



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**Kęstutis Alekna**

**GAMTINIŲ DUJŲ TRANSPORTAVIMO TYRIMAS PANEVĖŽIO  
MIESTE**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Arūnas Tautkus

**PANEVĖŽYS, 2017**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**GAMTINIŲ DUJŲ TRANSPORTAVIMO TYRIMAS PANEVĖŽIO  
MIESTE**

Baigiamasis magistro projektas

**Transporto priemonių inžinerija (621E20001)**

**Vadovas**

Doc. dr. Arūnas Tautkus

**Recenzentas**

**Projektą atliko**

Kęstutis Alekna

**PANEVĖŽYS, 2017**



## KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

(Fakultetas)

Kęstutis Alekna

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Gamtinių dujų transportavimo tyrimas Panevėžio mieste“

### AKADEMINIO SAŽNINGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. Birželio 9 d.  
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Kęstučio Alekno**, baigiamasis projektas tema „Gamtinių dujų transportavimo tyrimas Panevėžio mieste“ 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)

**BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS**Išduota studentui: *Kęstučiui Aleknai* Grupė *PMT-5***1. Darbo tema:**Lietuvių kalba: *Gamtinių dujų transportavimo tyrimas Panevėžio mieste*Anglų kalba: *Research of Natural Gas Transportation in Panevėžys City*

Patvirtinta 2017 m. Kovo mėn. 30 d. dekanų potvarkiu Nr. V25-13-8

**2. Darbo tikslas:***Ištirti gamtinių dujų transportavimo pokyčius Panevėžio mieste. Nustatyti, kiek nuostolių bendrovė išvengtų naudodama veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įrangą „RAVETTI“.***3. Reikalavimai****ir sąlygos:***Ištirti Panevėžio miesto gyvenamųjų namų kvartalo, kurio dujotiekio ilgis sudaro 7 km, o dujotiekio skersmenys nuo 50 mm iki 300 mm mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiai.***4. Projekto struktūra.** *Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.*

- *Literatūros apie gamtinių dujų transportavimo tinklus analizė*
- *Literatūros apie gamtinių dujų dujotiekių sistemas ir vamzdynų savybes analizė*
- *Gamtinių dujų transportavimo tyrimas Panevėžio mieste*
- *Transportuojamųjų gamtinių dujų nuostolių vertinimas, kai nenaudojama „RAVETTI“ įranga*

**5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.**

**6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas**

		<hr/>
		<i>(data)</i>
Užduotį gavau:	<i>Kęstutis Alekna</i>	<i>2017-02-01</i>
	<hr/>	<hr/>
	<i>(studento vardas, pavardė, parašas)</i>	<i>(data)</i>
Vadovas:	<i>Doc. dr. Arūnas Tautkus</i>	
	<hr/>	<hr/>
	<i>(pareigos, vardas, pavardė, parašas)</i>	<i>(data)</i>

## TURINYS

<b>SANTRAUKA.....</b>	<b>7</b>
<b>IŽANGA .....</b>	<b>9</b>
<b>1. LITERATŪROS ANALIZĖ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Vamzdynų transportas.....	10
1.2. Magistralinis naftotiekis ir dujotiekis.....	13
1.3. Dujų tiekimo sistemos.....	15
1.4. Plieniniai, polietileniniai dujų vamzdynai.....	21
1.5. Dujų slėgio reguliavimo įrenginiai.....	23
1.6. Veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įranga „RAVETTI“.....	25
<b>2. GAMTINIŲ DUJŲ TRANSPORTAVIMO TYRIMAS PANEVĖŽIO MIESTE.....</b>	<b>27</b>
2.1. Gamtinių dujų transportavimo Panevėžio mieste pokyčiai 2015-2016 metais.....	30
2.2. Transportuojamų gamtinių dujų nuostolių ir naudos vertinimas.....	33
<b>IŠVADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>LITERATŪRA .....</b>	<b>56</b>
<b>PRIEDAI .....</b>	<b>58</b>
<b>1 PRIEDAS. Mažiausi atstumai nuo dujotiekių iki statinių, inžinerinių tinklų ir kitų objektų.....</b>	<b>59</b>
<b>2 PRIEDAS. Gamtinių dujų nuostolių skaičiavimai nenaudojant „RAVETTI“ įrangos.....</b>	<b>62</b>
<b>3 PRIEDAS. Panevėžio miesto gyvenamasis namų kvartalas .....</b>	<b>66</b>

Alekna, Kęstutis. *Gamtinių dujų transportavimo tyrimas Panevėžio mieste*. Magistro baigiamasis projektas/ Doc. dr. Arūnas Tautkus; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, technologijų katedra. Projektą sudaro du skyriai, kuriuose yra 35 paveikslėliai, 6 lentelės ir 4 formulės. Baigiamąjį projektą sudaro 57 lapai.

Reikšminiai žodžiai: *dujų transportavimas, dujotiekis, atmosfera, gamtinės dujos*.

Panevėžys, 2017. 57 p.

## **SANTRAUKA**

Šio projekto tikslas - ištirti dujų transportavimo pokyčius Panevėžio mieste. Nustatyti gamtinių dujų nuostolius, kuriuos bendrovė „Energijos skirstymo operatorius“ patirtų nenaudodama „RAVETTI“ įrangos. Baigiamąjį projektą sudaro du skyriai. Pirmajame skyriuje nagrinėjama teorinė dalis apie vamzdynų transportą. Išskiriama vamzdynų transporto rūšis - gamtinių dujų transportavimas. Apžvelgiama literatūra, kurioje pateiktos dujų tiekimo sistemos, plieninių ir polietileninių dujotiekių savybės. Pateikiama veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įrangos „RAVETTI“ veikimo schema. Antrajame skyriuje nagrinėjami gamtinių dujų transportavimo pokyčiai Panevėžio mieste. Atlikti skaičiavimai pagal gamtinių dujų nuostolių skaičiavimo formules, kiek bendrovė patirtų nuostolių, nenaudodama „RAVETTI“ įrangos, tyrimui pasirinktas Panevėžio miesto gyvenamųjų namų kvartalas, kurio dujotiekio ilgis 7 km, apskaičiuoti nuostoliai mažo ir vidutinio slėgio, kai dujotiekio skersmuo nuo 50 mm iki 300 mm. Nustatyta – „RAVETTI“ įranga bendrovei atsipirktų per 2-4 metus.

Alekna, Kęstutis. *Research of Natural Gas Transportation in Panevėžys City* : Master 's thesis supervisor assoc. prof. dr. Arūnas Tautkus. Panevėžys Faculty of Technology and Business, Kaunas University of Technology.

Key words: *gas transportation, pipeline, atmosphere, natural gas*

Panevėžys, 2017. 57 p.

## **SUMMARY**

The aim of this project – is to explore natural gas transportation changes in Panevėžys city. Set natural gas losses, which company “Energijos skirytimo operatorius” would experience without using “RAVETTI” equipment. The final project consists of two sections. First chapter explores the theoretical part of the pipeline transportation. Stands out pipeline transport – transportation of gas. An overview of the literature, in which gas supplying systems. steel and polyethylene gas properties are being presented. Functioning steel pipeline section isolation equipment ”RAVETTI” operating scheme is being presented. The second chapter covers natural gas transportation changes in Panevėžys city. Calculation was being made according to natural gas loss formulas, how much company incurred losses without using “RAVETTI” equipment. Investigation is being made for the selected Panevėžys city residential neighborhood, which has 7 km of gas pipeline. Calculated losses are low and medium pressure, when gas pipeline diameter is from 50 mm up to 300 mm. It was found, that “RAVETTI“ equipment pays off in 2- 4 years for the company.



## IŽANGA

**Temos aktualumas** - vamzdynai yra unikali transporto rūšis, tai slėginė sistema sudaryta iš vamzdžių, skirta takiosioms medžiagoms gabenti. Svarbiausi pasaulyje vamzdynai yra skirti neperdirbtai naftai ir gamtinėms dujoms transportuoti. Skirstomųjų dujotiekių tinklas Lietuvoje yra gerai išvystytas ir nuolatos tobulinamas.

Šiuolaikiniai miestai įvairioms buitinėms ir pramoninėms reikmėms naudoja daug kuro. Šiam poreikiui tenkinti labiausiai tinka gamtinės degiosios dujos. Jos turi pranašumų: 1. paprastas ir pigus tiekimas vartotojams vamzdynais; 2. galima greitai uždegti ir užgesinti; 3. nekenkia aplinkai, jose nėra kenksmingų sieros junginių, dulkių, šlako; 4. palengvina žmonių darbą buityje ir gamyboje; 5. Nereikia miesto vidaus transporto kurui gabenti, kuro sandėlių, pelenų ir šlako laikymo aikštelių; 6. Lengva palaikyti technologškai reikalingą atmosferą [2].

Gamtinės dujos – švariausia iškastinio kuro rūšis. Kaip alternatyvus kuras gamtinės dujos naudojamos ir transporto sistemoje. Šilumai išgauti namų ūkiuose, pramonėje ar energetikoje naudojamų gamtinių dujų oro tarša yra mažiausia, lyginant su kitomis kuro rūšimis. Deginamos gamtinės dujos neskleidžia nemalonaus kvapo, nesukelia smogo. Naudojant dujas, išsiskiria beveik pusantro šimto kartų mažiau kietųjų dalelių, nei šildantis malkomis ir daugiau kaip tūkstantį kartų mažiau, nei kūrenant durpinius gaminius [2] .

**Darbo objektas** – gamtinių dujų transportavimas Panevėžyje.

**Darbo tikslas :**

1. Išanalizuoti gamtinių dujų transportavimo pokyčius Panevėžio mieste.

**Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti vamzdynų transportą.
2. Išanalizuoti gamtinių dujų transportavimo tinklus.
3. Išanalizuoti dujų transportavimo pokyčius Panevėžio mieste.
4. Išanalizuoti naujas technologijas naudojamas dujų transportavimui, kokių nuostolių bendrovė išvengtų naudodama veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įrangą „RAVETTI“ .
5. Išanalizuoti per kiek laiko bendrovei atsipirktų „RAVETTI“ įranga.

**Darbe naudoti metodai:**

1. Mokslinės literatūros analizė.
2. Mokslinių straipsnių analizė.
3. Straipsnių, publikacijų internetinių duomenų analizė.
4. Statistinių duomenų analizė.

Šiame darbe nagrinėjami gamtinių dujų transportavimo tinklai ir jų įrengimai. Bendrovės Energijos skirstymo operatorius valdoma gamtinių dujų skirstymo sistema yra gerai išvystyta ir yra viena geriausių Europoje, prie kurios gali jungtis nauji dujų vartotojai. Norėdama suteikti aukštos kokybės paslaugas, bendrovė nuolatos investuoja į tinklo priežiūrą, infrastruktūros atnaujinimą ir naujų dujotiekių tiesimą. Siekdama padidinti veiklos efektyvumą ir mažinti tinklo priežiūros kaštus, investuoja į tinklo modernizavimą. 8,5 tūkst. kilometrų skirstomųjų dujotiekių nutiesta 42-uose savivaldybėse [12].

