



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Evaldas Zaikauskas

**POŽEMINIŲ INŽINERINIŲ TINKLŲ ĮRENGIMO
TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI**

Magistro baigiamasis projektas

Vadovas

Doc. dr. Marijonas Daunoravičius

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

POŽEMINIŲ INŽINERINIŲ TINKLŲ ĮRENGIMO
TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI

Magistro baigiamasis projektas
Statybos inžinerija (kodas 621H20001)

Vadovas

(parašas) doc. dr. Marijonas Daunoravčius
(data)

Recenzentas

(parašas) dr. Gediminas Stelmokaitis
(data)

Projektą atliko

(parašas) Evaldas Zaikauskas
(data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas,pavarde)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Evaldo Zaikausko**, baigiamasis projektas tema „Požeminių inžinerinių tinklų įrengimo technologijų tyrimai“ 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)

Zaikauskas, Evaldas. POŽEMINIŲ INŽINERINIŲ TINKLŲ ĮRENGIMO TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Doc. dr. Marijonas Daunoravičius; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai. Statybos sritis.

Reikšminiai žodžiai: požeminiai inžineriniai tinklai, betranšėję technologija, horizontalus valdomas gręžimas, poveikio aplinkai vertinimas, daugiakriteris vertinimas, kriterijus.

Kaunas, 2017. 66 p.

SANTRAUKA

Šiame baigiamajame statybos inžinerijos magistro projekte daugiakriterinės analizės būdu buvo įvertintas betranšėjų technologijų socialinis ir ekologinis poveikis aplinkai, esant skirtingoms vietovės gamtinėms ir infrastruktūros sąlygoms, atliekant ekonominę ir daugiakriterinę trasų įrengimo šiose vietovėse vertinimą. Projekto vykdymo metu buvo analizuotos betranšėjų požeminių komunikacijų trasų įrengimo technologijos ir jų panaudojimo galimybės bei atlikta Lietuvos ir užsienio mokslinės literatūros apžvalga. Darbą sudaro įvadas, 4 skyriai, išvados, 30 bibliografinių šaltinių. Darbo apimtis – 66 puslapiai teksto be priedų, 24 paveikslai, 22 lentelės. Atskirai pridedami 4 priedai.

Zaikauskas, Evaldas. *Research on Underground Engineering Networks Installations Technologies: Master's thesis in civil engineering / supervisor assoc. prof. Doc. dr. Marijonas Daunoravičius*. The Faculty of Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Science of Technology. Building Engineering

Key words: underground engineering network, trenchless technology, horizontal directional drilling, impact assessment, multi-criteria evaluation, criterion.

Kaunas, 2017. 66 p.

SUMMARY

The current master thesis of civil engineering includes the multi-criteria evaluation of trenchless technologies. The thesis presents environmental impact assessment considering criteria of social, ecological and economic impact of trenchless technologies. The impact assessment was done taking into account building sites of various nature and infrastructures. The economic and multi-criteria evaluation of underground engineering networks was done. The thesis contains the analysis on usability of trenchless underground networks and Lithuanian and foreign scientific literature regarding problematic aspects of trenchless technologies. The thesis consists of the introduction, 4 chapters, conclusions and 30 bibliography sources. The length of the thesis is 66 pages without annexes, 24 pictures, 22 tables. 4 annexes are attached separately.

Turinys

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
ĮVADAS	10
1. Betranšėjų technologijų problematikos literatūroje apžvalga	11
1.1. Literatūros apžvalga	11
1.1. Literatūros apžvalgos išvados	16
2. Betranšėjų technologijų analizė	17
2.1. Horizontalus valdomas gręžimas	18
2.2. Vamzdžių kalimo technologija	22
2.3. Vamzdžių spaudimo (stūmimo) technologija	24
2.4. Mikrotunelio metodas	26
2.5. Betranšėjų technologijų privalumai ir trūkumai	28
3. Betranšėjų technologijų vertinimo metodika	30
3.1. Daugiakriteriniai įvertinimo metodai	30
3.2. Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS)	32
3.3. Kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai	35
3.4. Kriterijų reikšmingumo nustatymas rangų metodu	38
4. Tiriamoji dalis	40
4.1. Analizuojamų variantų formavimas	40
4.2. Vertinimo kriterijų parinkimas	42
4.2.1. Ekonominiai kriterijai	42
4.2.1.1. Sąmatinė darbų kaina	43
4.2.1.2. Atliekamų darbų sparta	44
4.2.2. Socialiniai kriterijai	46
4.2.2.1. Infrastruktūros trikdžiai	46
4.2.2.2. Triukšmingumas	47
4.2.3. Ekologiniai kriterijai	49

4.2.3.1. Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis	49
4.2.3.2. Ekosistemų išsaugojimas	51
4.3. Kriterijų reikšmingumo nustatymas	53
4.4. Daugiakriterinis vertinimas kompleksiniu proporcingumo metodu (COPRAS)	56
4.5. Rezultatų analizė	59
IŠVADOS	63
LITERATŪROS SĄRAŠAS	64
PRIEDAI	67

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Energijos kintamųjų diagrama [5]	13
2 pav. Požeminės konstrukcijos tvarumo formulė [7].....	14
3 pav. Plačiausiai naudojamų technologijų suskirsymas.....	17
4 pav. Horizontalus valdomas gręžimas [12]	18
5 pav. Horizontalus valdomo gręžimo agregatas [13].....	19
6 pav. Ištraukta plėtimo galva [17].....	20
7 pav. HVG technologijos komponentai	21
8 pav. Vamzdžių kalimo technologija [12]	22
9 pav. Vamzdžių kalimas [17].....	23
10 pav. Pneumatinis kalimo įrenginys [17].....	23
11 pav. Stūmimo agregatas MCL-54/60 [12].....	24
12 pav. Vamzdžių sujungimas [17]	25
13 pav. Mikrotunelio metodo schema [12].....	26
14 pav. Šachtos vaizdas (kairėje: gręžimas, dešinėje: vamzdžio sujungimas) [12]	27
15 pav. Daugiakriterinių metodų klasifikacija pagal informacijos lygį [24].....	31
16 pav. Projekto techninių – ekonominių rodiklių ir kokybinių charakteristikų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai [23].....	36
17 pav. Sąmatinės darbų kainos pagal grunto tipą diagrama	59
18 pav. Triukšmingumo pagal vietovės tipą diagrama.....	59
19 pav. Vidutinės darbų spartos pagal vietovės tipą diagrama	60
20 pav. Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekio pagal variantą diagrama.....	60
21 pav. Ekspertinės apklausos įverčių diagrama	61
22 pav. Kriterijų reikšmingumas pagal ekspertinės apklausos duomenis	61
23 pav. Lyginamų variantų santykinis prioretiškumas.....	62
24 pav. Kriterijų tipo reikšmingumas pagal variantą	62

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Technologijų charakteristikų visuma.....	29
2 lentelė. Daugiakriterinės analizės lentelė	34
3 lentelė. Kriterijų vertinimo rezultatai	38
4 lentelė. Kiekybinis pataisos koeficientas.....	40
5 lentelė. Sąmatinės darbų kainos	43
6 lentelė. Darbų spartos suvestinė lentelė.....	46
7 lentelė. Infrastruktūros trikdžių įverčiai	46
8 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.1-ML	47
9 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.1-ŽS.....	47
10 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.2-ML	48
11 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.2- ŽS.....	48
12 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.3-ML	48
13 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.3- ŽS.....	49
14 lentelė. Mechanizmų kuro sąnaudų skaičiavimai.....	50
15 lentelė. Sudeginto kuro kenksmingų medžiagų rodikliai [29].....	51
16 lentelė. Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekių lentelė.....	51
17 lentelė. Ekosistemų išsaugojimo įverčiai	52
18 lentelė. Ekspertinės apklausos duomenys.....	53
19 lentelė. Reikšmingumo nustatymo lentelė.....	53
20 lentelė. Pagrindiniai duomenys daugiakriterinei analizei.....	56
21 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica.....	57
22 lentelė. Daugiakriterinio trasų įvertinimo kompleksiniu proporcingumo metodu (COPRAS) rezultatai	58

IVADAS

Betranšėjės technologijos – šiuo metu sparčiai auganti požeminių inžinerinių tinklų statybos ir remonto darbų sritis. Šios technologijos ekonomiškai naudingos, nes minimizuoja žemės darbų apimtis, kelia minimalius transporto eismo trikdžius ir žymiai sutrumpina statybos darbų laiką. Betranšėjų technologijų panaudojimas paplitęs ne tik didelėse pramoninėse valstybėse (pvz. tokiose kaip JAV ar Vokietija), bet ir Lietuvoje [1].

Darbo problema. Betranšėjės technologijos nėra pakankamai reglamentuotos, apie jų panaudojimo poveikį visuomenei, aplinkai (atsižvelgiant tiek į urbanistiką, tiek į gyvąją ir negyvąją gamtą) nėra atlikta pakankamai išsamių tyrimų. Vien ekonominis tokio pobūdžio technologijų pranašumas, neleidžia daryti išvadų apie vienokį ar kitokį technologijų poveikį aplinkai. Atitinkamai, siekiant nustatyti betranšėjų technologijų socialinį ir ekologinį poveikį aplinkai, būtina atlikti akademinio lygmens tyrimus.

Darbo praktinė vertė. Šis mokslinis tiriamasis projektas yra skirtas betranšėjų technologijų poveikio aplinkai (plačiaja prasme) įvertinimui bei įvertinimo išvadoms pateikti. Atliekamas tyrimas turi svarbos sprendžiant klausimus dėl technologijos „draugiškumo“ aplinkai bei ateities panaudojimo perspektyvos.

Darbo tikslas - įvertinti betranšėjų technologijų socialinį ir ekologinį poveikį aplinkai, esant skirtingoms vietovės gamtinėms ir infrastruktūros sąlygoms, atlikti ekonominį ir daugiakriterinį trasų įrengimo šiose vietovėse vertinimą.

Darbo uždaviniai:

- Išanalizuoti betranšėjų požeminių komunikacijų trasų įrengimo technologijas ir jų panaudojimo galimybes;
- Atlikti užsienio mokslinėje literatūroje aprašomą betranšėjų technologijų problematikos apžvalgą;
- Apibūdinti tiriamus skirtingus vietovės tipus, aprašyti jiems būdingus požeminių trasų įrengimo poveikius ir jų svarbą aplinkai;
- Sudaryti kriterijų sistemą, atspindinčią betranšėjų technologijų panaudojimo ekonominius rodiklius, jų socialinius poveikius ir ekologinius poveikius aplinkai;
- Išanalizuoti pasirinktų kriterijų absoliutinį ir santykinį reikšmingumą;
- Skirtingų vietovių atveju daugiakriteriniu metodu įvertinti betranšėjės technologijos efektyvumą ir jį palyginti.

1. Betranšėjų technologijų problematikos literatūroje apžvalga

1.1. Literatūros apžvalga

Lietuvos mokslinėje literatūroje komunikacinių trasų įrengimo procesai ir jų įtaka aplinkai, naudojant betranšėjas technologijas nėra išsamiai išnagrinėta, ypač inžinerijos mokslo srities specialistų. Išanalizavus prieinamus lietuvių mokslininkų darbus šia tema, matyti, kad betranšėjų technologijų poveikis aplinkai labiau tiriamas vandentvarkos srityje. Pavyzdžiui šių technologijų poveikis tik labai abstrakčiai, nedetalizuojant ir neišskiriant konkrečių poveikio vertinimo kriterijų, minimas aplinkos inžinerijos, hidrotechnikos inžinerijos mokslo magistro darbuose [2]. Šie darbai siejasi su itin specifinių statinių statyba, todėl poveikio vertinimas aplinkai plačiaja prasme šiuose darbuose nėra atliekamas.

Tuo tarpu užsienio literatūroje betranšėjų technologijų, o konkrečiai horizontalaus valdomo gręžimo poveikio aplinkai vertinimas, yra kur kas labiau išnagrinėtas. Nepaisant to, šioje srityje užsienio tyrimai dažniausiai atliekami tik konkrečiu aspektu, t. y. atsižvelgiant į technologijos panaudojimo poveikį tik ekonominiu, socialiniu arba aplinkosauginiu aspektu. Vėlgi, šie tyrimai dažnai atliekami labai konkrečiuose statybos srityse, kaip antai atliekant statybos darbus kuro gavybos ir tiekimo, ar atliekant labai konkrečių projektų, kuriuose ši technologija bus naudojama, vertinimus. Vis dėlto, toliau pateikiama užsienio mokslinės literatūros analizė atskleidžia, kad nurodomoje literatūroje horizontalaus valdomo gręžimo technologijos panaudojimo galimybės bei poveikis aplinkai buvo vertintas itin svarbiais aspektais ar net sistemiškai.

Tyrimų, atliktų kompleksiniu būdu, t. y. vertinant betranšėjų technologijų panaudojimą daugiau nei vienu aspektu yra nedaug. Didžioji dauguma tyrimų atliekami vertinant tik technologijos ekonomiškumą, tik poveikį gamtai arba tik įtaką socialiniai aplinkai. Pavyzdžiui, 2014 m. publikuotame Luizianos Tech. universiteto mokslininkų darbe „*Socialinių išlaidų poveikio vertinimas vamzdyno infrastruktūros projektuose*“ [3], aprašomas betranšėjų technologijų panaudojimo poveikis socialinei aplinkai. Buvo atliktas tyrimas, kurio metu buvo apskaičiuojamos aštuonių tipų socialinės išlaidos vandentiekio infrastruktūroje. Tranšėjų ir betranšėjų technologijų palyginimas, esant naujos statybos arba rekonstrukcijos projektams, parodė, kad socialinės išlaidos bendroje projekto sąmatoje, betranšėjas technologijas leidžia vertinti kaip pranašesnes. Anot mokslininkų, toks vertinimas itin priklauso nuo vietovės urbanizacijos. Be to, kelionės maršruto atidėjimas, ypač įrengiant papildomas konstrukcijas, sudaro apie 55 % visų socialinių išlaidų. Tyrimas parodė, kad socialinės išlaidos didžiaja dalimi

yra nepriklausomos nuo daugumos aiškiai apibrėžtų kriterijų kaip antai vamzdžio diametras, įrengimo gylis, gruntinių vandenų ar dirvožemio sąlygos. Reiškias jas įvertinti objektyviai yra itin sudėtinga.

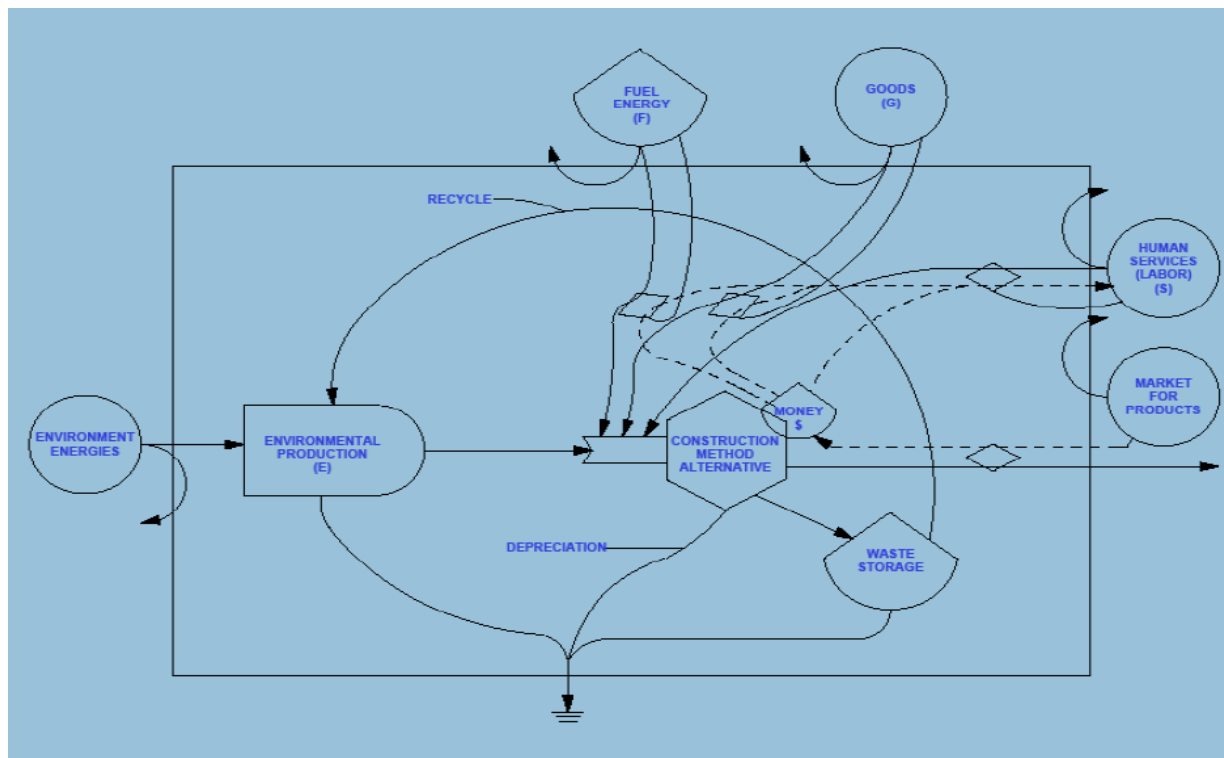
Svarbu paminėti, kad šis tyrimas leido mokslininkams konstatuoti, jog mažesnes tiesiogines sąnaudas turinčių projektų, susijusių su mažesnio diametro vamzdžiais, išlaidos socialiniams veiksams yra žymiai didesnės. Nors aptariamas tyrimas atskleidė svarbius konkretaus socialinio poveikio kriterijaus vertinimo aspektus, tačiau patys specialistai pripažįsta, kad turėtų būti ieškoma universalių kriterijų ir socialinių išlaidų vertinimo būdų. Tokiu būdu visuomenė galėtų labiau suvokti naujų betranšėjų technologijų panaudojimo pranašumus, o projektuotojai ir projektų užsakovai pasirinkti optimalias technologijas [3].

Mokslinių darbų, kuriuose požeminių technologijų poveikis aplinkai daugiakriteriniu būdu būtų pagrindinis tyrimų objektas nėra daug. Tačiau jungtinis Kanados ir Jungtinių Amerikos Valstijų mokslininkų tyrimas vandentiekio tiekimo ir rekonstrukcijos srityje, pakankamai svariai atskleidžia bentranšėjų technologijos pranašumą prieš antžeminius tranšėjinius darbus [4]. Poveikio aplinkai tyrimą mokslininkai atliko pasirinkdami tris kriterijus su subkriterijais: (i) aplinka (fizinė, biologinė, cheminė), (ii) socialinė (visuomenės sveikata, kaimynystė), (iii) projekto charakteristika (aikštelė, įgyvendinimo laikas). Šie kriterijai buvo tiriami vadovaujantis analitinės hierarchijos proceso ir paprastosios daugiacharakteristinės reitingavimo technikos metodais. Įvertinus poveikį aplinkai tiek vienu, tiek kitu metodu pagal surinktus duomenis Monrealyje (Kanadoje), išryškėjo akivaizdus bentranšėjų technologijos naudojimo pranašumas poveikio aplinkai atžvilgiu. Mokslininkai nustatė, jog socialinis faktorius yra reikšmingiausias tranšėjinės technologijos poveikio vertinimui, tačiau šioms technologijoms projekto charakteristika turi mažiausiai įtakos. Tuo tarpu, nors projekto charakteristika nėra reikšmingas kriterijus tranšėjų technologijų poveikiui aplinkai vertinti, bentranšėjų technologijų poveikis socialiniai aplinkai yra ženkliai mažesnis (tranšėjinės - 0.36, bentranšėjų- 0.28).

Šiuo tyrimu mokslininkai ne tik pasiūlė technologijos poveikio aplinkai vertinimo metodiką, bet ir, palyginę visus tyrimo kintamuosius kriterijus, nustatė, kad bentranšėjų technologijos mažiau veikia supančią aplinką nei tranšėjinės technologijos. Be to, anot mokslininkų, pasiūlytas metodas padeda praktikoje aktyviai derinti projektus, atsižvelgiant į ketinamą naudoti technologijų poveikį aplinkai [4].

Kito panašaus tyrimo metu Bouling Gryno universiteto (JAV) mokslininkai atliko bentranšėjų technologijų (tame tarpe ir horizontalaus valdymo gręžimo technologijos) bei tranšėjinės technologijos palyginimą, vadovaujantis aplinkosauginės vertės inžinerijos (ang. Environmental Value Engineering) metodu [5]. Šis metodas naudojamas įvertinti statinio

gyvavimo ciklą aplinkoje, nustatant poveikį aplinkai bei alternatyvios statybos naudą saulės energijos kontekste. Paminėtina, kad energija tai absoliutus tam tikros energijos kiekis, kuris sunaudojamas tiesiogiai arba netiesiogiai produkto gamybos ir gyvavimo procese (Hovardo T. Odumo, 1996). Metodui pritaikyti, naudojami šie kriterijai-kintamieji: iš aplinkos gaunama energija, kuro energija, gamybos medžiagos ir darbas (nuo medžiagų gavybos iki konstrukcijos išardymo darbų).



1 pav. Energijos kintamųjų diagrama [5]

Taigi, minėto tyrimo metu, JAV mokslininkai išvedė itin sudėtingą formulę horizontalaus valdymo gręžimo technologijos poveikiui aplinkai nustatyti, konkrečiai dėl sueikvojamos energijos (matavimo vienetu pasirenkant saulės energijos džaulius, įvertinti, viso konstrukcijos gyvavimo metu (suskirstant į 10 konstrukcijos gyvavimo fazių nuo natūralių resursų, kurie bus naudojami statybai, formavimosi iki konstrukcijų suyrimo ar perdirbimo). Objektu buvo pasirinktas standartinių parametrų vandens vamzdžio tipiniame JAV mieste įrengimo projektas: 1 mylios ilgio, 12 colių diametro vamzdžio, 6 pėdų gylyje įrengimas. Dviejų tipų technologijoms palyginti buvo pasirinktos analogiškos aplinkos sąlygos ir atitinkamos technologijų įrengimui būtinos statybos aikštelės.

Horizontalaus valdomo gręžimo atveju pagal minėtus kriterijus buvo įvertinta sueikvojama energija: aplinkos gaunama energija 80% (tranšėjinės technologijos 61%), kuro energija 8% (16%), gamybos medžiagos 1% (9%) ir darbas 11% (14%). Taigi, atliktas tyrimas parodė, kad

tranšėjinė technologija turi net 66,22% daugiau įtakos aplinkai, energijos sueikvojimo prasme, kas daro horizontalaus valdomo gręžimo technologiją žymiai draugiškesnę aplinkai. Atitinkamai, mokslininkai padarė išvadą, kad aplinkos vertės inžinerijos metodas gali būti naudojamas alternatyvų palyginimui, vertinant pasirinktų technologijų poveikį aplinkai, esant toms pačioms projekto įgyvendinimo sąlygoms.

Be atlikto energijos eikvojimo tyrimo ir tranšėjinės bei betranšėjės technologijos palyginimo, šiame moksliniame straipsnyje [5] pateikiama kitų mokslinių tyrimų apžvalga atskleidžia, ekonominiu požiūriu horizontalaus valdymo gręžimo technologija yra brangesnė (pagal Atalahand Kariuki (2009) tyrimą), bet ši ir kitos betranšėjės technologijos gali išskirti net 78-100% mažiau šiltnamio efekto dujų nei vamzdynus vedžiojant įprastu tranšėjiniu būdu (pagal Rehanand Knight tyrimą (2007)). Straipsnyje taip pat pažymima, kad susisiekimo komunikacijų ardymas turi esminės reikšmės projekto kainai. Pasak mokslininkų, mokslininkų Najafiand Kim (2004) parengtas mokslinis darbas [6], kuriame buvo atliekamas tranšėjų ir betranšėjų technologijų gyvavimo ciklo kaštų tyrimas, pateikė požeminių konstrukcijų technologijų pasirinkimo ekonominį naudingumą, bet paliko vietos ir kitiems tyrimams bei analizėms, kurios leistų alternatyvias technologijas įvertinti kitais aspektais ir konstrukcijas projektuoti kaip įmanoma ekologiškiau ir palankiau mus supančiai aplinkai (ekologiniu ir socialiu aspektais).

