoštų prieduobių. Viename atkarpos gale naujas vamzdis paruošiamas įtraukimui, o kitame pastatoma traukimo gervė. Gervės lynas pertraukiamas per renovuojamą vamzdyną ir prikabinamas prie įtraukimui paruošto vamzdžio. Šio vamzdžio skersmuo būna mažesnis nei renovuojamo vamzdyno, todėl, iš anksto išplovus vamzdyną, naujo vamzdžio įtraukimas vyksta be didelių kliūčių. Tuo atveju, kai naujo vamzdžio skersmuo yra daugiau nei 50 mm mažesnis už senojo vamzdyno, ertmė, susidariusi tarp jų, užpildoma lengvuju cemento mišiniu [16].

Tačiau jei renovuojamo vamzdyno trasos šuliniuose yra perkričiai, vamzdžiai buvo remontuoti anksčiau ar pasitaiko vamzdžių skersmens sumažėjimų, tikslinga naudoti priverstinį įtraukimą.



19 pav. Laisvo įtraukimo metodo schema [35]

2.4.5. Priverstinio įtraukimo metodas

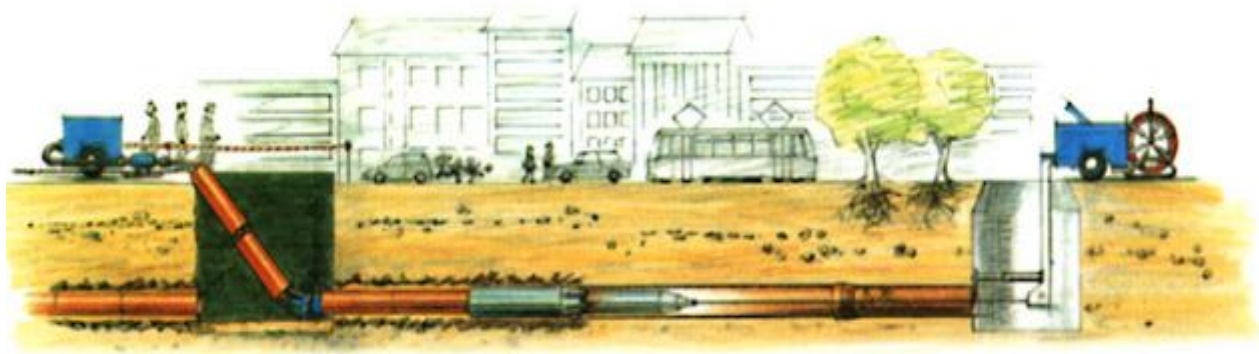
Priverstinio įtraukimo metodas (laužant seną vamzdį) tinka ir slėginiams ir beslėgiams vamzdynams atnaujinti. Šis metodas naudojamas renovuojant smarkiai suirusius

vamzdynus, kurių sienelės nebegali atlaikyti išorinių bei vidinių apkrovų, ir, kai negali būti sumažintas renovuojamo vamzdyno skersmuo. Taikant priverstinio įtraukimo metodą hidraulinis pralaidumas nemažėja, bet galima jį ir padidinti, pakeitus atnaujinamą vamzdį didesniu. Vamzdį galima didinti vienu nominaliu dydžiu. Priverstinio įtraukimo metodu naudojami plastmasiniai (PE, PVC, PP). Maksimalus technologijos atstumas iki 60 m, vamzdžių skersmuo nuo 100 mm iki 400 mm.

Prieš pradėdant renovuoti vamzdynus priverstinio įtraukimo metodu, būtina atlikti šiuos darbus:

- nustatyti 4 m atstumu nuo renovuojamo vamzdyno esančių lygiagrečių ar vamzdynų sankirtų bei kitų darinių vietas;
- atsikasti ir uždaryti prie renovuojamo vamzdyno prijungtas vamzdynų atšakas;
- pasiruošti aplinkinio vandens permetimo įranga;
- pasiruošti pradinę ir galutinę tranšėją;
- Įtraukimo atkarpoje esančių šulinių pagrindas ir sujungimai suardomi;
- renovuojamas vamzdynas praplaunamas;
- atliekama videodagnostika.

Darbai vykdomi iš abiejose renovuojamo vamzdyno atkarpos galuose esančių šulinių arba paruoštų prieduobių. Viename atkarpos gale paruošiamas vamzdis įtraukimui, kurio skersmuo toks pats arba didesnis nei seno vamzdyno, o kitame pastatoma traukimo gervė. Gervės lynas pertraukiamas per renovuojamą vamzdyną ir prijungiamas prie pneumatinio vamzdynų laužymo įrenginio, prie kurio yra prijungtas plėstuvas ir įtraukiamas vamzdis. Gervė traukia pneumatinį laužymo įrenginį į seną vamzdyną, kuris pneumatinių smūgių pagalba skaldo jį. Plėtimo galva stumia seno vamzdyno nuolaužas į šalis, o naujas vamzdis įtraukiamas iš paskos. Pasiekus atkarpos galą, pneumatinis įrenginys ir plėtimo galva atjungiami nuo vamzdžio ir naudojami kitos atkarpos renovacijai [32].



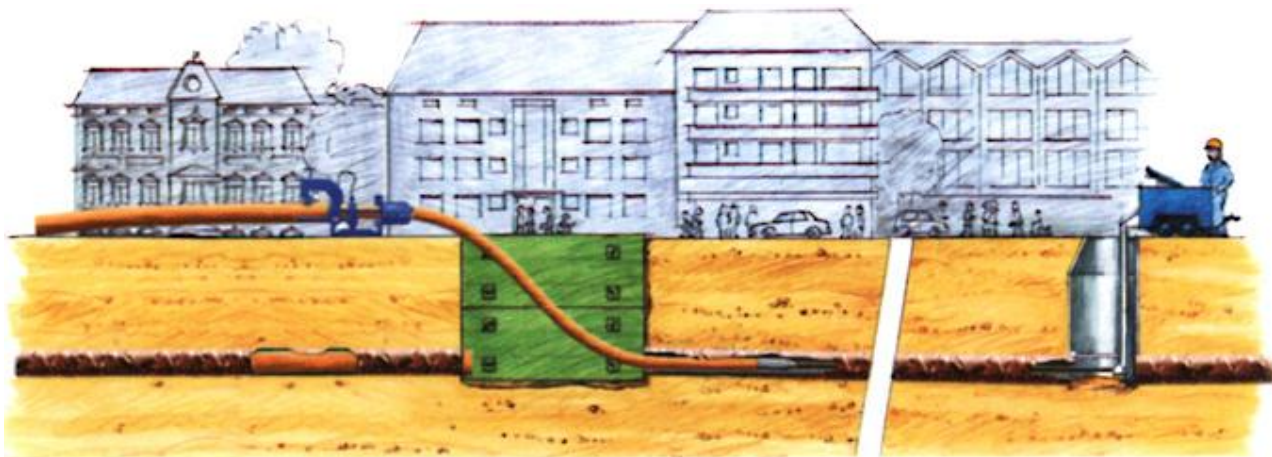
20 pav. Priverstinio įtraukimo metodo schema [16]

2.4.6. Prigludusio įtraukimo metodas

Prigludusio įtraukimo metodas tinka ir slėginiams ir beslėgiams vamzdynams atnaujinti. Šis metodas naudojamas renovuojant senus vamzdynus, kurių sienelės negali atlaikyti išorinių ir vidinių apkrovų arba padengiant struktūriškai tvirtus vamzdynus apsauginiu sluoksniu. Prigludusio įtraukimo metodu naudojami plastikiniai PE vamzdžiai. Maksimalus technologijos atstumas iki 50 m, vamzdžių skersmuo nuo 100 mm iki 1200 mm.

Prieš darbų pradžią vamzdynas praplaunamas ir atliekama videodiagnostika. Darbai vykdomi iš abiejose renovuojamo vamzdyno atkarpos galuose esančių prieduobių. Viena gale pastatoma traukimo gervė, kitame – paruoštas traukimui vamzdis, kuris prijungiamas prie skersmens mažinimo įrenginio, įtvirtinto prie renovuojamo vamzdyno galo. Gervė traukia naują vamzdį į renovuojamo vamzdyno vidų per skersmens mažinimo įrenginį, kuris sumažina PE vamzdžio skersmenį 7–14 %. Tai leidžia laisvai įtraukti naują, to paties skersmens kaip ir senas, vamzdį į vidų. Įtraukus vamzdį iki atkarpos galo, jis atjungiamas nuo gervės lyno bei skersmens mažinimo įrenginio ir po kelių valandų grįžta į savo natūralų būvį, t. y. tampa to paties skersmens kaip ir buvo, glaudžiai priglusdamas prie renovuojamo vamzdyno sienelių [35].

Priklausomai nuo seno vamzdyno būklės, gali būti naudojamas PE vamzdis, kuris savarankiškai atlaikys visas išorines ir vidines apkrovas arba plonasienis PE vamzdis, kuris, prigludęs prie seno vamzdyno sienelių, atliks apsauginio sluoksnio funkciją.



21 pav. Prigludusio įtraukimo metodo schema [35]

2.4.7. CIPP „rankovės“ metodas

CIPP „rankovės“ metodas (*Cure In Place Pipe Lining*) – vamzdžių vulkanizavimas tekstilės įdėklų iš vidaus. Atliekant vamzdynų renovaciją CIPP technologija įtraukiama ir išpučiama epoksidinėse dervose išmirkyta audinio rankovė, kuri po polimerizacijos sukietėja ir suformuoja

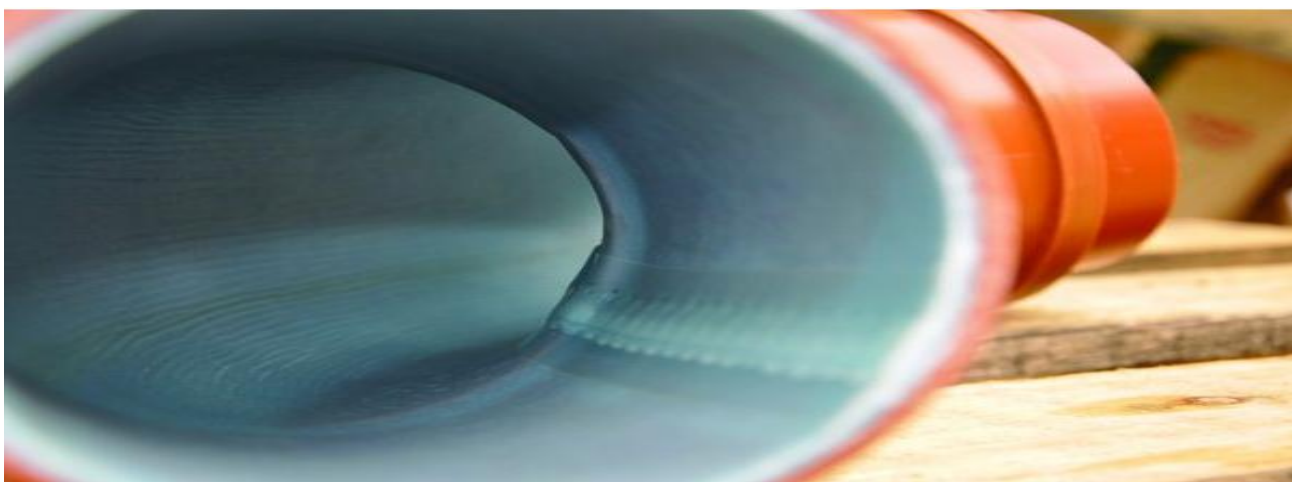
naują vamzdį. Dervų polimerizacija gali būti terminė, kai panaudojama karšto vandens ar garų šiluma, arba šviesos, kai naudojamas švitinimas ultravioletiniais spinduliais. Lietuvoje šiuo būdu pradėta renovuoti nuo 2012 metų.

CIPP technologijos ypatumas yra ir tai, kad taikant šią technologiją gaunami produktai (vamzdžiai) nėra standartizuoti gaminiai, t. y. jie yra gaminami pagal kiekvieno užsakovo individualius poreikius ir planuojamo rekonstruoti, remontuoti ar atnaujinti vamzdyno susidėvėjimo laipsnį, pažeidimus, vamzdyno vietą, gylį ir kitus požymius. Šis metodas padeda išvengti sunkių žemės kasinėjimo darbų, kurie apriboja tiek eismą, tiek ir galimybes naudotis vamzdžiais remonto metu, taip pat darbai gali būti atlikti daug greičiau [21].

„Rankovė“ gali būti naudojama vamzdynams, kurių skersmuo yra nuo 75 mm iki 1500 mm, taip pat yra ne apskrito profilio vamzdynai.



22 pav. „Rankovės“ įtraukimo proceso momentas [5]



23 pav. CIPP metodu renovuoto vamzdžio vidus [7]

2.5. Kokybės kontrolė

Į statybvietę atvežtus vamzdžius, smėlį, žvyrą, skaldą ir kitas medžiagas gaminius priima darbų vykdytojas pagal gamintojo išduotas atitikties deklaracijas. Priimant juos, darbų vykdytojas turi patikrinti ar jie yra tokios pat markės, klasės, rūšies, kaip yra nurodyta gamintojo išduotose gamintojo deklaracijose, projektinėje dokumentacijoje bei užsakyme.