# 1. LITERATŪROS ANALIZĖ

## 1.1 Vamzdynų transportas

Transporto sistemos funkcijoms užtikrinti reikalinga tam tikra bazė, išskiriami keli aspektai – jungtys – ryšio linijos, keliai, trasos, jungiančios du ar daugiau punktų, transporteriai, vamzdynai. Gamtinės dujos į miestų dujų skirstymo stotis transportuojamos magistraliniais dujotiekiais, o į gyvenviečių dujų sistemas ar atskiriems vartotojams tiekiamos skirstomaisiais dujotiekiais [1].

Vamzdynų transportas ganėtinai naujas transportavimo būdas. Pigus ir efektyvus vamzdynų transportas pradėjo sparčiai plėtotis XX a. antroje pusėje. Vamzdynai – ekologiškai švariausia transporto rūšis. Jais daugiausia transportuojama nafta ir dujos. Bendras vamzdynų ilgis – 1,3 mln. km. Iš jų apie 60 % sudaro dujotiekiai ir apie 40 % – naftotiekiai. Ilgiausią naftotiekių ir dujotiekių tinklą turi JAV, Rusija ir Kanada. Šiaurės Amerikoje vamzdynai jungia naftos ir gamtinių dujų versloves su perdirbimo rajonais žemyno rytuose. Vakarų Europoje vamzdynais kroviniai iš uostų keliauja į žemyno gilumoje esančius pramonės centrus. Rusijoje vamzdynai iš Vakarų Sibiro driekiasi per visą europinę šalies dalį į Vidurio ir Vakarų Europą. Rusijai priklauso ilgiausias (5,5 tūkst. km) pasaulyje „Draugystės“ naftotiekis (žr. 1 pav.) [4].



1 pav. Naftotiekis „Pietų Draugystė“

Vamzdynų transportas pasižymi tokiais ypatumais:

1. Produkto srautą kontroliuoja naujausios informacinės technologijos;
2. Vamzdynams eksploatuoti nereikia didelio personalo kiekio, tai labai aktualu toms šalims, kuriose aukšta darbo jėgos kaina;
3. Oro sąlygos nekenkia produktui ir neturi jokios įtakos pačiam transportavimo procesui;
4. Maža tikimybė prarasti krovinį, vamzdynų avarijos labai retos.

Vamzdynų tipai:

- vandentiekis;
- naftotiekis;
- dujotiekis;
- vandeninės centrinio šildymo sistemos;
- medicininių dujų vamzdynai ligoninėse [4].

Vamzdyno sistemos sudedamosios dalys sujungiamos viena su kita, kad sudarytų slėginę sistemą. Gabenimas vyksta uždaroje erdvėje, metaliniais skirtingo skersmens vamzdžiais. Tokiuose vamzdynuose būtinas atitinkamas slėgis, todėl trasose statomos siurblynės. Vamzdynų logistikos veiklai reikalingos didelės investicijos ir tinkami politiniai sprendimai. Gabenimas vamzdynais ypač ekologiškas, nekenkia gamtai, nes transportavimas vyksta uždaroje erdvėje, be to, jis yra ypač patikimas, nepriklausomas nuo oro sąlygų ir kelių [4].

Vamzdynu vadinama įvairiais būdais tarpusavyje sujungtų skirtingo skersmens arba atsišakojimus turinčių vamzdžių sistema. Pagal vamzdynų tiesinę dalį vamzdynai skirstomi į tokius:

#### **Magistraliniai:**

- vienasiuoliai (pastovaus skersmens);
- teleskopiniai (skirtingų skersmenų);
- daugiasiuoliai.

#### **Žiediniai, tiesiami aplink didelius miestus.**

Naftotiekiu priimta vadinti vamzdyną, skirtą transportuoti ne tik naftą, bet ir naftos produktus (benziną, mazutą, žibaldas). Pagal paskirtį naftotiekiai skirstomi į šias grupes:

- vidaus (jungia įvairius objektus naftos bazėse, naftos perdirbimo įmonėse);
- vietinius (jungia atskirus naftos perdirbimo gamyklas, bazes, geležinkelį, uostus);
- magistralinius (didelio ilgio vamzdynai, transportavimas atliekamas panaudojant siurblynės).

Magistraliniu dujotiekiu vadinamas vamzdynas, skirtas transportuoti dujas iš gamybos punktų iki dujų naudojamų punktų. Pagal naudojamą slėgį magistraliniuose dujotiekiuose jie skirstomi į dvi klases (SNIP II.45–75):

- I klasė – didelio slėgio dujotiekiai (darbinis slėgis daugiau kaip 2,5 MPa);
- II klasė – vidutinio slėgio dujotiekiai (darbinis slėgis 1,2–2,5 MPa).

## 1.2 Magistralinis naftotiekis ir dujotiekis

Šiuolaikiniai dujų gavybos telkiniai dažniausiai yra toli nuo pramoninių centrų, miestų, gyvenviečių, individualių gamyklų, t. y. nutolę net tūkstančius kilometrų nuo vartotojų. Siekiant nuolat tiekti didelius kiekius dujų, statomi sudėtingi inžineriniai įrenginiai – magistraliniai dujotiekiai. Dujų tiekimas dujotiekiais arba jų sistemomis yra pigiausia šio kuro, kaip ir naftos, transportavimo rūšis.

Magistralinis vamzdynas – linijinio tipo statinys, kurį sudaro vientisas vamzdis, išilgai išdėstyti statiniai, kurie užtikrina produktų transportavimą su iš anksto nustatytais parametrais (slėgis, temperatūra, našumas ir t. t.). Skirtingai negu kiti linijiniai statiniai, tokie kaip automobiliniai keliai, geležinkeliai, magistralinis vamzdynas, visą savo eksploataavimo laikotarpį iš vidaus apkrautas transportuojamo produkto slėgiu ir dirba kaip didelio slėgio indas. Kai magistraliniu vamzdynu transportuojama nafta, dujos, benzinas ir t. t., vamzdynas tampa energetiškai imliu statiniu. Statinių sudėtis ir jų paskirtis priklauso nuo transportuojamo produkto rūšies. Magistralinį naftotiekį sudaro pagrindinė siurblinė (PS) ir vamzdynai, kuriais naftos produktai patenka į PS talpyklas. Magistralinio naftotiekio išdėstymo schema Lietuvos teritorijoje (2 pav.) [4].



2 pav. Magistralinis naftotiekis Lietuvoje

Magistralinį dujotiekį sudaro pagrindinė stotis, linijinė ir kompresorinė stotys, vamzdyno gale dujų skirstymo stotis, požeminės dujų saugyklos, ryšio objektai, vamzdynų apsaugos nuo korozijos apsauginės elektrinės sistemos, pagalbiniai statiniai (kanalizacija, elektros perdavimo linijos, vandentiekis), remonto ir eksploatavimo tarnybos objektai, administraciniai ir buitiniai statiniai. Pagrindine stotimi vadinamas statinys, skirtas paruošti dujas tolimam transportavimui. Į pagrindinės stoties kompleksą įeina mechaninių priemonių, drėgmės iš dujų valymo ir sieros atskyrimo įrenginiai. Prie pagrindinės stoties priklauso ir kompresorinė stotis pradiniam dujotiekio taške [2]. Linijinę dujotiekio dalį sudaro vientisas vamzdynas, surinktas iš atskirų vamzdžių. Kompresorinė stotis – statinių kompleksas, sudarytas iš tam tikro skaičiaus ir tipo funkcionalių blokų, skirtų atlikti pagrindines ir pagalbines funkcijas [2]. Pagrindinė kompresorinės stoties paskirtis – dujų spaudimas. Dujas spaudžia stūmokliniai išcentriniai siurbliai. Šiame komplekse dar yra energetiniai įrenginiai (dujų turbinos, elektros varikliai, dyzeliai, variklių aušinimo ir tepimo sistemos, dujų paruošimo įrenginiai tolimam transportavimui (valymo, džiovinimo, odoravimas (odoruoti – suteikti savitą kvapą dujoms ir patalpų orui odorantais), remonto blokas, atsarginių dalių ir medžiagų sandėlis [2]. Dujų skirstymo stotis skirta mažinti dujų slėgį iki slėgio, reikalingo dujų vartotojams (0,3–1,2 MPa). Be to, dujų skirstymo stotyje atliekamas papildomas dujų valymas, džiovinimas, papildomas odoravimas [2]. Dujotiekyje dujų slėgis kinta plačiu intervalu nuo 1,0 iki 7,5 MPa, o išėjime – nuo 0,3 iki 1,2 MPa. Pagal našumą dujų skirstymo stotys skirstomos į dvi grupes:

- skirta mažo ir vidutinio našumo dujų vartotojams, kai našumas iki 250 tūkst. m<sup>3</sup>/h;
- skirta didelio našumo dujų vartotojams, kai našumas daugiau kaip 250 tūkst. m<sup>3</sup>/h;

Dujų skirstymo stotis susideda:

- dulkių ir skysčių valymo iš dujų įrenginiai (filtrai, tepaliniai dulkių gaudytuvai, dujiniai separatoriai);
- redukavimo įrenginiai, kai slėgis mažinamas ir automatiškai palaikomas tam tikro lygio dujų reguliatoriais;
- dujų kiekio matavimo įrenginiai;
- magistralių perjungimo įrenginiai (dujų srautas nukreipiamas į pagrindinį vamzdyną apeinant dujų skirstymo stotį avarijos metu ar remonto metu);
- apsauginiai vožtuvai (esant avarijai, dujos išmetamos į aplinką);
- dujų šildymo įrenginiai, kad nesusidarytų hidratinių kamščių, naudojami vandens kaitinimo katilai);
- odoravimo įrenginiai;

- elektros įranga ir vamzdynų elektrocheminės apsaugos reguliavimo įranga, [2].

Miestų ir pramonės įmonių dujų vartojimas per metus yra netolygus. Kadangi nepaisant sezoninės kaitos dujas reikia tiekti ištisus metus, būtina turėti dujų rezervuarus. Iš gavybos telkinių į magistralinius dujotiekius dujos tiekiamos pastoviu grafiku. Tik dujotiekis turi viduje sukauptų dujų kiekį ir iš dalies padengia vartojimo pikus, bet dažniausiai tik valandinių pokyčių lygmeniu. Požeminės dujų saugyklos atlieka sezoninį netolygų dujų naudojimo reguliavimą. Lietuvos dujotiekis (pav. 3), [2].



**3 pav.** Lietuvos magistralinis dujotiekis

### 1.3 Dujų tiekimo sistema

Gamtinės dujos į miestų, gyvenviečių dujų sistemas ar atskiriems vartotojams tiekiamos magistraliniais dujotiekiais.