Pastaruosiuose straipsniuose technologijų poveikis aplinkai pateikiamas lyginant dvi visiškai skirtingo pobūdžio technologijas, t.y. tranšėjinę ir betranšėję. Tokio pobūdžio palyginimas mums parodo vamzdynų tiesimo technologijų sėkmingą raidą, pabrėžia naujų technologijų privalumus ir senųjų trūkumus, tačiau neparodo betranšėjės technologijos optimalių panaudojimo galimybių ir naudingumo, taikant ją skirtingomis aplinkos sąlygomis.

Žinoma, esama ir tyrimų, atliktų lyginant keletą skirtingų betranšėjų ir tranšėjinių technologijų. Viename amerikiečių mokslininkų straipsnyje, požeminių inžinerinių tinklų projekto tvarumo tematika, aptariamas keturių skirtingų technologijų (tarp kurių buvo ir HVG) poveikis aplinkai. Tyrimas buvo atliktas trimis aspektais: ekonominiu, socialiniu ir aplinkosauginiu. Pagrindinis šio mokslinio tyrimo tikslas buvo pateikti požeminių konstrukcijų tvarumo indeksą (angl. *Underground Sustainability Index*), leidžiantį įvertinti konkretaus projekto poveikį aplinkai pagal pasirinktą technologiją [7].

$$USIR = a(\text{Environmental Impact}) + b(\text{Cost}) + c(\text{Social Impact})$$

2 pav. Požeminės konstrukcijos tvarumo formulė [7]

Atliekant tyrimą buvo vertintas konkretus projektas, jo įgyvendinimui naudojant keturias skirtingas technologijas. Išsamiai vertinus konkretaus projekto įgyvendinimo pagal technologiją

kaštus (ekonominis aspektas), subjektyvų poveikio socialinei aplinkai vertinimą ir technologijos poveikį gamtai buvo išvesti visų technologijų indeksai konkrečiame projekte. Iš visų keturių technologijų praktiškiausia pasirodė pilotinio mikrotunelio technologija (indeksas 0.627). Horizontalaus valdomo gręžimo technologija nuo pastarosios atsiliko mažai (indeksas 0.655).

Tuo tarpu tranšėjinė technologija pasirodė visiškai nepraktiška konkretaus projekto atveju (indeksas 1). Be kiekvienos technologijos panaudojimo konkrečiame projekte indekso nustatymo, mokslininkai padarė išvadą, kad technologijos panaudojimo indeksas labai priklauso nuo projekto įgyvendinimo vietos. Be to, tyrimas parodė, kad betranšėjės technologijos labai prisideda prie aplinkos tvarumo išsaugojimo, todėl manytina, kad šių technologijų panaudojimas bėgant metams tik intensyvės [7].

Mokslinėje literatūroje, kurioje nagrinėjamas bentranšėjų technologijų, o ypač horizontalaus valdomo gręžimo, poveikis aplinkai, dažnai prieina išvada, kad betranšėjės technologijos yra ekologiškesnės nei įprasto tranšėjinės. Pavyzdžiui, Amerikos chemikų draugijos leidžiamame žurnale Aplinkosaugos mokslai ir technologijos (angl. *Environmental Science & Technology*) publikuotame Michael D. Lubrecht straipsnyje *Horizontalus valdomas gręžimas: žalia ir tvari technologija*, apžvelgiami visi pagrindiniai horizontalaus valdomo gręžimo technologijos plusai, susiję su gamtos išsaugojimu. Mokslininkas atliko technologijos poveikio analizę vertindamas tvarkaus statybos projekto kriterijus: socialinio ir ekonominio, medžiagų ir atliekų valdymo, žemės valdymo ir ekosistemų išsaugojimo, žalos vandens ištekliams, energijos ir atsinaujinančios energijos sunaudojimo bei oro taršos ir šiltnamio dujų emisijos aspektais. Vertinimo rezultate, mokslininkas padarė išvadą, jog nors HVG yra efektyvus būdas užtikrinti vietovės ekologiškumą bei tvarumą (angl. *Green and Sustainable Remediation*), bet šios technologijos reikšmingumas nėra pakankamai išnagrinėtas. Vertinant technologiją pagal minėtus kriterijus, mokslininkas nustatė, kad ši technologija gali būti efektyvi priemonė aplinkos tvarumo atkūrimui užtikrinti. Lyginant horizontalaus valdomo gręžimo ir kitų alternatyvių technologijų ekonominius ir aplinkosauginius įrengimo, naudojimo ir priežiūros kaštus ilgalaikėje perspektyvoje, anot mokslininko, horizontalus valdomas gręžimas yra kur kas pranašesnis už kitus gręžimo metodus [8].

1.1. Literatūros apžvalgos išvados

Apibendrinant išdėstytą aktualios literatūros analizę, galima daryti išvadą, kad nors betranšėjų technologijų poveikis aplinkai yra nagrinėtas įvairiais aspektais ir buvo bandoma atlikti daugiakriterinius technologijos poveikio aplinkai vertinimus, išsamių tyrimų, leidžiančių vertinti technologijos poveikį aplinkai skirtingose aplinkos sąlygose nėra daug. Minėtų užsienio straipsnių autoriai taip pat pripažįsta, kad ši inžinerinių technologijų sritis nėra išsamiai tirta ir yra reikalingos išsamesnės analizės ar papildomi skirtingų kriterijų tyrimai. Tuo tarpu Lietuvos mokslinėje bazėje nėra atliktų tyrimų, nagrinėjančių betranšėjų technologijų poveikį.

Nors mokslinės literatūros analizė atskleidžia papildomų tyrimų būtinybę, juose daromos svarbios išvados, leidžiančios konstatuoti betranšėjų technologijų pranašumą prieš tranšėjines technologijas. Kaip matyti, dalis mokslinių straipsnių pateikia itin sudėtingų technologijos poveikio aplinkai vertinimo schemų ir formulių. Vis dėlto, nėra aišku, kaip tokios sudėtingos sistemos galėtų būti taikomos rengiant mažesnės apimties ir ne tokius socialiai bei ekologiškai jautrius projektus, kaip antai naftotiekio ar kito didelio diametro vamzdyno. Manytina, kad siekiant sukurti visuotinai taikomą betranšėjės technologijos poveikio aplinkai vertinimo sistemą, būtina ieškoti objektyvių ir pastovių vertinimo kriterijų. Tai yra būtina ieškoti ne tik poveikio vertinimo detalizavimo, bet ir esminių veiksnių, lemiančių technologijos pasirinkimo naudą. Bet kokiu atveju, nagrinėtų mokslinių darbų autoriai sutiktų, kad net ir atradus esminius poveikio vertinimo elementus (kriterijus), didelės įtakos poveikio mastui turi paties statinio projekto įgyvendinimo vieta ir aplinkos sąlygos. Atitinkamai, egzistuoja akivaizdus poreikis tolimesniems tyrimams, kuriais remiantis būtų galima įvertinti technologijos poveikį aplinkai, esant skirtingoms projekto įgyvendinimo vietos sąlygoms.

2. Betranšėjų technologijų analizė

Betranšėjes technologijos 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 niokojantiems darbams priešinosi ir privačią nuosavybę turintys amerikiečiai [9].

Naudojant uždarojo tipo technologijas galima renovuoti, tiesti naujus vamzdynus neardant aplinkos. Panaudojimo galimybės atsižvelgiant į vietovės tipą svyruoja nuo plyno lauko iki tankiai užstatytos miesto teritorijos ar sudėtingo infrastruktūros statinio, statyba galima ir po vandens telkiniais. Betranšėjes technologijos leidžia darbus atlikti švariai neardant asfalto dangos, šaligatvio, neuždarant ir netrikdant eismo [10].

Miestuose ši technologija taikoma itin dažnai, tačiau betranšėję technologija neišstūmė tranšėjinės. Anot bendrovės „Grundolita“ gamybos skyriaus viršininko Mečislovo Kisliakovo, mieste, kur įrengta infrastruktūra, betranšėjis inžinerinių tinklų klojimo būdas pigesnis, nes sutaupoma atstatymo darbams, tačiau atviroje vietoje tranšėjinis būdas pigesnis. Kaip šios pažangios technologijos privalumus M. Kisliakovas įvardijo ir mažesnes darbo jėgos bei laiko sąnaudas. Dėl betranšėjų technologijų gerokai spartėja darbas, mažiau teršiama aplinka [9].

Visuomeninės paskirties ir ūkinei veiklai skirtų objektų statyba urbanizuotose teritorijose kelia naujų reikalavimų projektų plėtotėjams, projektavimo bei statybų organizacijoms. Visai neseniai inžinerinių komunikacijų tiesimas atvirojo kasimo būdu buvo įprasta praktika. Perkastos gatvės ir šaligatviai, dėl to priverstinai keičiami arba smarkiai apribojami transporto srautai, pailgėjusios kelionės į darbą ir namo bei triukšmas mažai ką stebindavo, tačiau visada keldavo miestiečiams rūpestį ir nepasitenkinimą. Situacija ėmė keistis inžinerinių komunikacijų tiesimo darbams pradėjus taikyti betranšėjes technologijas [9]. Nors Lietuvoje jos pradėtos naudoti palyginti neseniai, jų efektyvumas yra įrodytas jau ne viename įgyvendintame projekte [11].

Išskirtinos keturios plačiausiai naudojamos vamzdynų betranšėjės įrengimo technologijos, trumpai aptarsime kiekvienos iš jų pagrindinius bruožus:



3 pav. Plačiausiai naudojamų technologijų suskirstymas

2.1. Horizontalus valdomas gręžimas

Metodas naudojama: aukšto slėgio vamzdynų arba dėklų vamzdynams ir kabeliams tiesti po upėmis, keliais ir geležinkeliais iki 900 m atstumu.

Technologijos privalumas: gręžimo mašinos padarytas pilotinis gręžinys įgalina vamzdžius pakloti reikiamame gylyje.

Reikalingos techninės priemonės: gręžimo mašina

Naudojami vamzdžiai: 50 - 600 mm skersmens PE (polietileno), plieniniai arba specialūs ketiniai vamzdžiai



4 pav. Horizontalus valdomas gręžimas [12]

HVG technologijos aprašymas

Pirmiausia gręžimo mašina pastatoma nustatytoje gręžimo vietoje pagal darbo projekte numatytą gręžimo kryptį. Sumaišomas gręžimo mišinys - jis yra reikalingas gręžimo strypų tepimui, siūstuvo aušinimui, grunto pašalinimui iš kanalo ir kanalo sienelių sutvirtinimui. Gręžimo mišinį dažniausiai sudaro vanduo ir bentonitas, retais atvejais mišinyje gali būti naudojamas polimeras. Mišinio santykis parenkamas pagal gruntą. Mišinys į gręžimo mašiną nuo maišyklės tiekiamas žarna [2].

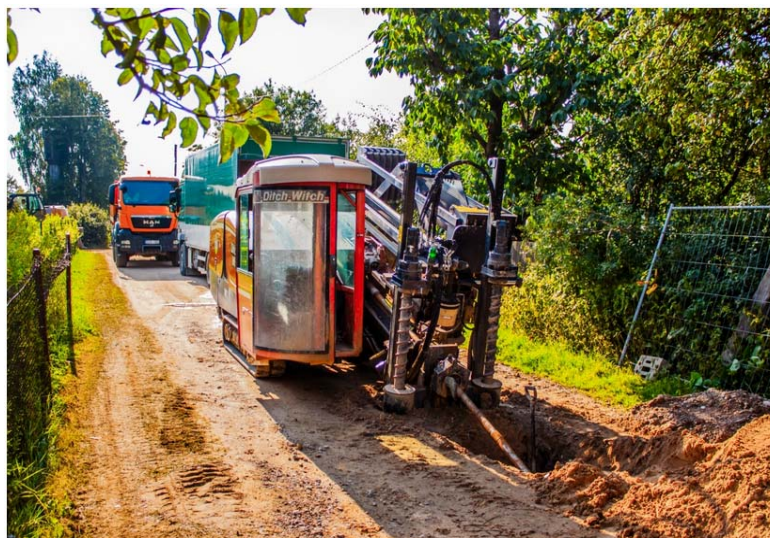
Surenkama pilotinė gręžimo aparato galvutė, o į ją įmontuojamas siūstuvai. Norint jį sukalibruoti pilotinė galvutė padedama taip jog atstumas tarp jos ir matavimo prietaiso būtų 3 m. Kalibravimo proceso metu gręžimo galvutė orientuojama ties 12 h. Gręžimo metu iš galvutės į matavimo prietaisą siunčiamas signalas, kuris perduodamas į gręžimo prietaisą esantį monitorių - taip tiesiogiai stebimas gręžimas [2,13].

Monitoriuje matomi tokie parametrai, kaip gręžimo gylis pilotinės galvos posūkio kamas ir krypties keitimo kampas. Trasos gręžimo metu gylio matavimas atliekamas intervalais, kurie priklauso nuo pasirinkto gręžimo strypo ilgio ir bendro trasos ilgio [2,14].

Pilotinę galvutę pritvirtinus prie gręžimo vamzdžio pradedama gręžti. Sugręžus kiekvieną vamzdį atliekami matavimai. Trasos gylis ir kryptis fiksuojami specialiaame kryptinio gręžimo matavimo protokole. Šių matavimų rezultatai pateikiami procentine išraiška. Operatorius valdantis gręžimo mašiną, pagal paskutinio vamzdžio duomenis protokole, nustato, koks bus kito vamzdžio gręžimo gylis ir kryptis [2,13].

Baigus pilotinio gręžimo etapą, gręžimo galva keičiama į kanalo išplatinimo galvą. Kanalas platinamas 20% didesniu diametru už įtraukiamo vamzdžio skersmenį. Nuo vamzdžio skersmens ir grunto tipo priklauso platinimo etapų skaičius [2].

Vamzdžio įtraukimas į išgręžtą kanalą - paskutinis etapas. Prie gręžimo vamzdžio lanksčiajame jungtyme pritvirtinama išplatinimo galva ir paskui ją įtraukiamas vamzdis. Tam kad nepatektų grunto, vamzdžio galas užsandarinamas. Sukamuoju - traukiamuoju judesiu, vamzdis įtraukimas į kanalą [2].



5 pav. Horizontalus valdomo gręžimo agregatas [13]

HVG darbų etapai

Horizontalaus valdomo gręžimo darbus galima skirstyti į šiuos etapus:

- gręžimo darbo projekto analizę,
- gręžimo technikos ir kitos reikalingos įrangos parinkimą,
- gręžimo darbų atlikimą,
- gręžimo išilginių profilių sudarymą.

HVG technologijos įranga

Horizontalaus valdomo gręžimo mašinomis įrengiami: dėklai vamzdynams, vandentiekio, dujotiekio, nuotekų vamzdynai, elektros tinklai ir kt. Įrengiami vamzdžiai gali būti plastmasiniai (polietileniniai -PE tipo), plieniniai ar specialūs ketiniai [16].

Horizontalaus valdomo gręžimo mašina sudaryta iš gręžimo įrangos, gręžimo skysčių, maišyklės, aukšto slėgio siurblio, gręžimo padėties nustatymo įrenginio [16].

Gręžimo principas - gręžimo galvutė, pritvirtinta prie specialių spyruoklinio plieno strypų, yra sukama. Strypų ilgis svyruoja nuo 600 mm iki 4500 mm, skersmuo nuo 34 mm iki 92mm. Strypai tarpusavyje jungiami sriegiančiais sujungimais. Vamzdžių klojimo atstumas priklauso nuo įrenginio galingumo, klojamų vamzdžių skersmens ir grunto geologinės struktūros [16].

Horizontalaus gręžimo įrenginiai yra mobilūs, sumontuoti ir išmontuoti juos gręžimo vietoje galima labai greitai [16].



6 pav. Ištraukta plėtimo galva [17]

HVG įtaka gruntui ir jo paviršiui

Tiesiant vamzdynus horizontalaus valdomo gręžimo įrenginiais gruntas iš tunelio nepašalinamas. Jis susimaišo su gręžimo skysčiu ir atlieka gręžinio sienelių stabilizavimo funkciją vamzdyno tiesimo metu. Gręžimo skystis stabilizuoja gruntą ir tai leidžia atlikti darbus su mažai ar visai nepaveikiant grunto [16].

Žemės paviršiuje ar tam tikroje dangoje gali atsirasti tam tikrų deformacijų, jeigu vamzdžiai klojami negiliai, o vamzdžio skersmuo yra didelis. Norint išvengti šios problemos pasak įmonės „Grundolita“ bendra taisyklė yra išlaikyti 10 cm gylį kiekvienam skersmens centimetrui". Šis metodas nereikalauja tranšėjos iškasimo gręžimo pradžia, tačiau tranšėją kasti gali prireikti tam, kad pasiekti linijos projektinį aukštį gręžinio pradžioje ir pabaigoje. Didelių

tranšėjų kasimo dažniausiai išvengiama kadangi gręžimo strypai įeina ir išeina kampu taip grąžto galva gali būti išvedama iš grunto bet kuriame taške [16].

HVG įrenginių aptarnavimas

- Horizontalaus gręžimo įrenginius turi aptarnauti trijų žmonių grandis;
- Operatorius turi būti instruktuoti specialiai ir turėti gerus įgūdžius, sugebėti operatyviai spręsti iškilusias problemas;
- Operatorius privalo:
 - suplanuoti gręžimo trajektoriją,;
 - užtikrinti, kad visos įrenginio dalys būtų paruoštos ir nustatytos reikiama kryptimi;
 - parinkti tinkamą gręžimo galvą ir atgalinio traukimo įrenginį, pagal konkrečias grunto sąlygas;
 - parinkti tinkamas gręžimo skysčio savybes,;
 - Užtikrinti, jog gręžimo paklaida neviršytų 15 centimetrų.



7 pav. HVG technologijos komponentai (1.Gręžimo vamzdis; 2.Gręžimo galva; 3.Traukimo galva; 4.Šarnyrinė jungtis; 5. Gręžimo skysčio purkštuvas-dozatorius; 6. Išplėtimo galva.)

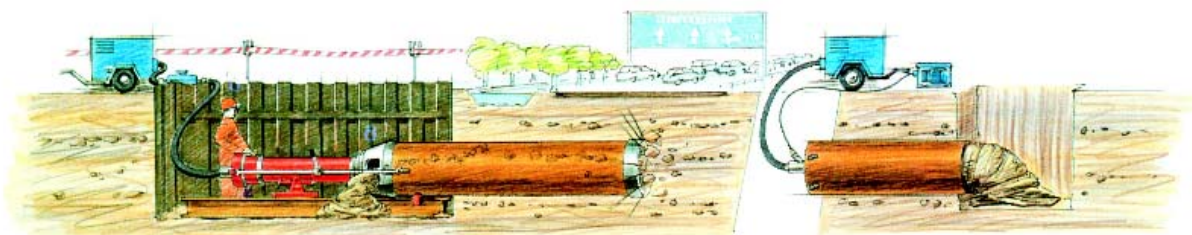
2.2. Vamzdžių kalimo technologija

Technologija naudojama įrengiant vamzdynų ir kabelių įdėklus, vandentiekio arba nuotekų vamzdynus po keliais ir geležinkeliais arba tiesiogiai į pastatų rūsius iki 100 m atstumu.

Technologijos privalumas -nesuardomas paviršius; tikslus technikos prasiskverbimas iki reikiamos vietos.

Reikalingos techninės priemonės: pneumatinis kalimo įrenginys.

Naudojami vamzdžiai plieniniai 100-1400 mm skersmens vamzdžiai.



8 pav. Vamzdžių kalimo technologija [12]

Vamzdžių kalimo technologijos aprašymas

Iš įrengiamos prieduobės, kurios gylis yra toks pats, kaip ir klojamo įdėklo gylis, plieninis vamzdis atviru galu pneumatiniu kalimo įrenginiu kalamas link kitoje gatvės pusėje paruoštos prieduobės. Vamzdis kalamas 1-3 m ilgio atkarpomis, prie įkulto vamzdžio privirinamos vis naujas atkarpos. Pasiėkus numatytą prisijungimo vietą, iš vamzdžio išvalomas susikaupęs gruntas. Įkaltas vamzdis naudojamas kaip įdėklas arba kaip darbinis vamzdis [9,18].

Vamzdžių kalimas yra betranšėjis metodas skirtas plieno vamzdžių įrengimui. Atstumai 30 m ar daugiau ir daugiau nei 1500 mm skersmens yra bendri, nors būdas gali būti naudojamas daug ilgiau, ir didesnių įrenginių. Metodas yra naudinga vamzdžio ir apvalkalo įrenginiai pagal geležinkelio linijų ir kelių, kur kiti betranšėjės metodai gali sukelti paviršiaus nusodinimo arba Metamasis. Dauguma Įrenginių yra pritaikyti horizontaliam darbui, tačiau šis metodas gali būti naudojamas ir vertikalia kryptimi su atitinkamais įrenginiais [1].

Šis metodas naudoja pneumatines smogiamuosius smūgius vairuoti vamzdį per žemę. Kalamas vamzdžio galas visada paliekamas atviras, ir paprastai yra uždaras tik tada, kai įdiejami mažesni vamzdžiai. Jo forma leidžia mažas viršutinę įpjovą (sumažinti trintį tarp vamzdžio ir dirvožemio ir pagerinti apkrovos sąlygas ant vamzdžio) ir nukreipti į dirvožemį į vamzdį vidų, o ne sutankinimo ją išorėje vamzdžio. Šie tikslai yra paprastai pasiekiamas pridėdant dirvos pjovimo batų arba specialias juostas prie vamzdžio [19, 20].



9 pav. Vamzdžių kalimas [17]

Dar labiau sumažinti trintį naudojamas sutepimas, gali būti naudojami įvairių tipų bentonitas arba polimerai (horizontaliajam gręžinių įrengimui). Grunto pašalinimas iš vamzdžio gali būti atliktas po viso proceso, jei tai trumpesnius objektams. Jei vamzdis, kuriame yra grunto tampa pernelyg sunkus, prieš montuodami naują vamzdžio atkarpą, kalimas nutraukiamas ir vamzdis valomas (ilgiau įrenginiai). Nepageidaujamas gruntas gali būti pašalintas sraigto, suspausto oro ar vandens čiurkšlės metodais [16].

Naujausi vamzdžių kalimo technologijos tyrimai įrenginiams atliekantiems vamzdžių kalimą leido sukurti konkretų statinį modelį su grunto atsparumo rodikliais ir dinaminį modelį su parametrais leidžiančiais modeliuoti procesą, atsižvelgiant į vamzdžio gebėjimą būti įstumtam į gruntą. Šie modeliai gali būti naudojami apskaičiuoti galimybėms vamzdžius įrengti naudojant vamzdžių kalimo technologiją.



10 pav. Pneumatinis kalimo įrenginys [17]

2.3. Vamzdžių spaudimo (stūmimo) technologija

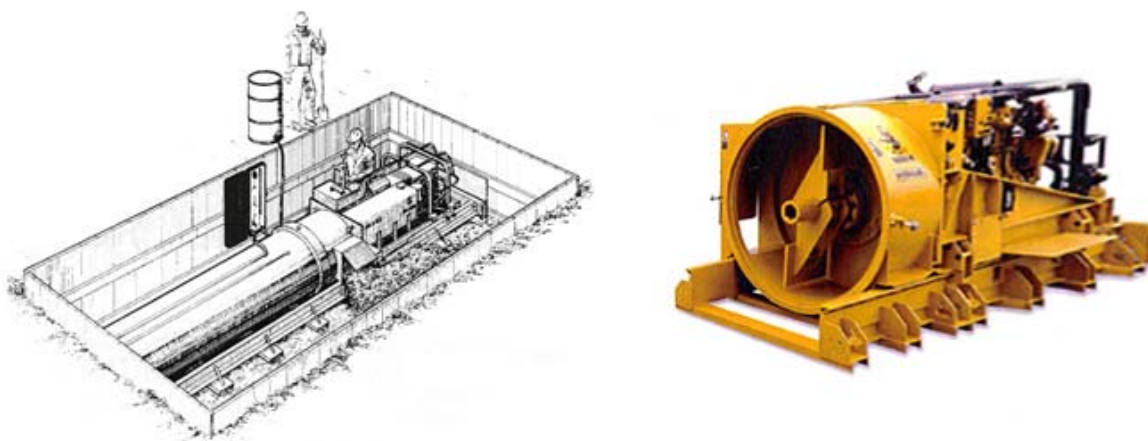
Technologiją naudojami įrengiant plieninius įdėklus visų rūšių gruntuose maksimaliu 120 m atstumu;

Technologijos privalumas - užtikrinamas didelio skersmens vamzdžių nutiesimas, tikslus plieninių įdėklų vamzdžiams įrengimas;

Reikalinga technika: MCL-54/60 mašina (metalinių vamzdžių stūmimo-gręžimo mašina, kuri gali pasiekti 500 tonų stūmimo galią, bei 230,4 Nm sukamąjį momentą);

Naudojami dėklai: 150-1500 mm skersmens plieniniai vamzdžiai;

Technologijos veikimo principas - iš įrengtos 8 -13 m darbinės duobės, stumiami 3 arba 6 m atkarpų plieniniai vamzdžiai. Gruntas iš stumiamų vamzdžių šalinamas jų viduje esančiais sraigtais. Gręžimo galvai judant bėgiais ji hidrauliniiais stūmokliais spaudžiama į gruntą. Prie kiekvieno įstumto vamzdžio privirinamos vis naujos plieninių vamzdžių atkarpos. Procesas vyksta tol, kol pasiekama paruošta priėmimo duobė.