Iškraunant vamzdžius turi būti surišti medžiaginiais diržais, jei keliama kranu, arba krautuvo šakės turėtų būti užapvalintais galais. Metaliniai laikikliai, kabliai arba grandinės negali liestis su vamzdžiais juos iškraunant. Pavieniai vamzdžiai nuimami nuo platformos horizontaliai. Pakuotėse gali būti ne daugiau kaip 4 vamzdžiai sudėti vienas ant kito. Per visą vamzdį turi būti sudėti mediniai įdėklai ne rečiau kaip 1 metro tarpais.

Fasoninės dalys laikomos taip supakuotos kaip buvo gautos iš gamyklos. Sandarinimo tarpines reikia apsaugoti nuo šalčio, jos laikomos neuždėtos ir neįmontuotos.

Skiedinys turi būti vienalytės konsistencijos. Būtina patikrinti ir jo slankumą.

Į statybvietę atvežtos medžiagos ir gaminiai turi būti iškraunami ir sandėliuojami specialiai tam parengtoje aikštelėje, apsaugančioje nuo atmosferos veiksnių įtakos.

Tranšėjos gylis bei nuolydžiai kontroliuojami periodiškai kasimo metu, lyginant projektinį gylį su faktiniu. Gylis bei nuolydžiai matuojami nivelyro pagalba.

Tiesiant vamzdyną galimi nukrypimai nuo normos, jei jie nekenkia konstrukcijos eksploatavimui ir nepažeidžia vamzdynų struktūros.

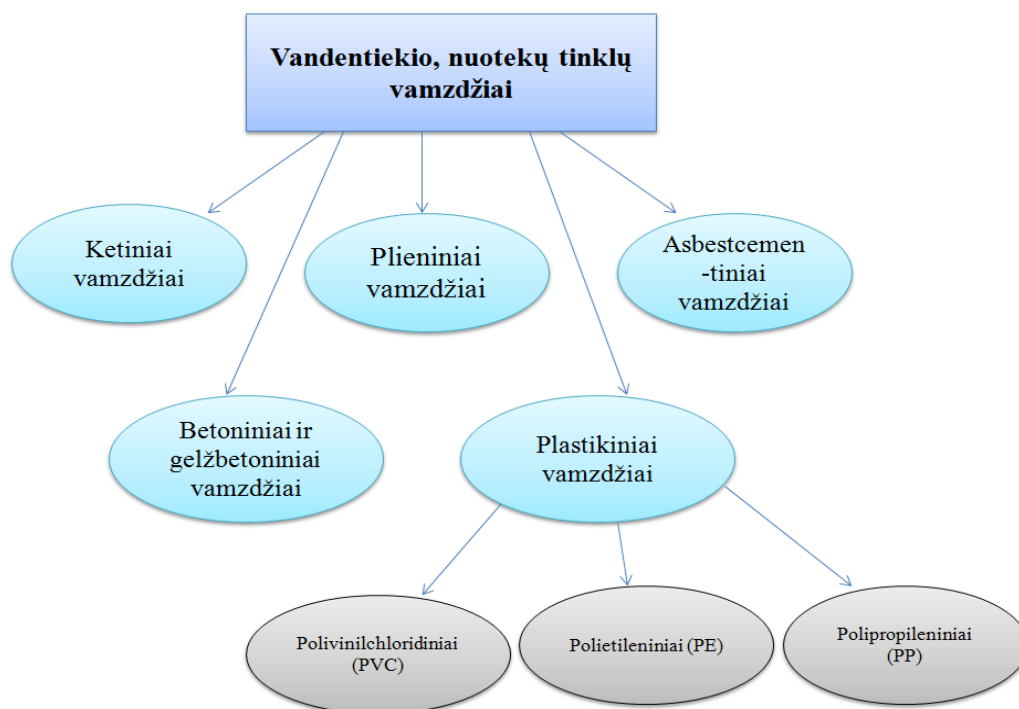
Jei paklota ar renovuota vandentiekio trasa, ją būtina dezinfekuoti. Pabaigus trasos statybą, vamzdynas išbandomas hidrauliniu arba pneumatiniu būdu, atliekama videodiagnostika. Jei pastebima deformacija ji turi būti išmatuojama.

Technologinių vamzdynų montavimo darbų kokybės kontrolės schema

| Eil. Nr. | Technologinės operacijos pavadinimas | Kontroliuoja ir atsako | Kaip atliekama kontrolė | Kada atliekama kontrolė | Pastabos |
|----------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1. | Medžiagų transportavimas ir priėmimas | Tiekimo firma, statinio statybos vadovas (SSV), darbų vykdytojas (DV) | Vizualiai, sutikrinimas atitikimas dokumentams | Iškrovimo ir pakrovimo metu | |
| 2. | Trasos nužymėjimas | Geodezininkas, DV | Geodeziniais prietaisais | Iki darbų pradžios | |
| 3. | Tranšėjos kasimas | DV | Vizualiai | Kasimo metu | Tranšėjos plotis klojimo gylyje $B=D$ vamzd. $+0,6m$ |
| 4. | Tranšėjos pagrindo paruošimas ir užfiksavimas | DV | Vizualiai Geodeziniais prietaisais | Įruošus pagrindą | Sutankinama iki $K \geq 0,95$ |
| 5. | Vamzdžių paklojimas, montavimas | DV | Vizualiai Geodeziniais prietaisais | Montavimo metu | Mín. 0,2% nuolydis. |
| 6. | Vamzdžių dalinis užpylimas | DV | Vizualiai | Prilypimo metu | 20cm virš vamzdžio-linijos smėlis |
| 7. | Vamzdžių pririšimas | DV Geodezininkas | Vizualiai, nivelyras, ruletė | Po sumontavimo ir dalinio pripylimo | Max. leistinas nukrypimas iki $d600mm-10mm$ $>d600mm-15mm$ |
| 8. | Vamzdžių galutinis užpylimas | DV | Vizualiai | Užpylus ir sutankinus | Iškastos medžiagos, dalelių dydis $\leq 75mm$ |
| 9. | Vamzdžių bandymai | DV | Matavimo prietaisai | Matavimų - testavimų metu | |

2.6. Vamzdžiai

Vandentiekio, nuotekų tinklams naudojami vamzdžiai pateikti schemoje, žiūrėti 24 pav.



24 pav. Vandentiekio ir nuotekų tinklų vamzdžiai

Ketiniai vamzdžiai – pagaminti pagal LST EN 545:2002 (stipriojo ketaus vandentiekių vamzdžiai, jungiamosios detalės, pagalbinių reikmenys ir jų jungtys) arba LST EN 598:1994 (stipriojo ketaus kanalizacijos sistemų vamzdžiai, jungiamosios detalės, pagalbinių reikmenys ir jų jungtys). Vandentiekio tinklui įrengti gali būti naudojami 60 – 2000 mm skersmens vamzdžiai. Jie gali būti naudojami iki 4 MPa slėgio vamzdynamics įrengti. Kaliojo ketaus vamzdžius veikia korozija, todėl šių vamzdžių vidus ir išorė padengta antikorozinė danga. Išorės padengimui naudojamas cinkas (pagal LST EN545) pagal spalvas: geriamojo vandens vamzdžiai padengti mėlynos spalvos epoksidine derva arba juodos spalvos bitumu, nuotekų vamzdžiai padengti tamsiai rudos spalvos epoksidine danga. Ketinių vamzdžių vidus futeruojamas cementu. Dažniausiai naudojamas portland–cementas. Futeravimas cementu yra būtinas, nes vandenyje esančios cheminės medžiagos stipriai paveiktų vamzdynamics.



25 pav. Ketinis vamzdis [39]

Plieniniai vamzdžiai – gaminami suvirinant iš lakštų ir besiūliai. Jų vidinis skersmuo gali būti 6 – 2000 mm, o ilgis nuo 5 m iki 15 m. Šie vamzdžiai klojami tiesiant vamzdynamics ant estakadų, tuneliuose, naudojami kaip futliarai. Vandentiekio tinklui naudojami vamzdžiai gaminami iš juostinio plieno, kurio išorė padengiama polietilenine izoliacija, o vidus cementiniu izoliaciniu sluoksniu. Jie yra stiprūs ir lankstūs, atlaiko 3,5 MPa slėgį, tačiau neatsparūs korozijai.



26 pav. Plieniniai vamzdžiai [36]

Asbestcementiniai vamzdžiai pagal standartą gaminami 3 markių. Jie atlaiko 0,6; 0,9 ir 1,2 MPa vandens slėgį. Vamzdžių vidinis skersmuo 100 – 500 mm, ilgis 2,95 – 3,95 m. Asbestcementinių vamzdžių privalumai: mažas šilumos ir elektros laidumas, atsparumas korozijai, mažas tankis ($32,1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) – tai leidžia lengviau juos gabenti ir montuoti; jų paviršiaus šiurkštumas nedidelis, lengvai pjaustomi ir aptekinami. Tačiau jie greitai dūžta nuo smūgių [13 p. 48].

Betoniniai ir gelžbetoniniai vamzdžiai – jų sistemos naudojamos daugiau nei 140 metų [51]. Gaminami pagal EN 1916 „Betono, plienpluosčio betono ir gelžbetoniniai vamzdžiai ir jungikliai“ standarto reikalavimus. Gelžbetoniniai vamzdžiai montuojami iš didelio skersmens (iki 1600 mm) vamzdžių, gaminamų statybos vietoje, o surenkami iš vamzdžių, pagamintų gamyklose. Surenkami gelžbetoniniai vamzdžiai yra 500-1600 mm skersmes ir atlaiko 0,5-1,5 MPa darbinį slėgį. Surenkamų gelžbetoninių vamzdžių sandūrų konstrukcijų yra daug. Jas galima suskirstyti į nejudančiąsias ir lanksčiąsias. Nejudančiosios sandūros neleidžia vamzdžiams pasislinkti, todėl tinka tik tose vietose, kur aplinkos temperatūra nedaug svyruoja ir numatomos nedidelės vamzdžio temperatūrinės deformacijos. Lanksčiosios sandūros šio trūkumo neturi. Surenkami vamzdžiai gali būti jungiami įmovomis su guminiiais žiedais, plieninėmis banguotomis įmovomis ir kitomis konstrukcijomis [3]. Jų užkasimo gylis gali siekti iki 10 m.

Betoniniai ir gelžbetoniniai vamzdžiai gaminami iš gerai sutankinto betono, jų vidinis ir išorinis paviršius padengiamas vandeniui atspariu sluoksniu, todėl yra ganėtinai atsparūs korozijai. Tačiau, kaip ir kiekvienas gaminy, betoniniai ir gelžbetoniniai vamzdžiai turi trūkumų: juos sunku transportuoti, nes yra sunkūs, nėra atsparūs smūgiams, pažeidus betoną, gaminy netenka antikorozinės izoliacijos.



27 pav. Gelžbetoniniai vamzdžiai [4]

Plastikiniai vamzdžiai – jų pasirinkimas įvairus: polivinilchloridiniai (PVC), polietileniniai (PE), polipropileniniai (PP). Lietuvoje dažniausiai lauko inžineriniams tinklams įrengti naudojami PVC ir PE vamzdžiai, o vidaus PP.

Polivinilchloridiniai (PVC) vamzdžiai

PVC vamzdžiai gaminami iš polivinilchlorido, išorinis jų skersmuo 110–630 mm, ilgis 500–6 000 mm. PVC vamzdžiai dažniausiai tiekiami su gamykloje įstatytais guminiiais žiedais (28 pav.), pateptais specialiu silikono tepalu, kuris yra atsparus vandeniui, be kenksmingų medžiagų, išieka standus aukštoje ir žemoje temperatūroje. Visi vamzdžių galai ir armatūros detalės turi apsauginius gaubtus, neleidžiančius užteršti gaminio vidaus. PVC vamzdžiai montuojami paprastai. [3].



28 pav. PVC vamzdžiai [10]

Lauko nuotekų vamzdžių žiedinis standumas yra trijų skirtingų klasių: SN2, SN4 ir SN8. Apkrovos klasė nurodo, kokia yra kritinė apkrova vamzdžio deformacijai ir kokią apkrovą atlaiko vamzdis, kai jį veikia iš išorės gruntas, transportas ir kiti veiksniai. Taip pat nuo klasės priklauso kokiam gylyje galima montuoti vamzdynus. Montavimo gyčiai pateikti 4 lentelėje. SN4 (arba N klasės) žiedinio stiprumo klasės plastiko vamzdžiai turi būti klojami nuo 0,8 m iki 6 m gylio vietovėse, kuriose nėra intensyvaus transporto eismo, jie atlaiko 4 kN/m² apkrovą. SN4 vamzdžiai gali būti montuojami ir gyčiau, tačiau prieš montuojant būtina atlikti detalesnius skaičiavimus. SN8 (arba N klasės) žiedinio stiprumo klasės plastiko vamzdžiai turi būti klojami nuo 0,6 m iki 6 m gylio bei po važiuojamąją kelio dalimi, jie atlaiko 8 kN/m² apkrovą.