Magistraliniai dujotiekiai – tai slėginiai vamzdynai ir jų atjungimo įtaisai, slėgio reguliavimo ir jo nustatyto lygio palaikymo, dujų apskaitos prietaisai, priešgaisrinės ir saugos nuo korozijos įrenginiai, tinklai bei komunikacijos, inžineriniai statiniai, kurių visuma užtikrina saugų ir patikimą dujų transportavimą nuo dujų verslovių iki dujų skirstymo stočių [2].

Šių stočių paskirtis – sumažinti iš magistralinio dujotiekio į miestų vartotojų dujų sistemas tiekiamų dujų slėgimą ir palaikyti jį nustatyto lygio, atskirti dujose esančias mechanines priemaišas, apskaityti tiekiamų dujų kiekį, jas odoruoti [2]. Atsižvelgiant į miesto dujų tiekimo sistemos schemą, dujų tiekimo patikimumo laipsnį, ekonominius motyvus, vienam miestui gali būti numatomos viena, dvi ar daugiau žiedu sujungtos dujų skirstymo stotys. Miestų, gyvenviečių dujų tiekimo sistemos – tai dujų vamzdynai nuo dujų skirstymo stočių iki vartotojų ir įrenginių dujoms tiekti, transportuoti ir skirstyti kartu su apsaugos nuo elektrocheminės korozijos įrenginiais [2].

Pagrindiniai kriterijai – tai dujotiekių paskirtis, darbinis slėgis, struktūra, dujų slėgio laipsniškumas. Dujotiekiai paskirties atžvilgiu gali būti magistraliniai, skirstomieji, įvadiniai ir vidaus. Vamzdynų sistema nuo dujų skirstomųjų stočių iki dujotiekio įvadų vartotojams vadinama skirstomaisiais dujotiekiais, arba skirstomosiomis dujų sistemomis [2].

Dujotiekio įvadas yra vamzdis nuo jungties su skirstomuoju dujotiekiu iki uždarojo įtaiso ant įvado į pastatą imtinai, o dujotiekio dalis nuo įvado uždarymo įtaiso iki dujas naudojančių įrenginių – vidaus dujotiekis [2].

Struktūros požiūriu dujų tiekimo sistemos gali būti akla galinės, žiedinės ir mišrios (4; 5; 6 pav.). Akla galinės dujotiekio sistemos naudojamos tais atvejais, jei nutrūkęs dujų tiekimas nesukelia sunkių techninių, ekonominių ar socialinių padarinių ir jei vartotojas yra toli nuo tankiai apstatytų teritorijų. Siekiant patikimai tiekti dujas, pirmenybė teikiama žiedinėms ir mišrioms sistemoms, kurios užtikrina spaudimą tinkluose, tiekiamo dujų kiekio režimą, tenkina vartotojų išsidėstymo ir technologinius ypatumus.

Dujų tiekimo sistema sudaryta iš dujų tinklų su integruotais į juos dujų įrenginiais. Pradedant nuo magistralinio dujotiekio, sistemą pradeda dujų skirstymo stotis, paimant dujas iš magistralinio dujotiekio, mažinant jų slėgį ir tiekiant dujas į skirstomąjį tinklą [2].

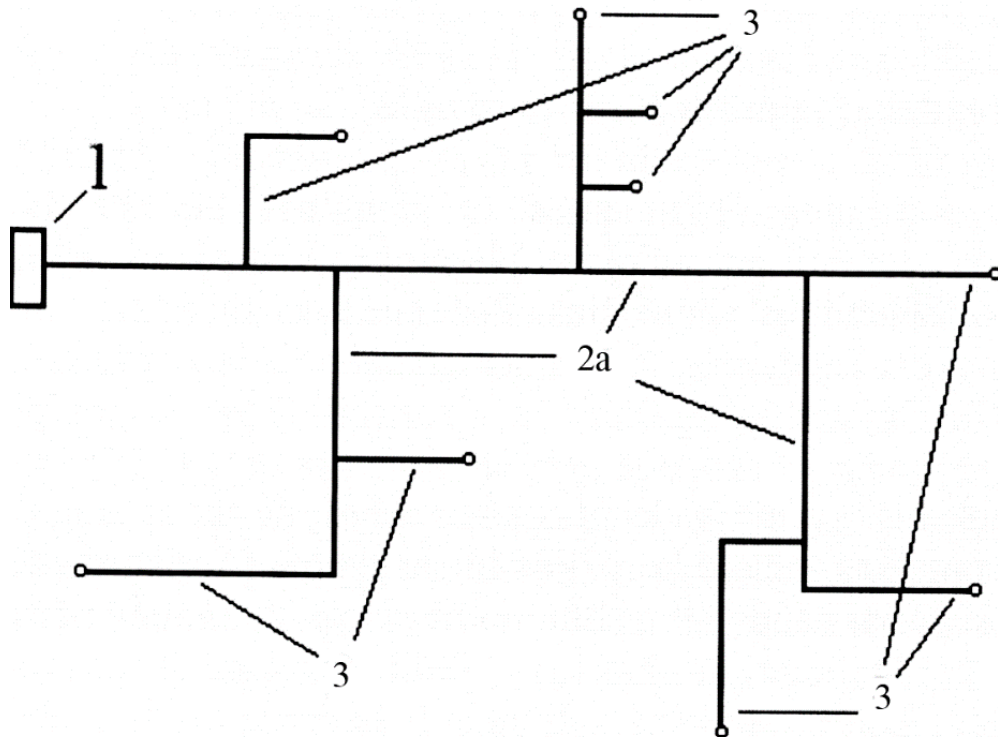
Projektuojant skirstomąjį tinklą, įvertinami šie pagrindiniai rodikliai:

- rajono išdėstymo ir užstatymo duomenys, gatvių tinklas;
- klimato duomenys;
- rajono plėtros ateityje perspektyvos;
- nutiestos ir planuojamos ateityje tiesti požeminės komunikacijos;
- vartotojų, kuriems tiekiamos dujos, pastatų ir jų paskirties charakteristikos;
- dabartinis ir prognozuojamas gyventojų skaičius;
- rajono namų ar pastatų šildymo ir vėdinimo poreikis ar dabartinė šildymo situacija, apsirūpinimo karštu vandeniu sistema;
- dujų poreikis, kurį lemia gyventojų skaičius, dujas vartojančių įrenginių skaičius ir galia, šildymo ir vėdinimo poreikis;

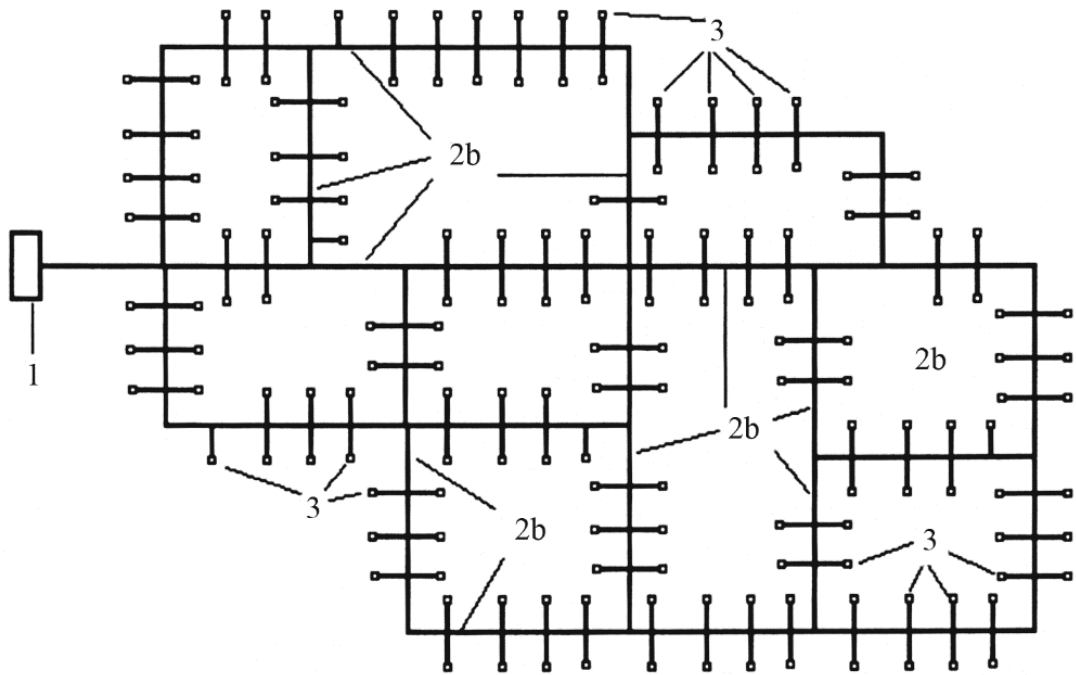


- vartotojų (dujinių prietaisų) reikalaujamas dujų slėgis;
- įrenginiai, būtini įrengti dujas deginantiems prietaisams.

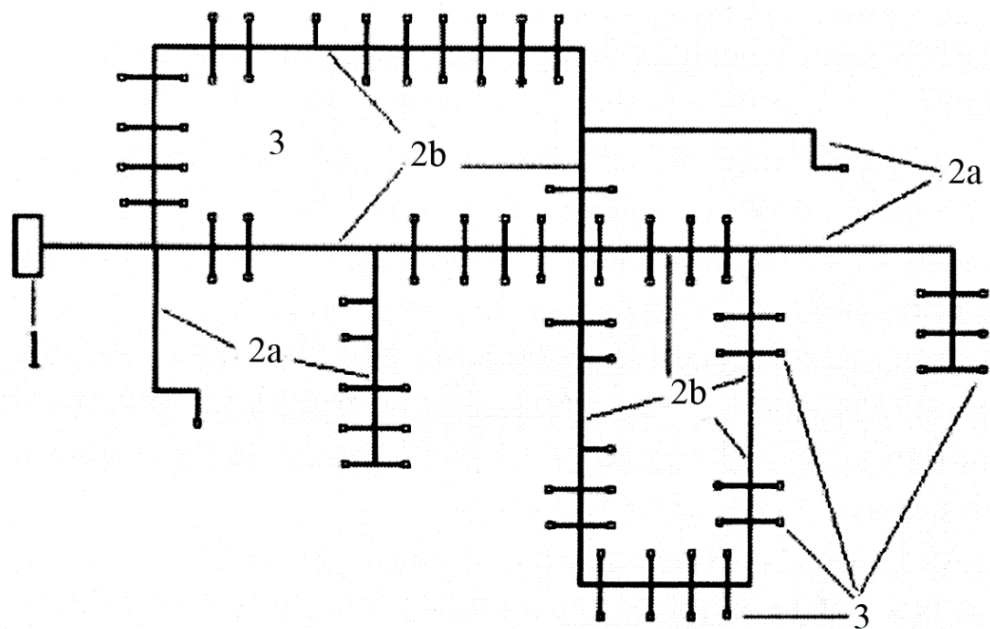
Atsižvelgiant į pateiktus rodiklius, gali būti projektuojama akla galinė sistema (4 pav.), žiedinis dujotiekis su įvadais kiekvienam vartotojui arba vartotojų grupei (5 pav.) arba mišri sistema (6 pav.). Dažnai nuo skirstomojo tinklo projektuojamos nesudėtingos pavienės atšakos nedideliems rajonams ar vienam vartotojui [2].