11 pav. Stūmimo agregatas MCL-54/60 [12]

Vamzdžių įstūmimas – specialus statybos metodas, kurio metu naujai paklojami arba pakeičiami DN 150 mm – DN1500 mm skersmens nutekamieji arba tiekimo kanalai. Šiandienos rinkoje esančios vamzdžių įstūmimo mašinos suteikia galimybę iškasti iki 100 m ilgio ruožą, kai vamzdžio skersmuo 400 mm. Jei vamzdžio skersmuo 1 000 mm, ruožo ilgis gali siekti 250 m, o jei skersmuo yra platesnis nei 1 200 mm, ruožo ilgis gali siekti net 1 000 m. Šiuolaikinė technika leidžia lengvai įveikti įvairaus spindulio vingius. Vienintelė sąlyga – skerspjūvis turi būti didesnis nei 1 200 mm. Darbai atliekami eismo judėjimo kryptimi. Vamzdžio įstūmimas požeminiu būdu yra pranašesnis: padaro minimalią žalą viešajam ar privačiam turtui, apsaugo vertingus statinius, padeda išvengti eismo trukdžių kanalus tiesiant po keliais, aplink gyvenantys

žmonės apsaugomi nuo stipraus triukšmo ir purvo, kelio dangą reikia atstatyti tik pradžios ir pabaigos prieduobių įrengimo vietose, tik šiose vietose prireikus perkeliama jau esama komunikacija, sunaudojama mažiau iškasos grunto ir impregnuotos skaldos, tik labai menkai patenkama į gruntinius vandenius, darbai gali vykti bet kokiomis oro sąlygomis [20, 21].

Įvertinus per pastaruosius kelerius metus atliktus statybos darbus, galima teigti, kad vamzdžio įstūmimo požeminiu būdu išlaidos sudaro nuo 80 iki 150 proc. darbų, vykdomų atviruoju būdu, išlaidų. Išlaidų dydis labiausiai priklauso nuo gylio, kuriame atliekami darbai. Didelis kainų svyravimas atsiranda dėl įvairių aplinkybių (pavyzdžiui, ribotos sąlygos, ypač didelis tiesimo gylis, sunkios grunto sąlygos ir kt.). Kiekvieną kartą prieš pradėdant vykdyti darbus patartina palyginti abiejų metodų techninius ir ekonominius aspektus. Todėl būtina atlikti išsamius grunto tyrimus ir teritorijos inventorizaciją. Remiantis rezultatais, gali būti atliekama išsami techninė ir ekonominė analizė, kuri užsakovams turi padėti pasirinkti vieną iš dviejų vamzdžių klojimo metodų: vamzdžių įstūmimą požeminiu arba atviruoju būdu [20, 22].



12 pav. Vamzdžių sujungimas [17]

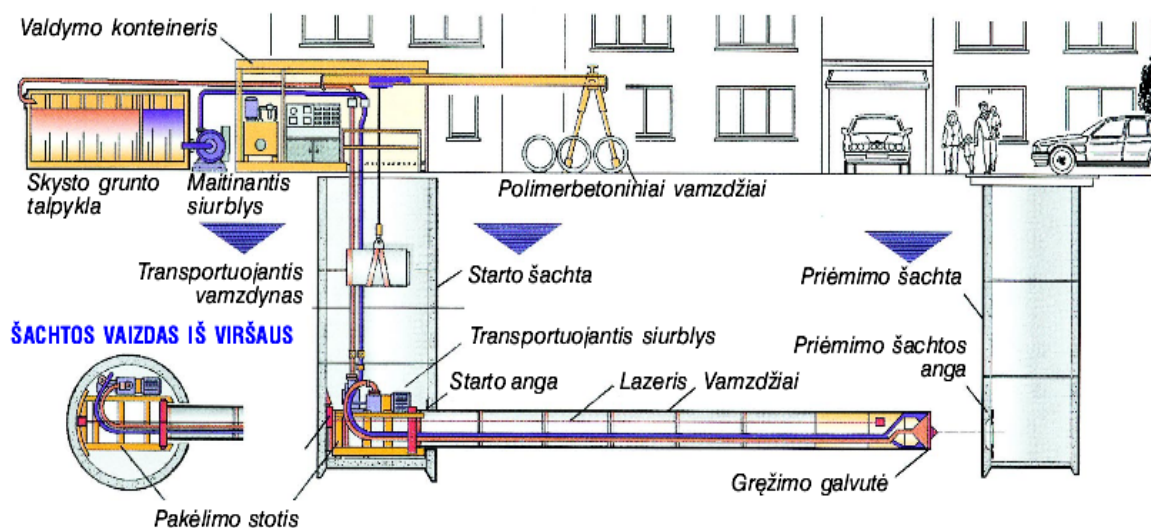
2.4. Mikrotunelio metodas

Technologiją naudojama esant sudėtingomis sąlygomis – daug komunikacijų, inžinerinių tinklų, gruntiniams vandenims, sudėtingiems gruntams; savitakinių linijų statyboje 1000 m ir didesniu atstumu.

Technologijos privalumas speciali šachta padeda pasiekti labai didelį gylį ir pakloti vamzdynus ir dėklus tiksliai reikalingoje vietoje.

Reikalinga technika, įrengimai valdomo gręžimo mašina, storasieniai 100-2000 mm skersmens plieniniai, plastmasiniai, polimerbetoniniai ir stiklo pluošto vamzdžiai.

Technologijos veikimo principas: 2 m skersmens šachtoje įrengiamas hidraulinis domkratas ir paruošiama vieta gręžimo galvai. Gręžimo galva spaudžiama į gruntą pradeda gręžti. Gruntas šalinamas žarnomis į paviršiuje stovintį konteinerį. Gręžimo galvos kryptis reguliuojama lazerinio taikiklio iš valdymo punkto, esančio paviršiuje. Įstūmus gręžimo galvą į gruntą iki šachtos sienos, prie jos montuojama vamzdžio atkarpa ir visas procesas vyksta toliau, kol pasiekiamas kitame trasos gale paruošta ištraukimo šachta. Taip įrengtas vamzdynas gali būti naudojamas kaip dėklas vamzdžiams ir kabeliams arba kaip spaudiminis ar savitakinis vamzdis [12, 22].



13 pav. Mikrotunelio metodo schema [12]

Mikrotunelio technologijos aprašymas

- Įrengtoje 2 m skersmens šachtoje įrengiamas hidraulinis domkratas ir paruošiama starto vieta gręžimo galvai.

- Gręžimo galva spaudžiama į gruntą pradeda gręžti. Gruntas yra šalinamas žarnomis į paviršiuje stovintį konteinerį. Gręžimo galvos kryptis reguliuojama lazeriniu taikikliu iš paviršiuje esančio valdymo punkto.
- Įstūmus gręžimo galvą į gruntą iki šachtos galo, prie jos montuojama vamzdžio atkarpa ir visas procesas vyksta toliau, kol pasiekiamas kitame trasos gale paruošta ištraukimo šachta. Joje gręžimo galva ištraukiama į paviršių, o įrengtas vamzdynas gali būti naudojamas kaip dėklas vamzdžiams ir kabeliams arba kaip spaudiminis ar savitakinis vamzdis.

Pastaba: technologija taikoma ten, kur atvirai kasti sunku – trukdo dideli gyliai, transportas, šalia esantys pastatai, negalima vibracija ir pan. mikrotunelio metodas tuo veiksmingesnis, kuo didesniame gylyje atliekami darbai ir kuo daugiau žemėje yra komunikacijų bei inžinerinių tinklų [20].



14 pav. Šachtos vaizdas (kairėje: gręžimas, dešinėje: vamzdžio sujungimas) [12]

2.5. Betranšėjų technologijų privalumai ir trūkumai

Taikant betranšėjes technologijas, būtina atsižvelgti į taikomo būdo privalumus ar trūkumus kiekvienu atveju atskirai. Pirmine technologinių, ekonominių, socialinių ir ekologinių aspektų analizė yra būtina. Būtina nusakyti, kuo pasirinktoji technologija yra pranašesnė savo techninėmis charakteristikomis, ar jos savikaina tam tikram darbui atlikti mažesnė ar didesnė, kokie socialiniai ir ekologiniai padariniai, t.y. jie dideli, minimalūs ar jų nėra visiškai.

Pagrindiniai betranšėjų technologijų privalumai:

- Darbai atliekami žymiai sparčiau bei ekonomiškiau, nei atviro kasimo būdu;
- Darbus galima atlikti po automagistralėmis, didelio srauto keliais ir gatvėmis, geležinkelių sankasomis, po vandens telkiniais, kur darbai neįmanomi atviru vamzdinių klojimo būdu;
- Darbus galima vykdyti po esamais pastatais ir jų konstrukcijomis;
- Kasant tranšėjas nereikia ardyti kelio ar aikščių dangos;
- Išsaugomi medžiai ir kiti žalieji plotai;
- Išvengiama upių vagų ir jų krantų pažeidimo;
- Darbų metu netrikdomas transporto ir pėsčiųjų eismas;
- Greitas įrangos transportavimas ir montavimas;
- Mažesnės klojimo išlaidos;
- Pasiekiamas saugus klojimo gylis;
- Darbai gali būti vykdomi ir žiemą esant įšalui.

Nors betranšėjų technologijų privalumu išvardijama be galo daug, keli įvardijami trūkumai stipriai koreguoja jų panaudojimo mastus tiek pasaulyje, tiek Lietuvoje.

Pagrindiniai betranšėjų technologijų trūkumai:

Pagrindinis trūkumas – didelė įrengimų ir medžiagų, skirtų betranšėjams darbams atlikti, kaina. Taip pat darbu atlikimui reikalingi aukštos kvalifikacijos specialistai, kad darbai su turima technika būtų atliekami kuo efektyviau ir kokybiškiau. Dėl to statybinės organizacijos, įsigijusios importinę techniką, priversti savo darbuotojus siusti į užsienį komandiruotėms, kad šie išmokytų elgtis su turima technika. Būtina nepamiršti, jog įmonės, naudojančios betranšėjų technologijų įrangą, daug pinigų išleidžia jų priežiūrai ir aptarnavimui, kadangi įrangos papildomas detales galima siusti tik iš gamintojų, o remonto darbus gali atlikti tik aukštos kvalifikacijos specialistai. Dar vienas privalomas paminėti trūkumas, su kuriuo susiduria Lietuvoje dirbantys rangovai, yra tai, jog nėra reikalingu dokumentu ir sąmatu šiems darbams. Rangovai ar

užsakovai susiduria su tokiu darbu atlikimo finansiniu skaičiavimų sunkumais. Ši problema kyla todėl, jog betranšėjės technologijos Lietuvos statybų rinkoje atsirado palyginti neseniai ir naujų technologijų įsisavinimas vyksta greičiau nei tokiu darbu ekonomine finansine apskaita.

Apibendrinant visas aptartas betranšėjas technologijas sudaroma lentelė (*1 lentelė*), kurioje surašomos pagrindinės technologijų charakteristikos. Lentelės paskirtis - turint atitinkamą projektinę situaciją greičiau rasti tinkamiausią sprendimą.

1 lentelė. Technologijų charakteristikų visuma

Technologija Kriterijus	Horizontalaus valdomo gręžimo	Vamzdžių kalimo	Vamzdžių spaudimo (stūmimo)	Mikrotunelio
Vamzdžio diametras, mm	50-600	100-1400	150-1500	150-3000
Maksimalus trasos ilgis, m.	900	100	100	1000
Papildomos konstrukcijos	-	Prieduobė ir pamatas kalimo agregatui	Prieduobė ir pamatas spaudimo agregatui	Dvi ir daugiau darbinės duobės (šuliniai) gylis atitinka klojamos trasos projektinį gylį.
Pritaikymo sritys	Tankiai apgyvendintos vietovės; Požeminių komunikacijų sangrūdose; Vietose su aukštu gruntinio vandens lygiu.	Pralaidų įrengimas po esamomis kelio konstrukcijomis; Didelio diametro trasoms ar įdėklams.	Pralaidų įrengimas po esamomis kelio konstrukcijomis; Didelio diametro trasoms ar įdėklams.	Esant trumpam trasos atstumui ir reikalingam dideliame gyliui; Tankiai užstatylose teritorijose; Vietose kuriose negalima vibracija.
Papildomos pastabos	Pagal grunto tipą reikalingos papildomos medžiagos: bentonitas, polimeras.	Papildomi skaičiavimai pamatui. Reikalingas dinaminis apkrovų įvertinimas greta esantiems statiniams.	Papildomi skaičiavimai pamatui, trinčiai tarp vamzdžio ir grunto gerinti naudojamas suteptimas.	Brangiausia iš išvardintų technologijų.

3. Betranšėjų technologijų vertinimo metodika

3.1. Daugiakriteriniai įvertinimo metodai

Daugiakriteriniam projektų įvertinimui taikomi daugiakriterinio optimizavimo ir žaidimų teorijos metodai. Teigiama, kad daugiakriterinio projektų įvertinimo variantai (alternatyvos) a – daugiakriteriniai, t. y. apibūdina skirtingų matavimo vienetų kriterijų reikšmių kompleksas (vektorius) [23,24].

Statybos srityje yra įvairių daugiakriterinių uždavinių. Juos sprendžiant naudojama tam tikra skirtingos struktūros ir patikimumo lygio informacija. Dažniausiai uždaviniams spręsti naudojama kardinalinė (skaitmeninė) informacija. Tačiau pasitaiko, kad tenka naudotis ordinaline (sekos) arba ordinaline ir kardinaline informacija tuo pačiu metu. Daugiakriterinė projektų įvertinimo metodo parinkimas (žr. 15 pav.) priklauso nuo pradinės informacijos. Pagal jos turinį, sprendžiant daugiakriterinius uždavinius, galimi šie daugiakriterinio projektų įvertinimo metodai[23, 24]:

- Nereikalaujantys papildomos informacijos apie kriterijų reikšmingumą.
- Reikalaujantys informacijos apie kriterijų reikšmingumą.
- Reikalaujantys informacijos apie lyginamų variantų reikšmingumą.

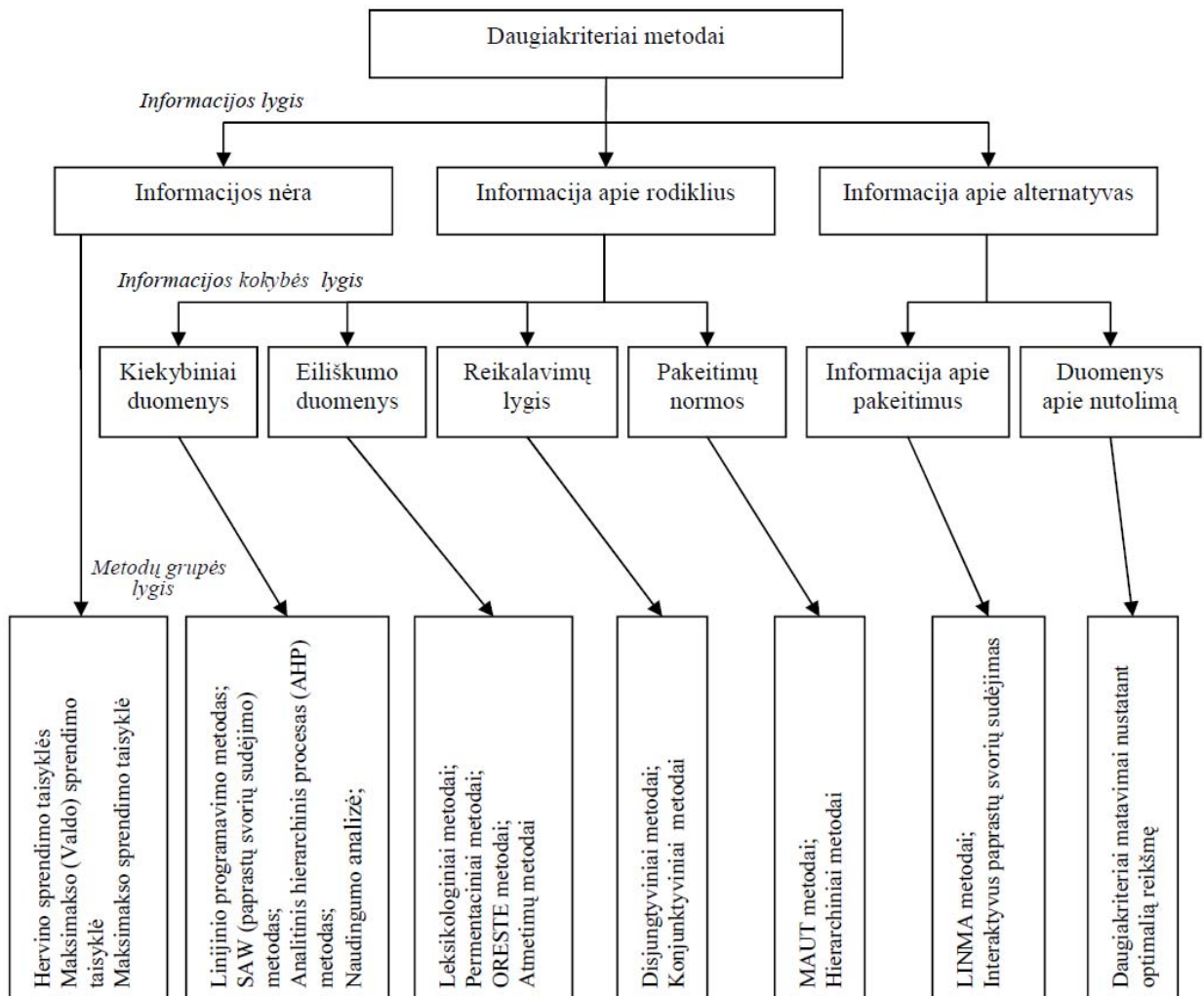
Išrinkti geriausią projektų variantą arba nustatyti variantų prioritetiškumą galima pagal modelį be pakeitimo ir su pakeitimu (atitinkamai be kompensacijos ir su kompensacija) [23, 24].

Bekompensaciniuose modeliuose, pablogėjus vienam kriterijui, sumažėjusio projekto efektyvumo negalima kompensuoti gerinant jį pagal kitą kriterijų. Kiekvienas rodiklis šiuo atveju laikomas visiškai atskiru. Bekompensaciniai daugiakriteriniai projektų įvertinimo modeliai yra santykinai paprasti ir turi ribotas galimybes [23, 24].

Kompensaciniuose modeliuose, pablogėjus vienam kriterijui, projekto efektyvumo sumažėjimą galima kompensuoti gerinant jį pagal kitus kriterijus. Tokio pakeitimo galimybės yra plačios ir tiesiogiai priklauso nuo sprendžiamo uždavinio pobūdžio bei specialisto, priimančio sprendimą [23, 24].

Jei bekompensaciniuose modeliuose įvertinamus variantus tenka lyginti pagal kiekvieną rodiklį, tai kompensaciniuose modeliuose kiekvieną variantą apibūdinanti kriterijų sistema perskaičiuojama į vieną kriterijų, pagal kurį projektai lyginami ir išrenkamas geriausias. Atsižvelgiant į tai, kokiais principais remiantis nustatomas minėtas kriterijus, kompensaciniai modeliai gali patekti į vieną iš trijų grupių [23, 24]:

- Modeliai, kuriuose išrenkamas naudingiausias variantas. Pagrindinė šių modelių problema – tinkamiausios naudingumo funkcijos nustatymas.
- Modeliai, kuriuose išrenkamas daugiatkslis, artimiausias idealiam, variantas (kompromisiniai modeliai).
- Suderinamumo (konkordiškumo) modeliai, kuriuose pateikiami prioritetiškumo santykiai, turintys didžiausią konkordiškumo lygį.



15 pav. Daugiakriterinių metodų klasifikacija pagal informacijos lygį [24]

3.2. Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS)

Tikslų nustatymo, projektavimo ir statybos procesai bei gauta galutinė statybos produkcija ir toliau vykstantis eksploataavimo procesas sudaro vieną visumą. Tačiau gerinant (bloginant) atskirus projekto procesus (sprendimus), keičiasi ir likusių sprendimų (procesų) racionalumas bei suinteresuotų grupių tikslų patenkinimo lygis. Todėl būtina tiksliai įvertinti ir apskaičiuoti visų pokyčių įtaką galutiniam vertinimo rezultatui. Tuo tikslu ir taikomas projektų daugiakriterinio kompleksinio proporcingumo įvertinimo metodas (COPRAS). Šį metodą 1994 metais sukūrė E. V. Zavadskas ir A. Kaklauskas [23, 24, 26].

Šiuo metodu nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir reikšmingumas tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių kriterijų sistemos, kriterijų reikšmių ir reikšmingumų dydžių. Kriterijų sistemą nustato, o kriterijų reikšmes ir pradinis reikšmingumus apskaičiuoja ekspertai. Visą šia informaciją gali pakoreguoti suinteresuotos grupės (užsakovas, vartotojai ir pan.), atsižvelgdamos į savo siekiamus tikslus ir esamas galimybes. Todėl alternatyvų įvertinimo rezultatai išsamiai pateikia ekspertų ir suinteresuotų grupių bendrai pateiktus pradinis duomenis [23, 24, 26].

Nagrinėjamų alternatyvų prioritetiškumas ir reikšmingumas skaičiuojamas keturiais etapais [24, 25, 26].

Pirmas etapas:

Sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų matrica D . Šio etapo tikslas – iš lyginamų rodiklių gauti bedimesnius (normalizuotus) įvertintus dydžius. Kai žinomi bedimensiai įvertinti dydžiai, galima palyginti visus skirtingų matavimo vienetų rodiklius. Tam taikoma tokia formulė:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

Čia x_{ij} – i kriterijaus reikšmė j sprendimo variantu; m – kriterijų skaičius; n – lyginamų variantų skaičius; q_i – kriterijų reikšmingumas.

Kiekvieno kriterijaus x_i gautų bedimensinių įvertintų reikšmių d_{ij} suma visada lygi šio kriterijaus reikšmingumui q_i :

$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Kitaip sakant, nagrinėjamo kriterijaus reikšmingumo q_i reikšmė proporcingai paskirstoma visiems alternatyviems variantams a_j , atsižvelgiant į jų reikšmes x_{ij} .

Antras etapas

Apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių (jų mažesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui kaina, sąnaudos, montavimo trukmė) S_{-j} ir maksimizuojančių (jų didesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui, ilgaamžiškumas, garso izoliacija ir atsparumas ugniai) S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Jos paskaičiuojamos pagal formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Šiuo atveju S_{+j} (juo didesnis šis dydis („plusai“), tuo daugiau įgyvendintų suinteresuotų grupių tikslų) ir S_{-j} (juo mažesnis šis dydis („minusai“), tuo labiau pasiekti suinteresuotų grupių tikslai) dydžiai išreiškia kiekvieno alternatyvaus projekto suinteresuotų grupių pasiektų tikslų laipsnį.

Bet kuriuo atveju visų alternatyvių projektų „plusų“ S_{+j} ir „minusų“ S_{-j} sumos visada yra atitinkamai lygios visoms maksimizuojančių ir minimizuojančių kriterijų reikšmingumų sumoms:

$$S_+ = \sum_{j=1}^n S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij}, \quad (4)$$

$$S_- = \sum_{j=1}^n S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$$

Taip dar kartą galima patikrinti atliktų skaičiavimų teisingumą.

Trečias etapas:

Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatoma remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis (projekto „plusais“) S_{+j} ir neigiamomis (projekto „minusais“) S_{-j} savybėmis. Kiekvieno varianto a_j santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{S_{-\min}}{S_{-j}}}, j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Ketvirtas etapas

Nustatomas variantų prioretiškumas. Juo didesnis Q_j , tuo didesnis varianto efektyvumas (prioretiškumas).