Vamzdžių užkasimo gylis nuo vamzdžio viršaus (m) pagal klases [14]

| | | N klasė (SN4) | S klasė (SN8) |
|--------------------------------------------------|-----|---------------|---------------|
| Vamzdžių užkasimo gylis nuo vamzdžio viršaus (m) | 0,8 | N klasė (SN4) | S klasė (SN8) |
| | 1,0 | | |
| | 2,0 | | |
| | 3,0 | | |
| | 4,0 | | |
| | 5,0 | | |
| | 6,0 | | |
| | 7,0 | | |
| | 8,0 | | |

Vamzdžių iš PVC privalumai:

- atsparūs korozijai;
- atsparūs agresyvioms cheminėms medžiagoms ir požeminių vandenų poveikiui;
- mažai sveria;
- vidinių ir išorinių sienelių paviršius glotnus;
- vidinės sienelės atsparios nuosėdų formavimuisi;
- mikrobiologinis atsparumas;
- eksploatacijos laikas ne trumpesnis kaip 100 metų;
- greitas ir lengvas montavimas;
- lengvai ir paprastai montuojasi su kitomis nuotekų sistemomis;
- Reikalauja minimalaus aptarnavimo.

Polietileniniai (PE) vamzdžiai

PE vamzdžiai gaminami iš polietileno, PE slėginiai vamzdžiai jungiami mechaninėmis ketaus, žalvario arba plastiko jungtimis, sandūriniu suvirinimu arba naudojant elektrą virinamas movas. PE slėginiai vamzdžiai yra visiškai atsparūs korozijai, o teisingai sumontuoti PE vamzdiniai yra itin ilgaamžiai. PE vamzdžiai gali būti monolitiniai, dvisluoksniai ir trisluoksniai.

Viensluoksniai PE vamzdžiai

Tai monolitiniai PE vamzdžiai pagrįdė gaminami iš polietileno PE80, PE100 ir PE100RC. Tai didelio stiprumo polietileno rūšys, o iš PE100RC žaliavos (sertifikuotos pagal DIN PAS1075) pagamintas slėginis vamzdis yra ypač tvirtas ir atsparus lėtam plyšio sklidimui. „RC“ – tai žodžių „Resistance to Crack“ trumpinys, reiškiantis „atsparumą įtrūkimams“.

Dvisluoksniai PE vamzdžiai

Dvisluoksniai PE vamzdžiai, gaminami iš PE100RC žaliavos, skirti tiesti tradiciniu atviros tranšėjos metodu nenaudojant smėlio pagalvės (išlyginamojo smėlio sluoksnio) ir užpilant jį iškastu gruntu, arba nesudėtingiems pragrėžimams bei įtraukimui nesuardant seno vamzdžio. Dvisluoksniai sudaryti iš 10% apsauginio sluoksnio ir 90% pagrindinio. Abu sluoksniai jungiasi molekulių lygmenyje ir mechaniškai neišskiriami. Šio vamzdžio savybės yra ne tokios geros kaip trislukosnio vamzdžio ir jo panaudojimas rekomenduojamas mažiau atsakinguose ir nesudėtinguose betranšėjuose projektuose.

Trislukosniai PE vamzdžiai

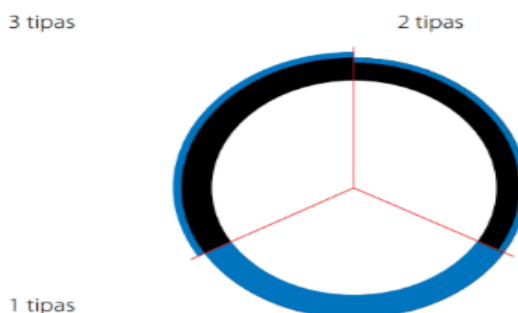
Trislukosnių PE vamzdžių visi trys sluoksniai yra padaryti iš atsparaus įtrūkimams polietileno PE100RC. Apsauginiai išorinis ir vidinis sluoksniai gaminami iš labai stipraus modifikuoto polietileno sudaro 25% vardinio sienelės storio, o vidurinis – 50%. Visi trys sluoksniai jungiasi molekulių lygmeniu ir mechaniškai neišskiriami. Trislukosniai PE vamzdžiai rekomenduojami tiesti tradiciniu atviros tranšėjos metodu nenaudojant smėlio pagalvės arba betranšėjam tiesimui su pragrėžimu ar įtraukimu suardant seną vamzdį [14].

| VAMZDIS | MEDŽIAGA | TINKAMIAUSIAS PANAUDOJIMO BŪDAS |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PE80 arba PE100 | Visas vamzdis iš PE80 arba PE100 | Geriausiai tinka tiesti vandentiekio, dujotiekio ir slėginius nuotekų tinklus atviruoju tranšėjiniu būdu su pagalve ir užpylimu pagal EN 1610, ENV 1046, EN 12327, EN 12007-2 reikalavimus |
| PE100 | Abu sluoksniai iš PE100 | |
| PE100-RC (2 tipas) | Abu sluoksniai iš PE100-RC | Tinka tiesti atviruoju tranšėjiniu būdu be pagalvės ir užpilant pagal EN 1610, ENV 1046, EN 12327, EN 12007-2 reikalavimus (netaikoma gruntui, tiesiogiai užpilamam apie patį vamzdį). Tinka tiesti grunte jarimo būdu arba į išfrezuotą griovelį pagal EN 1610, ENV 1046, EN 12327, EN 12007-2 reikalavimus (netaikoma gruntui, tiesiogiai užpilamam apie patį vamzdį). Tinka tiesti gulsčiojo kryptinio gręžimo būdu pagal EN 12889, EN14457 standartus ir įtraukiant į senus vamzdžius* pagal EN 12889, EN14457 standartus |
| PE100-RC (3 tipas) | Pagrindinis vamzdis iš PE100-RC su papildomu 10% apsauginiu sluoksniu, pagamintu iš PP | Įtraukimas pagal EN 12889, EN14457 standartus. Pertiesimas pagal EN 12889, EN14457 standartus. |

29 pav. PE vamzdžių rūšys [38]

Iš PE100-RC medžiagos pagaminti vamzdžiai yra ilgą laiką atsparūs įtrūkių plitimui, įbrėžimams ir taškinėms apkrovoms. Taškinės apkrovos atveju medžiagoje atsiranda įtempimai ir deformacijos, dėl kurių vidiniame vamzdžio paviršiuje gali atsirasti įtrūkiai.

PE100-RC vamzdžiai su PP apsauginiu sluoksniu yra dar labiau atsparūs įtrūkimams. Šie vamzdžiai tinkami naudoti ypač sudėtingomis klojimo sąlygomis, kuomet taikomos BT technologijos.



30 pav. PE vamzdžių tipai [38]

6 lentelė

Pagrindinės žalaivų, naudojamų vandentiekio vamzdžiams gaminti, fizinės, šiluminės ir mechaninės savybės [34]

| Rodiklis | Matavimo vienetai | PE 100 | PE 80 | PE 63 | Bandymo metodas |
|--------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------------------|----------------------|
| Tankis | kg/m ³ | 950–960 | 941–956 | 957–964 [*] | ISO 1183 |
| Lydomosi indeksas, kai apkrova 5 kg | g/10 min. | 0,3–0,45 | 0,5–0,85 | 0,3–0,5 [*] | ISO 1133 |
| Linijinio plėtimosi koeficientas | mm/m·K | 0,13 | 0,13 | - | ASTM D 696 |
| Šilumos laidumas, kai temperatūra 23° C | W/m·K | 0,38 | 0,38 | - | DIN 52612 |
| Specifinė šiluma, kai temperatūra 23° C | kJ/kg·K | 1,9 | 1,8 | - | Kalorimetrinis |
| Tamprumo modulis, kai temperatūra 23° C | MPa | 1400 | 1000 | 685–880 [*] | ISO 527 (1 mm/min.) |
| Atsparumas tempimui, kai temperatūra 23° C | MPa | 38 | 34 | 24,5 [*] | ISO 527 (50 mm/min.) |

^{*} Techninės sąlygos pagal GOST 16338

Vamzdžių iš PE privalumai:

- mažas svoris lyginant su ketumi, plieniu ar polivinilchloridu (PVC);
- atsparumas daugumai cheminių medžiagų;
- atsparumas bakterijom, grybeliui ir pan.;

- idealiai lygus sienelių paviršius iki minimumo sumažina trintį, dėl ko sumažėja srauto nuostoliai, tai neleidžia susidaryti nuosėdoms ant vamzdyno sienelių;
- atsparumas klaidžiojančioms elektros srovėms;
- didelis elastingumas sumažina pavojų, kylantį dėl hidraulinio smūgio;
- galimybė kloti vamzdynus be kompensatorių;
- mažas šilumos laidumas;
- maža infiltracijos ir eksfiltracijos galimybė;
- medžiagos tvirtumas.

Išvada. Betranšėjės technologijos pagalba naujus vamzdynus įrengti galima: horizontalaus valdomo kyptinio gręžimo būdu, uždaro perėimo būdu, mikrotunelio metodo būdu. Betranšėjės technologijos pagalba atnaujinti ir renovuoti vamzdynus galima: laisvo įtraukimo metodu, priverstinio įtraukimo metodu, priglundusio įtraukimo metodu, CIPP „rankovės“ metodu.

3. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Daugiakriteriai vertinimo metodai

Šiais laikais projektuojant statinius dažnai susiduriama su skirtingomis galimybėmis. Dažnai sprendimų priėmimas yra gana sudėtingas ir juos priimantys asmenys turėtų įvertinti įvairias alternatyvas, pagrįstas prieštariniais kriterijais. Tam reikia veiksmingo priemonių rinkinio, leidžiančio tiksliai ir efektyviai apskaičiuoti pasirinkimo galimybes, kurių pagrindu būtų galima priimti teisingus sprendimus [30 p. 19].

7 lentelė

Daugiatikslių metodų klasifikacija [37]

| <i>Metodų klasė</i> | <i>Informacija, gauta iš sprendimą priimančio asmens, apie rodiklius</i> | <i>Metodai ir jų klasės</i> |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodai pagrįsti daugiakriterine naudingumo teorija | Kiekybiniai matavimai | SAW, TOPSIS, TOPSIS-G, COPRAS, COPRAS-G, ARAS, MOORA, VIKOR, MultiMOORA |
| Analitinės hierarchijos ir neapibrėžtų aibių metodai | Kokybiniais matavimams suteikiamas kiekybinis pavidalas | Analitinis hierarchijos procesas (AHP) Metodai naudojantys neapibrėžtas aibes (Fuzzy) (Fuzzy TOPSIS), (Fuzzy AHP) |
| Verbalinės analizės sprendimų metodai | Kokybiniai matavimai, nepereinama prie kiekybinių kintamųjų | Verbaliniai metodai: ZAPROS, PARK, ORKLASS, CLARA, DIFLASS, CIKL |
| Lyginamosios preferencijos metodai | Kiekybiniai ir kokybiniai matavimai | ELECTRE metodai, PROMETHEE metodai, MELCHIOR metodas, UTA metodas, MAUT metodas, TACTIC metodas ir kt.. |

Dažniausiai statybų projektuose naudojami SAW (angl. *Simple Additive Weghting*), TOPSIS (angl. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), COPRAS (angl. *COmplex PROportional ASsessment*) daugiakriteriai vertinimo metodai.

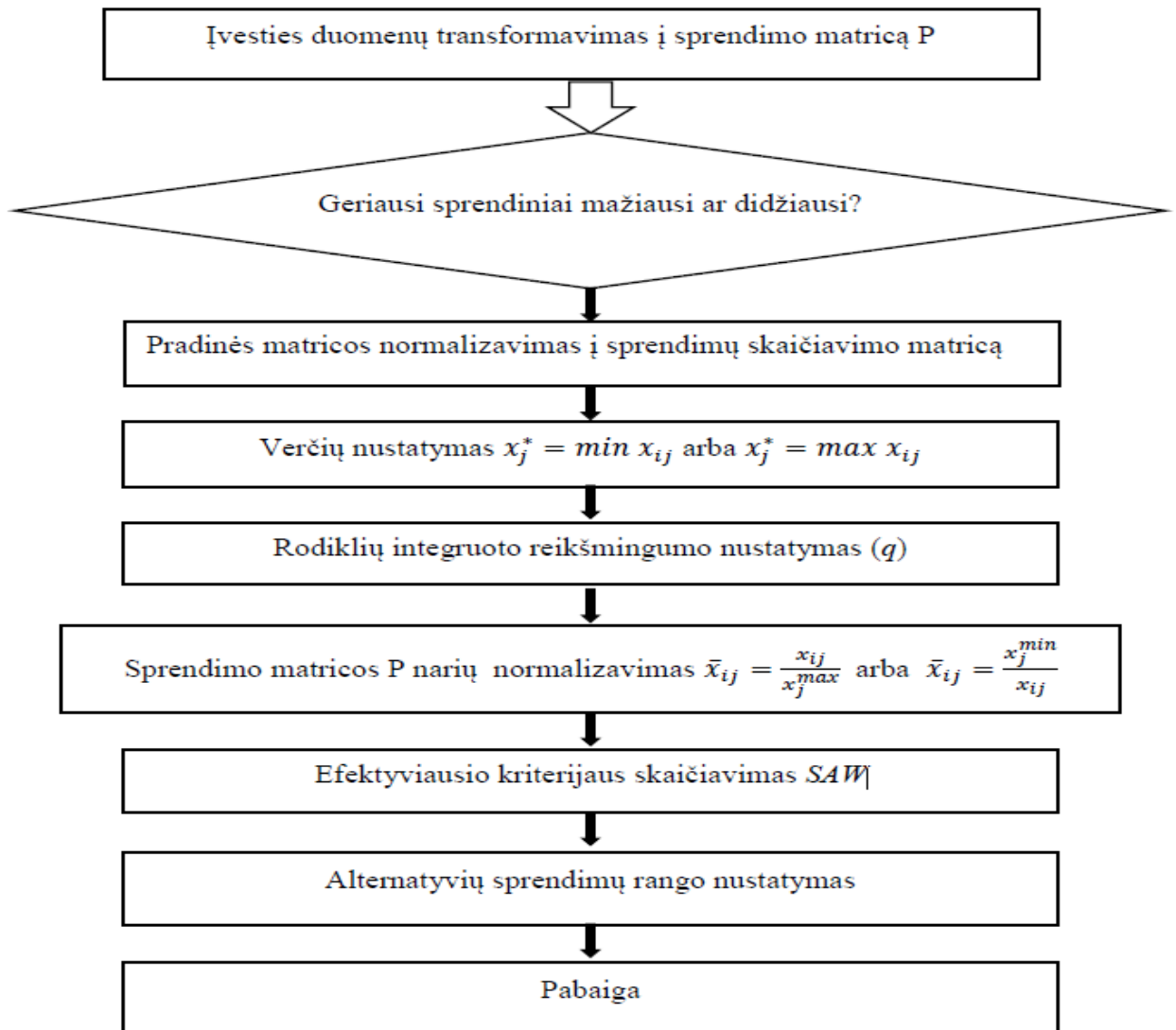
Lietuvoje praėjusio šimtmečio devintajame dešimtmetyje, siekdamas vertinti skirtingų statybos etapų efektyvumą ir ieškodamas jų optimalių technologinių sprendimų, daugiakriterius metodus pradėjo taikyti VGTU profesorius E. K. Zavadskas. Tuo pačiu laiku ir pasaulyje buvo sukurta nemažai naujų daugiakriterių metodų, kurie buvo taikomi skirtingose mokslo ir praktikos srityse. Lietuvoje vėliau šiuos metodus plačiai taikė prof. E. K. Zavadsko mokiniai, jo kolegos, taip pat ir skirtingų sričių mokslininkai [33].