**4 pav.** Aklagalinė dujų tiekimo sistema: 1 – DSS arba DRP; 2a – skirstomojo dujotiekio atkarpos; 3 – įvadai vartotojams



**5 pav.** Žiedinė dujų tiekimo sistema: 1 – DSS arba DRP; 2b – skirstomojo dujotiekio atkarpos; 3 – įvadai vartotojams



**6 pav.** Mišri dujų tiekimo sistema: 1 – DSS arba DRP; 2a – skirstomojo dujotiekio aklagalinės atkarpos; 2b – skirstomojo dujotiekio žiedinės atkarpos; 3 – įvadai vartotojams

Skirstomieji dujų tinklai skirstomi pagal slėgį ir pagal tipą. Atsižvelgiant į slėgį dujotiekyje, dujų tinklai skirstomi į keturias grupes (1 lentelė), [3].

**1 lentelė**

**Skirstomųjų dujų tinklų klasifikacija, atsižvelgiant į transportuojamų dujų slėgį**

Klasifikacija	Slėgis dujų tinkle, MPa	
	Mažiausias	Didžiausias
<b>Mažo slėgio</b>		0,01
<b>Vidutinio slėgio II kategorijos</b>	0,01	0,2
<b>Vidutinio slėgio I kategorijos</b>	0,2	0,5
<b>Didelio slėgio</b>	0,5	1,6

Skirstomieji dujotiekiai dažniausiai tiesiami po žeme, laikantis atstumo nuo kitų objektų, nurodytų skirstomųjų plieninių ar polietileninių dujotiekių įrengimo taisyklėse. Požeminius dujotiekius galima tiesiti po vamzdynų atramų ir estakadų bei kontaktinio tinklo atramų pamatais su sąlyga, kad bus imtasi priemonių, neleidžiančių pažeisti dujotiekius, nusėdus pamatams, ir pažeisti pamatus dėl dujotiekio avarijos.

Nuo požeminių komunikacijų iki dujotiekio taip pat turi būti atitinkami atstumai. Kai dujotiekio darbinis slėgis ne didesnis kaip 0,1 bar, atstumai turi būti tokie:

- iki vandentiekio, buitinės ar lietaus kanalizacijos, drenažo, visų įtampų jėgos ir ryšio kabelių, bekanalio šilumos tiekimo tinklo vamzdžio, išorinio pneumatinio šiukšlių vamzdžio – 1 m;
- iki išorinio šilumos tiekimo tinklo kanalo, tunelio sienutės, kanalų, tunelių – 2 m.

Kai dujotiekio  $P_d > 0,1 \leq 5,0$  bar, atstumai turi būti tokie:

- iki vandentiekio, visų įtampų jėgos ir ryšio kabelių, bekanalio šilumos tiekimo vamzdžio – 1 m;
- iki buitinės, lietaus kanalizacijos, drenažo, išorinio pneumatinio šiukšlių vamzdžio – 1,5 m;
- iki išorinio šilumos tiekimo tinklo kanalo, tunelio sienutės, kanalų, tunelių – 2 m.

Kai dujotiekio  $P_d > 5,0 \leq 16$  bar, atstumai turi būti tokie:

- iki ryšio kabelių – 1,0 m;
- iki vandentiekio, visų įtampų jėgos kabelių, bekanalio šilumos tiekimo tinklo vamzdžio sienutės, išorinių pneumatinių šiukšlių vamzdžių – 2,0 m;

- iki išorinio šilumos tiekimo tinklo kanalo, tunelio sienutės, kanalų, tunelių – 4,0 m;
- iki buitinės, lietaus kanalizacijos, drenažo – 5,0 m;
- iki visų slėgių dujotiekių – 0,5 m.

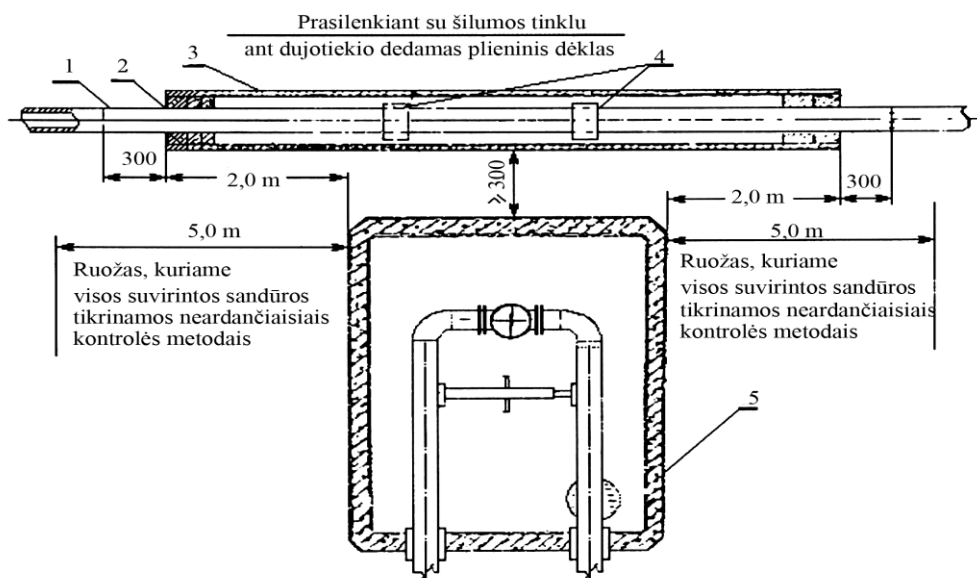
Vienu metu tranšėjoje tiesiant du ar daugiau dujotiekių, atstumas tarp jų turi būti:

- jei vamzdžių skersmuo iki 300 mm – 0,4 m;
- jei vamzdžių skersmuo didesnis kaip 300 mm – 0,5 m.

Vienoje tranšėjoje du ar daugiau dujotiekių leidžiama tiesiti skirtingais lygiais (pakopomis). Šiuo atveju turi būti paliktas toks atstumas, kad jo pakaktų vamzdynamics montuoti ir remontuoti. Atstumai nuo šilumos tiekimo tinklų, atramų, viršijančių vamzdžio skerspjuvio išorinius matmenis, turi būti paliekami įvertinant atramų saugumą.

Iki slėginės kanalizacijos paliekami tokie pat atstumai kaip iki vandentiekio. Atstumas nuo visų slėgių dujotiekių iki kitų požeminių komunikacijų tinklų šulinių, kamerų išorinių sienelių turi būti ne mažesnis kaip 0,3 m. Atkarpose, kur atstumas nuo dujotiekio iki kitų požeminių tinklų šulinių ir kamerų yra nuo 0,3 m iki atitinkamo inžinerinio tinklo normos, dujotiekiai turi būti tiesiami pagal ankštų sąlygų reikalavimus [2].

Elektra suvirintus vamzdžius tiesiant apsauginiame dėkle, nuo šulinio, kameros sienutės turi išsikišti ne mažiau kaip po 2,0 m į abi puses (7 pav.) [2].



**7 Pav.** Dujotiekio prasilenkimo su kitos požeminės komunikacijos šuliniu schema: 1 – izoliuotas antikorozinė danga dujotiekis; 2 – dujotiekio dėklo galų užtaisymas; 3 – dujotiekio dėklas (jei dėklas metalinis, turi būti dengtas antikorozinė danga); 4 – dujotiekio atramos dėkle; 5 – kitos požeminės komunikacijos šulinys

Antžeminiu būdu leidžiama tiesti dujotiekius gyvenamųjų kvartalų viduje ir kiemuose, taip pat, jeigu nėra kitos galimybės, kitose atskirose trasos atkarpose. Įmonių teritorijoje dujotiekiai tiesiami antžeminiu būdu. Atstumas iki pastatų ir statinių, taip pat smulkesni tiesimo reikalavimai pateikti skirstomųjų plieninių ar polietileninių dujotiekių įrengimo taisyklėse (1 priedas).

Plieniniams dujotiekiams tiesti naudojami mažai legiruoti ir gerai suvirinami plieniniai dujiniai vamzdžiai. Skirstomojo dujų tinklo minimalus plieninių vamzdžių skersmuo dažniausiai priimamas 50 mm. O vartotojų atšakų 25 mm. Požeminio dujotiekio vamzdžio storis turi būti ne mažesnis kaip 3 mm, antžeminio ne mažesnis kaip 2 mm. Dujotiekio perėjimuose per vandens kliūtis vamzdžių sienelių storis turi būti 2 mm storesnis, bet ne mažesnis kaip 5 mm. Dujotiekio plieniniai vamzdžiai jungiami juos suvirinant [2].

#### 1.4 Plieniniai ir polietileniniai dujų vamzdžiai

Skirstomiesiems tinklams tiesti polietileniniai vamzdžiai naudojami jau apie 35 metus. Šie vamzdžiai turi nemažai pranašumu:

- Jų neveikia korozija, yra lengvi;
- Dėl ypač lygaus paviršiaus ( šių vamzdžių paviršiaus šiurkštumas 0,0007mm, o plieninių vamzdžių 0,01mm);
- Polietileniniais vamzdžiais galima transportuoti iki 20 proc. didesnę kiekį dujų, nei plieniniais vamzdžiais).

Tačiau naudojant šiuos vamzdžius dujotiekiams tiesti, būtina įvertinti tai, kad šių vamzdžių ilgaamžiškumas priklauso nuo medžiagos, iš kurios jie pagaminti, kokybės. Polietileninių vamzdžių atsparumas dinaminiam ir statiniam apkrovoms yra mažesnis, nei plieninių vamzdžių. Be to laikui bėgant vamzdžiai sensta. Šie vamzdžiai nėra atsparūs temperatūrų svyravimams, kurių spartina saulės poveikis. Polietileninių vamzdžių tinkamumas naudoti laikas yra apie 50 metų [3]. Polietileniniai vamzdžių charakteristika- išorinio skersmens sienelės storio santykis SDR:

$$SDR=D/e \quad (1.)$$

Šis dydis yra taikomas nustatant projektuojamo dujotiekio stiprumo savybes, kai tenka apskaičiuoti projektavimo, arba saugos koeficientą C:

$$C = \frac{20 \cdot \sigma_{LCL}}{P_d \cdot (SDR - 1)}, \quad (2.)$$

C- saugos, arba projektavimo, koeficientas. Priimta, kad Lietuvos Respublikoje  $C > 2,85$  ;

$\sigma_{LCL}$  - ribinis stipris ( laikinas atsparumas tempiant) (MPa);

SDR- standartinis matmenų santykis;

$P_d$ - didžiausias darbinis slėgis (MPa).