Remiantis šiuo metodu gana paprasta įvertinti, po to ir išrinkti racionaliausius projektus, aiškiai matant šio proceso fizinę prasmę. Be to, juo remiantis suformuotas apibendrintas (redukuotas) kriterijus Q_j tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo lyginamų kriterijų reikšmių x_{ij} ir reikšmingumų q_i santykinės įtakos galutiniam rezultatui.

2 lentelė. Daugiakriterinės analizės lentelė

Kiekybinė informacija apibūdinanti variantus									
Nagrinėjami kriterijai	Min/max	Reikšmingumas	Matavimo vnt.	Nagrinėjami variantai					
				1	2	...	j	...	n
X_1	z_1	q_1	m_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}
X_2	z_2	q_2	m_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2j}	...	d_{2n}
X_3	z_3	q_3	m_3	d_{31}	d_{32}	...	d_{3j}	...	d_{3n}
...
X_i	z_i	q_i	m_i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{in}
...
X_m	z_m	q_m	m_m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mj}	...	d_{mn}
Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma (variantų „pliusai“)				S_{+1}	S_{+2}	...	S_{+j}	...	S_{+n}
Minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma (variantų „minusai“)				S_{-1}	S_{-2}	...	S_{-j}	...	S_{-n}
Projekto alternatyvos reikšmingumas				Q_1	Q_2	...	Q_j	...	Q_n
Projekto alternatyvos prioritetiškumas				P_1	P_2	...	P_j	...	P_n

Pastaba. Ženklas z_i (+(-)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka vartotojo poreikius.

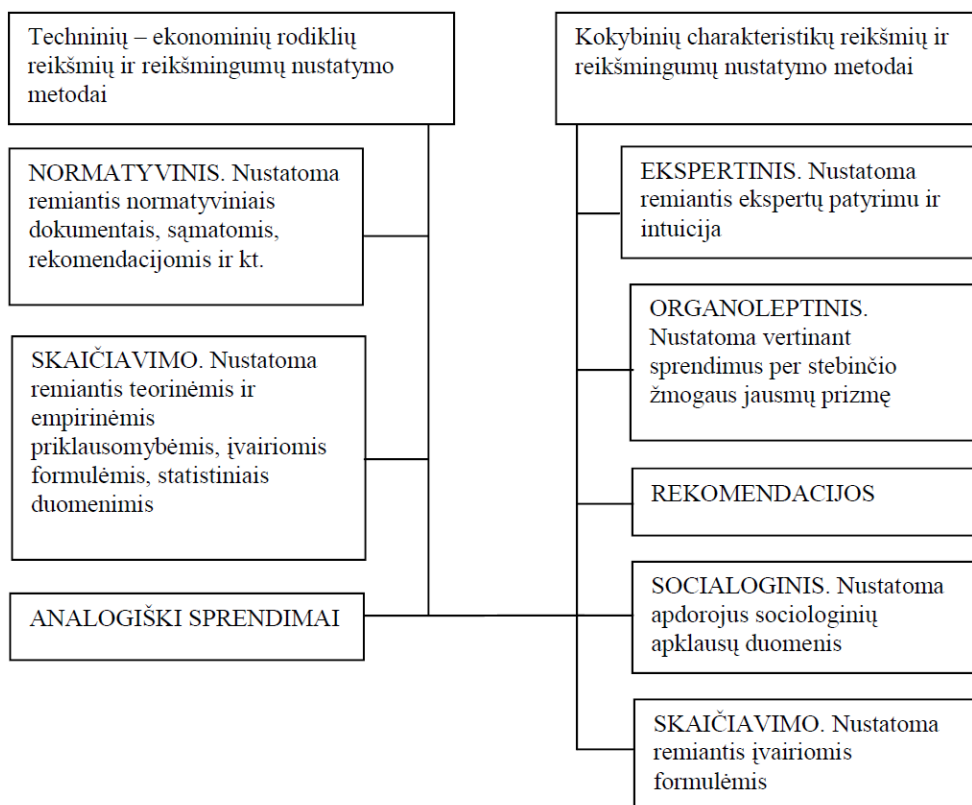
3.3. Kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai

Projektų apibūdinančių kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodus sąlyginai galima suskirstyti į dvi grupes (16 pav.) [23]:

- metodai, kuriuos taikant kriterijus galima išreikšti pinigine išraiška. Tokie kriterijai toliau vadinami techniniais – ekonominiais rodikliais (TER);
- metodai, kuriuos taikant kriterijų negalima išreikšti pinigine išraiška. Tokie kriterijai toliau vadinami kokybinėmis charakteristikomis (KCH).

Šiuo metu plačiausiai taikomi trys TER reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai: normatyvinis, skaičiavimo ir analogijos (16 pav.). Normatyviniu metodu kriterijų reikšmės ir reikšmingumai nustatomi remiantis normatyviniais dokumentais, sąmatomis, vienetiniais įkainiais, rekomendacijomis ir t. t. Skaičiavimo metodu norimi dydžiai nustatomi naudojant empirines ir teorines priklausomybes, statistinius duomenis, įvairias formules. Analogijos metodas taikomas tada, kai nagrinėjamas projektas (jo kai kurių kriterijų reikšmės ir reikšmingumai nežinomi dar nėra žinomi) lyginamas su analogu. Remiantis, šiuo metu, pagal tam tikrus keliamus reikalavimus nagrinėjamam projektui parenkamas analogas. Išnagrinėjus nagrinėjamo projekto ir etalono analogijos požymius, nustatomi perskaičiavimo koeficientai. Visas reikalingas etalonų kriterijų reikšmes ir reikšmingumus padauginus iš perskaičiavimo koeficientų, gaunamos trūkstamos nagrinėjamo projekto kriterijų reikšmės ir reikšmingumai [23].

KCH reikšmės ir reikšmingumai dažniausiai nustatomi ekspertiniu, organoleptiniu, rekomendacijų, sociologiniu, skaičiavimo ir analogijos metodais. (16 pav.) [23].



16 pav. Projekto techninių – ekonominių rodiklių ir kokybinių charakteristikų reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai [23]

Taikant ekspertinius metodus, kokybinių charakteristikų reikšmės gali būti nustatomos taip [23]:

- išrenkama konkretaus kriterijaus geriausia reikšmė;
- nagrinėjamo kriterijaus geriausiai reikšmei suteikiama reikšmė, lygi 1 balui (100 %);
- nustatomas santykis tarp geriausios kriterijaus reikšmės ir visų likusių to paties kriterijaus reikšmių;
- likusioms kriterijaus reikšmėms suteikiamos santykinės reikšmės.

Panašiai nustatomi ir kriterijų reikšmingumų dydžiai. Konkretaus kriterijaus reikšmingumo dydžio prasmė yra ta, kad ji parodo, kiek kartų jos naudingumas projektui kompleksiskai vertinant alternatyvas yra didesnis (mažesnis) už kito kriterijaus naudingumą [23].

Ekspertizės patikimumą galima išreikšti ekspertų nuomonės konkordacijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį [24]:

$$W = \frac{12S}{r^2 \cdot (n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k}; \quad (6)$$

čia r – ekspertų skaičius; n – įvertinamų kriterijų skaičius; S – kiekvieno kriterijaus įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma, kuri apskaičiuojama pagal formulę [24]:

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right]^2; \quad (7)$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_l} (h_l^3 - h_l); \quad (8)$$

Formulėse (7)–(8) vartojami žymėjimai: T_k – k aranžuotėje susijusių rangų rodiklis; H_l – lygių rangų grupių skaičius k ranžiruotėje; h_l – lygių rangų, l susijusių rangų grupėje, skaičius įvertinus k ekspertui; t_{jk} – k eksperto j kriterijui priskiriamas rangas; r – ekspertų skaičius; n – įvertinamų kriterijų skaičius [24].

Konkordacijos koeficientas lygus 1, jei visos ekspertų ranžiruotės vienodos, lygus 0, jei ranžiruotės skirtingos, t. y. visiškai nesutampa [24].

Konkordacijos koeficientas yra atsitiktinis dydis. Norint nustatyti jo įvertinimo reikšmingumą, reikia žinoti dažnių pasiskirstymą, esant įvairioms r ekspertų ir n lyginamų variantų reikšmėms. Konkordacijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę [24]:

$$\chi^2 = \frac{12S}{r \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k}; \quad (9)$$

Jei remiantis šia formule apskaičiuota χ^2 reikšmė didesnė nei $X_{lent.}^2$ pagal lentelę, priklausanti nuo laisvės laipsnių skaičiaus bei priimamo reikšmingumo lygio (praktikoje dažniausiai 0,05 arba 0,01), ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė priimama. Antraip, jei kad ekspertų nuomonės nesuderintos ir iš esmės skiriasi [24].

3.4. Kriterijų reikšmingumo nustatymas rangų metodu

Siekiant nustatyti kriterijų reikšmingumą yra apklausiami ekspertai, t.y. tos srities specialistai. Jiems pateikiamos anketos. Tuomet yra pildoma 3 lentelė. Kiekvienam kriterijui yra suteikiamas įvertinimas nuo 1 iki 5. Geresniam vertinimui suteikiamas aukštesnis balas [24].

3 lentelė. Kriterijų vertinimo rezultatai

Nr.	Kriterijus	E_1	E_2	...	E_n	S_i	Vieta	ΔS_i	ΔS_i^2	Reikšmingumas
1										
2										
3										
...										
n										

Skaičiuojama pagal tokią metodiką:

$$S_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}, j = \overline{1, n}, \quad (10)$$

Čia b_{ij} – i kriterijaus j eksperto įvertinimas balais.
 S_i – i kriterijaus visų j ekspertų įvertinimų suma;

Kiekvieno kriterijaus įvertinimo vidurkis apskaičiuojamas:

$$S_i^* = \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}}{j}, j = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Rangų sumos vidurkis (S^*) gali būti apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$S^* = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{m}, i = \overline{1, m}, \quad (12)$$

čia S_i – kriterijų i įverčių suma,

m – kriterijų skaičius.

Tuomet nuokrypis nuo rangų sumos vidurkio apskaičiuojamas taip:

$$\Delta S_i = S_i - S^* \quad (13)$$

Kriterijaus reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$q_j = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^m S_i}. \quad (14)$$

4. Tiriamoji dalis

4.1. Analizuojamų variantų formavimas

Kaip pagrindas variantų formavimui panaudojama jau įgyvendinto projekto Liudvinavo gyvenvietėje medžiaga. Šiame tinklų išplėtimo projekte sprendžiamas naujų vandentiekio tinklų tiesimas vartotojams dar neturintiems centralizuoto vandentiekio, vandenį vartojantiems iš savo šachtinių šulinių. Iš projekto panaudojama trijų panašaus atstumo ir vienodo vamzdžio diametro gręžinių geometrija (žr. priedas Nr.1). Gręžinių skiriamasis bruožas - skirtingos aplinkos sąlygos pagal kurias jie priskiriami skirtingam vietovės tipui. Vietovės tipai pagal urbanizacijos lygį skirstomi į tris:

- **Vietovės tipas Nr. 1.** (toliau Nr.1) – neužstatyta teritorija, laukas. Analizuojamos atkarpos ilgis: 103,8m. Įrengiamos trasos vidutinis gylis: 1,75m
- **Vietovės tipas Nr. 2.** (toliau Nr.2) - mažai apstatyta miesto teritorija, parkas, parkavimo aikštelė, mažai naudojamas skersgatvis. Analizuojamos atkarpos ilgis: 106,3m. Įrengiamos trasos vidutinis gylis: 1,96m.
- **Vietovės tipas Nr. 3.** (toliau Nr.3) - apstatyta teritorija, svarbi miesto infrastruktūrai gatvė. Analizuojamos atkarpos ilgis: 108,1m. Įrengiamos trasos vidutinis gylis: 1,85m.

Pagal esamą projektą matoma jog trasų ilgiai ir gyliai nėra idealiai identiški, dėl šios priežasties vertinant kiekybinius rodiklius galimi netikslumai. Tam kiekybiniais kriterijams numatomas sudėtinis kiekybinis pataisos koeficientas - $\sum\beta$, kuriuo įvertinamas rezultatų nuokrypis nuo idealios vertinamos trasos t.y. 100m ilgio ir 1,85m gylio. Tarpinės ir galutinės koeficientų reikšmės pateikiamos 4 lentelėje:

4 lentelė. Kiekybinis pataisos koeficientas

Vietovės tipas	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
Trasos gylis	1,75	1,96	1,85
Trasos ilgis	103,8	106,3	108,1
Kiekybinis pataisos koeficientas ilgiui β_l	0,9634	0,9407	0,9251
Kiekybinis pataisos koeficientas gyliui β_h	1,0571	0,9439	1,0000
Sudėtinis kiekybinis pataisos koeficientas $\sum\beta$	1,0103	0,9423	0,9625

Sudarant lyginamų variantų aibę svarbu įvertinti grunto įtaką šiai technologijai. Horizontaliam valdomam gręžimui labai svarbus yra grunto tipas - molis ar molingas gruntas gręžiasi lengviau, tokio tipo grunte atlikto pilotinio kanalo sienelės yra stabilesnės. Gruntuose kuriuose dominuoja smelis ar žvyras gręžimo procesas pasunkėja, pilotinio kanalo sienelių stabilizavimui naudojamos papildomos medžiagos. Dėl šių priežasčių išskiriami du charakteringi grunto tipai:

- Molis, molingas gruntas (toliau - ML), kuriam būdingas plastiškumas, sankibumas;
- Žvyras, smelis (toliau - ŽS), biraus tipo gruntas.

Vietovė kurioje atliekami darbai ir gruntas kuriame įrengiama trasa yra pagrindinės dedamosios sudarinėjant variantus daugiakriterinei analizei. Pagal išskirtas grupes sudaromi šeši skirtingi variantai:

Nr. 1-ML; Nr. 1-ŽS; Nr. 2-ML; Nr. 2-ŽS; Nr. 3-ML; Nr. 3-ŽS;

Bendri parametrai būdingi analizuojamoms trasoms:

- Darbai atliekami naudojant horizontalaus valdomo gręžimo technologiją;
- Horizontalaus valdomo gręžimo agregatas :GRUNDODRILL 11XP (techniniai duomenys pateikti prieduose priedas Nr. 2);
- Atkarpose naudojamas vamzdžio tipas : PE100 (PN10 slėgio vamzdis), DN 110.

4.2. Vertinimo kriterijų parinkimas

Siekiant išanalizuoti betranšėjų technologijų privalumus ir trūkumus, tiriamojoje dalyje, remiantis literatūros šaltiniais, moksliniais straipsniais, plačiau analizuojamos betranšėjos technologijos ir jų pritaikymo galimybės. Pagal anksčiau išanalizuotą literatūrą ir esamą situaciją Lietuvoje - pasirenkama dažniausiai naudojama technologija (horizontalaus valdomo gręžimo), kuri šioje dalyje bus analizuojama socialiniu, ekonominiu ir ekologiniu aspektais.

Norint technologiją ištirti visapusiškai reikia atlikti nuodugnesnius betranšėjų technologijų tyrimus, išanalizuoti procese naudojamas medžiagas, techniką, parinkti tinkamą vertinimo metodiką.

4.2.1. Ekonominiai kriterijai

Ekonominiai rodikliai yra patys svarbiausi sprendžiant projekto įgyvendinimą. Tiek viešuosiuose pirkimuose tiek privačiame sektoriuje renkantis tarp kelių projektinių sprendinių svarbiausias rodiklis yra kaina. Betranšėjų tinklų tiesimo technologijų įvairovė padeda pasirinkti reikiamą technologiją pagal numatomos trasos fizines sąlygas t.y. supančią aplinką ir trasos geometrinius parametrus. Dažniausiai svarstomas variantas esant konkrečiam atvejui - kasti tranšėją ar rinktis betranšėjas technologijas. Lyginti šias dvi iš esmės skirtingas, tačiau tą patį tikslą skirtas pasiekti, technologijas prasmės nėra, bet įvardinant mums aktualios technologijos konkrečius privalumus galima pamatyti, kuriais aspektais atsiskleidžia pažangumas. Tai bus galima panaudoti tolimesniuose tyrimuose.

Ekonominiu požiūriu renkantis tranšėjines technologijas didžiausią dalį išlaidų, sudaro grunto kasimo ir transportavimo išlaidos. Naudojant betranšėjas technologijas žemės kasimo darbai labai efektyviai minimizuojami, dėl to ženkliai sumažėja ir visa projekto kaina. Grunto kasimas ir gabenimas yra daug laiko užimantis procesas, tad nekasant grunto sutaupomos ir laiko sąnaudos.

Reikia nepamiršti paminėti, jog tranšėjiniu metodu tiesiant tinklus grunto išvežti nepakanka- išjudinus t.y. iškasus esamą natūraliai susigulėjusį gruntą, po trasos tiesimo darbų tranšėja turi būti užpilama. Tai nereiškia jog iškasamas gruntas visais atvejais yra išvežamas ir keičiamas kitu, tačiau naujai užpilamas gruntas turi būti sutankintas iki tokio pat lygio, koks buvo prieš pradėdant darbus. Grunto tankinimas dar vienas papildomas procesas.

Trasos įrengimo vietoje turi būti nuimamas ir vėliau atstatomas esamas paviršius. Įrengiant trasas mažai užstatytose teritorijose šis procesas nėra sudėtingas, tačiau trasą įrengiant

urbanizuotose teritorijose paviršiaus konstrukcijų (pvz. asfalto danga, šaligatviai ir t.t.) atstatymas ženkliai išaugina projekto kainą. Tiek tranšėjiniu tiek betranšėju būdu įrengiant trasas šio proceso išvengti nepavyksta, tačiau darbų apimtys yra labai skirtingos. Betranšėjai metodai reikalauja paviršiaus konstrukcijų išardymo tik trasos pradžios ir pabaigos vietose- darbo aikštelėse, jei trasa yra ilgesnė už naudojamo metodo maksimalų ilgį, taip pat ir tarpinėse aikštelėse.

Dar vienas ekonominiu požiūriu svarbus aspektas įrenginėjant požemines trasas - geologinės sąlygos. Kiekvienas skirtingas gruntas turi atitinkamų savybių dėl kurių kinta darbų sudėtingumas, reikiamų papildomų medžiagų kiekis ir laiko sąnaudos.

Apžvelgus visus požeminių trasų tiesimo naudojant betranšėjas technologijas aspektus ekonominiu požiūriu parenkami du svarbiausi kriterijai : sąmatinė darbų kaina ir atliekamų darbų svarba.

4.2.1.1. Sąmatinė darbų kaina

Sąmatinė darbų kaina - kiekybinis kriterijus kuris apima trasų įrengimui reikalingų mechanizmų nuomos kainą, sunaudojamų medžiagų kainą, darbo aikštelių paruošiamųjų ir baigiamųjų darbų kainą, darbo jėgos su atitinkama kvalifikacija kainą. Norint įvertinti šį kriterijų turi būti sudaromi konkretūs sąmatiniai skaičiavimai. Šiam tikslui pasiekti naudojama profesionali sąmatų skaičiavimo programa *ProSama 5G*. Sąmatiniai skaičiavimai kiekvienu skirtingu atveju pateikiami prieduose (žr. priedas Nr. 3). Pagal atliktus sąmatinius skaičiavimus sudaroma sąmatinių kainų lentelė (5 lentelė) kiekvienu nagrinėjamu atveju:

5 lentelė. Sąmatinės darbų kainos

Variantas	Sąmatinė darbų kaina be PVM, €	Sąmatinė darbų kaina be PVM su pataisos koeficientu, €
Nr. 1-ML	2903,21	2933,11
Nr. 1-ŽS	3203,90	3236,90
Nr. 2-ML	3039,59	2864,21
Nr. 2-ŽS	3361,31	3167,36
Nr. 3-ML	3145,88	3027,91
Nr. 3-ŽS	3502,95	3371,59

Pagal gautus rezultatus suskaičiuojama vidutinė 100m trasos kaina:

$$(2933,11 + 3236,90 + 2864,21 + 3167,36 + 3027,91 + 3371,59) / 6 = 3100,18 \text{ €}$$

4.2.1.2 Atliekamų darbų sparta

Atliekamų darbų spartą galima įvardinti kaip antrą pagal svarbumą ekonominį kriterijų. Šis kiekybinis kriterijus parodo kiek laiko užtrunka statybos darbai tam tikroje vietovėje. Vykdamas tinklų tiesimą betranšėjų metodu atliekamus darbus galima sudalinti į tris atskirus etapus:

1. Paruošiamieji darbai - darbo aikštelės įrengimas
2. Gręžimo darbai - linijos tiesimas HVG agregatu
3. Baigiamieji darbai - darbo aikštelės sutvarkymas, atstatomieji darbai

Kiekvienu skirtingos vietovės atveju darbo aikštelės įrengimo specifika skiriasi dėl esamų aplinkos sąlygų. Vietovės tipe Nr.1 darbo aikštelės įrengimo darbai nėra sudėtingi, tam kad gręžimo agregatas pradėtų savo darbą, pagrindinis paruošiamasis darbas yra augalinio sluoksnio nuėmimas, sudėtingėjant paviršiui ilgėja ir aikštelės paruošimo laikas.

Gręžimo trukmę apsprendžia du pagrindiniai faktoriai t.y. grunto tipas ir gręžimo valdymas tarp esančių kliūčių. Pastarasis faktorius pasitaiko labiau urbanizuotose vietovėse kuriose gausu jau esamų inžinerinių tinklų.

Darbų spartos skaičiavimai pateikiami kiekvienam nagrinėjamam variantui:

Variantas Nr. 1-ML:

- Paruošiamieji darbai $\max\left(\frac{3.6}{2} + \frac{0.096}{2}; \frac{1.12}{2}\right) = 1.848h$
- Gręžimo darbai $\max\left(\frac{19.5}{3}; 6.5\right) = 6.5h$
- Baigiamieji darbai $\max\left(\frac{3.6}{2} + \frac{0.096}{2} + 0.18 + 0.216 + 0.264; \frac{2.48}{2}\right) = 2.508h$

Variantas Nr. 1-ŽS:

- Paruošiamieji darbai $\max\left(\frac{3.6}{2} + \frac{0.096}{2}; \frac{1.12}{2}\right) = 1.848h$
- Gręžimo darbai $\max\left(\frac{21}{3}; 7\right) = 7h$
- Baigiamieji darbai $\max\left(\frac{3.6}{2} + \frac{0.096}{2} + 0.18 + 0.216 + 0.264; \frac{2.48}{2}\right) = 2.508h$

Variantas Nr. 2-ML:

- Paruošiamieji darbai $\max\left(\frac{0.9}{2} + 0.75; \frac{0.28}{2} + \frac{4.815}{2}\right) = 2.55h$
- Gręžimo darbai $\max\left(\frac{21.6}{3}; 7.2\right) = 7.2h$
- Baigiamieji darbai $\max\left(\frac{0.9}{2} + 0.48 + 0.135 + 1.203 + 2.4; \frac{0.28}{2} + \frac{7.218}{3}\right) = 4.67h$

Variantas Nr. 2-ŽS:

- Paruošiamieji darbai $\max\left(\frac{0.9}{2} + 0.75; \frac{0.28}{2} + \frac{4.815}{2}\right) = 2.55h$
- Gręžimo darbai $\max\left(\frac{23.4}{3}; 7.8\right) = 7.8h$
- Baigiamieji darbai $\max\left(\frac{0.9}{2} + 0.48 + 0.135 + 1.203 + 2.4; \frac{0.28}{2} + \frac{7.218}{3}\right) = 4.67h$

Variantas Nr. 3-ML:

- Paruošiamieji darbai $\max\left(\frac{0.99}{2} + 0.75; \frac{0.308}{2} + \frac{4.815}{2}\right) = 2.56h$
- Gręžimo darbai $\max\left(\frac{23.1}{3}; 7.7\right) = 7.7h$
- Baigiamieji darbai $\max\left(\frac{0.99}{2} + 0.48 + 0.135 + 1.203 + 2.4; \frac{0.308}{2} + \frac{7.218}{3}\right) = 4.71h$

Variantas Nr. 3-ŽS:

- Paruošiamieji darbai $\max\left(\frac{0.99}{2} + 0.75; \frac{0.308}{2} + \frac{4.815}{2}\right) = 2.56h$
- Gręžimo darbai $\max\left(\frac{25.5}{3}; 8.5\right) = 8.5h$
- Baigiamieji darbai $\max\left(\frac{0.99}{2} + 0.48 + 0.135 + 1.203 + 2.4; \frac{0.308}{2} + \frac{7.218}{3}\right) = 4.71h$

Rezultatai suvedami į darbų spartos lentelę:

6 lentelė. Darbų spartos suvestinė lentelė

Variantai	Darbų sparta, h			Suminė darbų sparta, h	Suminė darbų sparta su pataisos koeficientu, h
	Paruošiamieji darbai	Gręžimo darbai	Baigiamieji darbai		
Nr. 1-ML	1,848	6,5	2,508	10,86	10,97
Nr. 1-ŽS	1,848	7,0	2,508	11,36	11,47
Nr. 2-ML	2,55	7,2	4,67	14,42	13,59
Nr. 2-ŽS	2,55	7,8	4,67	15,02	14,15
Nr. 3-ML	2,56	7,7	4,71	14,97	14,41
Nr. 3-ŽS	2,56	8,5	4,71	15,77	15,18

4.2.2 Socialiniai kriterijai

Statybos procesą laikyti uždaru būtų klaidinga, kadangi statybos proceso objektas dažniausiai glaudžiai siejasi su objektą supančia visuomene. Aktualiausios socialiniu požiūriu problemos su kuriomis susiduria visuomenė tai įprasto gyvenimo ritmo sutrikdymas. Vykdamas darbus betranšėju metodu išskiriami du kriterijai, kurie gali daryti įtaką visuomenei socialiniu požiūriu.