3.2. SAW vertinimo metodas

SAW – *Simple Additive Weighting* (Paprastasis adityvus svorių metodas) yra gana plačiai taikomas, nes išsiskiria savo paprastumu, yra tipinis ir seniai žinomas. MacCrimmon SAW metodą apibendrino 1968 m. Metodą galima taikyti daugelyje sričių, ne išimtis ir statybų sritis. Šiuo metodu galima apskaičiuoti daugiakriteres ir daugiafunkces alternatyvas, jas palyginti ir pasirinkti tinkamiausią variantą. Šis metodas pagrįstas svertiniais vidurkiais. Alternatyva parenkama pagal kriterijus ir jų svarbą. Sprendimų priėmimo procesą sudaro šie etapai:

1. alternatyvų sąrašo sudarymas;
2. rodiklių alternatyvoms vertinti apibrėžimas;
3. alternatyvų surangavimas.

Skaičiavimai atliekami pagal 31 pav. pavaizduotą SAW algoritmą.



31 pav. SAW algoritmo schema [31 p. 19]

Sudaroma sprendimų matrica P , kur eilutės žymi nagrinėjamas alternatyvas, o stulpeliai efektyvumo rodiklius [46]:

$$P = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad (3.1.)$$

čia: m – alternatyvų skaičius, n – efektyvumo rodiklių skaičius.

Efektyvumo rodiklių reikšmingumo reikšmės turi tenkinti sąlygą:

$$\sum_{j=1}^n q_j^* = 1, \quad (3.2.)$$

čia: q_j^* – integruotasis reikšmingumas.

Visi sprendimo matricos nariai, kurių geriausia reikšmė yra didžiausia, normalizuojami pagal formulę [8]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}}; \quad (3.3.)$$

čia: \bar{x}_{ij} – normalizuotos matricos nariai, x_{ij} – sprendimų priėmimo matricos nariai, x_j^{max} – maksimali rodiklio reikšmė.

o tie, kurių geriausia reikšmė mažiausia, normalizuojami pagal formulę [8]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_j^{min}}{x_{ij}}. \quad (3.4.)$$

čia: \bar{x}_{ij} – normalizuotos matricos nariai, x_j^{min} – minimali rodiklio reikšmė; x_{ij} – sprendimų priėmimo matricos nariai.

Nustatant varianto racionalumą, atitinkami normalizuotosios matricos nariai dauginami iš efektyvumo rodiklių reikšmingumo reikšmių ir gautos sandaugos susumuojamos. Racionalaus varianto sandaugų suma bus maksimali [37]:

$$A = \left\{ A_i \left| \begin{matrix} max \\ i \end{matrix} \sum_{i=0}^n q_j^* \bar{x}_{ij} \right. \right\}, \quad (3.5.)$$

Parenkamas efektyviausias sprendinys. Tinkamiausias variantas atitinka vienetai artimiausią kriterijaus reikšmę.

3.3. Daugiakriteris vertinimas pagal SAW metodą

Alternatyvų parinkimas

Vandentiekio trasos įrengimo alternatyvos tyrimui parinktos atsižvelgiant į Lietuvos Respublikoje galiojančius įstatymus, Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimus, statybos techninius reglamentus, statybos normas, ministerijų patvirtintas taisykles, įsakymus, nurodymus, rekomendacijas, standartus.

8 lentelė

Vandentiekio trasos įrengimo alternatyvos

| Nr. | Vandentiekio trasos įrengimo alternatyvos |
|-----|---------------------------------------------------|
| 1. | Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT |
| 2. | PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu |
| 3. | PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT |
| 4. | PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu |

Renkantis alternatyvas įvertintos tam tikros sąlygos: vandentiekio trasos įrengimas po asfalto danga, vamzdžio diametras – 110 mm. Dangos konstrukcijos klasė III, parinkta pagal 9 lentelę, asfalto dangos konstrukcija: asfalto viršutinis sluoksnis – 4 cm, asfalto apatinis sluoksnis – 4 cm, asfalto pagrindo sluoksnis – 10 cm, skaldos pagrindo sluoksnis – 15 cm, smėlio sluoksnis 33 – cm, parinkta pagal 10 lentelę.

9 lentelė

Gatvių kategorijos ir jiems priskiriamos dangų konstrukcijų klasės [24]

| Eil. Nr. | Gatvių kategorijos | Dangų konstrukcijų klasės |
|----------|------------------------|---------------------------|
| 1. | Greito eismo gatvė | SV, I, II |
| 2. | Pagrindinė gatvė | II, III |
| 3. | Aptarnaujančios gatvės | III, IV |
| 4. | Pagalbinė gatvė | V, VI |

Asfalto dangų konstrukcijos [24]

| Eil. Nr. | Dangos konstrukcijos klasė | | SV | | | | I | | | | II | | | | III | | | | IV | | | | V | | | | VI | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------|----|----|-----|------------------|------------------|----|----|------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|
| | Ekviv. 10 t svorio ašies apkrovų skaičius, mln. | A | > 32 | | | | > 10-32 | | | | > 3-10 | | | | > 0,8-3 | | | | > 0,3-0,8 | | | | > 0,1-0,3 | | | | ≤ 0,1 | | | |
| Šalčiui atsp. dangos konstr. storis ¹⁾ | | | 75 | 85 | 95 | 105 | 65 | 75 | 85 | 95 | 65 | 75 | 85 | 95 | 65 | 75 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 | 85 | 45 | 55 | 65 | 75 | 45 | 55 | 65 | 75 |
| 1 | Asfalto pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asfalto viršutinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto apatinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsparus sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis | | | 41 | 51 | 61 | 71 | 35 | 45 | 55 | 65 | 39 | 49 | 59 | 69 | 43 | 53 | 63 | 73 | 37 | 47 | 57 | 67 | 31 | 41 | 51 | 61 | 35 | 45 | 55 | 65 |
| 2.1 | Asfalto pagrindo sluoksnis ir hidrauliniais rišikliais surišto pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio arba ant šalčiui neįjautrių medžiagų sluoksnio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asfalto viršutinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto apatinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hidrauliškai surišto (succementuoto) pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsparus sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis | | | 34 ²⁾ | 44 | 54 | 64 | 28 ³⁾ | 38 | 48 | 58 | 30 ²⁾ | 40 | 50 | 60 | 34 ²⁾ | 44 | 54 | 64 | 26 ³⁾ | 36 | 46 | 56 | 16 ³⁾ | 26 | 36 | 46 | 16 ³⁾ | 26 | 36 | 46 |
| 2.2 | Asfalto pagrindo sluoksnis ir stabilizuotas pagrindo sl. Šalčiui neįjautrių medžiagų sluoksnis iš geros arba įvairios sankl. gr. pagal LST 1331:2002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asfalto viršutinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto apatinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stabilizuotas pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šalčiui neįjautrių medžiagų sluoksnis iš geros arba įvairios sankl. gr. pagal LST 1331:2002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šalčiui neįjautrių medž. sl. storis | | | 30 | 40 | 50 | 60 | 24 | 34 | 44 | 54 | 28 | 38 | 48 | 58 | 32 | 42 | 52 | 62 | 26 | 36 | 46 | 56 | 16 | 26 | 36 | 46 | 16 | 26 | 36 | 46 |
| 2.3 | Asfalto pagrindo sluoksnis ir stabilizuotas pagrindo sl. Šalčiui neįjautrių medžiagų sluoksnis iš blogos sanklodos grunto pagal LST 1331:2002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asfalto viršutinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto apatinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stabilizuotas pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šalčiui neįjautrių medžiagų sluoksnis iš blogos sanklodos grunto pagal LST 1331:2002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šalčiui neįjautrių medž. sl. storis | | | 25 | 35 | 45 | 55 | 19 | 29 | 39 | 49 | 23 | 33 | 43 | 53 | 27 | 37 | 47 | 57 | 26 | 36 | 46 | 56 | 16 | 26 | 36 | 46 | 16 | 26 | 36 | 46 |
| 3.1 | Asfalto pagrindo sluoksnis ir skaldos pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asfalto viršutinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto apatinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Skaldos pagrindo sl. ⁷⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E _v ≥ 150 (120) MPa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsparus sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis | | | 30 ²⁾ | 40 | 50 | 60 | — | 34 ²⁾ | 44 | 54 | 28 ³⁾ | 38 | 48 | 58 | 32 ²⁾ | 42 | 52 | 62 | 26 ³⁾ | 36 | 46 | 56 | 18 ³⁾ | 28 | 38 | 48 | 20 ²⁾ | 30 | 40 | 50 |
| 3.2 | Asfalto pagrindo sluoksnis ir skaldos pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asfalto viršutinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto apatinis sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asfalto pagrindo sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Skaldos pagrindo sl. ⁷⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F _v ≥ 150 (120) MPa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsparus sl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis | | | 25 | 35 | 45 | 55 | 19 ³⁾ | 29 | 39 | 49 | 23 ²⁾ | 33 | 43 | 53 | 27 | 37 | 47 | 57 | 21 ²⁾ | 31 | 41 | 51 | — | 23 | 33 | 43 | 15 ³⁾ | 25 | 35 | 45 |

Naudojamas įrenginys BT

Darbams atlikti parinktas horizontalaus valdomo gręžimo Ditch witch JT3020 įrenginys.



32 pav. Horizontalaus valdomo gręžimo įrenginys [35]

Pagrindinių kriterijų parinkimas

Šiame magistro darbe vandentiekio tinklo statyba analizuojama remiantis šešiais vertinimo kriterijais:

1. vandentiekio trasos kaina 100 m. su įrengimu €;
2. vandentiekio trasos statybos laikas val.;
3. vamzdžio eksploatacijos laikas m.;
4. vamzdžio svoris kg;
5. vamzdžio ilgis m;
6. vamzdžio sienelės storis mm.