Tiesiami polietileniniai dujotiekiai vamzdžiai sujungiami virinimo būdu. Jungiant vamzdžius, kaip ir plieninių vamzdžių atveju, dažnai naudojamos jungiamosios dalys- movos, perėjimai, alkūnės ir pan. Vamzdžiai jungiami sandūrinio ir moviniu būdais naudojant spalvoto metalo užspaudžiamuosius sujungimo elementus. Dujotiekių trasos projektuojamos įvertinant minimalius trasų ilgius. Didelio slėgio trasos projektuojamos toliau nuo gyvenamųjų rajonų ir kitų požeminių tinklų. Skirstomųjų dujotiekių tankis parenkamas toks, kad įvadinio dujotiekio atskiram vartotojui ilgis būtų 50 - 100 m [2].

Plieniniai dujotiekių vamzdžiai turi atitikti standarto reikalavimus, pliene turi būti ne daugiau kaip 0,25 proc. anglies, 0,056 proc. sieros ir 0,046 fosforo. Tokios sudėties plienai tvirtai ir lengvai suvirinami“. Pagal gamybos būdą plieniniai vamzdžiai skirstomi į elektra suvirintus (išilgine ir sraigatine siūle) ir besiūlius (karštai valcuotus, šaltai trauktus ir šaltai valcuotus). Jų skersmuo būna 25 - 1 600 mm. Vamzdžių sienelės mažiausias storis yra:

- antžeminiams dujotiekiams - 2 mm;
- Požeminiams - 3 mm.

Požeminių dujotiekių vamzdžiai jungiami tik juos suvirinant ( elektriniu dujiniu suvirinimu). Srieginiai vamzdžių ir armatūros jungimai neleistini. Flanšiniai jungimai leidžiami tik šiliniuose, kur įrengiama flanšinė armatūra arba flanšiniai kompensatoriai [4] .

Plieninis vamzdis gamykloje pirmiausia padengiamas epoksidinės dervos sluoksniu, sukibimą gerinančia mastika, paskui ekstruzijos būdu apvelkamas polietileniniu apvalkalu pagal DIN 2448 ar DIN 2458 normų reikalavimus. Plieniniai vamzdžiai, padengti normalaus tipo (N) danga, pagal minėtus standartus gali būti eksploatuojami iki 50°C temperatūroje, padengti pastiprinto tipo (S) apvalkalu, gali būti eksploatuojami iki 70°C temperatūroje [ 3].

Minimalus pastiprinimo dangos sluoksnis – 0,7 mm, kuris numatomas ypač didelėms vamzdinių apvalkalo mechaninėms apkrovoms. Vamzdžių, kurių skersmuo ne didesnis kaip 500 mm, galai nedengiami klijais mažiausiai 50 mm pločio juosta. Kai vamzdžio skersmuo didesnis nei 500 mm,

minėtos juostos plotis turi būti ne mažesnis nei 100 mm. Apvalkalu nepadengtas vamzdžio galas turi neviršyti 150 mm pločio [3]. Pastarieji reikalavimai gali būti keičiami pagal užsakovo pageidavimą. Ant plieninių vamzdžių polietilėninės dangos turi būti aiškiai matomi tokie duomenys:

1. Gamintojo pavadinimas (ženklas) ar prekės ženklas;
2. DIN normos, kurios reikalavimus atitinka gaminys, numeris;
3. Apvalkalo sutrumpintas žymėjimas [3].

### **1.5 Dujų slėgio reguliavimo įrenginiai**

Gyvenamieji ir visuomeniniai pastatai, komunaliniai- buitiniai vartotojai, taip pat mažos įmonės prijungiamos tiesiogiai prie mažo slėgio tinklų, o prie vidutinio slėgio- per dujų reguliavimo punktą ar dujų skirstymo įrenginius. Dujų tiekimo nepertraukiamumui užtikrinti dujų tinklai yra sujungiami žiedu. Mažo slėgio tinkluose žiedu sujungiami tik skirstomieji tinklai, o įvadiniai paliekami kaip atšakos. Atsižvelgiant į dujų slėgio dydžio poreikius, taikomos įvairaus slėgio laipsniškumo sistemos. Jei vartotojų poreikius gali patenkinti vienodo slėgio dujos, parenkama vienalaipsnė sistema. Ji taikoma tada, kai naudojama paprastai nedidelis dujų kiekis (nedidelės gyvenvietės buitiniams poreikiams). Dvilaiptinė sistema galima tiekti dviejų slėgio kategorijų dujas. Tai gali būti vidutinio slėgio dujotiekiai arba didelio ir vidutinio slėgio dujotiekiai bei kitokie variantai [3].

Dujų reguliavimo punktų (DRP) pastatymo vietos yra įvertinamos atlikus techninius ekonominius apskaičiavimus. Paprastai dujų reguliavimo punktai statomi rajonų centruose iš kurių tiekiamos dujos. Vienoje zonoje esantys DRP neturi apjungti kitos zonos DRP. Didėjant DRP skaičiui, mažėja žemo slėgio dujų tinklo statybos kaina, bet didėja DRP vidutinio ir aukšto dujų tinklo statybos kaina.

Viena iš svarbiausių skirstymo sistemų sudėtinių dalių yra dujų slėgio reguliavimo įrenginiai (DSRĮr), kurių paskirtis yra sumažinti dujų slėgį iki nustatyto lygio ir palaikyti nustatytus dujų slėgio parametrus, reikalingus dujų vartotojams. Todėl siekdama didinti dujų skirstymo patikimumą ir eksploataavimo saugumą, bendrovė „Energijos skirstymo operatorius“ investuoja į šių įrenginių rekonstravimą (8 pav.) Rekonstruojant DSRĮr keičiama juose susidėvėjusi technologinė įranga. Pirmiausiai rekonstruojami DSRĮr, kurių technologinės įrangos remontui, taisymui atsarginės dalys jau negaminamos. Vietoje esamų DSRĮr, įrengtų atskiruose pastatuose, įrengiami spintiniai dujų slėgio reguliavimo įrenginiai ir taip mažinamos DSRĮr pastatų eksploataavimo sąnaudos [2].

Dujų reguliavimo įrenginių pastatai turi būti statomi ne mažesniais horizontaliais atstumais iki kitų pastatų ir statinių (2 lentelė), [2].



**8 pav.** Rekonstruotas dujų slėgio reguliavimo įrenginys

**2 lentelė**

**Mažiausi horizontalūs atstumai nuo atskirai stovinčių DSRų pastatų ir spintų iki kitų pastatų ir statinių**

Dujų slėgis įvade į DSRų, bar	Mažiausi horizontalūs atstumai nuo atskirai stovinčių DSRų pastatų ir spintų iki			
	pastatų, m	geležinkelio kelio sankasos šlaito apačios ar iškasos krašto viršaus (kitais atvejais – iki artimiausiojo bėgio), m	automobilių kelių (iki iškasos griovio išorinės briaunos arba kelio pylimo pado), m	elektros oro linijų, m
< 5	7 (4 iki spintinio DSRų)	7	3	ne mažiau kaip atramos aukštis
$5 \geq 16$	15 (7 iki spintinio DSRų)	15	7	ne mažiau kaip atramos aukštis



## 1.6 Veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įranga

### „RAVETTI“



Esant didelėms darbų apimtims visi dujotiekio eksploatavimo darbai yra modernizuojami. Viena iš modernizavimo dalių eksploatavimo darbuose įsigyta nauja „RAVETTI“ įranga, tai veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įranga padedanti atlikti dujotiekio eksploatavimo darbus nenutraukinat gamtinių dujų tiekimo vartotojams. Šiuo modernizavimu buvo siekiama naudoti gamtinių dujų vartotojams.

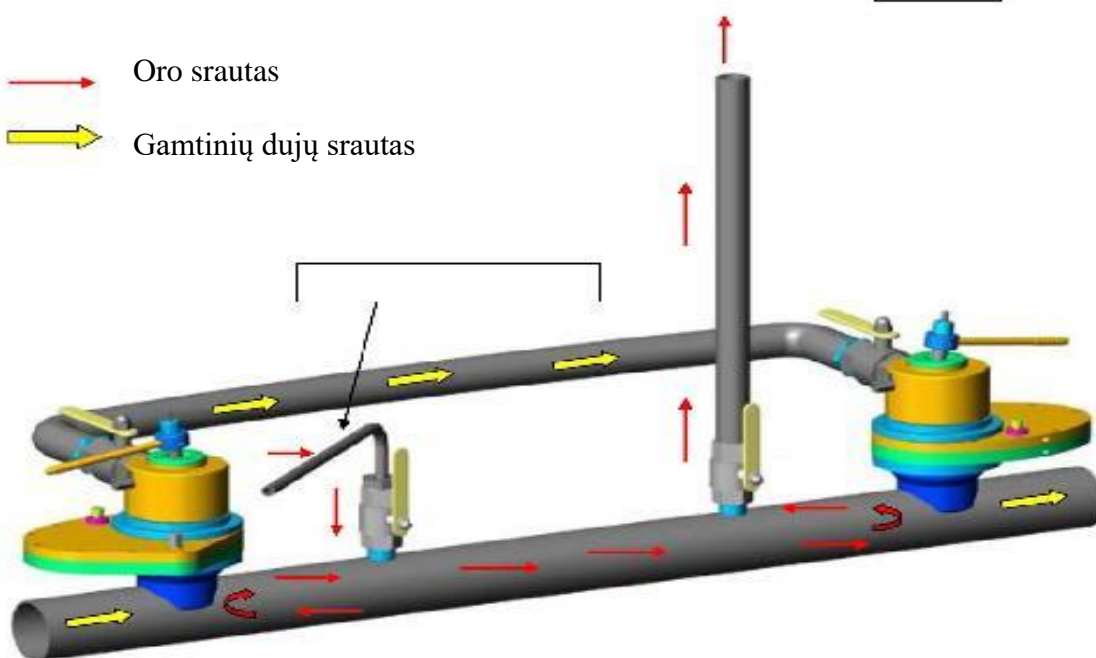
„RAVETTI“ įranga (9; 10 pav.) [13] pasaulyje pradėta naudoti nuo 1990 metų, ši technologija vertinama kaip ypatingai kokybiška ir saugi. Įmonė turi ilgaamžės patirties įrengimų metano dujotiekiams ir vandentiekio sistemoms gamyboje. Technologinės žinios, kurios buvo įgytos per ilgus metus, atliekant tyrimus, susijusius su gamyba ir rinkodara tarptautiniame lygyje pabrėžia kokybę ir patikimumą atliekant dujotiekio eksploatavimo darbus Lietuvoje, naudojantis „RAVETTI“ technologijomis.