4.2.2.1. Infrastruktūros trikdžiai

Infrastruktūros trikdžiai kriterijus apibūdinantis visuomenei įprasto susisiekiavimo trikdžius. Pagrindiniai aspektai vertinant šį kriterijų yra nutraukimo svarba esamam infrastruktūros tinklui. Šio kriterijaus įverčiai balais priskiriami pagal vietovės tipą. Naudojant betranšėjas technologijas visiškai infrastruktūros nutraukimas yra retas reiškinys, dažniausiai tai būna dalinis eismo nutraukimas arba apribojimas. Neapstatytoje vietovėje, kurioje dominuoja augalija, šis kriterijus yra minimalus, atitinkamai urbanizuotoje vietovėje šie eismo apribojimai santykinai reikšmingi. Pagal jau anksčiau aprašytus vietovės tipus ir jų ypatybes, rezultatai surašomi infrastruktūros trikdžių įverčių lentelėje:

7 lentelė. Infrastruktūros trikdžių įverčiai

Variantas	Priskiriami balai
Nr. 1-ML	1
Nr. 1-ŽS	1
Nr. 2-ML	3
Nr. 2-ŽS	3
Nr. 3-ML	5
Nr. 3-ŽS	5

4.2.2.2. Triukšmingumas

Triukšmingumo vertinimas tiesiogiai sietinas su statybos mašinų ir mechanizmų skleidžiamu garsu. Kiekvienu atveju statybos procese veikia skirtingi įrenginiai, kurie atitinkamą laiko tarpą skleidžia skirtingo stiprumo garsą. Kad tinkamai įvertinti garso poveikį aplinkiniams vien tik garso galios (garsumo [dB]) neužtenka. Kiekvieno garso skleidimo šaltinio veikimo laikas turėtų atsispindėti triukšmingumo kriterijuje. Triukšmingumo parametras apskaičiuojamas kiekvieno mechanizmo garso galios parametras padalinus iš atitinkamos norminės laiko vertės trasai įrengti. Mechanizmų norminės vertės naudojamos remiantis STR STR 2.01.08:2003 „Lauko sąlygomis naudojamos įrangos į aplinką skleidžiamo triukšmo valdymas“ 1 lentelė [27]. Rezultatai pateikiami triukšmingumo parametru lentelėse:

8 lentelė. Triukšmingumo parametru lentelė Nr.1-ML

Mechanizmas	Garso galios parametras, dB	Noriminė laiko vertė, h	Triukšmingumo parametras dB x h	Suminė triukšmingumo vertė	Suminė triukšmingumo vertė su pataisos koeficientu
Kryptinio gręžimo įrenginių kompleksas	66	6,5	429	812,604	820,95
Vienkaušis ekskavatorius 0,05 m ³ kaušo talp.	89	3,6	320,4		
Savaeigis plentvolis iki 6t.	101	0,18	18,18		
Laistymo mašina	85	0,216	18,36		
Buldozeris 55 kW (75 AG)	101	0,264	26,664		

9 lentelė. Triukšmingumo parametru lentelė Nr.1-ŽS

Mechanizmas	Garso galios parametras, dB	Noriminė laiko vertė, h	Triukšmingumo parametras dB x h	Suminė triukšmingumo vertė	Suminė triukšmingumo vertė su pataisos koeficientu
Kryptinio gręžimo įrenginių kompleksas	66	7,0	462	845,604	854,29
Vienkaušis ekskavatorius 0,05 m ³ kaušo talp.	89	3,6	320,4		
Savaeigis plentvolis iki 6t.	101	0,18	18,18		
Laistymo mašina	85	0,216	18,36		
Buldozeris 55 kW (75 AG)	101	0,264	26,664		

10 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.2-ML

Mechanizmas	Garso galios parametras, dB	Noriminė laiko vertė, h	Triukšmingumo parametras dB x h	Suminė triukšmingumo vertė	Suminė triukšmingumo vertė su pataisos koeficientu
Kryptinio gręžimo įrenginių kompleksas	66	7,2	475,2	1042,61	982,46
Vienkaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	89	0,9	80,1		
Kilnojamoji diskinė freza	105	0,48	50,4		
Savaeigiai volai (5t)	101	0,135	13,635		
Krovininės automašinos (4t)	92	1,203	110,676		
Kompresorius su pneumoplaktukais	99	2,4	237,6		
Traktorius 45kw (61 AJ)	100	0,75	75		

11 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.2- ŽS

Mechanizmas	Garso galios parametras, dB	Noriminė laiko vertė, h	Triukšmingumo parametras dB x h	Suminė triukšmingumo vertė	Suminė triukšmingumo vertė su pataisos koeficientu
Kryptinio gręžimo įrenginių kompleksas	66	7,8	514,8	1082,21	1019,77
Vienkaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	89	0,9	80,1		
Kilnojamoji diskinė freza	105	0,48	50,4		
Savaeigiai volai (5t)	101	0,135	13,635		
Krovininės automašinos (4t)	92	1,203	110,676		
Kompresorius su pneumoplaktukais	99	2,4	237,6		
Traktorius 45kw (61 AJ)	100	0,75	75		

12 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.3-ML

Mechanizmas	Garso galios parametras, dB	Noriminė laiko vertė, h	Triukšmingumo parametras dB x h	Suminė triukšmingumo vertė	Suminė triukšmingumo vertė su pataisos koeficientu
Kryptinio gręžimo įrenginių kompleksas	66	7,7	508,20	1083,62	1043,02
Vienkaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	89	0,99	88,11		
Kilnojamoji diskinė freza	105	0,48	50,40		
Savaeigiai volai (5t)	101	0,135	13,64		
Krovininės automašinos (4t)	92	1,203	110,68		
Kompresorius su pneumoplaktukais	99	2,4	237,60		
Traktorius 45kw (61 AJ)	100	0,75	75,00		

13 lentelė. Triukšmingumo parametrų lentelė Nr.3- ŽS

Mechanizmas	Garso galios parametras, dB	Noriminė laiko vertė, h	Triukšmingumo parametras dB x h	Suminė triukšmingumo vertė	Suminė triukšmingumo vertė su pataisos koeficientu
Kryptinio gręžimo įrenginių kompleksas	66	8,5	561,00	1136,42	1093,84
Vienkaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	89	0,99	88,11		
Kilnojamoji diskinė freza	105	0,48	50,40		
Savaeigiai volai (5t)	101	0,135	13,64		
Krovininės automašinos (4t)	92	1,203	110,68		
Kompresorius su pneumoplaktukais	99	2,4	237,60		
Traktorius 45kw (61 AJ)	100	0,75	75,00		

4.2.3. Ekologiniai kriterijai

Pastarąjį dešimtmetį terminas ekologija vis dažniau ir dažniau linksniuojamas statybos srityje. Atsiranda tendencija statybos statyti "gamtai draugiškus" (angl. environmentally friendly) objektus, kurie ne tik nepažeistų aplinkinės gamtos, bet ir neterštų mus supančią aplinką statybos metu. Tiriant betranšėjas technologijas ekologiniu aspektu galima išskirti du pagrindinius su gamta sietinus kriterijus: išmetamų kenksmingų medžiagų kiekį į orą ir ekosistemų išsaugojimas. Kenksmingų medžiagų tarša ore atsiranda dėl statybos procese naudojamų mechanizmų sudeginto kuro išmetamųjų dujų. Ekosistemų išsaugojimas - kriterijus kuris apibrėžia visos esamos floros ir faunos suniokojimą. Toliau kiekvienas kriterijus analizuojamas atskirai.

4.2.3.1. Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis

Į orą dujų pavidalu išmetamos kenksmingos medžiagos yra tiesioginis ir vienas svarbiausių aplinkos taršos būdų. Kiekvienais metais tokio pobūdžio taršos kontrolė griežtėja, atsiranda nauji reikalavimai, rinkai vis dažniau pasiūlomos elektrinių variklių atmainos. Statybos sektorius nėra išimtis, tačiau dažnai reikalingi, didelę galią turintys agregatai, kuriems sunku surasti atitikmenis, orą neteršiančiais elektriniais varikliais.

Norint išsiaiškinti į orą išmetamų kenksmingų medžiagų žalą gamtai, reikia identifikuoti kuro degimo produktus. Nagrinėjamame technologiniame procese naudojamas dyzelinis kuras. Pagal mechanizmų normines darbo laiko reikšmes ir vidutines kuro sąnaudas suskaičiuojama atitinkamam variantui sunaudojamas degalų kiekis, rezultatai pateikiami mechanizmų kuro sąnaudų lentelėje:

14 lentelė. Mechanizmų kuro sąnaudų skaičiavimai

Mechanizmas	Kuro tipas	vid. Kuro sąnaudos, l / mh	Norminės mechanizmų darbo, mh					
			Nr. 1-ML	Nr. 1-ŽS	Nr. 2-ML	Nr. 2-ŽS	Nr. 3-ML	Nr. 3-ŽS
Kryptinio gręžimo įrenginių kompleksas	Dyzelinas	8,5	6,5	7	7,2	7,8	7,7	8,5
Vienkaušis ekskavatorius 0,05 m ³ kaušo talp.	Dyzelinas	7	3,6	3,6	0,9	0,9	0,99	0,99
Kompresorius su pneumoplaktukais	Dyzelinas	6,5	-	-	0,75	0,75	0,75	0,75
Traktorius 45kw (61 AJ)	Dyzelinas	13	-	-	2,4	2,4	2,4	2,4
Degalų sąnaudos trasos įrengimui, l			80,45	84,70	103,58	110,30	108,46	115,26
Degalų sąnaudos trasos įrengimui su pataisos koeficientu, l			81,28	85,57	97,60	103,94	104,39	110,94

Sunaudojamo kuro kiekis tiesiogiai proporcingas į gamtą išmetamųjų kenksmingų medžiagų kiekiui. Pagal "Fizinių ir technologijos mokslų centro" 2013m. atliktą tyrimą "Išmetamų į atmosferą teršalų tyrimai, įvertinimas ir prognozė" [29] atitinkamai pagal kuro rūšį išskiriami taršos faktoriai - 113 lentelė [29]:

Dyzelino taršos faktoriai:

- CO - anglies monoksidas
- NO_x - azoto oksidai
- NMVOC - ne metano kilmės lakieji organiniai junginiai (angl. Non-methane volatile organic compounds)
- NH₃ - amoniakas
- TSP - visas suspenduotų kietųjų dalelių kiekis (angl. Total Suspended Particles)
- PM₁₀ - 10μm ir mažesnių kietųjų dalelių kiekis
- PM_{2.5} - 2,5μm ir mažesnių kietųjų dalelių kiekis

Dyzelinio kuro energetinė vertė nustatoma pagal kuro energetinės vertės lentelės [29] - 42,7 GJ/t priimant jog dyzelino tankis lygus 0,830 t/m³ energetinė kuro vertė: $(42,7 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,830 = 35,441 \cdot 10^{-3} \text{ GJ/l}$.

Atsižvelgiant į technikos svorį ir galingumą ir padarant prielaidą, jog statybos procese naudojamų mechanizmų varikliai atitinka Euro I ir (arba) Euro II standartus išrašomi kenksmingų medžiagų kiekiai:

15 lentelė. Sudeginto kuro kenksmingų medžiagų rodikliai [29]

Taršos faktorius	CO	NO _x	NMVOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Taršos faktoriaus norma, g/GJ	164,16	501,99	107,13	0,57	18,97	18,21	16,41

Skaičiuojami taršos faktoriai kiekvienam nagrinėjamam variantui atitinkamai sudauginant taršos faktoriaus normą, sunaudotų degalų kiekį ir energetinę kuro vertę, rezultatus pateikiame išmetamų kenksmingų medžiagų lentelėje:

16 lentelė. Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekių lentelė

Variantas	Degalų sąnaudos trasos įrengimui, l	Taršos faktorius, g							Bendras išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis, g
		CO	NO _x	NMVOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	
Nr. 1-ML	81,28	472,872	1446,040	308,589	1,642	54,631	52,442	47,257	2383,474
Nr. 1-ŽS	85,57	497,831	1522,363	324,877	1,729	57,515	55,210	49,751	2509,275
Nr. 2-ML	97,6	567,819	1736,387	370,550	1,972	65,601	62,972	56,746	2862,046
Nr. 2-ŽS	103,94	604,704	1849,181	394,620	2,100	69,862	67,062	60,432	3047,961
Nr. 3-ML	104,39	607,322	1857,187	396,329	2,109	70,165	67,353	60,693	3061,157
Nr. 3-ŽS	110,94	645,429	1973,717	421,197	2,241	74,567	71,579	64,502	3253,231

4.2.3.2. Ekosistemų išsaugojimas

Ekosistemų išsaugojimas, kaip minėta anksčiau, siejamas su esamos floros ir faunos suniokojimu. Želdinių apsaugą vykdant statybos darbus reglamentuoja aplinkos ministerijos nustatytos želdinių apsaugos vykdant statybos darbus taisyklės. Vadovaujantis šiomis taisyklėmis ekosistemų suniokojimas yra laikinas, kadangi baigus darbus yra privaloma atlikti atstatomuosius darbus. Betranšėjų technologijų naudojimas dažniau siejamas su mikroekosistemų trikdymu, kadangi statybos darbų gabaritai, darbus atliekant šiomis technologijomis, dažnai neturi įtakos ekosistemai plačiuoju požiūriu. Ekosistemų išsaugojimo kriterijus apibūdina statybos metu, atstatomai suniokojamos gamtos kiekį ir statybos laikotarpiu sukuriama mikroekosistemų disbalansą.

Skirtingiems vietovės tipams būdingas skirtingas kiekis mikroekosistemų. Vykiant statybos darbus betranšėju metodu poveikis aplinkinėms ekosistemoms atsiranda statybos aikštelės vietose nuardant esantį paviršių ir gręžiantis per gruntą. Tankiai užstatytoje teritorijoje, kur išvystyta infrastruktūra, šis poveikis siejamas tik su grunte, per kurį gręžiamasi, gyvuojančiais mikroorganizmais, kadangi statybos aikštelės įrengimas neturės didesnės įtakos augmenijai ir gyvūnijai. Aplinkoje, kurioje atliekant paruošiamuosius statybos darbus nuardomas velėnos sluoksnis, žala ekosistemoms išauga. Atsižvelgiant į kiekvienos teritorijos aplinkos

sąlygas ir galimą žalą ekosistemoms pagal analizuotą literatūrą [28], ekosistemų išsaugojimo kriterijus įvertinamas balais, rezultatai pateikiami ekosistemų išsaugojimo įverčių lentelėje:

17 lentelė. Ekosistemų išsaugojimo įverčiai

Variantas	Priskiriami balai
Nr. 1-ML	2
Nr. 1-ŽS	1
Nr. 2-ML	3
Nr. 2-ŽS	4
Nr. 3-ML	5
Nr. 3-ŽS	4

4.3. Kriterijų reikšmingumo nustatymas

Kriterijų reikšmingumui nustatyti vykdoma ekspertų apklausa pildant anketą (žr. priedas Nr.4). Pasirenkama ekspertų grupė, kurių darbo specifiška glaudžiai susijusi su projektiniams sprendiniams keliamų reikalavimų nustatymu, statybos projektavimo paslaugų viešuosiuose pirkimuose. Gauti rezultatai suvedami į bendra ekspertinės apklausos duomenų lentelę 18 lentelė. Pagal jau anksčiau 3-iame skyriuje aptartą metodiką - kriterijų reikšmingumo nustatymas rangų metodu, atliekami skaičiavimai.

18 lentelė. Ekspertinės apklausos duomenys

Nr.	Kriterijus	Ekspertai																
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇
1	Darbų sąmatinė kaina	5	5	5	4	4	5	3	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5
2	Atliekamų darbų sparta	2	1	3	2	5	3	1	3	5	5	4	5	3	4	5	3	4
3	Infrastruktūros trikdžiai	1	2	3	5	2	2	4	1	3	1	1	3	2	3	2	2	1
4	Triukšmingumas	2	3	3	3	1	4	2	2	1	2	2	3	3	1	1	4	2
5	Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis	4	4	2	2	3	4	5	2	1	5	2	2	3	2	4	2	2
6	Ekosistemų išsaugojimas	3	3	4	2	3	2	3	4	2	4	2	2	1	2	3	3	3

Pagal 10-14 formules apskaičiuojami rangų metodo parametrai:

19 lentelė. Reikšmingumo nustatymo lentelė

Nr.	Kriterijus	S _i	Vieta	S*	ΔS _i	ΔS _i ²	Reikšmingumas
1	Darbų sąmatinė kaina	78	1	51,33	26,67	711,11	0,2532
2	Atliekamų darbų sparta	58	2		6,67	44,44	0,1883
3	Infrastruktūros trikdžiai	38	6		-13,33	177,78	0,1234
4	Triukšmingumas	39	5		-12,33	152,11	0,1266
5	Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis	49	3		-2,33	5,44	0,1591
6	Ekosistemų išsaugojimas	46	4		-5,33	28,44	0,1494

Tam kad įvertinti ekspertų patikimumą skaičiuojamas nuomonių konkordacijos koeficientas 6-ta formulė. Toliau skaičiuojami konkordacijos koeficientui apskaičiuoti reikiami dydžiai:

$$\text{Skaičiuojamas įverčių sumos vidurkis: } \frac{78 + 58 + 38 + 39 + 49 + 46}{6} = 51,33 ;$$

Apskaičiuojama nuokrypių kvadratinė suma:

$$26,67^2 + 6,67^2 + (-13,33)^2 + (-12,33)^2 + (-2,33)^2 + (-5,33)^2 = 1119,33 ;$$

Kitas reikiamas dydis - k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis T_k pagal 8-tą formulę:

$$\begin{aligned}
T_1 &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_2 &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_3 &= (3^3 - 3) = 24 \\
T_4 &= (3^3 - 3) = 24 \\
T_5 &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_6 &= (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12 \\
T_7 &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_8 &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_9 &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_{10} &= (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12 \\
T_{11} &= (3^3 - 3) = 24 \\
T_{12} &= (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12 \\
T_{13} &= (3^3 - 3) = 24 \\
T_{14} &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_{15} &= (2^3 - 2) = 6 \\
T_{16} &= (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12 \\
T_{17} &= (2^3 - 2) = 6
\end{aligned}$$

Susijusių rangų rodiklių T_k suma lygi :

$$\sum T_k = 6 + 6 + 24 + 24 + 6 + 12 + 6 + 6 + 6 + 12 + 24 + 12 + 24 + 6 + 6 + 12 + 6 = 198$$

Toliau skaičiuojamas konkordacijos koeficientas:

$$W = \frac{12 \cdot 1119.33}{17^2 \cdot (6^3 - 6) - 17 \cdot 198} = 0.2343$$

Konkordacijos reikšmė didesnė už nulį - tai reiškia jog rangų metodu gautų kriterijų reikšmingumą patikimumas yra pakankamas.

Konkordacijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal 9-tą formulę:

$$X^2 = \frac{12 \cdot 1119.33}{17 \cdot 6(6+1) - \frac{1}{6-1} \cdot 198} = 19.917 > X_{lent.}^2 = 18.92$$

Apskaičiuota X^2 reikšmė yra didesnė nei $X_{lent.}^2$ - suderintų ekspertų randžiruočių hipotezė priimama, galima teigti jog ekspertų nuomonės yra suderintos. Skaičiuojant $X_{lent.}^2$ priimtas reikšmingumo lygis ($\alpha= 0.05$).

4.4. Daugiakriterinis vertinimas kompleksiniu proporcingumo metodu (COPRAS)

Norint išsiaiškinti kuris iš nagrinėjamų variantų yra optimaliausias pagal visus vertinimo kriterijus atliekamas daugiakriterinis kompleksinis vertinimas. Darbe aptarti vertinimo kritejiai surašomi į pradinę duomenų lentelę daugiakriteriniam vertinimui 20 lentelė:

20 lentelė. Pagrindiniai duomenys daugiakriterinei analizei

Nagrinėjami kriterijai	Min/max	Reikšmingumas	Matavimo vnt.	Nagrinėjami variantai					
				Nr. 1-ML	Nr. 1-ŽS	Nr. 2-ML	Nr. 2-ŽS	Nr. 3-ML	Nr. 3-ŽS
Darbų sąmatinė kaina	min.	0,25325	€	2933,11	3236,9	2864,21	3167,36	3027,91	3371,59
Atliekamų darbų sparta	max.	0,18831	h	10,97	11,47	13,59	14,15	14,41	15,18
Infrastruktūros trikdžiai	min.	0,12338	balai	1	1	3	3	5	5
Triukšmingumas	min.	0,12662	dB x h	820,95	854,29	982,46	1019,77	1043,02	1093,84
Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis	min.	0,15909	g	2383,474	2509,275	2862,046	3047,961	3061,157	3253,231
Ekosistemų išsaugojimas	max.	0,14935	balai	2	1	3	4	5	4

Kiekvienas kriterijus turi skirtingus matavimo vienetus. Tai reiškia jog tiesioginis palyginimas yra neįmanomas. Tam kad rodiklius būtų galima palyginti, turi būti atliktas jų normalizavimas. Pagal 1-ąją formulę atliekamas rodiklių normalizavimas ir sudaroma normalizuota sprendimų matrica.

$$d_{11} = \frac{2933.11 \cdot 0.25325}{2933.11 + 3236.9 + 2864.21 + 3167.36 + 3027.91 + 3371.59} = 0.0399;$$

$$d_{12} = \frac{3236.9 \cdot 0.25325}{2933.11 + 3236.9 + 2864.21 + 3167.36 + 3027.91 + 3371.59} = 0.0441 \dots$$

ir t.t.

Sudaroma normalizuotų įverčių matrica pateikiama 21 lentelėje:

21 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica

Nagrinėjami kriterijai	Min/max	Reikšmingumas	Matavimo vnt.	Nagrinėjami variantai					
				Nr. 1-ML	Nr. 1-ŽS	Nr. 2-ML	Nr. 2-ŽS	Nr. 3-ML	Nr. 3-ŽS
Darbų sąmatinė kaina	min.	0,25325	€	0,0399	0,0441	0,0390	0,0431	0,0412	0,0459
Atliekamų darbų sparta	max.	0,18831	h	0,0259	0,0271	0,0321	0,0334	0,0340	0,0358
Infrastruktūros trikdžiai	min.	0,12338	balai	0,0069	0,0069	0,0206	0,0206	0,0343	0,0343
Triukšmingumas	min.	0,12662	dB x h	0,0179	0,0186	0,0214	0,0222	0,0227	0,0238
Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis	min.	0,15909	g	0,0222	0,0233	0,0266	0,0283	0,0285	0,0302
Ekosistemų išsaugojimas	max.	0,14935	balai	0,0157	0,0079	0,0236	0,0314	0,0393	0,0314

Pagal 4-ąją formulę apskaičiuojamas kiekvieną variantą apibūdinančių minimizuojančių S_{-j} ir maksimizuojančių S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos:

$$S_{+,Nr.1-ML} = 0.0259 + 0.0157 = 0.0416$$

$$S_{-,Nr.1-ZS} = 0.0399 + 0.0069 + 0.0179 + 0.0222 = 0.0868$$

$$S_{+,Nr.2-ML} = 0.0271 + 0.0079 = 0.0349$$

$$S_{-,Nr.2-ZS} = 0.0441 + 0.0069 + 0.0186 + 0.0233 = 0.0928 \dots$$

ir t.t.