Vandentiekio trasos statybos kaina su įrengimu paskaičiuota sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“. Sąmata sudaryta pagal 2018 m. kovo mėn. kainas (33 a, b, c, d pav.). Šis rodiklis parodo 100 m po asfalto dangą, vandentiekio trasos įrengimui reikalingų medžiagų, mechanizmų, darbo sąnaudų kainą eurai. Tai parodo ekonomiškumą, leidžia pasirinkti tinklų statybos būdą su mažiausiomis išlaidomis.

| LOKALINĖ SĄMATA | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|---------------------------------------|-----------------|
| Sudaryta pagal 2018.03 kainas | | | | | | |
| Statinių grupė 1 Vandentiekio trasos įrengimas po asfaltbetonio dangą | | | | | | |
| Statinys 1 Vandentiekio trasos įrengimas | | | | | | |
| Žiniaraštis 1 PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | | | | | | |
| 2018.11.23 | | | | | Suma žiniaraščiui 19368.25 EUR | |
| Sąm. eil. | Darbo kodas | Darbų ir išlaidų aprašymai | Mato vnt | Kiekis | Kaina EUR | |
| | | | | | Vieneto kaina | Iš viso |
| 1 Esamų dangų ardymas | | | | | | |
| 1 | N27-34 | Asfaltbetonio dangos išardymas mechanizuotai k9=1.15 | 100m3 | 0,2 | 492,42 | 98,48 |
| 2 | N27-32 | Skaldos dangų išardymas k9=1.15 | 100m3 | 0,3 | 286,57 | 85,97 |
| Skyriuje 1 | | | | | | 184,45 |
| 2 Žemės darbai | | | | | | |
| 1 | N1P-0105 | Grunto kasimas 0,5 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, suverčiant gruntą į sankasą, kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 6,0 | 134,14 | 804,84 |
| 2 | N1P-1311 | Grunto transportavimas 10t autosavarčiais 1km atstumu, pakraunant 0,5m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, kai gruntas II grupės | 100m3 | 6,0 | 234,68 | 1408,08 |
| 3 | N1P-0604 | Darbai sąvartoje, atvežant gruntą autosavarčiais, kai gruntas II grupės k9=1.15 | t. m3 | 0,6 | 168,61 | 101,17 |
| 4 | N1P-0701 | Tranšėjų, iškasų ir duobių užpylimas gruntu iš sankasos ekskavatoriumi, kai kaušo talpa 0,50m3 k9=1.15 | 100m3 | 4,68 | 124,67 | 583,46 |
| 5 | N1P-0802 | Grunto tankinimas motorizuotu vibrovolu, kai gruntas išlyginamas rankiniu būdu(I-II grupės gruntas) k9=1.15 | 100m3 | 4,68 | 113,13 | 529,45 |
| Skyriuje 2 | | | | | | 3427,0 |
| 3 Vamzdyno įrengimas | | | | | | |
| 1 | N22-117 | Vamzdynai iš polietileninių D iki 100mm vamzdžių k9=1.15 | m | 100,0 | 4,47 | 447,0 |
| 2 | 1022-203 | PE 100 slėgio vandens vamzdžiai, PN 10, SDR 17, 110x6.6mm (vand.) | m | 100,0 | 6,42 | 642,0 |
| Skyriuje 3 | | | | | | 1089,0 |
| 4 Dangų atstatymas | | | | | | |
| 1 | N57P-3101 | Apsauginių šalčių atsparių kelio pagrindo sluoksnių įrengimas, naudojant savaeigius plentvolius, kai pagrindas smėlio, autogreiderio galia 79 kW (108 AG) k9=1.15 | 100m3 | 0,66 | 1842,09 | 1215,78 |
| 2 | N27P-11-2 | Dolomito skaldos 22/56 su skaldele 11/16 pagrindo ar dangos įrengimas (storis 15 cm, viensluoksnis) k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 904,41 | 1808,82 |
| 3 | N27P-13-1 | A, B, C, Cs asfaltbetonio pagrindo įrengimas (sluoksnis 10.0 cm storio, klotuvas iki 200 t/h) k8=1.17, k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 2194,27 | 4388,53 |
| 4 | N27P-18-2 | 0/16S-A ar 0/16-A asfaltbetonio dv sluoksnės dangos apatinio sl. įrengimas (sluoksnis 4.0 cm storio, klotuvas iki 200 t/h) k8=1.17, k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 941,84 | 1883,68 |
| 5 | N27P-19-3 | 0/11-V asfaltbetonio dv sluoksnės dangos viršutinio sl. įrengimas (sluoksnis 4.0 cm storio, klotuvas iki 200 t/h) k8=1.17, k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 1004,78 | 2009,56 |
| Skyriuje 4 | | | | | | 11306,37 |
| Žiniaraštyje 2 | | | | | | 16006,82 |
| Pridėtinės vertės mokestis 21.00% | | | | | | 3361,43 |
| Iš viso žiniaraštyje 2 | | | | | | 19368,25 |

| LOKALINĖ ŠAMATA | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-------------------|-----------------|
| Sudaryta pagal 2018.03 kainas | | | | | | |
| Statinių grupė | | 1 Vandentiekio trasos įrengimas po asfaltbetonio dangą | | | | |
| Statinys | | 1 Vandentiekio trasos įrengimas | | | | |
| Žiniaraštis | | 2 PE100-RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | | | | |
| 2018.11.23 | | | | | Suma žiniaraščiui | 25126,61 EUR |
| Sąm. eil. | Darbo kodas | Darbų ir išlaidų aprašymai | Mato vnt | Kiekis | Kaina EUR | |
| | | | | | Vieneto kaina | Iš viso |
| 1 Esamų dangų ardymas | | | | | | |
| 1 | N27-34 | Asfaltbetonio dangos išardymas mechanizuotai k9=1.15 | 100m3 | 0,2 | 492,42 | 98,48 |
| 2 | N27-32 | Skaldos dangų išardymas k9=1.15 | 100m3 | 0,3 | 286,57 | 85,97 |
| Skyriuje 1 | | | | | | 184,45 |
| 2 Žemės darbai | | | | | | |
| 1 | N1P-0105 | Grunto kasimas 0,5 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, suverčiant gruntą į sankasą, kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 1,0 | 134,14 | 134,14 |
| 2 | N1P-0113 | Grunto kasimas 0,5m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, pakraunant gruntą į autosavivarčius, kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 5,0 | 178,83 | 894,15 |
| 3 | N1P-1311 | Grunto transportavimas 10t autosavivarčiais 1km atstumu, pakraunant 0,5m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 5,0 | 234,68 | 1173,4 |
| 4 | N1P-1316 | Grunto transportavimo sąnaudų pokytis už papildomą 1km atstumą, vežant 10t autosavivarčiais, kai gruntas I-II grupės k2=9.00 | 100m3 | 5,0 | 278,26 | 1391,3 |
| 5 | N1P-0604 | Darbai sąvartoje, atvežant gruntą autosavivarčiais, kai gruntas II grupės k9=1.15 | t. m3 | 0,6 | 168,61 | 101,17 |
| 6 | N23-1 | Smėlio pagrindo po vamzdynais įrengimas k9=1.15 | m3 | 30,0 | 38,62 | 1158,6 |
| 7 | N23-235 | Vamzdynų pirminis (apsauginis) užpylimas smėliu ekskavatoriumi, sutankinant k9=1.15 | m3 | 60,0 | 22,95 | 1377,0 |
| 8 | N1P-0701 | Tranšėjų, iškasų ir duobių užpylimas gruntu iš sankasos ekskavatoriumi, kai kaušo talpa 0,50m3 k9=1.15 | 100m3 | 4,68 | 124,67 | 583,46 |
| 9 | N1P-0802 | Grunto tankinimas motorizuotu vibrovolu, kai gruntas išlyginamas rankiniu būdu (I-II grupės gruntas) k9=1.15 | 100m3 | 4,68 | 113,13 | 529,45 |
| Skyriuje 2 | | | | | | 7342,67 |
| 3 Vamzdyno įrengimas | | | | | | |
| 1 | N22-117 | Vamzdynai iš polietilenui D iki 100mm vamzdžių k9=1.15 | m | 100,0 | 4,47 | 447,0 |
| 2 | 1020-72 | Vandentiekio vamzdžiai Ultrastress Visio PE100-RC SDR17 PN10 100x6,6 100m | m | 100,0 | 14,87 | 1487,0 |
| Skyriuje 3 | | | | | | 1934,0 |
| 4 Dangų atstatymas | | | | | | |
| 1 | N57P-3101 | Apsauginių šalčiui atsparių kelio pagrindo sluoksnių įrengimas, naudojant savaeigius plentvolius, kai pagrindas smėlio, autogreiderio galia 79 kW (108 AG) k9=1.15 | 100m3 | 0,66 | 1842,09 | 1215,78 |
| 2 | N27P-11-2 | Dolomito skaldos 22/56 su skaldele 11/16 pagrindo ar dangos įrengimas (storis 15 cm, viensluoksnis) k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 904,41 | 1808,82 |
| 3 | N27P-13-1 | A, B, C, Cs asfaltbetonio pagrindo įrengimas (sluoksnis 10.0 cm storio, klotuvas iki 200 t/h) k8=1.17, k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 2193,42 | 4386,83 |
| 4 | N27P-18-2 | 0/16S-A ar 0/16-A asfaltbetonio dvisluoksnės dangos apatinio sl. įrengimas (sluoksnis 4.0 cm storio, klotuvas iki 200 t/h) k8=1.17, k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 941,84 | 1883,68 |
| 5 | N27P-19-3 | 0/11-V asfaltbetonio dvisluoksnės dangos viršutinio sl. įrengimas (sluoksnis 4.0 cm storio, klotuvas iki 200 t/h) k8=1.17, k9=1.15 | 100m2 | 2,0 | 1004,78 | 2009,56 |
| Skyriuje 4 | | | | | | 11304,67 |
| Žiniaraštyje 1 | | | | | | 20765,79 |
| Pridėtinės vertės mokestis 21.00% | | | | | | 4360,82 |
| Iš viso žiniaraštyje 1 | | | | | | 25126,61 |

33 pav. b) lokalinė sąmata

| LOKALINĖ SĄMATA | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|--------------------------------|-----------------|
| Sudaryta pagal 2018.03 kainas | | | | | | |
| Statinių grupė 1 Vandentiekio trasos įrengimas po asfaltbetonio dangą | | | | | | |
| Statinys 1 Vandentiekio trasos įrengimas | | | | | | |
| Žiniaraštis 3 PE100-RC vamzdžio DN110 įrengimas uždaru perėjimu | | | | | | |
| 2018.11.23 | | | | | Suma žiniaraščiui 11726,29 EUR | |
| Sąm. eil. | Darbo kodas | Darbų ir išlaidų aprašymai | Mato vnt | Kiekis | Kaina EUR | |
| | | | | | Vieneto kaina | Iš viso |
| 1 Esamų dangų ardymas | | | | | | |
| 1 | R27P-1-2 | Asfaltbetonio dangos išardymas pneumoplaktuku , kai dangos storis 100mm k8=1.09,k9=1.15 | 100m3 | 0,012 | 2425,81 | 29,11 |
| 2 | R16-2 | Skaldos pagrindo, iki 5 m2 ploto vienoje vietoje, ardymas rankiniu būdu k8=1.09,k9=1.15 | m3 | 1,8 | 64,7 | 116,46 |
| Skyriuje 1 | | | | | | 145,57 |
| 2 Žemės darbai | | | | | | |
| 1 | N1P-0105 | Grunto kasimas 0,5 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, suverčiant gruntą į sankasą, kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 0,36 | 134,14 | 48,29 |
| 2 | N1P-0707 | Tranšėjų, iškasų ir duobių užpylimas gruntu rankiniu būdu , kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 0,28 | 1007,39 | 282,07 |
| 3 | N1P-0801 | Grunto tankinimas mažosios mechanizacijos priemonėmis , kai gruntas išlyginamas rankiniu būdu(I-II grupės gruntas) k8=1.14,k9=1.15 | 100m3 | 0,2808 | 175,93 | 49,4 |
| Skyriuje 2 | | | | | | 379,76 |
| 3 Vamzdyno įrengimas | | | | | | |
| 1 | N22-478 | Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio gręž. įreng.,itraukiant 75-110mm skersmens vamzdį (trasos ilgis) k9=1.15 | m | 100,0 | 69,58 | 6958,0 |
| 2 | 1022-203 | Vandentiekio vamzdžiai PE100-RC SDR17 PN10 | m | 100,0 | 14,87 | 1487,0 |
| Skyriuje 3 | | | | | | 8445,0 |
| 4 Dangų atstatymas | | | | | | |
| 1 | R27P-19-1 | Smėlio pasluoksnio įrengimas (sluoksnio storis 33 cm) k9=1.15 | 100m2 | 0,12 | 924,0 | 110,88 |
| 2 | R27P-18-1 | Pagrindo remontas, pridedant naujų medžiagų (skaldos) k9=1.15 | 100m2 | 0,12 | 789,37 | 94,72 |
| 3 | N27P-20-2 | Mažų plotų asfaltbetonio pagrindo įrengimas, paskleidžiant masę rankiniu būdu, tankinant volu (sluoksnis 10.0 cm storio) | 100m2 | 0,12 | 2380,5 | 285,66 |
| 4 | N27P-20-2 | Mažų plotų asfaltbetonio dangos įrengimas, paskleidžiant masę rankiniu būdu, tankinant volu (sluoksnis 8.0 cm storio) | 100m2 | 0,12 | 1913,04 | 229,56 |
| Skyriuje 4 | | | | | | 720,82 |
| Žiniaraštyje 3 | | | | | | 9691,15 |
| Pridėtinės vertės mokestis 21.00% | | | | | | 2035,14 |
| Iš viso žiniaraštyje 3 | | | | | | 11726,29 |