9 pav. „RAVETTI“ įranga, [13]

Įrenginį sudaro du blokai:

-  Oro srautas
-  Gamtinių dujų srautas



10 pav. „RAVETTI“ įrangos veikimo principas, [13]

## 2. GAMTINIŲ DUJŲ TRANSPORTAVIMO PANEVĖŽIO MIESTE TYRIMAS

Tiriamojame dalyje nagrinėjame transportavimo pokyčius Panevėžio miesto gamtinių dujų sektoriuje, po įmonės reorganizacijos. Darbe analizuojame dvejų metų gamtinių dujų transportavimo Panevėžio mieste duomenis. Atsižvelgdami į AB „Lietuvos dujos“ reorganizaciją 2015 m. ir AB Energijos operatorius 2016 m. gamtinių dujų transportavimo pokyčius Panevėžio mieste. Darbe tiriamos naujausios technologijos, pritaikytos dujų eksploatavimo darbuose Panevėžio mieste. Atsižvelgdami į nuolatos rekonstruojamus, atnaujinamus dujų transportavimo vamzdinius, kokią įtaką vartotojui ir bendrovei turi naujos įrangos „RAVETTI“ naudojimas gamtinių dujų eksploatavimo darbams. Manau, naudinga atlikti tokį tyrimą, kuriuo nustatomi pokyčiai, kokia gaunama nauda tiek vartotojui, tiek bendrovei. Koks transportuojamųjų gamtinių dujų nuostolio pokytis, naudojant „RAVETTI“ įrangą. Tokie skaičiavimai dar nebuvo atlikti, todėl atlikti šį tyrimą naudinga.

Tyrimo struktūra ir metodai pateikti (3 lentelė).

Tyrimas atliekamas dviem etapais:

1. Gamtinių dujų skirstomieji dujotiekiai Panevėžio mieste.
2. Gamtinių dujų transportavimo pokyčiai po įmonės reorganizacijos, pritaikant naują įrangą „RAVETTI“.

## Tyrimo struktūra ir metodai

Nr.	Tyrimo kriterijus	Tyrimo uždaviniai	Analizuojami rodikliai	Metodika
1.	Gamtinių dujų skirstomieji dujotiekiai Panevėžio mieste	Ištirti Panevėžio miesto skirstomųjų dujotiekių sandarą. Vartotojų skaičių.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praeinamas dujų kiekis per metus (tiriamuoju laikotarpiu)</li> <li>• Gamtinių dujų skirstomųjų dujotiekių ilgis Panevėžio mieste</li> <li>• Dujotiekių sandara Panevėžio mieste</li> </ul>	Antrinių statistinių duomenų analizė Įmonės dokumentacijos analizė Rodiklių dinamikos vertinimas
2.	Pokyčiai po įmonės reorganizacijos	Dujotiekių remontų pokyčiai Panevėžio mieste tiriamuoju laikotarpiu (ESO ir Lietuvos dujos).  „RAVÉTTI“ įrangos naudojimas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gamtinių dujų nuostolio pokyčiai</li> </ul>	Įmonės dokumentacijos analizė Antrinių statistinių duomenų analizė.

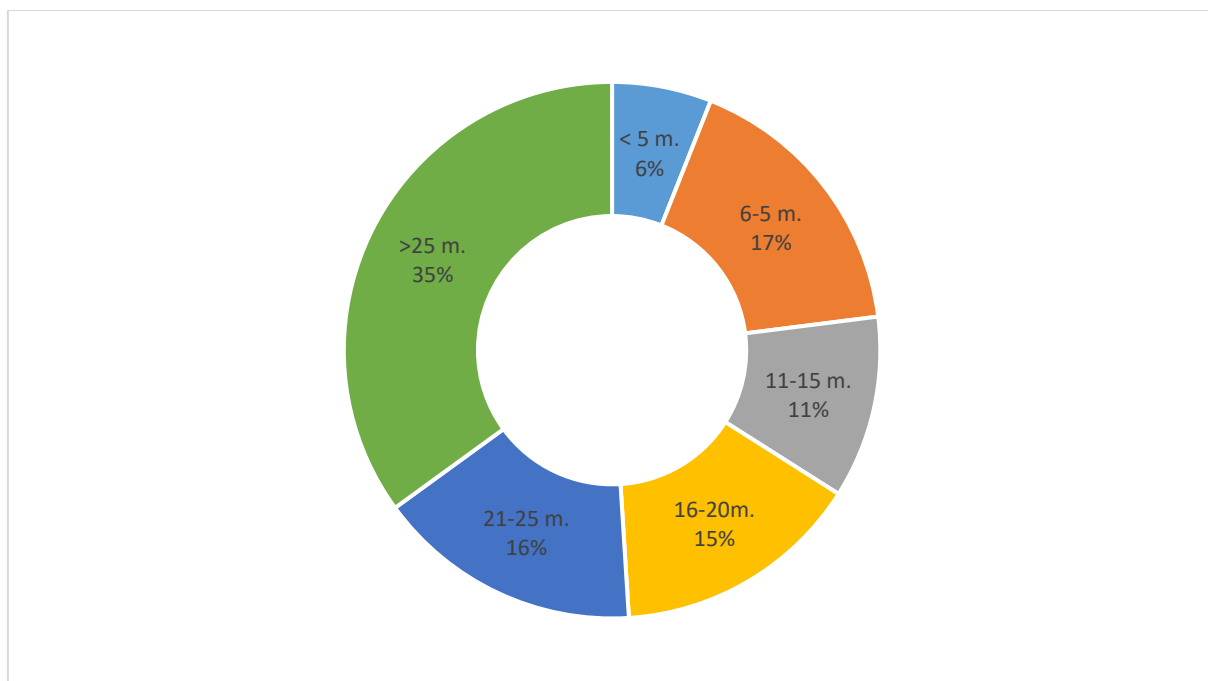
Gamtinių dujų skirstomasis dujotiekis Lietuvoje pradėtas tiesti 1960 m. Tuo metu nutiesta apie 6 km skirstomojo plieninio požeminio dujotiekio. Neilgai trukus dujofikavimo procesas apėmė visus pagrindinius Lietuvos miestus, o vėliau ir atskirus rajoninius centrus bei pramonės ir žemės ūkio kompleksus. Kiekvienais metais skirstomojo dujotiekio buvo nutiesiama vis daugiau. Daugiausiai skirstomojo dujotiekio paklota 2006 m.: daugiau kaip 330 km, iš kurių apie 310 km – polietileninių dujotiekių. Akcinė bendrovė „Lietuvos dujos“ pirmuosius polietileninius dujotiekio vamzdžius pradėjo kloti 1986 m., tačiau platesnis naudojimas išsibėgėjo tik nuo 1995 m. Iš polietileno pagaminti dujotiekiai palyginti atsparūs trūkinėjimui ir cheminiam poveikiui, pakankamai lankstūs, atsparūs

smūgiams, dilimui. Bene pagrindinis polietileninių vamzdžių privalumas – jų užspaudimo galimybė, kuri gali būti naudojama dujų skirstymui nutraukti [12].

Lietuvoje eksploatuojamos skirstymo sistemos kuriuose:

- daugiau kaip 8 tūkstančiai uždaramųjų įtaisų, kurių pagalba yra reguliuojamas gamtinių dujų srautas skirstymo sistemoje;
- daugiau kaip 800 dujų slėgio reguliavimo įrenginių (iš jų 174 vnt. įrengti pastatuose), užtikrinančių reikiamą gamtinių dujų slėgį skirstymo sistemos naudotojams ir vartotojams (iš jų 464 dujų slėgio reguliavimo įrenginiuose įrengtas nuotolinis duomenų perdavimas);
- 579 katodinės saugos įrenginiai, kurių pagalba skirstomasis dujotiekis saugomas nuo elektrocheminės korozijos (395 katodinės saugos įrenginiuose įrengtas nuotolinis duomenų nuskaitymas);
- 567406 vienetų gamtinių dujų kiekio matavimo priemonių (iš jų 1596 vienetų su nuotoliniu duomenų nuskaitymu.).

Bendrovė eksploatuoja dujotiekius, kurių amžius siekia 50 ir daugiau metų (11 Pav.) , todėl ypatingas dėmesys vertinat techninę dujotiekių būklę skiriamas senstantiems dujotiekiams. Nustačius, kad dujotiekyje rasti korozijos pažeidimai – jie rekonstruojami pirmumo tvarka [12] . Dujotiekių rekonstravimo būdas pasirenkamas priklausomai nuo dujotiekio korozijos pažeidimo intensyvumo ir fiksuotų dujų nuotėkių.



**11 pav.** Bendrovės „Lietuvos dujos“ eksploatuojamų skirstomųjų dujotiekių amžiaus pasiskirstymas, [12]

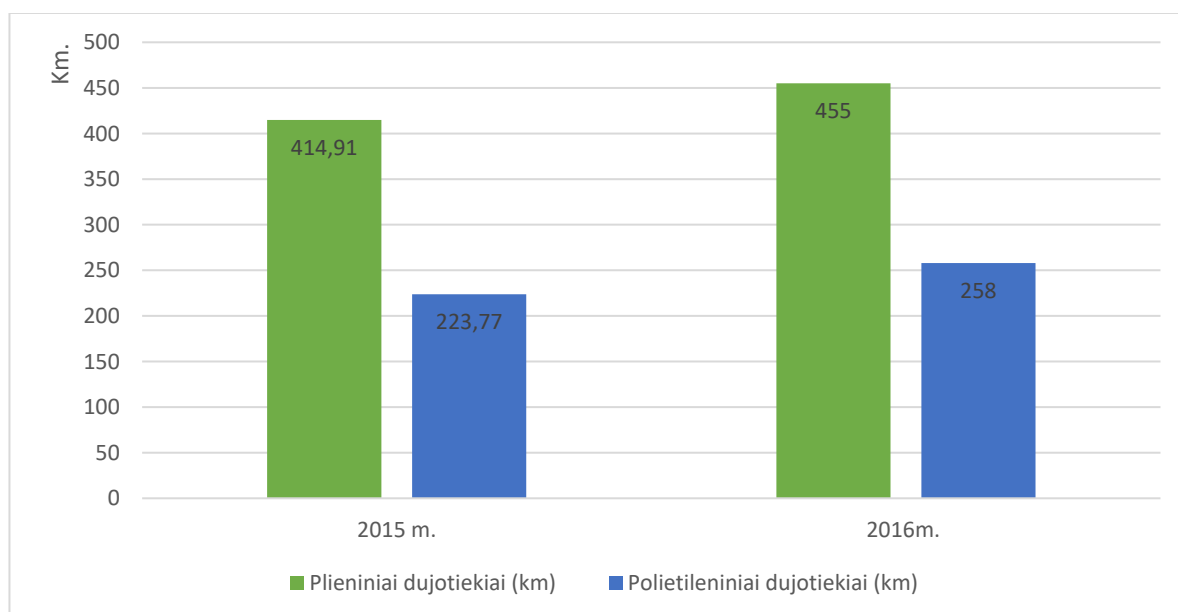
## 2.1. Gamtinių dujų transportavimo pokyčiai Panevėžio mieste 2015-2016 metais

Panevėžio mieste gamtinių dujų skirstymo veiklą nuo 1963 metų vykdė AB „Lietuvos dujos“ Panevėžio filialas. Gamtinės dujos miestui gali būti tiekiamos iš dviejų dujų skirstymo stočių (DSS):

- Vabalų DSS, pajėgumas 45 tūkst. m<sup>3</sup>/val.;
- Bliūdžių DSS, pajėgumas 70 tūkst. m<sup>3</sup>/val.