Toliau siekiant nustatyti lyginamų variantų santykinę reikšmingumą remiamasi variantą apibūdinančiomis teigiamomis ir neigiamomis savybėmis t.y. savybių sumomis - minimizuojančių S_{-j} ir maksimizuojančių S_{+j} . Santykiniam reikšmingumui nustatyti naudojama 3.4 skyriuje pateikta 5 formulė:

$$Q_{Nr.1-ML} = 0.0416 + \frac{0.0868 \cdot (0.0868 + 0.1203 + 0.1076 + 0.1142 + 0.1267 + 0.1342)}{0.0868 \cdot \left(\frac{0.0868}{0.0868} + \frac{0.0868}{0.1203} + \frac{0.0868}{0.1076} + \frac{0.0868}{0.1142} + \frac{0.0868}{0.1267} + \frac{0.0868}{0.1342} \right)} = 0.1786$$

$$Q_{Nr.1-ZS} = 0.0349 + \frac{0.0928 \cdot (0.0868 + 0.0928 + 0.1076 + 0.1142 + 0.1267 + 0.1342)}{0.0928 \cdot \left(\frac{0.0928}{0.0868} + \frac{0.0928}{0.0928} + \frac{0.0928}{0.1076} + \frac{0.0928}{0.1142} + \frac{0.0928}{0.1267} + \frac{0.0928}{0.1342} \right)} = 0.1630$$

ir t.t.

Visi rezultatai pateikiami 22 lentelėje:

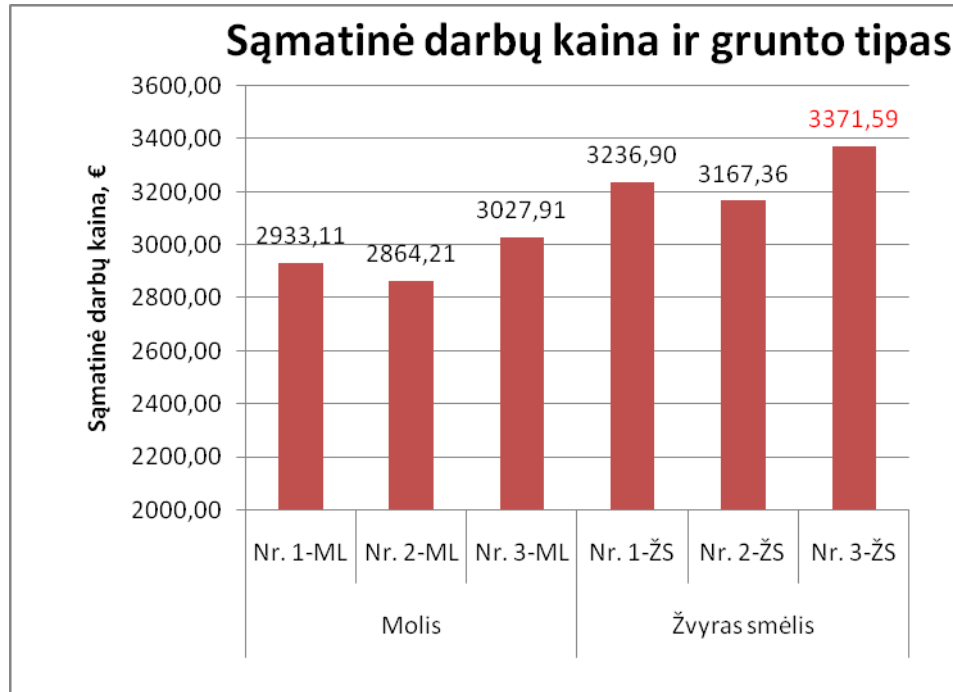
22 lentelė. Daugiakriterinio trasų įvertinimo kompleksiniu proporcingumo metodu (COPRAS) rezultatai

Nagrinėjami kriterijai	Min/max	Reikšmingumas	Matavimo vnt.	Nagrinėjami variantai					
				Nr. 1-ML	Nr. 1-ŽS	Nr. 2-ML	Nr. 2-ŽS	Nr. 3-ML	Nr. 3-ŽS
Darbų sąmatinė kaina	min.	0,25325	€	0,0399	0,0441	0,0390	0,0431	0,0412	0,0459
Atliekamų darbų sparta	max.	0,18831	h	0,0259	0,0271	0,0321	0,0334	0,0340	0,0358
Infrastruktūros trikdžiai	min.	0,12338	balai	0,0069	0,0069	0,0206	0,0206	0,0343	0,0343
Triukšmingumas	min.	0,12662	dB x h	0,0179	0,0186	0,0214	0,0222	0,0227	0,0238
Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis	min.	0,15909	g	0,0222	0,0233	0,0266	0,0283	0,0285	0,0302
Ekosistemų išsaugojimas	max.	0,14935	balai	0,0157	0,0079	0,0236	0,0314	0,0393	0,0314
Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma (variantų "pliusai")				0,0416	0,0349	0,0557	0,0648	0,0733	0,0673
Minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma (variantų "minusai")				0,0868	0,0928	0,1076	0,1142	0,1267	0,1342
Projekto alternatyvos reikšmingumas				0,1727	0,1739	0,1663	0,1670	0,1642	0,1559
Projekto alternatyvos prioritetiškumas				5	6	3	4	2	1

Įvertinus visus tiriamus variantus daugiakriteriniu kompleksiniu proporcingumo metodu (COPRAS), galima teigti jog optimaliausias variantas yra Nr.3-ŽS. Tai reiškia jog įrengti požeminius tinklus naudojant uždaraįjį (betranšėįjį horizontalaus valdomo gręžimo metodą) būdą naudingiausia darbus atlikti urbanizuotoje vietovėje, kur vyraujantys gruntai yra birios struktūros.

4.5. Rezultatų analizė

Išanalizavus pasirinktą horizontalaus valdomo gręžimo technologiją, ekonominių, socialinių ir ekologinių požiūriu, atliekama grafinių priklausomybių analitinė dalis.

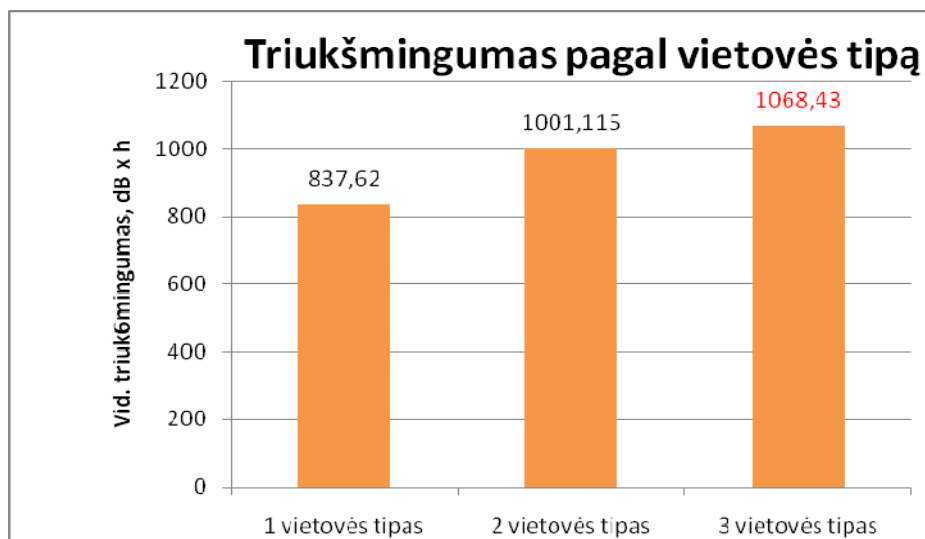


17 pav. Sąmatinės darbų kainos pagal grunto tipą diagrama

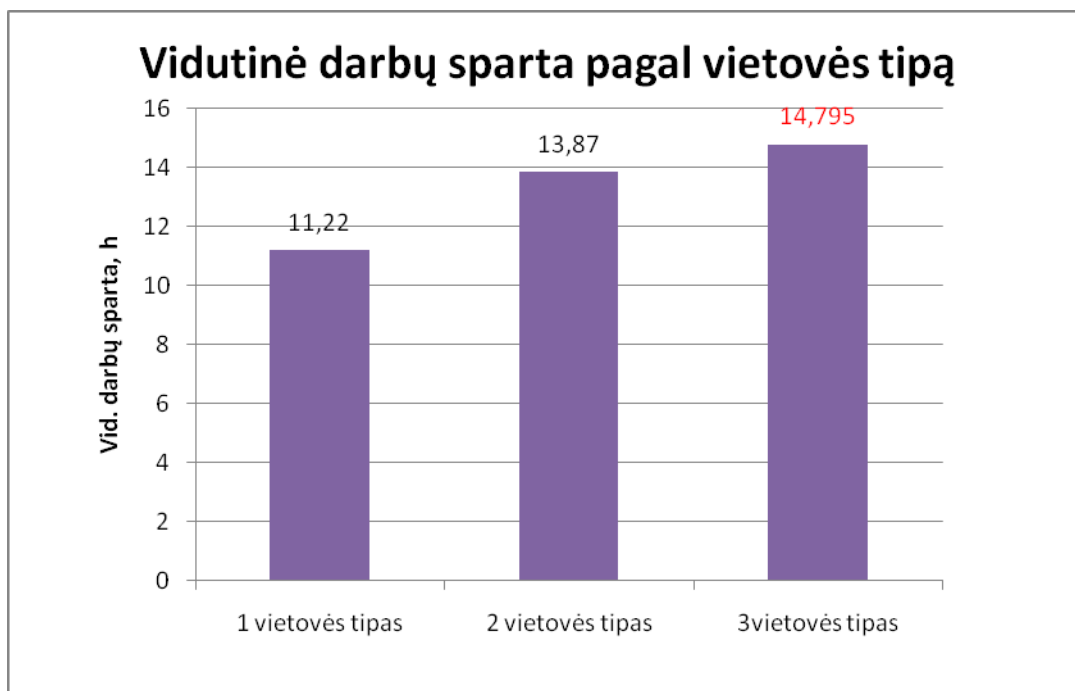
Paskaičiavus vidutines sąmatines trasų įrengimo kainas

$$\frac{3236.9 + 3167.36 + 3371.59}{2933.11 + 2864.21 + 3027.91} - 100\% = 10.77\% \text{ atitinkamai grunto tipui, nustatoma jog trasas}$$

įrengiant žvyringo-smėlingo tipo grunte sąmatinė darbų kaina išauga apie 10.77%

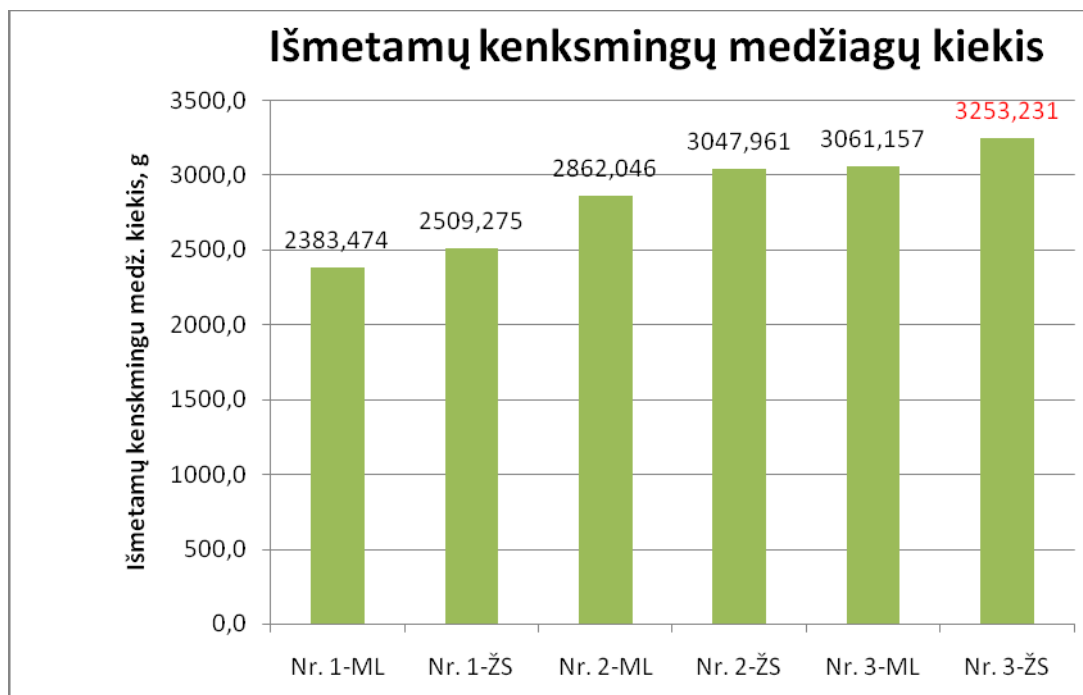


18 pav. Triukšmingumo pagal vietovės tipą diagrama



19 pav. Vidutinės darbų spartos pagal vietovės tipą diagrama

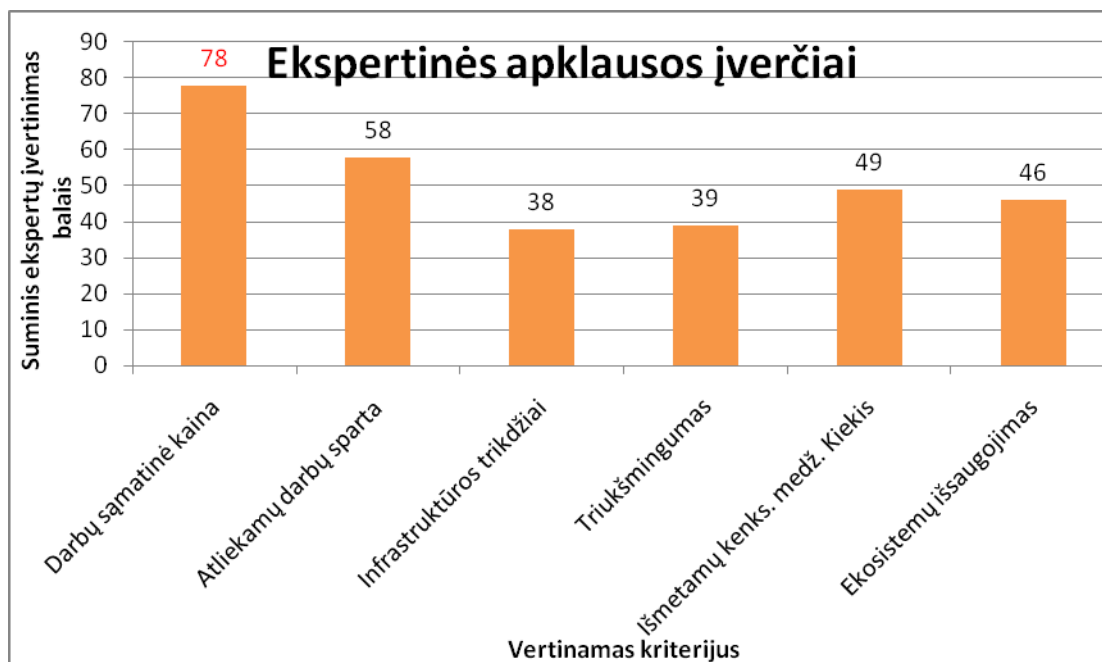
Iš šios diagramos galima nustatyti kaip pagal vietovės tipą kinta atliekamų darbų sparta. Santykinai 2-ojo tipo vietovėje darbai užtrunka 23,6 % ilgiau nei 1-ojo tipo vietovėje. Lyginant 1-ojo ir 3-ojo tipo vietoves skirtumas 32,1%, 2-ojo ir 3-ojo - 6,7%.



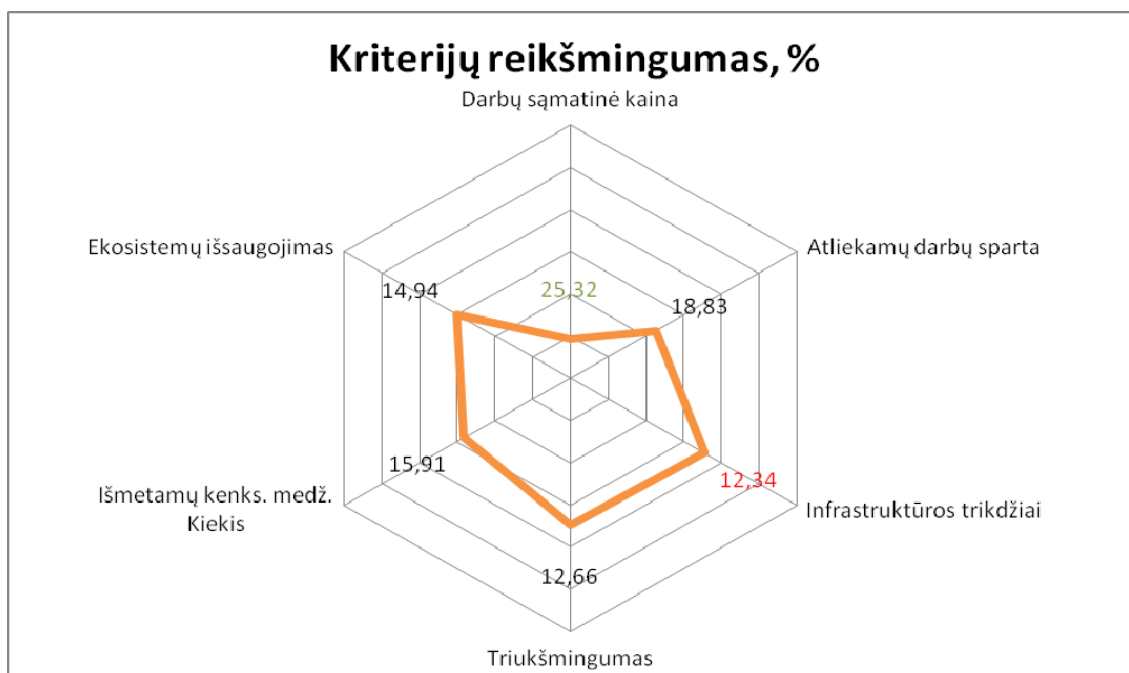
20 pav. Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekio pagal variantą diagrama

Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekio diagrama tiesiogiai parodo kiek susidaro kenksmingų medžiagų įrengiant 100m ilgio trasą horizontalaus valdomo gręžimo metodu.

Pagal ekspertinės analizės anketų surinktus duomenis, sudaroma kriterijų įverčių ir reikšmingumo diagramos:

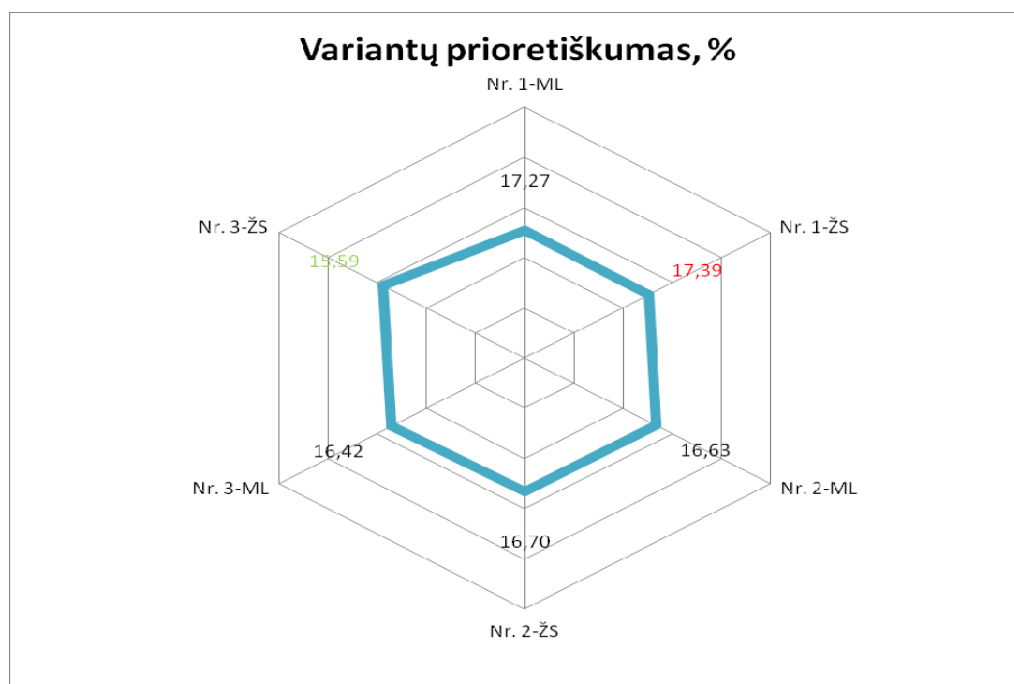


21 pav. Ekspertinės apklausos įverčių diagrama



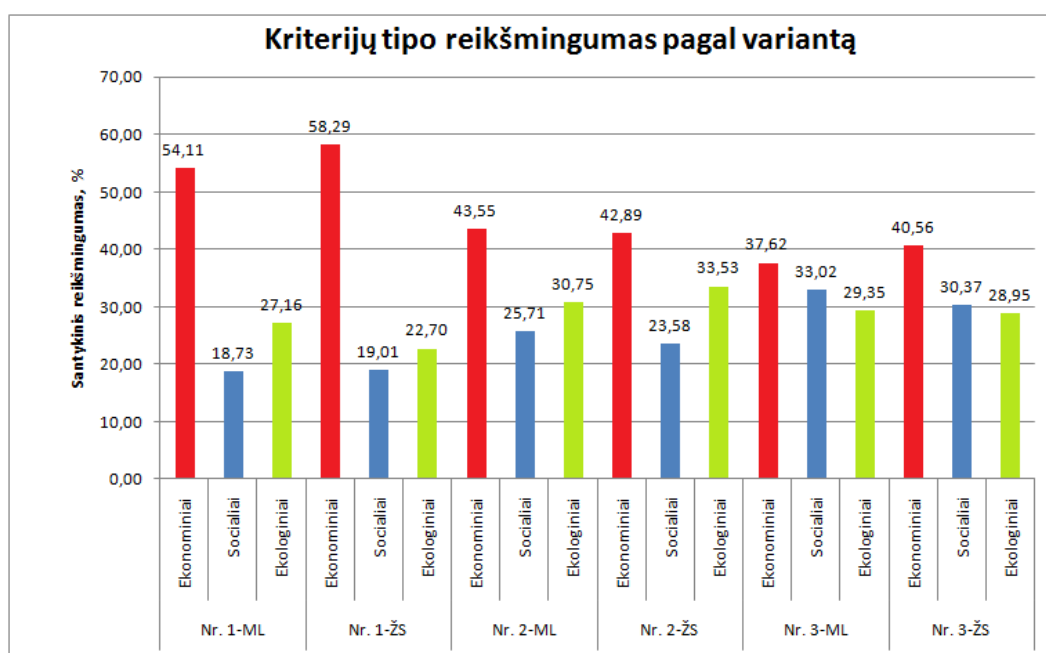
22 pav. Kriterijų reikšmingumas pagal ekspertinės apklausos duomenis

Atlikus skaičiavimus kompleksiniu proporcingumo metodu (COPRAS) sudaromos daugiakriterinės analizės rezultatų grafinės priklausomybės:



23 pav. Lyginamų variantų santykinis prioretiškumas

Iš diagramos 23 pav. vizualiai matomas naudingiausias variantas, t.y. Nr.3-ML - taip pat matomas kitų variantų naudingumas - kuo diagramos brėžiama linija arčiau centro tuo nagrinėjamas variantas santykinai yra naudingesnis. Kriterijų reikšmingumo pagal variantą diagrama suskirstytą į vertintų kriterijų grupes. Iš šio grafiko galima nustatyti kokia procentinė įtaka variantui sudaro kiekviena kriterijų grupė.