33 pav. c) lokalinė sąmata

| LOKALINĖ SĄMATA | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|---------------------------------------|----------|
| Sudaryta pagal 2018.03 kainas | | | | | | |
| Statinių grupė 1 Vandentiekio trasos įrengimas po asfaltbetonio dangą | | | | | | |
| Statinys 1 Vandentiekio trasos įrengimas | | | | | | |
| Žiniaraštis 4 Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas uždaru perėjimu | | | | | | |
| 2018.11.23 | | | | | Suma žiniaraščiui 17827.93 EUR | |
| Sąm. eil. | Darbo kodas | Darbų ir išlaidų aprašymai | Mato vnt | Kiekis | Kaina EUR | |
| | | | | | Vieneto kaina | Iš viso |
| 1 Esamų dangų ardymas | | | | | | |
| 1 | R27P-1-2 | Asfaltbetonio dangos išardymas pneumoplaktuku , kai dangos storis 100mm k8=1.09,k9=1.15 | 100m3 | 0,012 | 2425,81 | 29,11 |
| 2 | R16-2 | Skaldos pagrindo, iki 5 m2 ploto vienoje vietoje, ardymas rankiniu būdu k8=1.09,k9=1.15 | m3 | 1,8 | 64,7 | 116,46 |
| Skyriuje 1 | | | | | | 145,57 |
| 2 Žemės darbai | | | | | | |
| 1 | N1P-0105 | Grunto kasimas 0,5 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, suverčiant gruntą į sankasą, kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 0,36 | 134,14 | 48,29 |
| 2 | N1P-0707 | Tranšėjų, iškasų ir duobių užpylimas gruntu rankiniu būdu , kai gruntas II grupės k9=1.15 | 100m3 | 0,28 | 1002,68 | 280,75 |
| 3 | N1P-0801 | Grunto tankinimas mažosios mechanizacijos priemonėmis , kai gruntas išlyginamas rankiniu būdu(I-II grupės gruntas) k8=1.14,k9=1.15 | 100m3 | 0,2808 | 175,93 | 49,4 |
| Skyriuje 2 | | | | | | 378,44 |
| 3 Vamzdyno įrengimas | | | | | | |
| 1 | N22-478 | Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio grėž. įreng.,itraukiant 75-110mm skersmens vamzdį (trasos ilgis) k9=1.15 | m | 100,0 | 69,58 | 6958,0 |
| 2 | 141103 | Kaliojo ketaus moviniai vamzdžiai d 100mm | m | 100,0 | 65,31 | 6531,0 |
| Skyriuje 3 | | | | | | 13489,0 |
| 4 Dangų atstatymas | | | | | | |
| 1 | R27P-19-1 | Smėlio pasluoksnio įrengimas (sluoksnio storis 33 cm) k9=1.15 | 100m2 | 0,12 | 924,0 | 110,88 |
| 2 | R27P-18-1 | Pagrindo remontas, pridedant naujų medžiagų (skaldos) k9=1.15 | 100m2 | 0,12 | 789,37 | 94,72 |
| 3 | N27P-20-2 | Mažų plotų asfaltbetonio pagrindo įrengimas, paskleidžiant masę rankiniu būdu, tankinant volu (sluoksnis 10.0 cm storio) | 100m2 | 0,12 | 2380,5 | 285,66 |
| 4 | N27P-20-2 | Mažų plotų asfaltbetonio dangos įrengimas, paskleidžiant masę rankiniu būdu, tankinant volu (sluoksnis 8.0 cm storio) | 100m2 | 0,12 | 1913,04 | 229,56 |
| Skyriuje 4 | | | | | | 720,82 |
| Žiniaraštyje 4 | | | | | | 14733,83 |
| Pridėtinės vertės mokestis 21.00% | | | | | | 3094,1 |
| Iš viso žiniaraštyje 4 | | | | | | 17827,93 |

33 pav. d) lokalinė sąmata

Vandentiekio trasos statybos laikas nustatytas sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“. Šis rodiklis parodo vandentiekio trasos įrengimo trukmę valandomis, kuri reikalinga įrengti 100 m vandentiekio tinklui. Šis rodiklis padeda priimti sprendimą dėl vandentiekio trasos įrengimo per trumpiausią laiką.

Vamzdyno eksploatacijos laikas parodo vandentiekio trasos eksploatavimo trukmę metais. Šis laikas nustatomas pagal gamintojų rekomendacijas. Tai padeda pasirinkti tokius vamzdynus, kurie būtų ilgaamžiai ir išliktų kokybiški per visą rekomenduotą eksploatavimo laiką.

Vamzdžio svoris nustatomas pagal gamintojų rekomendacijas. Šis rodiklis padeda parinkti lengvesnę medžiagą, kuri lengviau ir greičiau įrengiama, nereikia papildomų mechanizmų ir darbuotojų.

Vamzdžio ilgis parenkamas pagal gamintojų rekomendacijas. Šis rodiklis padeda pasirinkti vamzdžių transportavimo būdą, laikymo sąlygas statybos aikštelėje.

Vamzdžio sienelės storis parenkamas pagal gamintojų rekomendacijas. Šis rodiklis padeda priimti sprendimą dėl vandentiekio trasos įrengimo tinkamu statybos būdu. Vamzdis turi būti atsparus gniuždymui.

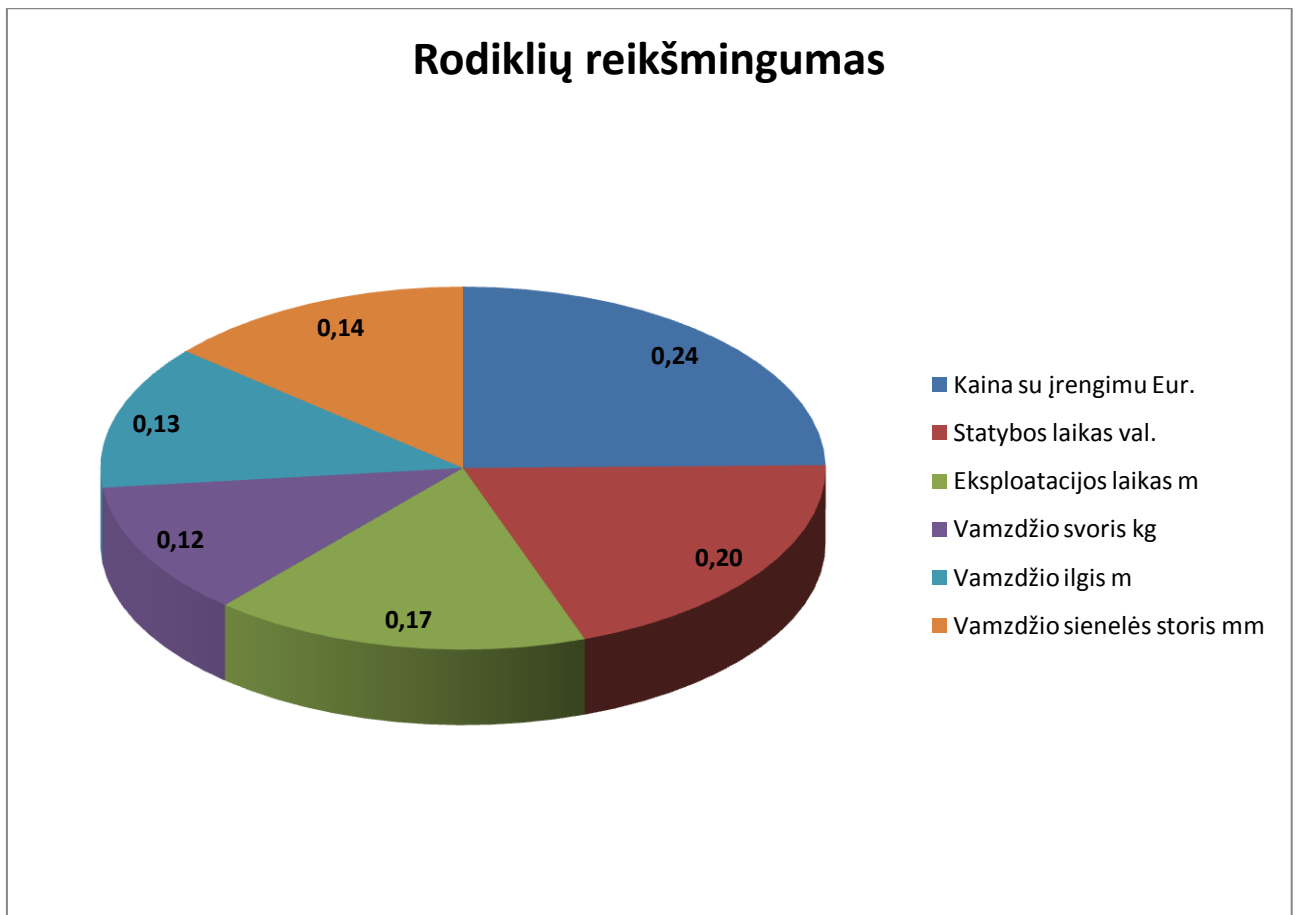
Kriterijų reikšmingumo nustatymas

Atliekant daugiakriterę analizę, pasirenkama keletas kriterijų. Pasirinkus kriterijus reikia nustatyti jų reikšmingumą, kad informacija būtų objektyvi. Pagal parengtą anketą atlikta ekspertų apklausa. Anketą užpildė 20 ekspertų. Vadovaujantis apklausos rezultatų duomenimis, nustatytas kriterijų reikšmingumas. Šių kriterijų reikšmingumui nustatyti naudojama 6 balų sistema. Reikšmingas rodiklis įvertinamas 6 balais, mažiau svarbus – 4 balais, o mažiausiai svarbus – 1 balu. Duomenys pateikti 11 lentelėje.

Ekspertų apklausos rezultatai

| Ekspertas | Kaina su įrengimu | Įrengimo trukmė | Eksploatacijos laikas | Vamzdžio svoris | Vamzdžio ilgis | Vamzdžio sienelės storis | |
|------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------|--------------------------|------------|
| 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 1 | 3 | |
| 2 | 5 | 6 | 3 | 1 | 2 | 4 | |
| 3 | 5 | 6 | 4 | 3 | 1 | 2 | |
| 4 | 3 | 4 | 6 | 5 | 1 | 2 | |
| 5 | 5 | 1 | 3 | 4 | 6 | 2 | |
| 6 | 6 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | |
| 7 | 6 | 3 | 5 | 2 | 4 | 1 | |
| 8 | 5 | 6 | 3 | 2 | 4 | 1 | |
| 9 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 6 | |
| 10 | 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 1 | |
| 11 | 6 | 4 | 3 | 1 | 2 | 5 | |
| 12 | 6 | 2 | 5 | 1 | 4 | 3 | |
| 13 | 6 | 1 | 2 | 4 | 3 | 5 | |
| 14 | 4 | 6 | 5 | 1 | 2 | 3 | |
| 15 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| 16 | 6 | 5 | 2 | 1 | 3 | 4 | |
| 17 | 5 | 6 | 2 | 3 | 1 | 4 | |
| 18 | 5 | 6 | 3 | 1 | 4 | 2 | |
| 19 | 6 | 3 | 2 | 5 | 1 | 4 | |
| 20 | 5 | 3 | 2 | 1 | 4 | 6 | |
| Balų suma | 103 | 83 | 70 | 50 | 54 | 60 | 420 |

Pagal apklausos rezultatus nustatytas rodiklių reikšmingumas, kuris pateiktas 32 pav. Rodiklių integruotojo reikšmingumo q_j suma lygi 1.



34 pav. Rodiklių reikšmingumas

Diagramoje matome, kad ekspertai svarbiausiu rodikliu nurodė kainą su įrengimu, rodiklis siekia net 24 proc. Antras rodiklis pagal svarbumą yra statybos laikas, kuris 4 proc. mažesnis nei pagrindinis rodiklis. Eksploatacijos laiko rodiklio aktualumas 7 proc. mažesnis nei svarbiausias rodiklis. Tada mažiau svarbesni rodikliai: tai 10 proc. vamzdžio sienelės storis, 11 proc. vamzdžio ilgis ir 12 proc. vamzdžio svoris, lyginant su svarbiausiu rodikliu.

Vandentiekio tinklų įrengimų technologijos analizė

Skaičiavimai atliekami pagal SAW algoritmą, kuris pavaizduotas 31 pav. Pagal duomenis sudaroma sprendimų priėmimo matrica (33 lent.), pagal (3.1.) formulę.

Eksploatacijos laiko, vamzdžio ilgio ir vamzdžio sienelės storio rodiklius reikia maksimizuoti pagal formulę (3.3.).

Šių rodiklių geriausios reikšmės yra didžiausios. Renkantis vandentiekio tiesimo būdą atkreipiamas dėmesys į kuo ilgesnį eksploatacijos laiką, kuo ilgesnį vamzdžio ilgį, kuo storenį sienelės storį.

Kainos su įrengimu, statybos laiko ir vamzdžio svorio rodikliai minimizuojami pagal formulę (3.4.).

Šių rodiklių geriausios reikšmės yra mažiausios. Renkantis vandentiekio tiesimo būdą vertinama kuo mažesnė statybos kaina, kuo trumpesnis statybos laikas ir kuo mažesnis vamzdžio svoris.

12 lentelė

Sprendimų priėmimo matrica P

| Vandentiekio trasos įrengimo alternatyvos (variantai) | Rodikliai | | | | | |
|-------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|
| | Kaina su įrengimu Eur. | Statybos laikas val. | Eksploatacijos laikas m | Vamzdžių svoris kg | Vamzdžio ilgis m | Vamzdžio sienelės storis mm |
| Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT | 17.827,93 | 200 | 100 | 118,40 | 6,00 | 8,70 |
| PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 19.368,25 | 375 | 50 | 27,82 | 13,00 | 6,60 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT | 11.726,29 | 188 | 50 | 214,00 | 100,00 | 10,00 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 25.126,61 | 375 | 50 | 25,68 | 12,00 | 10,00 |
| Min. ar max. rodiklis | min. | min. | max. | min. | max. | max. |
| Rodiklio geriausia reikšmė | 11.726,29 | 188 | 100 | 25,68 | 100,00 | 10,00 |

Nagrindėdami 12 lentelę matome, kad įrengiant vandentiekio trasą BT technologijomis ir pasirinkus kalaus ketaus movinį vamzdį, kurio diametras 110 mm, eksploatacijos laikas yra ilgiausias, tačiau įrengimo kaina – vidutinė, statybos laikas – ganėtinai trumpas, vamzdžiai gaminami trumpi, tačiau yra didelio svorio, vamzdžio sienelės storis – vidutinis lyginant su kitomis alternatyvomis.