2015 metais Panevėžio miesto vartotojai gamtinėmis dujomis aprūpinami per 2006 m. pastatytą pagrindinį dujų reguliavimo punktą Senamiesčio g. (pralaidumas 30 tūkst.m<sup>3</sup>/val.), kuriame dujų slėgis mažinamas nuo 14 bar iki 3 bar. ir tiekiamas į miesto skirstomuosius dujotiekio tinklus. Panevėžio mieste eksploatuojama 311,6 km vamzdynų ilgio dujų transportavimo sistema. Didelio slėgio dujotiekių yra 3,78 km, vidutinio – 108,6 km ir mažo slėgio 199,2 km. Panevėžio miesto gamtinių dujų transportavimo sistema gali užtikrinti dujų tiekimą šildymo reikmėms visame mieste. AB „Lietuvos dujos“ Panevėžio filialas mieste kasmet pastatydavo apie 4-5 km dujotiekio ir prie jo prijungdavo 50-60 naujų vartotojų. Didžioji dalis tekdavo naujų kvartalų dujų sistemų vystymui. Panevėžio mieste kasmet prie dujotiekio tinklo prijungiama apie 3-5 naujus nebutinius vartotojus, gamtines dujas naudojančius patalpų šildymui technologinėms ir kitoms reikmėms.

Pagal dujotiekių tinklus Panevėžio regione viso plieninių dujotiekių ilgis- 414,91 km, o polietileninių dujotiekių- 223,77 km. 2016 m. Panevėžio mieste plieninių dujotiekių ilgis siekė 455 km, o polietileninių dujotiekių 258 km (12 Pav.).

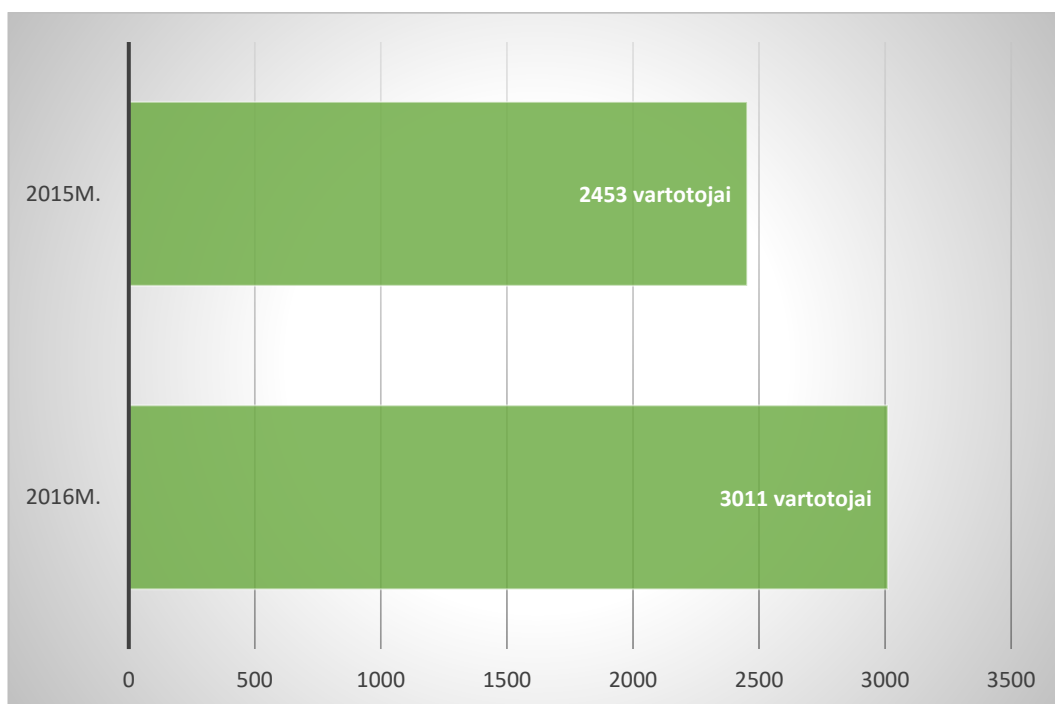


12 pav. Panevėžio miesto dujotiekio struktūra (km) 2015 - 2016 m.

Bendrovė „Lietuvos dujos“ nuolat investuodavo į gamtinių dujų skirstymo sistemą, siekdama užtikrinti patikimą, saugų ir nepertraukiamą gamtinių dujų skirstymą vartotojams.

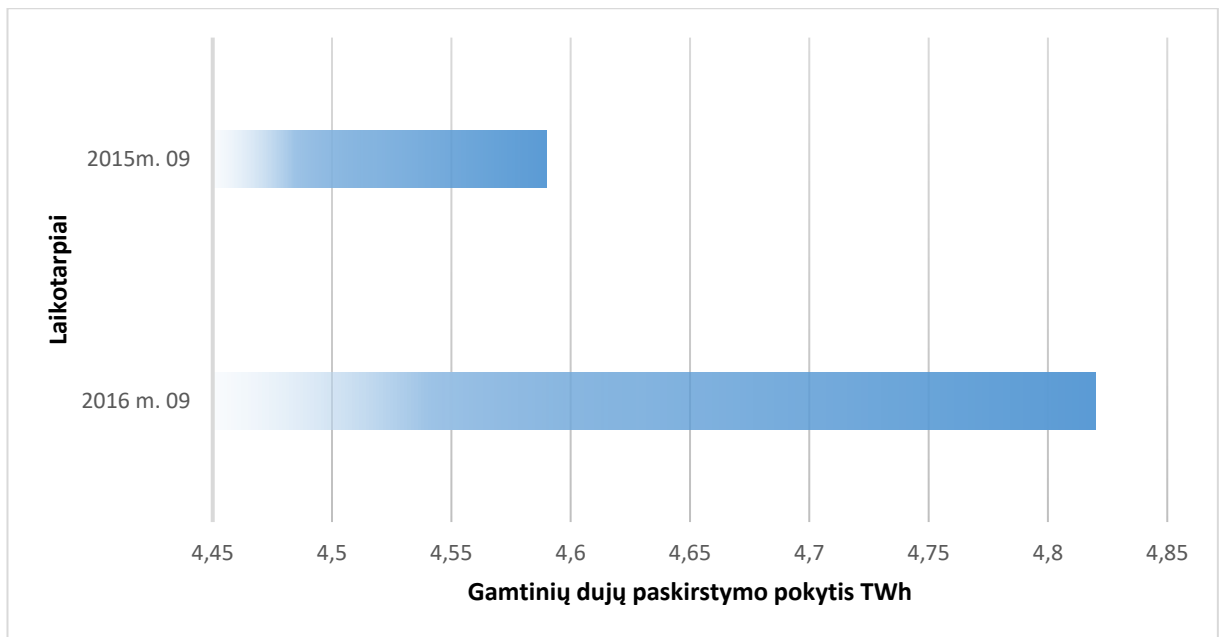
Bendrovė Energijos skirstymo operatorius įkurta sujungimo būdu reorganizavus elektros ir dujų skirstomųjų tinklų bendroves – AB LESTO ir AB „Lietuvos dujos“. Analizuojant bendrovės „ESO“ veiklos rezultatų ataskaitas matyti- pakeista įmonės politika, strategijos ir siekiai.

Per devynis 2016 m. mėnesius bendrovės investicijos į gamtinių dujų tinklus siekė 8,459 mln. EUR, tai 7,27 proc. daugiau, nei tuo pačiu laikotarpiu 2015 m. Per 2016 m. devynis mėnesius naujiems klientams prijungti prie dujų tinklo bendrovė pastatė 60,5 km skirstomojo dujotiekio, o 2015 m. sausį-rugsėį – 53,3 km ir prie dujotiekių prijungė 3011 vartotojus, tai net 23 proc. daugiau nei 2015 m. tuo pat metu buvo prijungti 2453 vartotojai ( 13 Pav.). Panevėžio mieste per 2016 metus prijungta 300 naujų vartotojų.



**13 pav.** Naujai prijungtų gamtinių dujų vartotojų pokytis Lietuvoje 2015 - 2016 m.

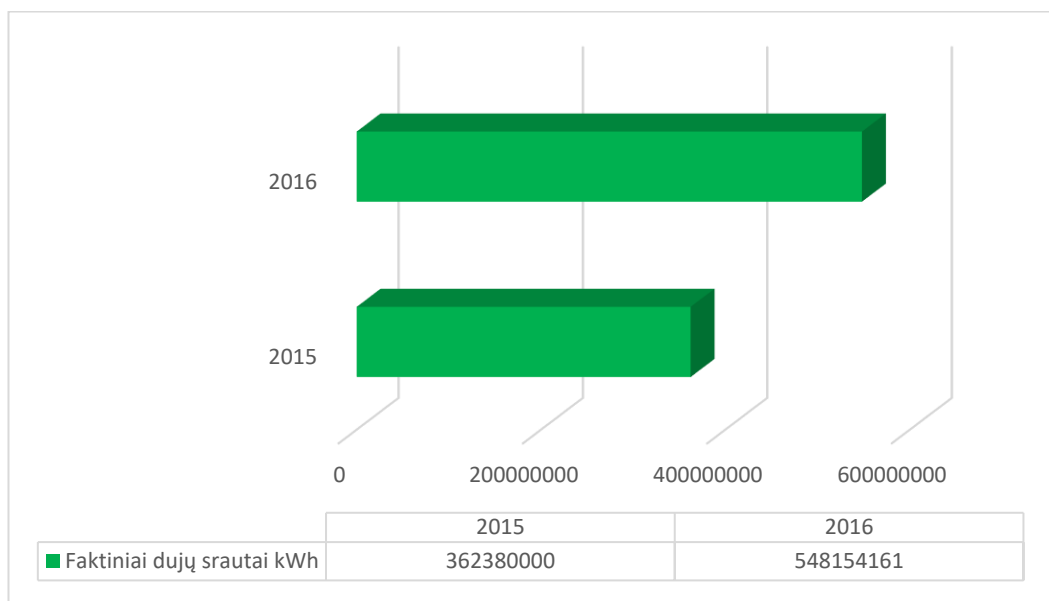
Analizuojant gamtinių dujų paskirstymo kiekius Lietuvoje per 2015-2016 m. 9 mėnesius, matyti gamtinių dujų suvartojimo augimas (14 pav.), tai lėmė didesnis kiekis naujai prijungtų vartotojų, žemesnė dujų kaina, bei patogesnis aptarnavimas. 2016 m. septyniuose didžiuosiuose Lietuvos miestuose esančiuose klientų aptarnavimo centruose buvo aptarnauta daugiau kaip 202 tūkst. klientų (per 2015 m. devynis mėnesius buvo aptarnauta 185 tūkst. klientų).