24 pav. Kriterijų tipo reikšmingumas pagal variantą

IŠVADOS

1. Išanalizavus užsienio mokslinę literatūrą paaiškėjo, jog nors betranšėjės technologijos pradėtos naudoti praeito amžiaus. 7-tajame dešimtmetyje, jaučiamas akivaizdus konkrečių technologijų lyginamosios analizės trūkumas;

2. Remiantis literatūros šaltiniais, buvo apibūdintos plačiausiai Lietuvoje naudojamų betranšėjų technologijų pagrindinės charakteristikos (optimalūs technologijai vamzdžių diametrai, maksimalūs trasų tiesimo ilgiai ir kita kiekvienai technologijai būdinga specifika) įgalinančios susiaurinti technologijų pasirinkimo, konkrečiu projektiniu atveju, spektrą;

3. Naudojantis skirtingose vietovėse įrengtų vandentiekio trasų geometriniais parametrais, sudaryti 6 skirtingo urbanizacijos lygio ir gruntinių sąlygų variantai (trys skirtingo užstatymo teritorijos kiekviena su skirtingo tipo- biraus ir plastiško, gruntais);

4. Atliktas, pasirinktos betranšėjės technologijos daugiakriterinis vertinimas, ekonominiu požiūriu ir poveikio socialiniai bei ekologinei aplinkai aspektais, skirtingo lygio urbanizacijos teritorijose, esant skirtingoms gruntinėms sąlygoms;

5. Daugiakriterinio vertinimo kriterijų reikšmingumas nustatytas apklausos būdu, apklausiant ekspertus, parodė jog svarbiausias kriterijus yra darbų sąmatinė kaina, antras pagal svarbumą – darbų sparta, mažiausiai svarbus – infrastruktūros trikdžiai;

6. Pagal gautus rezultatus nustatyta, jog mažiau urbanizuotoje teritorijoje, atliekant statybos darbus, ekonominiai ir socialiniai rodikliai mažėja, tačiau didėja poveikis gamtai ir atvirkščiai;

7. Sudarytos svarbiausių daugiakriterinio vertinimo rezultatų diagramos, nustatyti konkrečių variantų santykiniai reikšmingumai parodo, jog ekonominių rodiklių reikšmingumas mažėja darbus atliekant labiau užstatytose teritorijose, tai reiškia, jog labiau urbanizuotose teritorijose socialiniai ir ekologiniai rodikliai atlieka reikšmingesnį vaidmenį. Taip pat pastebėta jog labiau urbanizuotoje teritorijoje socialiniai rodikliai reikšmingumu pranoksta ekologinius tai reiškia, jog įtaka ekologijai mažėja kartu su teritorijos užstatymo lygiu;

8. Kompleksinio proporcingumo metodika (COPRAS) nustatyta jog, horizontalaus valdomo gręžimo technologiją optimalu naudoti labiau užstatytose teritorijose, kuriose vyrauja birus gruntas.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. L. Katkevičius (2008). Vandens ūkio statybos technologija: Vadovėlis vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto studentams. Kaunas: Ardiva.
2. T. Šiaulys (2009). Inžinerinių tinklų įrengimas horizontalaus valdomo gręžimo metodu. Magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Akademija.
3. John C. Matthews, Erez N. Allouche, Raymond L. Sterlin (2015). Social cost impact as assessment of pipeline infrastructure projects, *Environmental Impact Assessment Review* 50 196–202.
4. Tarek Zayeda, Alaa Salmana, Ismail Bashab (2011) „The impact on environment of underground infrastructure utility work“, *Structure and Infrastructure Engineering*, Vol. 7, No. 3, 199–210.
5. Lameck Onsarigo, Alan Atalahand Wilfred Roudebush (2014) „An Introduction to Environmental Value Engineering (EVE) and the EVE Assessment of Horizontal Directional Drilling (HDD) versus Open-Cut Construction“, *Pipelines 2014: From Underground to the Fore front of Innovation and Sustainability 2014*, ASCE.
6. Najafi, M., and Kim, K. O. (2004). Life-cycle-cost comparison of trenchless and conventional open-cut pipeline construction projects. *ASCE Pipeline Division Specialty Congress - Pipeline Engineering and Construction* (pp. 635-640). San Diego, California: ASCE Pipeline Division.
7. Samuel T. Ariaratnam, M. ASCE; Kalyan Piratla, A. M. ASCE; Aaron Cohen; and Matthew Olson (2013) „Quantification of Sustainability Index for Underground Utility Infrastructure Projects“, DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000763, 2013 American Society of Civil Engineers.
8. Michael D. Lubrecht, LG (2012) „Horizontal Directional Drilling: A Green and Sustainable Technology for Site Remediation“, *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 2484–2489.
9. Betranšėjės technologijos pasiteisina tankiai užstatytose vietovėse (2009). *Žurnalas "Statyk"*. Vilnius.
10. UAB "Požeminių linijų statyba". Betranšėjės technologijos. [žiūrėta 2016-03-21]. Prieiga per internetą: <http://www.griovys.lt/>
11. SA.lt. Betranšėjų technologijų svarba urbanizuotose teritorijose. [žiūrėta 2016-02-21]. Prieiga per internetą: https://issuu.com/statybairchitektura/docs/sa_n11_prenumerata/58

12. UAB "GRUNDOLITA". Betranšėjiniai darbai. [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per internetą: <http://www.grundolita.lt/betransejiniai-darbai>
13. D. A. Willoughby (2005). "Horizontal directional drilling utility and pipeline applications". McGraw Hill, New York.
14. E. R. Skonberg, T. M. Muindi (2014). Pipeline Design for Installation by Horizontal Directional Drilling – Second Edition. American Society of Civil Engineers.
15. UAB "Inti".Inžineriniai tinklai. [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per internetą: <http://www.inti.lt/inzineriniai-tinklai-2.html>
16. UAB "GRUNDOLITA". Medžiaga projektuotojams. [žiūrėta 2016-03-24]. Prieiga per internetą: <http://www.grundolita.lt/uploads/other/projektuotojams.pdf>
17. UAB "VisoInfo". Betranšėjiniai darbai: Nauja požeminių tinklų statyba. [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per internetą: <http://www.apstatyba.lt/betransejiniai-darbai-nauja-pozeminiu-tinklu-statyba-707>
18. T. Meskele, A. Stuedlein (2014). "Static Soil Resistance to Pipe Ramming in Granular Soils". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.141. American Society of Civil Engineers.
19. T. Meskele, A. Stuedlein (2014). "Drivability Analyses for Pipe-Ramming Installations.". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.141. American Society of Civil Engineers.
20. "Meyer & John GmbH & Co KG". Vamzdžių įstūmimas ir mikrotuneliavimas – taupi ir ekonomiška alternatyva. [žiūrėta 2016-03-24]. Prieiga per internetą: <https://www.spec.lt/straipsniai/inzineriniai-sprendimai-vamzdziu-istumimas-ir-mikrotuneliavimas-taupi-ir-ekonomiska-alternatyva>
21. M. Najafi, Gokhale, B. Sanjiv (2005). Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal. McGraw-Hill, New York.
22. M. Najafi (2013). Trenchless Technology: Planning, Equipment, and Methods. McGraw Hill, New York.
23. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas (1996). Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius. Technika. 280 p.
24. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, N. Banaitienė (2001). Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Vilnius. Technika. 380 p.
25. E. K. Zavadskas, P. Karablikovas, P. Malinauskas, P. Mikšta, H. Nakas, R. Sakalauskas (2008). Statybos procesų technologija. Vilnius. Technika. 57 p.

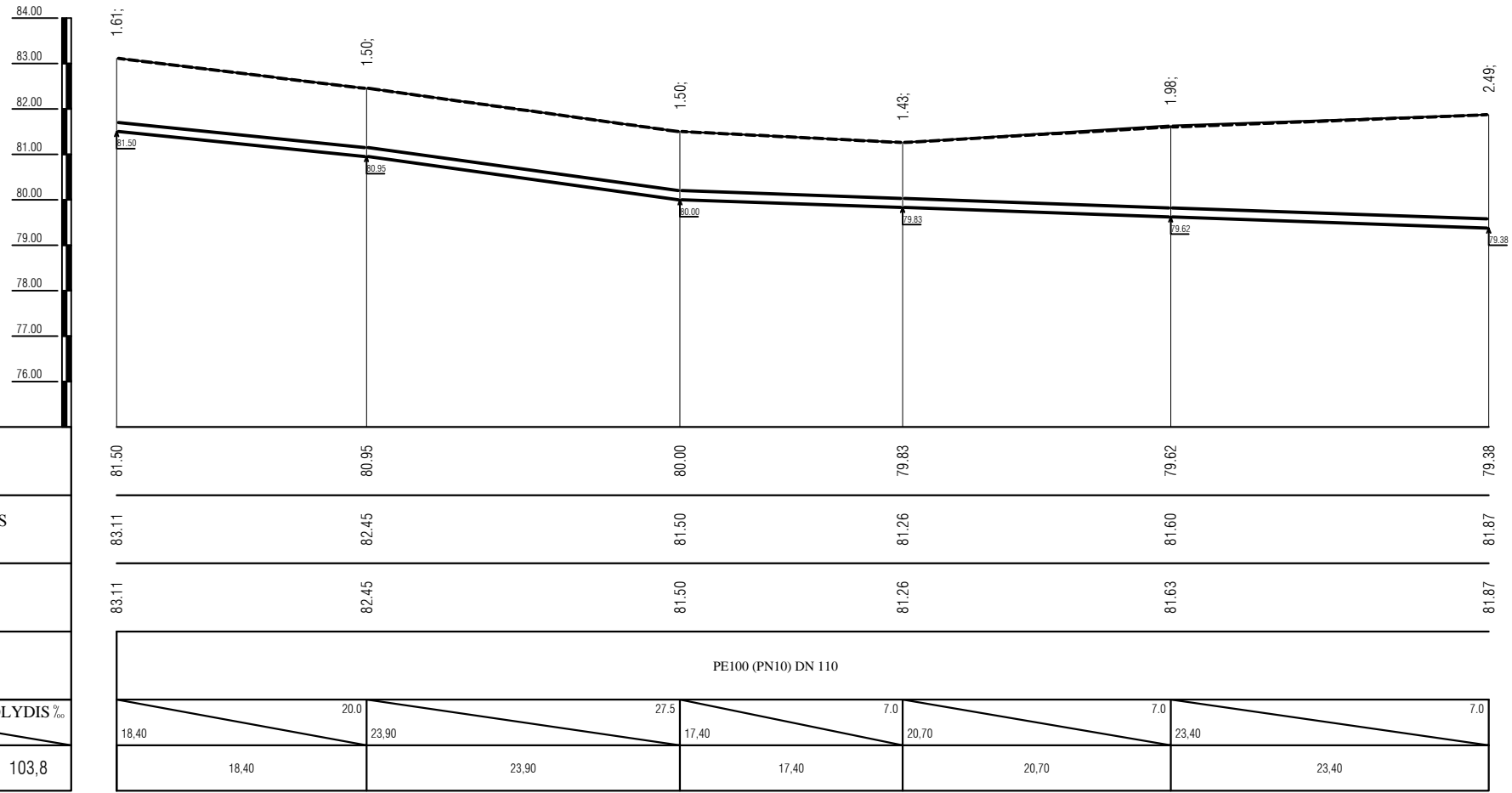
26. E. K. Zavadskas, L. Simanauskas, A. Kaklauskas (1999). Sprendimų paramos sistemos statyboje. Vilnius: Technika. 236 p.
27. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. STR 2.01.08:2003 Lauko sąlygomis naudojamos įrangos į aplinką skleidžiamo triukšmo valdymas . [žiūrėta 2016-09-21]. Prieiga per internetą: <http://www.vtpsi.lt/node/1455>
28. D. Dent, A. Hartemink, J.Kimble (2008). Dirvožemis – gyvoji Žemės oda. Earth Siences for Society Foundation. Leiden, The Netherlands.
29. Fizinių ir technologijos mokslų centras (2013). Išmetamų į atmosferą teršalų tyrimai, įvertinimas, prognozė bei antropologinės taršos lygių ir kriterijų apkrovų ekosistemoms vertinimas. Vilnius.
30. TRACTO-TECHNIK. Grundodril 11^{XP} . [žiūrėta 2016-03-24]. Prieiga per internetą: <http://www.tracto-technik.com/GRUNDODRILL-11XP-238.html>

PRIEDAI

Trasų išilginiai pjūviai

Variantas Nr.1	1
Variantas Nr.2	2
Variantas Nr.3	3

Pirmojo varianto išilginis trasos pjūvis

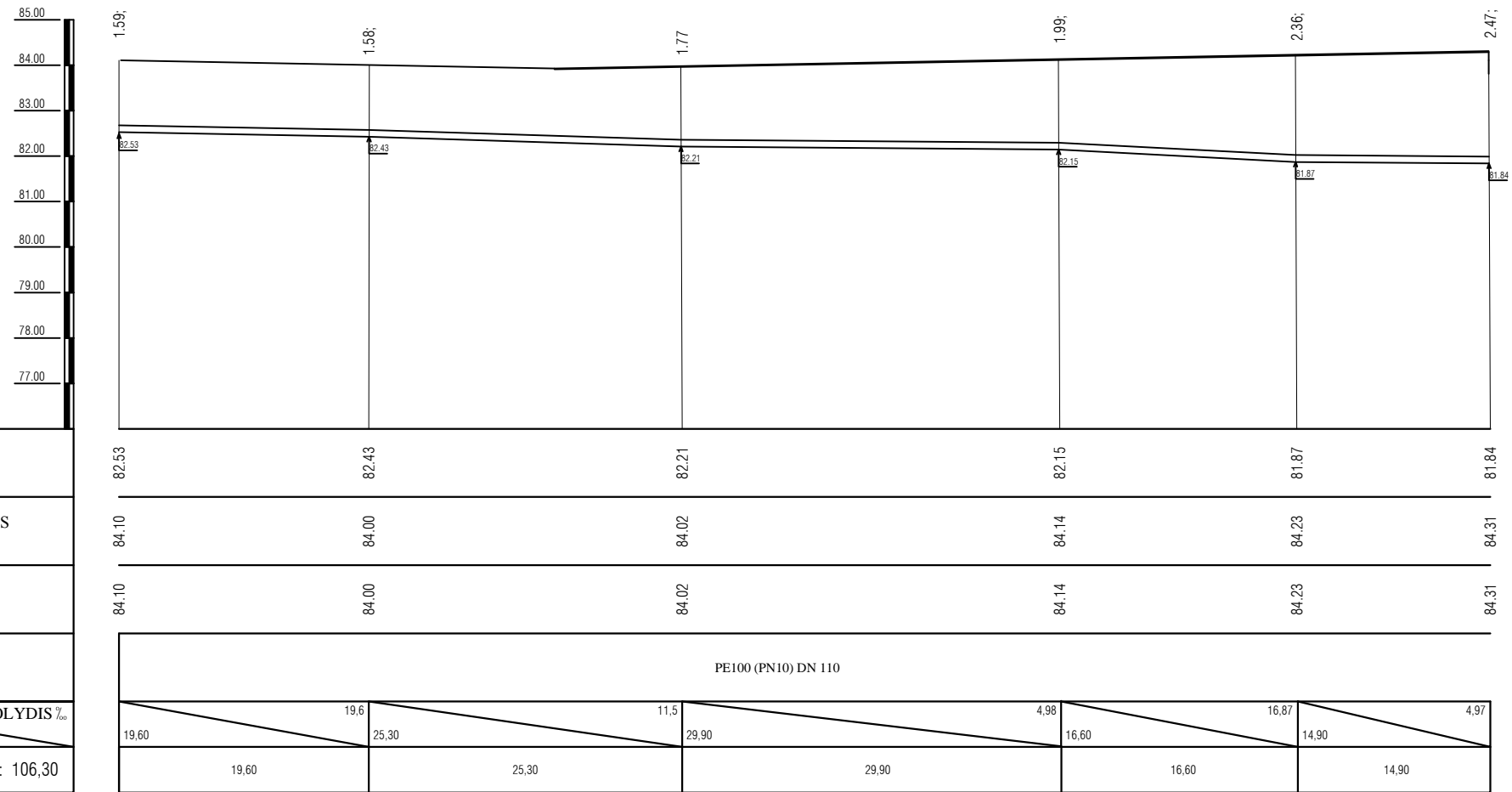


VAMZDŽIO/LATAKO DUGNO ALTITUDĖ	81.50	80.95	80.00	79.83	79.62	79.38
PROJEKTUOJAMO ŽEMĖS PAVIRŠIAUS ALTITUDĖ	83.11	82.45	81.50	81.26	81.60	81.87
ESAMA ŽEMĖS PAVIRŠIAUS ALTITUDĖ	83.11	82.45	81.50	81.26	81.63	81.87
VAMZDŽIŲ ŽYMĖJIMAS IZOLIACIJOS TIPAS	PE100 (PN10) DN 110					
NUOLYDIS ‰	20.0	27.5	7.0	7.0	7.0	7.0
ILGIS (m)	18.40	23.90	17.40	20.70	23.40	
ATSTUMAI (m)	18.40	23.90	17.40	20.70	23.40	

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis projektas	
STM-5	Studentas	E.Zaikauskas	2017-05	Išilginis trasos pjūvis. Variantas Nr.1	Laida 0
Pr.etapas	Statybinių konstrukcijų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas			2017-MBP-VN-B1	Lapas 1
MBP					Lapų 1

PROJ. DALIS	VARDAS, PAVARDE	PARAŠAS	DATA

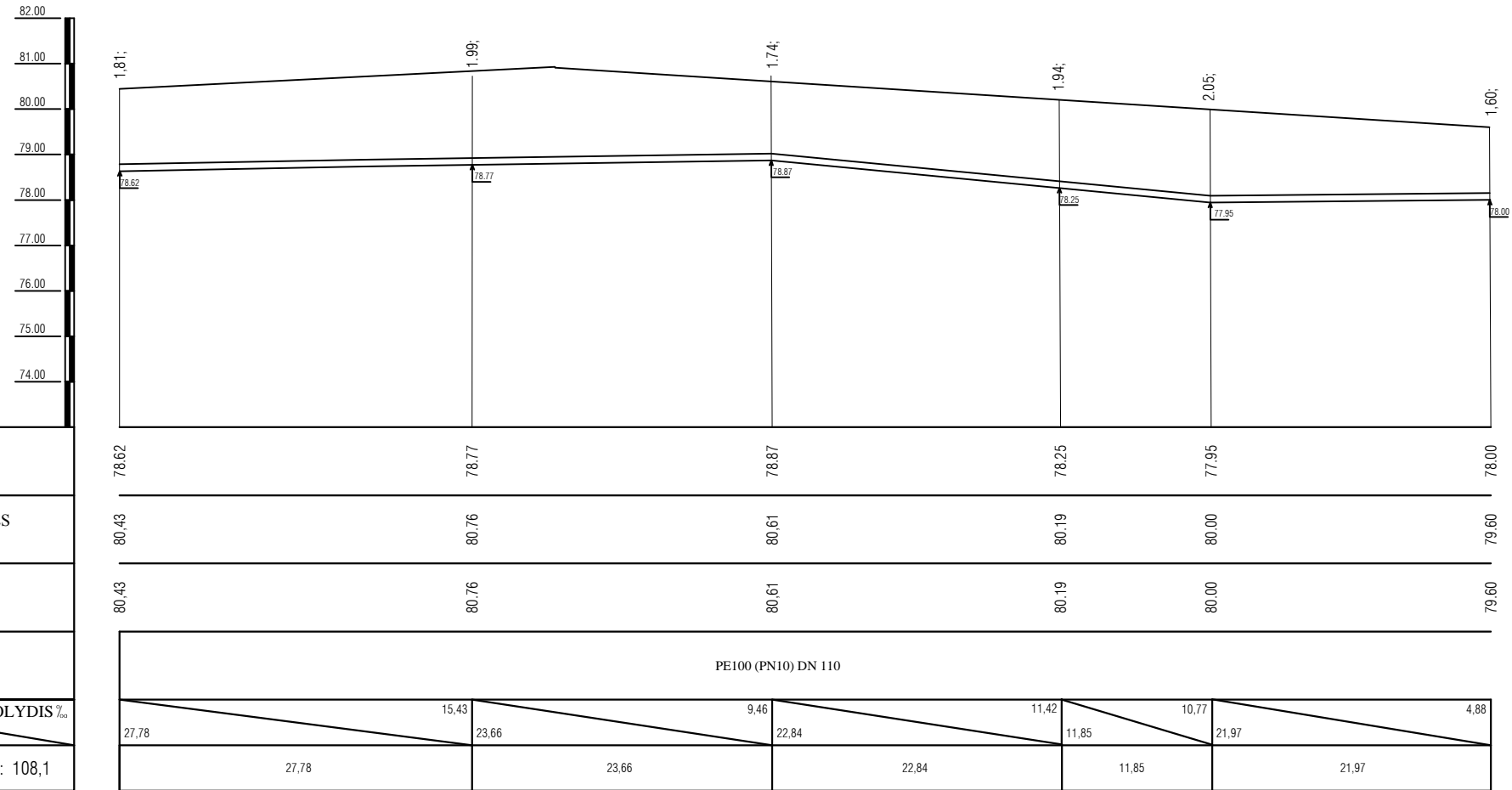
Antrojo varianto išilginis trasos pjūvis



VAMZDŽIO/LATAKO DUGNO ALTITUDĖ	NUOLYDIS ‰
PROJEKTUOJAMO ŽEMĖS PAVIRŠIAUS ALTITUDĖ	19.6
ESAMA ŽEMĖS PAVIRŠIAUS ALTITUDĖ	25.30
VAMZDŽIŲ ŽYMĖJIMAS IZOLIACIJOS TIPAS	11.5
ILGIS (m)	4.98
ATSTUMAI (m)	16.87
Viso: 106,30	

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis projektas	
STM-5	Studentas	E.Zaikauskas	2017-05	Išilginis trasos pjūvis. Variantas Nr.2	Laida 0
Pr.etapas	Stybinių konstrukcijų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas			2017-MBP-VN-B2	Lapas 1
MBP				1	Lapų 1

Trečiojo varianto išilginis trasos pjūvis



VAMZDŽIO/LATAKO DUGNO ALTITUDĖ	
PROJEKTUOJAMO ŽEMĖS PAVIRŠIAUS ALTITUDĖ	
ESAMA ŽEMĖS PAVIRŠIAUS ALTITUDĖ	
VAMZDŽIŲ ŽYMĖJIMAS IZOLIACIJOS TIPAS	
NUOLYDIS ‰	
ILGIS (m)	
ATSTUMAI (m)	Viso: 108,1

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas	
STM-5	Studentas E.Zaikauskas	2017-05	Laida
			0
Pr.etapas	Statybinių konstrukcijų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		Lapas
MBP			1
		2017-MBP-VN-B3	Lapų
			1

Horizontalaus valdomo gręžimo agregato GRUNDODRILL 11^{XP} techniai parametrai [30]



BASIC EQUIPMENT

- Cummins motor T4i for driving and drilling, 119 kW
- Drill rig with rubber track undercarriage, stabilisers
- Spacious cabin, comfortable seat, joysticks, LCD display
- Bore automatics
- fully galvanised rod box
- semi-automatic rod exchange system
- semi-automatic clamp and break-away facility
- Anchoring system with drilling fluid collecting tray
- powerful HP Bentonite pump on board the rig
- Bore data log –telemetry data transfer
- optional: fully automatic system, percussive hammer, high pressure cleaner, wireless remote control, rubberised steel track undercarriage, air conditioning

PERFORMANCE DATA

L x W x H [mm]	6.250 x 1.740 x 2.400
Weight incl. rods [kg]	7.900
Rod magazine contents [m]	132
Inclination angle	11°-20°
Thrust and pullback force [kN]	105
Max. torque [Nm]	3.300
Max. spindle speed [rpm]	200
Pilot bore Ø [mm]	100
Drill rods Twin Drive Ø [mm]	62/54
Effective rod length [mm]	3.000
Weight of drill rod [kg]	26
Upsizing Ø* [mm]	≤ 400
Outer pipe Ø* [mm]	≤ 355
Bore length* [m]	≤ 250
Min. bore radius [m]	42 / 33
Max. driving speed [km/h] 2stage	2 / 4
Fresh water tank [l]	100
Super-silenced [dB(A)]	66
Max. engine output [kW]	119
HP Bentonite pump [l/min]	115

Sąmatiniai skaičiavimai

Nr. 1-ML varianto sąmata.....	1
Nr. 1-ŽS varianto sąmata	3
Nr. 2-ML varianto sąmata.....	5
Nr. 2-ŽS varianto sąmata	7
Nr. 3-ML varianto sąmata.....	9
Nr. 3-ŽS varianto sąmata	11

SUDERINTA: _____ TŪKST.

TVIRTINU: _____ TŪKST.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2017 M. MĖN. D.