Įrengiant vandentiekio trasą atviru būdu ir pasirinkus PE ar PE100RC vamzdį, kurio diametras 110 mm, kainos su įrengimu yra didžiausios, statybos laikas – ilgiausias, nei pasirinkus BT įrengimo būdą, eksploatacijos laikas – trumpas, tačiau vamzdžiai nėra didelio svorio.

Įrenginėjat vandentiekio trasą BT technologijomis ir pasirinkus PE100RC vamzdį, kurio diametras 110 mm, įrengimo kaina – mažiausia, statybos laikas – trumpiausias, vamzdžio ilgis – ilgiausias, sienelės storis – didžiausias lyginant su kitomis alternatyvomis.

Nustatomi rodiklių reikšmingumai q_j ir normalizuojama matrica

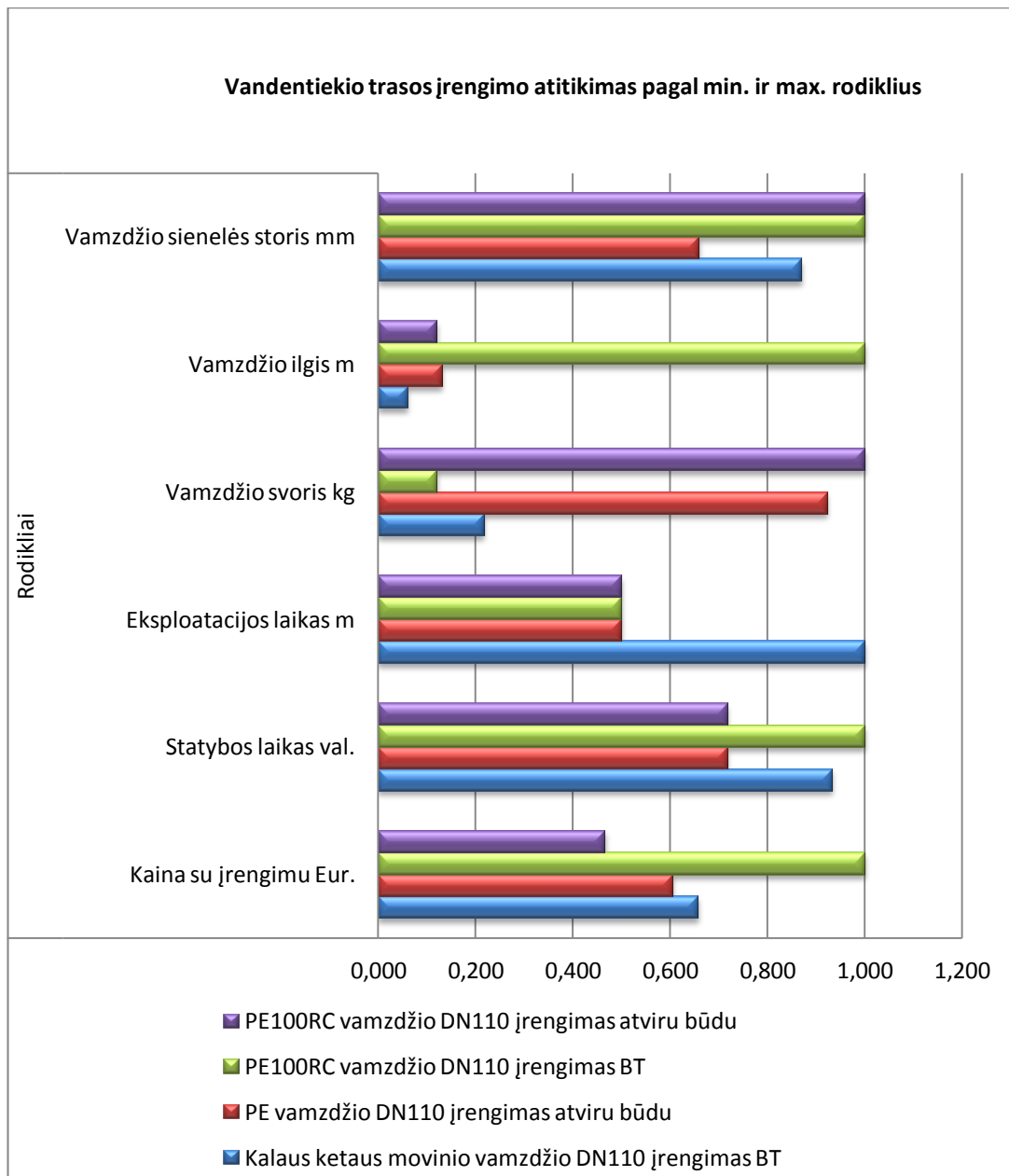
| Vandentiekio trasos įrengimo alternatyvos (variantai) | Rodikliai | | | | | |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|
| | Kaina su įrengimu Eur | Statybos laikas val. | Eksplotacijos laikas m | Vamzdžio svoris kg | Vamzdžio ilgis m | Vamzdžio sienelės storis mm |
| Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT | 0,658 | 0,940 | 1,000 | 0,217 | 0,060 | 0,870 |
| PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,605 | 0,501 | 0,500 | 0,923 | 0,130 | 0,660 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT | 1,000 | 1,000 | 0,500 | 0,120 | 1,000 | 1,000 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,467 | 0,501 | 0,500 | 1,000 | 0,120 | 1,000 |
| Min. ar max. rodiklis | min. | min. | max. | min. | max. | max. |
| Rodiklių reikšmingumai, q_j | 0,250 | 0,200 | 0,170 | 0,120 | 0,130 | 0,140 |

Analizuodami 13 lentelę matome, kad PE100RC vamzdžio DN110 įrengimo BT kainos su įrengimu, statybos laiko, vamzdžio ilgio ir vamzdžio sienelės storio rodikliai yra geriausi.

Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimo BT, eksploatacijos laiko rodiklis yra palankiausias.

PE100RC vamzdžio DN110 įrengimo atviru būdu vamzdžio svorio ir vamzdžio sienelės storio rodikliai yra geriausi.

Nustatytas PE100RC vamzdžio DN110 įrengimo BT geriausias atitikimas pagal min. ir maks. rodiklius (33 pav.)



35 pav. Vandentiekio trasos įrengimo atitikimas pagal min. ir maks. Rodiklius

Pagal 33 paveikslėlį matome:

- Vamzdžio sienelės storis didžiausias PE100RC DN110 vamzdžio.
- Daugiausiai sveria 100 m. PE100RC DN110 vamzdis.
- Ilgiausias eksploatacijos laikas yra pasirinkus kalaus ketaus movinį vamzdį.
- Ilgiausias statybos laikas įrengiant vandentiekio trasą atviru būdu.
- Didžiausios išlaidos įrengiant PE100RC vamzdžį DN110 atviru būdu.
-

Nustatomas varianto racionalumas pagal formulę (3.5.).

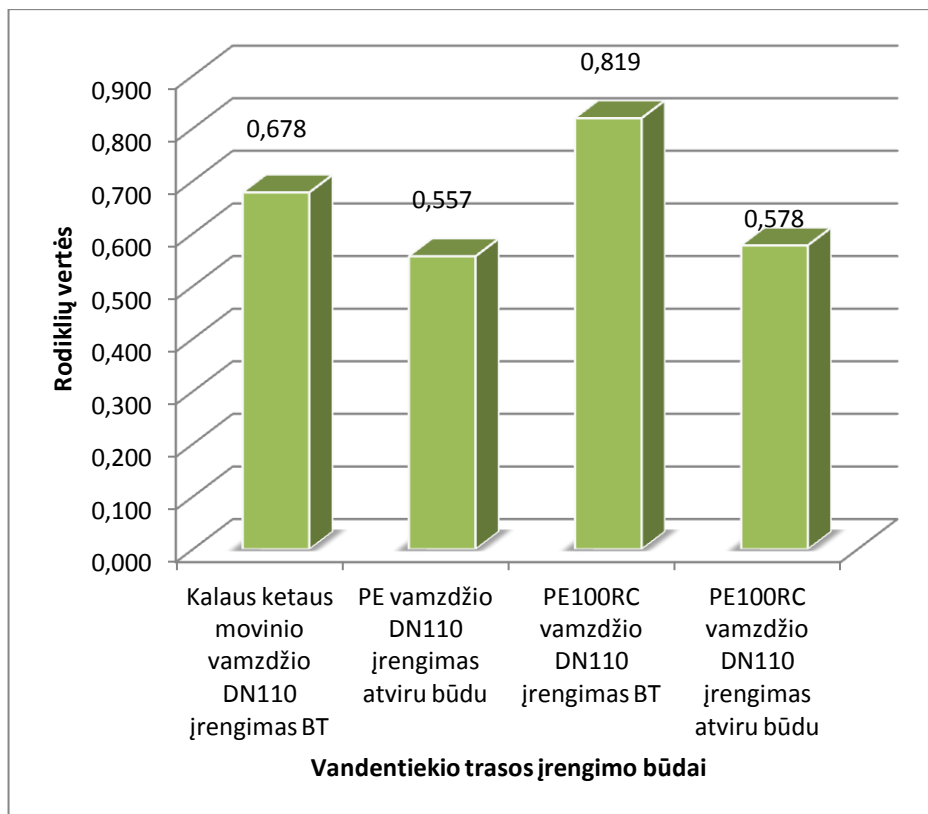
Pagal rodiklių verčių sumas nustatoma prioritėtų eilutė (14 lent.).

14 lentelė

Reikšmių matrica

| Vandentiekio trasos įrengimo alternatyvos (variantai) | Rodikliai | | | | | | Rodiklių verčių suma | Prioritetų eilutė |
|-------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|
| | Kaina su įrengimu Eur. | Statybos laikas val. | Eksploatacijos laikas m | Vamzdžio svoris kg | Vamzdžio ilgis m | Vamzdžio sienelės storis mm | | |
| Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT | 0,164 | 0,188 | 0,170 | 0,026 | 0,008 | 0,122 | 0,678 | 2 |
| PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,151 | 0,100 | 0,085 | 0,111 | 0,017 | 0,092 | 0,557 | 4 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT | 0,250 | 0,200 | 0,085 | 0,014 | 0,130 | 0,140 | 0,819 | 1 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,117 | 0,100 | 0,085 | 0,120 | 0,016 | 0,140 | 0,578 | 3 |
| Min. ar max. rodiklis | min. | min. | max. | min. | max. | max. | | |

Pagal rezultatus sudaryta vandentiekio trasos įrengimo efektyvumo balų diagrama (34 pav.).



36 pav. Vandentiekio trasos įrengimo technologijų vertės

Susumavus visas vandentiekio trastos įrengimo būdų rodiklių vertes, didžiausia vertė yra 0,819 balo, gaunama PE100RC vamzdžio DN110 įrengiant BT. Tai efektyviausias vandentiekio trastos įrengimo būdo pasirinkimas.

Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimo BT rodiklių vertė yra 0,678 balo.

PE100RC vamzdžio ir PE vamzdžio įrengimas atviru būdu yra visiškai neefektyvus tiriamam atvejui. Rodiklių vertės siekia 0,578 ir 0,557 balo.