2017 M. MĖN. D.

LOKALINĖ ŠAMATA NR. S1

Sudaryta 2015 m. 3 mėn. kainomis

K001 Pirmas kompleksas**O1 Objektas** Nr.1-ML**S1 Šamata**Iš viso: 3.513,02 EUR

2017.01.14

Lapas: 1

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
1	Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio gręž. įreng., įtraukiant 75-110mm skersm. vamzdį(100m) K1=1.2, K2=1.2, K9=1.15	N22-479	m		19,0417	103,8	1.976,53	147,22	1.205,33	623,98
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.80	10480	žm.val.	0,188	7,55	19,500	147,21	147,21		
	Plastikiniai vamzdžiai	260923	m	1,000	7,96	103,800	826,26		826,26	
	Grunto stabilizavimo polimeras Ez-Mud	230444	kg	0,077	6,00	7,993	47,96		47,96	
	Bentonitas	240106	kg	2,200	1,45	228,360	331,11		331,11	
	Kryptinio gręžimo įrenginių komplektas	489236	maš.val	0,063	96,00	6,500	623,99			623,99
2	II grupės grunto kasimas 0,05 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, pakraunant gruntą į autosavivarčius K9=1.15	N1-76-2	100m3		234,0250	0,4	93,61	8,00		85,61
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.50	10250	žm.val.	2,800	7,14	1,120	8,00	8,00		
	Vienakaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	489329	maš.val	9,000	23,78	3,600	85,61			85,61
3	Grunto tankinimas žvyru mechanizuotu būdu	N11-1	100m2		114,9750	0,4	45,99	9,81	17,52	18,66
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.17	10217	žm.val.	6,200	3,96	2,480	9,81	9,81		
	Neplautas žvyras	573015	m3	4,080	10,74	1,632	17,52		17,52	
	Savaeigis plentvolis iki 6 t	489100	maš.val	0,450	29,17	0,180	5,25			5,25
	Laistymo mašina	489126	maš.val	0,540	29,07	0,216	6,28			6,28
	Buldozeris 55 kW (75 AG)	489153	maš.val	0,660	27,01	0,264	7,13			7,13
4	Vejos mažų plotų atnaujinimas, papildant 10 cm augalinio grunto sluoksniu K9=1.15	R16-115	100m2		376,6600	0,5	188,33	74,18	114,15	
	Darbo jėga su vidutine kategorija 1.60	10160	žm.val.	35,200	4,21	17,600	74,18	74,18		
	Augalinis gruntas	573019	m3	10,000	22,17	5,000	110,86		110,86	
	Žolių sėklos (daugiametės)	970004	kg	2,000	3,29	1,000	3,29		3,29	

Iš viso	2.304,46	239,21	1.337,00	728,25
Papildomų medžiagų vertė	40,11		3%	
Papildomų mechanizmų vertė	21,85			3%
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai	19,14	8%		
Iš viso	2.385,56	258,35	1.377,11	750,10
Soc. Draudimas	80,09	31%		
Iš viso	2.465,65	338,44	1.377,11	750,10
Statybvietės išlaidos	221,91	9%	9%	9%
Iš viso (tiesioginės išlaidos)	2.687,56	368,91	1.501,05	817,60
Pridėtinės išlaidos	77,51	30%		
Iš viso	2.765,07	446,42	1.501,05	817,60
Pelnas	138,25	5%	5%	5%
Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)	2.903,21	468,75	1.576,09	858,48
PVM	609,70	21%	21%	21%
Iš viso	3.513,02	567,19	1.907,07	1.038,76

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia- gos	Mecha- nizmai
----------	-------------	-------	-----------	-------	-------	--------	------	--------	----------------	------------------

Iš viso (Lt)

12.129,76

1.958,39

6.584,73

3.586,63

Sudarė:

Tikrino:

SUDERINTA: _____ TŪKST.

TVIRTINU: _____ TŪKST.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2017 M. MĖN. D.

2017 M. MĖN. D.

LOKALINĖ ŠAMATA NR. S1

Sudaryta 2015 m. 3 mėn. kainomis

K001 Pirmas kompleksas**O1 Objektas** Nr. 1-ŽS**S1 Šamata**Iš viso: **3.876,72** EUR

2017.01.14

Lapas: 1

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
1	Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio gręž. įreng., įtraukiant 75-110mm skersm. vamzdį(100m) K1=1.2, K2=1.2, K9=1.15	N22-479	m		21,4264	103,8	2.224,07	158,55	1.393,52	672,00
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.80	10480	žm.val.	0,202	7,55	21,000	158,55	158,55		
	Plastikiniai vamzdžiai	260923	m	1,000	7,96	103,800	826,25		826,25	
	Grunto stabilizavimo polimeras Ez-Mud	230444	kg	0,210	6,00	21,798	130,79		130,79	
	Bentonitas	240106	kg	2,900	1,45	301,020	436,48		436,48	
	Kryptinio gręžimo įrenginių komplektas	489236	maš.val	0,067	96,00	7,000	672,00			672,00
2	II grupės grunto kasimas 0,05 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, pakraunant gruntą į autosavivarčius K9=1.15	N1-76-2	100m3		231,5200	0,4	92,61	7,00		85,61
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.50	10250	žm.val.	2,800	6,25	1,120	7,00	7,00		
	Vienakaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	489329	maš.val	9,000	23,78	3,600	85,61			85,61
3	Grunto tankinimas žvyru mechanizuotu būdu	N11-1	100m2		114,9436	0,4	45,98	9,81	17,51	18,66
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.17	10217	žm.val.	6,200	3,95	2,480	9,80	9,80		
	Neplautas žvyras	573015	m3	4,080	10,73	1,632	17,51		17,51	
	Savaeigis plentvolis iki 6 t	489100	maš.val	0,450	29,12	0,180	5,24			5,24
	Laistymo mašina	489126	maš.val	0,540	29,12	0,216	6,29			6,29
	Buldozeris 55 kW (75 AG)	489153	maš.val	0,660	27,04	0,264	7,14			7,14
4	Vejos mažų plotų atnaujinimas, papildant 10 cm augalinio grunto sluoksniu K9=1.15	R16-115	100m2		379,2400	0,5	189,62	74,68	114,94	
	Darbo jėga su vidutine kategorija 1.60	10160	žm.val.	35,200	4,24	17,600	74,68	74,68		
	Augalinis gruntas	573019	m3	10,000	22,32	5,000	111,62		111,62	
	Žolių sėklos (daugiametės)	970004	kg	2,000	3,32	1,000	3,32		3,32	

Iš viso	2.552,28	250,04	1.525,97	776,27
Papildomų medžiagų vertė	45,78		3%	
Papildomų mechanizmų vertė	23,29			3%
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai	20,00	8%		

Iš viso	2.641,35	270,04	1.571,75	799,56
Soc. Draudimas	83,71	31%		

Iš viso	2.725,06	353,75	1.571,75	799,56
Statybvietės išlaidos	245,26	9%	9%	9%

Iš viso (tiesioginės išlaidos)	2.970,32	385,60	1.713,21	871,51
Pridėtinės išlaidos	81,01	30%		

Iš viso	3.051,33	466,61	1.713,21	871,51
Pelnas	152,57	5%	5%	5%

Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)	3.203,90	489,94	1.798,87	915,09
PVM	672,82	21%	21%	21%

Iš viso	3.876,72	592,83	2.176,64	1.107,25
----------------	-----------------	---------------	-----------------	-----------------

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia- gos	Mecha- nizmai
----------	-------------	-------	-----------	-------	-------	--------	------	--------	----------------	------------------

Iš viso (Lt)

13.385,54

2.046,92

7.515,50

3.823,11

Sudarė:

Tikrino:

SUDERINTA: _____ TŪKST.

TVIRTINU: _____ TŪKST.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2017 M. MĖN. D.

2017 M. MĖN. D.

LOKALINĖ ŠAMATA NR. S1

Sudaryta 2015 m. 3 mėn. kainomis

K001 Pirmas kompleksas**O1 Objektas** Nr. 2-ML**S1 Šamata**Iš viso: **3.677,90** EUR

2017.01.14

Lapas: 1

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia-gos	Mecha-nizmai
1	Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio gręž. įreng., įtraukiant 75-110mm skersm. vamzdį(100m) K1=1.2, K2=1.2, K9=1.15	N22-479	m		19,6458	106,3	2.088,35	163,07	1.234,16	691,12
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.80	10480	žm.val.	0,203	7,55	21,600	163,07	163,07		
	Plastikiniai vamzdžiai	260923	m	1,000	7,96	106,300	846,03		846,03	
	Grunto stabilizavimo polimeras Ez-Mud	230444	kg	0,077	6,00	8,185	49,09		49,09	
	Bentonitas	240106	kg	2,200	1,45	233,860	339,04		339,04	
	Kryptinio gręžimo įrenginių komplektas	489236	maš.val	0,068	95,99	7,200	691,12			691,12
2	II grupės grunto kasimas 0,05 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, pakraunant gruntą į autosavivarčius K9=1.15	N1-76-2	100m3		234,1000	0,1	23,41	2,00		21,41
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.50	10250	žm.val.	2,800	7,14	0,280	2,00	2,00		
	Vienakaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	489329	maš.val	9,000	23,79	0,900	21,41			21,41
3	Išdaužų iki 10 m2 ploto užtaisymas(asfaltbetonio mišiniu 0/8-V, 0/11-V) kai sluoksnio storis 60 mm K8=1.17, K9=1.15	HP2-1-9-1	100m2		1.853,0667	0,15	277,96	45,54	194,96	37,46
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.40	10340	žm.val.	48,120	6,31	7,218	45,54	45,54		
	Asfaltbetonis viršut. dangos sluoksniams 0/8-V, 0/11-V	1571739	t	14,500	82,83	2,175	180,15		180,15	
	Bituminė emulsija paviršiaus apdorojimui	1020093	t	0,172	574,03	0,026	14,81		14,81	
	Kilnojamoji diskinė freza	1489106	maš.val	3,200	9,33	0,480	4,48			4,48
	Savaeigiai volai (5t)	1489100	maš.val	0,900	17,56	0,135	2,37			2,37
	Krovininės automašinos (4t)	1450003	maš.val	8,020	9,47	1,203	11,39			11,39
	Kompresorius su pneumoplaktukais	1470235	maš.val	16,000	8,01	2,400	19,22			19,22
4	Asfaltbetonio dangos išardymas	H16K-403	100 m3		231,3333	0,15	34,70	22,03		12,67
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.97	10297	žm.val.	32,100	4,58	4,815	22,03	22,03		
	Traktoriai 45 kW (61AJ)	1470004	maš.val	5,000	16,89	0,750	12,67			12,67

Iš viso	2.424,42	232,64	1.429,12	762,66
Papildomų medžiagų vertė	42,87		3%	
Papildomų mechanizmų vertė	22,88			3%
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai	18,61	8%		
Iš viso	2.508,78	251,25	1.471,99	785,54
Soc. Draudimas	77,89	31%		
Iš viso	2.586,67	329,14	1.471,99	785,54
Statybvietės išlaidos	232,80	9%	9%	9%
Iš viso (tiesioginės išlaidos)	2.819,47	358,77	1.604,47	856,23
Pridėtinės išlaidos	75,38	30%		
Iš viso	2.894,85	434,15	1.604,47	856,23
Pelnas	144,74	5%	5%	5%
Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)	3.039,59	455,86	1.684,69	899,04

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
	PVM						638,31	21%	21%	21%
	Iš viso						3.677,90	551,60	2.038,47	1.087,83
	Iš viso (Lt)						12.699,05	1.904,56	7.038,43	3.756,06

Sudarė:

Tikrino:

SUDERINTA: _____ TŪKST.

TVIRTINU: _____ TŪKST.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2017 M. MĖN. D.

2017 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA NR. S1

Sudaryta 2015 m. 3 mėn. kainomis

K001 Pirmas kompleksas**O1 Objektas** Nr. 2-ŽS**S1 Sąmata**Iš viso: 4.067,32 EUR

2017.01.14

Lapas: 1

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia-gos	Mecha-nizmai
1	Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio gręž. įreng., įtraukiant 75-110mm skersm. vamzdį(100m) K1=1.2, K2=1.2, K9=1.15	N22-479	m		22,1312	106,3	2.352,55	176,67	1.427,08	748,80
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.80	10480	žm.val.	0,220	7,55	23,400	176,67	176,67		
	Plastikiniai vamzdžiai	260923	m	1,000	7,96	106,300	846,15		846,15	
	Grunto stabilizavimo polimeras Ez-Mud	230444	kg	0,210	6,00	22,323	133,94		133,94	
	Bentonitas	240106	kg	2,900	1,45	308,270	446,99		446,99	
	Kryptinio gręžimo įrenginių komplektas	489236	maš.val	0,073	96,00	7,800	748,80			748,80
2	II grupės grunto kasimas 0,05 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, pakraunant gruntą į autosavivarčius K9=1.15	N1-76-2	100m3		234,0200	0,1	23,40	2,00		21,40
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.50	10250	žm.val.	2,800	7,14	0,280	2,00	2,00		
	Vienakaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	489329	maš.val	9,000	23,78	0,900	21,40			21,40
3	Išdaužų iki 10 m2 ploto užtaisymas(asfaltbetonio mišiniu 0/8-V, 0/11-V) kai sluoksnio storis 60 mm K8=1.17, K9=1.15	HP2-1-9-1	100m2		1.853,6014	0,15	278,04	45,54	195,02	37,48
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.40	10340	žm.val.	48,120	6,31	7,218	45,54	45,54		
	Asfaltbetonis viršut. dangos sluoksniams 0/8-V, 0/11-V	1571739	t	14,500	82,84	2,175	180,18		180,18	
	Bituminė emulsija paviršiaus apdorojimui	1020093	t	0,172	575,14	0,026	14,84		14,84	
	Kilnojamoji diskinė freza	1489106	maš.val	3,200	9,32	0,480	4,47			4,47
	Savaeigiai volai (5t)	1489100	maš.val	0,900	17,54	0,135	2,37			2,37
	Krovininės automašinos (4t)	1450003	maš.val	8,020	9,47	1,203	11,39			11,39
	Kompresorius su pneumoplaktukais	1470235	maš.val	16,000	8,02	2,400	19,25			19,25
4	Asfaltbetonio dangos išardymas	H16K-403	100 m3		230,0550	0,15	34,51	21,91		12,60
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.97	10297	žm.val.	32,100	4,55	4,815	21,91	21,91		
	Traktoriai 45 kW (61AJ)	1470004	maš.val	5,000	16,80	0,750	12,60			12,60

Iš viso	2.688,50	246,12	1.622,10	820,28
Papildomų medžiagų vertė	48,66		3%	
Papildomų mechanizmų vertė	24,61			3%
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai	19,69	8%		
Iš viso	2.781,46	265,81	1.670,76	844,89
Soc. Draudimas	82,40	31%		
Iš viso	2.863,86	348,21	1.670,76	844,89
Statybvietsės išlaidos	257,75	9%	9%	9%
Iš viso (tiesioginės išlaidos)	3.121,61	379,55	1.821,13	920,93
Pridėtinės išlaidos	79,74	30%		
Iš viso	3.201,35	459,29	1.821,13	920,93
Pelnas	160,07	5%	5%	5%
Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)	3.361,31	482,25	1.912,19	966,98

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
	PVM						705,90	21%	21%	21%
	Iš viso						4.067,32	583,53	2.313,75	1.170,04
	Iš viso (Lt)						14.043,64	2.014,81	7.988,92	4.039,91

Sudarė:

Tikrino:

SUDERINTA: _____ TŪKST.

TVIRTINU: _____ TŪKST.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2017 M. MĖN. D.

2017 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA NR. S1

Sudaryta 2015 m. 3 mėn. kainomis

K001 Pirmas kompleksas**O1 Objektas** Nr. 3-ML**S1 Sąmata**Iš viso: 3.806,51 EUR

2017.01.14

Lapas: 1

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia-gos	Mecha-nizmai
1	Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio gręž. įreng., įtraukiant 75-110mm skersm. vamzdį(100m) K1=1.2, K2=1.2, K9=1.15	N22-479	m		20,0635	108,1	2.168,86	174,41	1.255,26	739,19
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.80	10480	žm.val.	0,214	7,55	23,100	174,41	174,41		
	Plastikiniai vamzdžiai	260923	m	1,000	7,96	108,100	860,48		860,48	
	Grunto stabilizavimo polimeras Ez-Mud	230444	kg	0,077	6,00	8,324	49,94		49,94	
	Bentonitas	240106	kg	2,200	1,45	237,820	344,84		344,84	
	Kryptinio gręžimo įrenginių komplektas	489236	maš.val	0,071	96,00	7,700	739,20			739,20
2	II grupės grunto kasimas 0,05 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, pakraunant gruntą į autosavivarčius K9=1.15	N1-76-2	100m3		233,9291	0,11	25,73	2,19		23,54
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.50	10250	žm.val.	2,800	7,11	0,308	2,19	2,19		
	Vienakaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	489329	maš.val	9,000	23,78	0,990	23,54			23,54
3	Išdaužų iki 10 m2 ploto užtaisymas(asfaltbetonio mišiniu 0/8-V, 0/11-V) kai sluoksnio storis 60 mm K8=1.17, K9=1.15	HP2-1-9-1	100m2		1.853,6014	0,15	278,04	45,54	195,02	37,48
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.40	10340	žm.val.	48,120	6,31	7,218	45,54	45,54		
	Asfaltbetonis viršut. dangos sluoksniams 0/8-V, 0/11-V	1571739	t	14,500	82,84	2,175	180,18		180,18	
	Bituminė emulsija paviršiaus apdorojimui	1020093	t	0,172	575,14	0,026	14,84		14,84	
	Kilnojamoji diskinė freza	1489106	maš.val	3,200	9,32	0,480	4,47			4,47
	Savaeigiai volai (5t)	1489100	maš.val	0,900	17,54	0,135	2,37			2,37
	Krovininės automašinos (4t)	1450003	maš.val	8,020	9,47	1,203	11,39			11,39
	Kompresorius su pneumoplaktukais	1470235	maš.val	16,000	8,02	2,400	19,25			19,25
4	Asfaltbetonio dangos išardymas	H16K-403	100 m3		229,4667	0,15	34,42	21,89		12,53
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.97	10297	žm.val.	32,100	4,55	4,815	21,89	21,89		
	Traktoriai 45 kW (61AJ)	1470004	maš.val	5,000	16,71	0,750	12,53			12,53

Iš viso		2.507,05	244,03	1.450,28	812,74
Papildomų medžiagų vertė		43,51		3%	
Papildomų mechanizmų vertė		24,38			3%
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai		19,52	8%		
Iš viso		2.594,46	263,55	1.493,79	837,12
Soc. Draudimas		81,70	31%		
Iš viso		2.676,16	345,25	1.493,79	837,12
Statyb vietės išlaidos		240,85	9%	9%	9%
Iš viso (tiesioginės išlaidos)		2.917,01	376,32	1.628,23	912,46
Pridėtinės išlaidos		79,07	30%		
Iš viso		2.996,08	455,39	1.628,23	912,46
Pelnas		149,80	5%	5%	5%
Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)		3.145,88	478,17	1.709,63	958,08

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia- gos	Mecha- nizmai
	PVM						660,63	21%	21%	21%
	Iš viso						3.806,51	578,59	2.068,65	1.159,27
	Iš viso (Lt)						13.143,12	1.997,76	7.142,64	4.002,73

Sudarė:

Tikrino:

SUDERINTA: _____ TŪKST.

TVIRTINU: _____ TŪKST.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2017 M. MĖN. D.

2017 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA NR. S1

Sudaryta 2015 m. 3 mėn. kainomis

K001 Pirmas kompleksas**O1 Objektas** Nr. 3-ŽS**S1 Sąmata**Iš viso: 4.238,35 EUR

2017.01.14

Lapas: 1

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia-gos	Mecha-nizmai
1	Uždaro perėjimo daugiau kaip 50m ilgio įrengimas kryptinio gręž. įreng., įtraukiant 75-110mm skersm. vamzdį(100m) K1=1.2, K2=1.2, K9=1.15	N22-479	m		22,7546	108,1	2.459,77	192,53	1.451,24	816,00
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.80	10480	žm.val.	0,236	7,55	25,500	192,52	192,52		
	Plastikiniai vamzdžiai	260923	m	1,000	7,96	108,100	860,48		860,48	
	Grunto stabilizavimo polimeras Ez-Mud	230444	kg	0,210	6,00	22,701	136,21		136,21	
	Bentonitas	240106	kg	2,900	1,45	313,490	454,56		454,56	
	Kryptinio gręžimo įrenginių komplektas	489236	maš.val	0,079	96,00	8,500	816,00			816,00
2	II grupės grunto kasimas 0,05 m3 kaušo talpos ekskavatoriumi, pakraunant gruntą į autosavivarčius K9=1.15	N1-76-2	100m3		233,9291	0,11	25,73	2,19		23,54
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.50	10250	žm.val.	2,800	7,11	0,308	2,19	2,19		
	Vienakaušis ekskavatorius 0,05 m3 kaušo talp.	489329	maš.val	9,000	23,78	0,990	23,54			23,54
3	Išdaužų iki 10 m2 ploto užtaisymas(asfaltbetonio mišiniu 0/8-V, 0/11-V) kai sluoksnio storis 60 mm K8=1.17, K9=1.15	HP2-1-9-1	100m2		1.853,6014	0,15	278,04	45,54	195,02	37,48
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.40	10340	žm.val.	48,120	6,31	7,218	45,54	45,54		
	Asfaltbetonis viršut. dangos sluoksniams 0/8-V, 0/11-V	1571739	t	14,500	82,84	2,175	180,18		180,18	
	Bituminė emulsija paviršiaus apdorojimui	1020093	t	0,172	575,14	0,026	14,84		14,84	
	Kilnojamoji diskinė freza	1489106	maš.val	3,200	9,32	0,480	4,47			4,47
	Savaeigiai volai (5t)	1489100	maš.val	0,900	17,54	0,135	2,37			2,37
	Krovininės automašinos (4t)	1450003	maš.val	8,020	9,47	1,203	11,39			11,39
	Kompresorius su pneumoplaktukais	1470235	maš.val	16,000	8,02	2,400	19,25			19,25
4	Asfaltbetonio dangos išardymas	H16K-403	100 m3		228,3217	0,15	34,25	21,91		12,34
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.97	10297	žm.val.	32,100	4,55	4,815	21,91	21,91		
	Traktoriai 45 kW (61AJ)	1470004	maš.val	5,000	16,45	0,750	12,34			12,34

Iš viso	2.797,79	262,17	1.646,26	889,36
Papildomų medžiagų vertė	49,39		3%	
Papildomų mechanizmų vertė	26,68			3%
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai	20,97	8%		
Iš viso	2.894,83	283,14	1.695,65	916,04
Soc. Draudimas	87,77	31%		
Iš viso	2.982,60	370,91	1.695,65	916,04
Statybvietės išlaidos	268,43	9%	9%	9%
Iš viso (tiesioginės išlaidos)	3.251,03	404,29	1.848,26	998,48
Pridėtinės išlaidos	84,94	30%		
Iš viso	3.335,97	489,23	1.848,26	998,48
Pelnas	166,80	5%	5%	5%
Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)	3.502,95	513,70	1.940,67	1.048,40

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžia- gos	Mecha- nizmai
	PVM						735,58	21%	21%	21%
	Iš viso						4.238,35	621,58	2.348,21	1.268,56
	Iš viso (Lt)						14.634,18	2.146,19	8.107,90	4.380,08

Sudarė:

Tikrino:

ANKETA

Anketos tikslas - nustatyti ekonominių, socialinių ir ekologinių kriterijų, kurie apibūdina komunikacijų tiesimo, naudojant horizontalaus valdomo gręžimo technologiją, reikšmingumą. Rezultatai bus panaudoti magistro baigiamajame darbe.

Prašau užpildyti lentelę savo nuožiūra bei atsižvelgiant į savo turimą patirtį, pasirenkant atitinkamą įvertinimą kiekvienam kriterijui.

Įvertinimas turėtų būti pradėtas nuo svarbiausiojo(-ųjų) - 5 balai. Atitinkamai pagal pasirinktą svarbiausiąjį (svarbiausiuosius), likusieji kriterijai palyginami ir suteikiami balai įverčiais nuo 4balų iki 1 balo. Balų reikšmingumas:

5- labai reikšmingas

4- vidutiniškai reikšmingas

3- reikšmingas

2- mažai reikšmingas

1- nereikšmingas

Anketos lentelė:

Nr.	Kriterijus	Šį kriterijų reikia		Jūsų įvertinimas (nuo 1 iki 5)
		Maksimizuoti	Minimizuoti	
1	Darbų sąmatinė kaina		✓	
2	Atliekamų darbų sparta	✓		
3	Infrastruktūros trikdžiai		✓	
4	Triukšmingumas		✓	
5	Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekis		✓	
6	Ekosistemų išsaugojimas	✓		

Ačiū už sugaištą laiką !