Išvada. Sukurtas programos Excel įrankis (35 pav.) skirtas efektyviausiam 100 m vandentiekio trastos įrengimo, po asfalto danga būdui nustatyti. Keičiant kainos su įrengimu, statybos laiko, eksploatacijos laiko, vamzdžio svorio, ilgio ir sienelės storio laipsnio rodiklius, sukurtas įrankis nustato naujo atvejo efektyviausią alternatyvą.

| Efektyviausio vandentiekio trastos įrengimo technologijos nustatymas SAW (Simple Additive Weighting) metodu | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 lentelė. Duomenų suvedimas | | | | | | | | |
| Vandentiekio trastos įrengimo alternatyvos (variantai) | Rodikliai | | | | | | Rodiklių verčių suma | Prioritetų eilutė |
| | Kaina su įrengimu Eur. | Statybos laikas val. | Eksploatacijos laikas m | Vamzdžio svoris kg | Vamzdžio ilgis m | Vamzdžio sienelės storis mm | | |
| Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT | 17.827,93 | 30 | 100 | 118,40 | 6,00 | 8,70 | | |
| PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 19.368,25 | 39 | 50 | 27,82 | 13,00 | 6,60 | | |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT | 11.726,29 | 28 | 50 | 214,00 | 100,00 | 10,00 | | |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 25.126,61 | 39 | 50 | 25,68 | 12,00 | 10,00 | | |
| Mín. ar max. rodiklis | min. | min. | max. | min. | max. | max. | | |
| Rodiklio geriausia reikšmė | 11726,29 | 28 | 100 | 25,68 | 100,00 | 10,00 | | |
| 2 lentelė. Rodiklių reikšmingumas | | | | | | | | |
| Vandentiekio trastos įrengimo alternatyvos (variantai) | Rodikliai | | | | | | Rodiklių reikšmingumai, q_j | Prioritetų eilutė |
| | Kaina su įrengimu Eur. | Statybos laikas val. | Eksploatacijos laikas m | Vamzdžio svoris kg | Vamzdžio ilgis m | Vamzdžio sienelės storis mm | | |
| Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT | 0,658 | 0,933 | 1,000 | 0,217 | 0,060 | 0,870 | | |
| PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,605 | 0,718 | 0,500 | 0,923 | 0,130 | 0,660 | | |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT | 1,000 | 1,000 | 0,500 | 0,120 | 1,000 | 1,000 | | |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,467 | 0,718 | 0,500 | 1,000 | 0,120 | 1,000 | | |
| Mín. ar max. rodiklis | min. | min. | max. | min. | max. | max. | | |
| Rodiklių reikšmingumai, q_j | 0,250 | 0,200 | 0,170 | 0,120 | 0,130 | 0,140 | | |
| 3 lentelė. Reikšmių matrica | | | | | | | | |
| Vandentiekio trastos įrengimo alternatyvos (variantai) | Rodikliai | | | | | | Rodiklių verčių suma | Prioritetų eilutė |
| | Kaina su įrengimu Eur. | Statybos laikas val. | Eksploatacijos laikas m | Vamzdžio svoris kg | Vamzdžio ilgis m | Vamzdžio sienelės storis mm | | |
| Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT | 0,164 | 0,187 | 0,170 | 0,026 | 0,008 | 0,122 | 0,677 | 2 |
| PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,151 | 0,144 | 0,085 | 0,111 | 0,017 | 0,092 | 0,600 | 4 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT | 0,250 | 0,200 | 0,085 | 0,014 | 0,130 | 0,140 | 0,819 | 1 |
| PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu | 0,117 | 0,144 | 0,085 | 0,120 | 0,016 | 0,140 | 0,621 | 3 |
| Mín. ar max. rodiklis | min. | min. | max. | min. | max. | max. | | |

37 pav. Efektyviausio vandentiekio trastos įrengimo technologijos nustatymas SAW (Simple Additive Weighting) metodu

IŠVADOS

1. Šiuo metu visuose didesniuose Lietuvos miestuose, taip pat ir daugelyje kaimo gyvenviečių vandentiekiai yra. Geriamasis vanduo Lietuvoje tiekiamas tik iš požeminių vandens telkinių. Vandentiekų tinklas nuolat plečiamas ir tobulinamas, siekiama, kad vandens kokybė atitiktų šiuolaikinius reikalavimus. Mažose gyvenvietėse ir ypač atokesniuose kaimuose vandentiekų trūksta, ir gyventojai geriamuoju vandeniu apsirūpina iš šachtinių šulinių.
2. Statybų įmonės norinčios atlikti betrančėjus darbus privalo turėti jų veiklą patvirtinantį atestatą, kvalifikuotus specialistus, specialią įrangą.
3. Naujai nutiesti ar renovuoti vandentiekio tinklai užtikrina geriamo vandens kokybę, pagal Lietuvos higienos normas HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimi“.
4. Vandentiekio ir nuotekų tinklų įrengimui, rekonstravimui naudojami šie būdai ir technologijos: atviras būdas, betranšėjės technologijos.
5. Betranšėjės technologijos pagalba naujus vamzdynus įrengti galima: horizontalaus valdomo kyptinio gręžimo būdu, uždaro perėimo būdu, mikrotunelio metodo būdu.
6. Betranšėjės technologijos pagalba atnaujinti ir renovuoti vamzdynus galima: laisvo įtraukimo metodu, priverstinio įtraukimo metodu, prigludusio įtraukimo metodu, CIPP „rankovės“ metodu.
7. Atlikus literatūros apžvalgą ir išnagrinėjus vandentiekio įrengimo technologijas, įvertinus techniškai ir ekonomiškai vandentiekio įrengimui naudojamus vamzdžius, tyrimui parinkti įrengimo būdai:
 - Kalaus ketaus movinio vamzdžio DN110 įrengimas BT;
 - PE vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu;
 - PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas BT;
 - PE100RC vamzdžio DN110 įrengimas atviru būdu.
8. Vertinant vandentiekio įrengimo alternatyvas, kai 100 m vandentiekio trasa turi būti įrengta po asfalto danga iš 110 mm skersmens vamzdžių, efektyviausia darbus atlikti horizontaliu valdomu kryptiniu gręžimu ir pasirinkus PE100RC vamzdį. Įrengiant vandentiekio trasą BT įrengimo kaina – mažiausia, statybos laikas – trumpiausias, vamzdžio ilgis – ilgiausias, sienelės storis – didžiausias lyginant su kitomis alternatyvomis.
9. Pagal apklausos rezultatus nustatytas rodiklių reikšmingumas: vandentiekio trastos kaina 100 m. su įrengimu – 0,24; vandentiekio trastos statybos laikas – 0,20; vamzdyno eksploatacijos laikas – 0,17; vamzdžio sienelės storis – 0,14; vamzdžio ilgis – 0,13; vamzdžio svoris – 0,12 balo.
10. Susumavus visas vandentiekio trastos įrengimo būdų rodiklių vertes, didžiausia vertė yra 0,819 balo, gaunama PE100RC vamzdžio DN110 įrengiant BT. Tai efektyviausias vandentiekio trastos įrengimo būdo pasirinkimas.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. ADAMONYTĖ I., MISEVIČIENĖ S. Vandentvarka. – Kauno r.: ASU leidybos centras, 2012. ISBN 978-609 449-039-2.
2. Aegion internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 08]. Prieiga per: <https://www.aegion.com/>
3. ALBINAS K., ALGIRDAS R., GRAŽINA Ž. Žemės ūkio ir gyvenamųjų vietovių vandentieka. Vilnius: Margi raštai, 2006. ISBN 978-9986-09322-0
4. Ariogalos statybinės konstrukcijos internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 06]. Prieiga per: <http://www.arsk.lt/>
5. BNS Spaudos centras internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 28]. Prieiga per: <https://sc.bns.lt/view/item/245085>
6. Citybase Apartments internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 09]. Prieiga per: <https://www.citybaseapartments.com/blog/a-european-travellers-guide-to-drinking-water-infographic/>
7. Danaher&Walsh internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 07]. Prieiga per: <https://www.danaherandwalsh.co.uk/advanced-pipeline-solutions/cipp-lining/>
8. DĖJUS, T. SAW metodo elementų jautrumo tyrimas [interaktyvus]. Vilnius: VGTU, 2001 [žiūrėta 2018-11-18]. Prieiga per: http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26024.pdf
9. Dėl Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos nuostatų patvirtinimo [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 18]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt>
10. Eccua internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 02]. Prieiga per: <https://www.eccua.lt>
11. Elitus internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 07]. Prieiga per: <http://elitus.eu/paslaugos/betransejos-technologijos/>
12. European Commission [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 09]. Prieiga per: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-429_lt.htm
13. Europos aplinkos agentūra internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 04]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/lt/articles/vanduo-mieste>
14. Gairana internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 10 22]. Prieiga per: <http://gairana.lt/produktai/slegio-vamzdziu-sistemas/pe-slegio-vamzdziai>
15. Geodrilling Systems internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 07]. Prieiga per: <http://geodrilling.lt/technika/english-microtunnelling/>
16. Grundolita internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 10 01]. Prieiga per: <http://www.grundolita.lt>

17. Heders internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 01]. Prieiga per: <https://heders.lv/>
18. Homele internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 24]. Prieiga per: <https://homele.ru/lt/sewerage/how-to-lay-sewers-laying-sewer-pipes-in-the-ground-technological-rules-and-nuances/>
19. JAŠKŪNIENĖ R. Metalinių konstrukcijų apsaugos nuo gaisro priemonių daugiakriterinis vertinimas: baigiamasis magistro projektas. Panevėžys 2018
20. KATKEVIČIUS L., CIUNYS A. Vandens ūkio statybos organizavimas ir technologijos. – Kaunas: Ardiva, 2008. – 84 puslapiai. ISBN 978-9955-896-20-3.
21. KRS inžinerinių tinklų specialistai internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 01]. Prieiga per: <http://krs-group.com/>
22. Lietuvos aplinkos ministerija [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 17]. Prieiga per: http://senas.am.lt/VI/article.php3?article_id=1105
23. Lietuvos higienos normos HN 24:2003 „Geriamojo vandens sauga ir kokybės reikalavimai“ [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 17]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt>
24. Lietuvos Respublikos seimas [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 17]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt>
25. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 18]. Prieiga per: <https://www.infolex.lt/ta/77961:str2>
26. Lietuvos statyba internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 24]. Prieiga per: <https://www.statyba.lt/straipsniai/Betran%C5%A1%C4%97j%C4%97s-technologijos-pasiteisina-tankiai-u%C5%BEstatytose-vietov%C4%97se/53>
27. Lietuvos vandens tiekėjų asociacija [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 18]. Prieiga per: <http://www.lvta.lt/istorija/>
28. Lrytas internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 04]. Prieiga per: <https://www.lrytas.lt/sveikata/gyvenu-sveikai/2018/08/18/news/nusprende-istirti-lietuvoje-parduodama-geriamaji-vandeni-rezultatai-igsawdino-7289531/>
29. Mevilsta internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 23]. Prieiga per: <http://mevilsta.lt/left/inzineriniai-tinklai/adatiniai-filtrai%2C-transejos/>
30. MOHAMMAD NAJAFI, PH.D. Trenchless Technology Piping Installation and Inspection. McGraw-Hill Education, 2010. ISBN: 987-0-07-148928-7.
31. MOHAMMAD NAJAFI, PH.D. Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal. McGraw-Hill Education, 2005. ISBN: 9780071422666.
32. Panevėžio ryšių statyba internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 01]. Prieiga per: <https://panros.lt/>

33. PODVEZKO V. The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS, Inžinerinė Ekonomika – Engineering Economics. Kaunas: Kauno technologijos universitetas, 2011, 22(2), 134–146. ISSN 2029–5839. Prieiga per: <http://www.inzeko.ktu.lt/index.php/EE/article/view/310>
34. Polietileninių ir polipropileninių vamzdžių projektavimo ir montavimo taisyklės [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 01]. Prieiga per: <http://www2.plasta.lt/info/Vamzdziu%20projektavimo%20ir%20montavimo%20taisykles.pdf>
35. Požeminės sistemos internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 24]. Prieiga per: <http://psistemas.lt>
36. Santechnika pigiau internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 02]. Prieiga per: <https://www.santechnikapigiau.lt>
37. SIMANAVIČIENĖ R. Kiekybinių daugiatislių sprendimo priėmimo metodų jautrumo analizė: daktaro disertacija. Vilnius: Technika, 2011. 122 p. ISBN 978-609-457-055-1
38. Skauduva internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 10 13]. Prieiga per: <http://www.skauduva.lt/produkcija/pe-rc-vamzdziai/>
39. Stadema internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 04]. Prieiga per: <http://www.stadema.lt>
40. Statai statybos taisyklės [interaktyvus] [žiūrėta 2018 10 07]. Prieiga per: <http://www.statybostaisykles.lt>
41. Statybų naujienos internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 07]. Prieiga per: <http://www.statybunaujienos.lt/naujiena/Renovuoja-vamzdzius-nenutraukdami-ju-eksploatavimo/3866>
42. Steinzeug keramo [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 07]. Prieiga per: https://www.steinzeug-keramo.com/files/bro_gb_lt_2015_08_fin.pdf
43. Structum internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 07]. Prieiga per: <https://structum.lt/straipsnis/uzdaras-ir-atviras-inzinerinis-tinklu-tiesimas-ndash-tradiciju-ir-inovaciju-saveika>
44. Trenchless technology magazine [interaktyvus] [žiūrėta 2018 12 09]. Prieiga per: <https://trenchlesstechnology.com>
45. USTINOVIČIUS L., TURSKIS Z., ШЕВЧЕНКО Г. Применение метода SAW для многокритериального сравнительного анализа вариантов риска инвестиций в строительстве. Vilnius: VGTU, 2006 7(3), 459–471
46. USTONAVIČIUS L., ZAVADSKAS E. K. Statybos investicijų efektyvumo sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 2004. ISBN 9986-05-806-6.

47. Vilniaus vandenys internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 10 15]. Prieiga per:
https://www.vv.lt/lt/apie/tinklo_pletra/vandens-nuoteku-sistemu-atnaujinimas.php
48. VLADISLOVAS ČESLOVAS A., ALGIRDAS N.. Požeminiai inžineriniai tinklai. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2005. ISBN 9986-05-871-6]
49. Wavin internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 10 04]. Prieiga per:
<https://www.wavin.com/lt-LT>
50. Žurnalas „Atsibuskite“ 2014 lapkritis [interaktyvus] [žiūrėta 2018 10 04]. Prieiga per:
<https://www.jw.org/lt/leidiniai/zurnalai/g201411/akvedukai-romenu-inzinerija/>
51. Žurnalo „SA.lt“ internetinė svetainė [interaktyvus] [žiūrėta 2018 11 24]. Prieiga per:
<https://sa.lt/betono-nuoteku-sistemos-racionalus-pasirinkimas-2/>