**14 pav.** Gamtinių dujų paskirstyto kiekio pokytis 2015-2016 m. (TWh)

Bendrovė Energijos skirstymo operatorius, nuo 2016 metų perskirstė aptarnaujamuosius regionus, Lietuvoje veikia penki didieji regionai - Vilniaus, Kauno, Klaipėdos, Šiaulių ir Panevėžio regionai. Panevėžio regionui priskiriami Ukmergės, Kėdainių, Utenos, Anykščių, Pasvalio, Biržų, Visagino ir Pabradės miestai, jų rajonai.

Panevėžio mieste per pirmuosius 2016 metų 9 mėn. lyginant su 2015 metų tuo pačiu laikotarpiu, per Panevėžio dujų skirstymo stotį transportuoti faktinių dujų srautų kiekių pokyčiai net 33,9 proc. daugiau, nei 2015 m. 2016 m. Faktiniai dujų kiekiai pavaizduoti (15 pav.).



**15 pav.** Faktinių dujų srautų kiekių pokyčiai Panevėžio mieste 2015-2016 m. (kWh)



## 2.2 Transportuojamų gamtinių dujų nuostolių ir naudos vertinimas

Panevėžio mieste didžiąją dalį skirstomųjų dujotiekių sudaro plieniniai dujotiečiai, 2016 m. jų ilgis siekė 455 km, net apie 35 proc. šių dujotiekių amžius siekia daugiau kaip 25 metus. Tokio amžiaus dujotiečiai neretai būna pažeisti korozijos, kitų mechaninių vamzdžių pažeidimų. Todėl tyrimui pasirinkti gamtinių dujų transportavimo plieniniai dujotiečiai, kurių eksploatavimui naudojama „RAVETTI“ įranga. Tyrimu apskaičiuosiu ir palyginsiu gamtinių dujų nuostolius naudojant RAVETTI įrangą ir jos nenaudojant. Taip pat nustatysiu kokią naudą turi bendrovė ir vartotojai, kai naudojama „RAVETTI“ įranga. Atliekamas tyrimas - skaičiuojami dujų nuostoliai pasirinkus 50-300 mm. skersmens dujų transportavimo vamzdžius, kurių dujų transportavimo atkarpos ilgis 7 km.

Dujų suvartojimas išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai dujotiekis turi būti ištuštintas, skaičiuojamas pagal formulę:

(3.)

$$V_{išl} = V_d \frac{P_p + P_{atm}}{P_n} \cdot \frac{T_n}{273,15 + \vartheta} \cdot \frac{Z_n}{Z} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)}, m^3$$

Čia  $V_d$  – užpildomo dujotiekio tūris  $m^3$ ;

$P_{abs}$  - absoliutusias darbinis dujų slėgis, MPa;

$P_p$  – perteklinis darbinis dujų slėgis, MPa;

$P_{atm}$  - atmosferos slėgis, MPa;

$P_n$  – norminis slėgis, MPa ( $P_p = 0,101325 MPa$ );

$T_n$  - absoliučioji norminė temperatūra, K ( $T_n = 293,15 K$ );

$\vartheta$  – darbinė dujų temperatūra °C, iš dujų skirstymo stoties (DSS) skirstoma darbinė dujų temperatūra 10 °C;

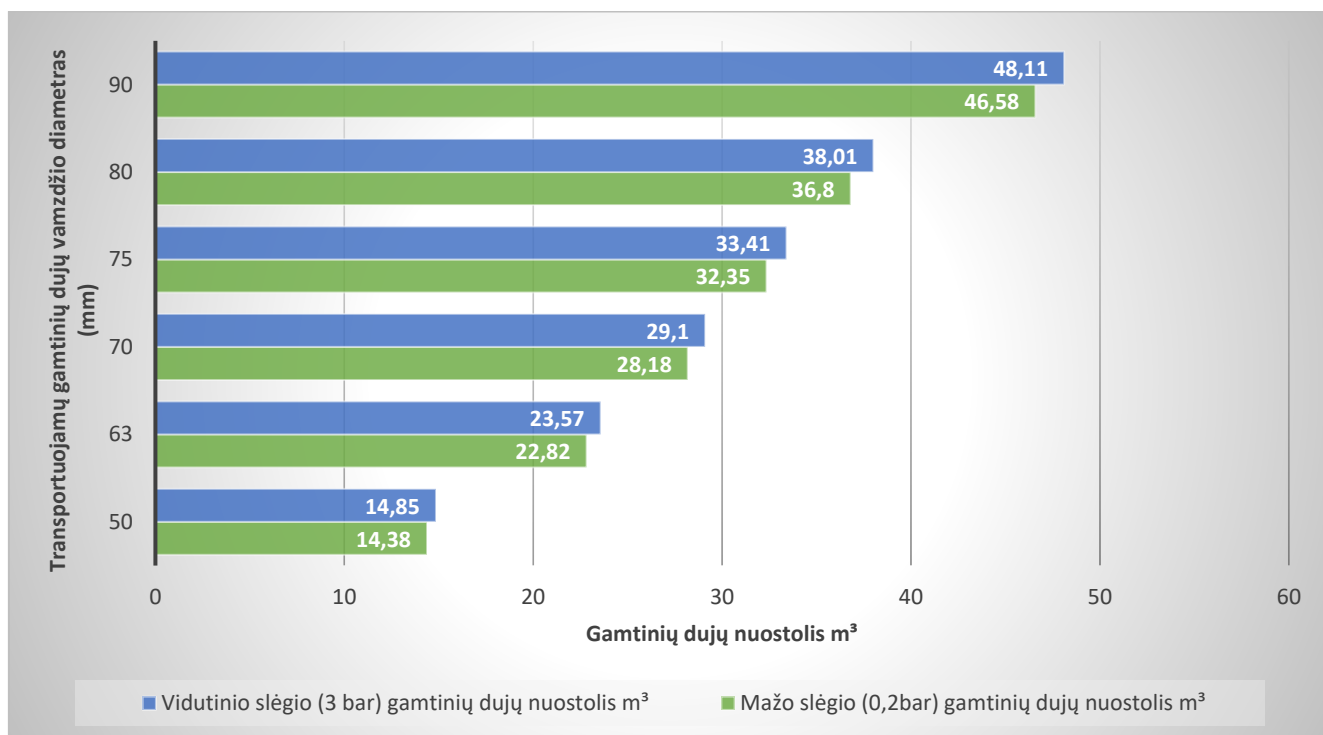
$Z_n, Z$  – dujų spūdomo koeficientai norminėmis ir darbinėmis sąlygomis;

$K_z \equiv Z/Z_n$  – santykinis dujų spūdomo koeficientas, nustatomas remiantis 4 lentele.

Kai atmosferos slėgis  $P_a$  nematuojamas ir yra nežinomas, jo vertė, skaičiuojant dujų suvartojimą technologinėms reikmėms priimama 0,1013 MPa.

Santykinio dujų spūdumo koeficiento  $K_z$  vertės

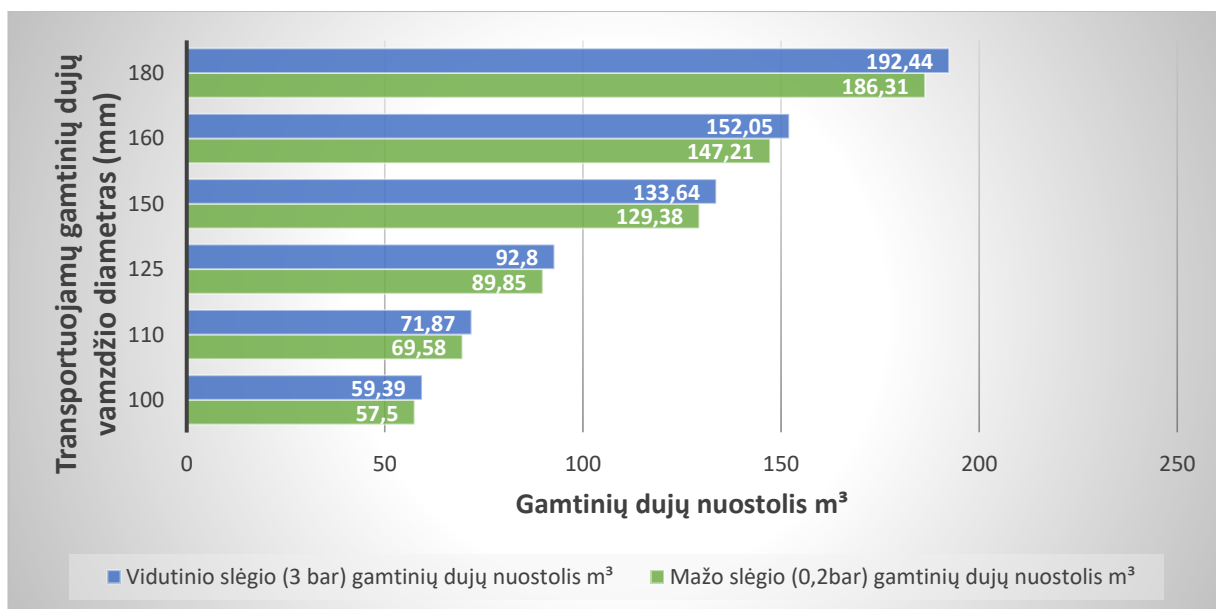
Dujų temperatūra, °C	Perteklinis dujų slėgis, MPa									
	0,002	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1	1,2	1,6
-5	0,99926	0,99673	0,99414	0,99155	0,98897	0,98638	0,98379	0,97341	0,96821	0,95781
0	0,99942	0,99704	0,99461	0,99218	0,98975	0,98731	0,98488	0,97515	0,97028	0,96055
5	0,99957	0,99733	0,99505	0,99276	0,99048	0,98819	0,98591	0,97678	0,97222	0,96311
10	0,99971	0,9976	0,99546	0,99331	0,99117	0,98902	0,98688	0,97832	0,97404	0,96551
15	0,99984	0,99786	0,99584	0,99383	0,99181	0,9898	0,98779	0,97975	0,97575	0,96776
20	0,99996	0,9981	0,99621	0,99431	0,99242	0,99053	0,98864	0,9811	0,97735	0,96986



16 pav. Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai dujotiekis mažo ir vidutinio slėgio turi būti ištuštintas (dujų nuostolis m<sup>3</sup>) pagal dujotiekio vamzdžio skersmenis 50-90 mm.

### ***Mažo slėgio ( 0,2 bar ) ir vidutinio slėgio ( 3 bar ) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos***

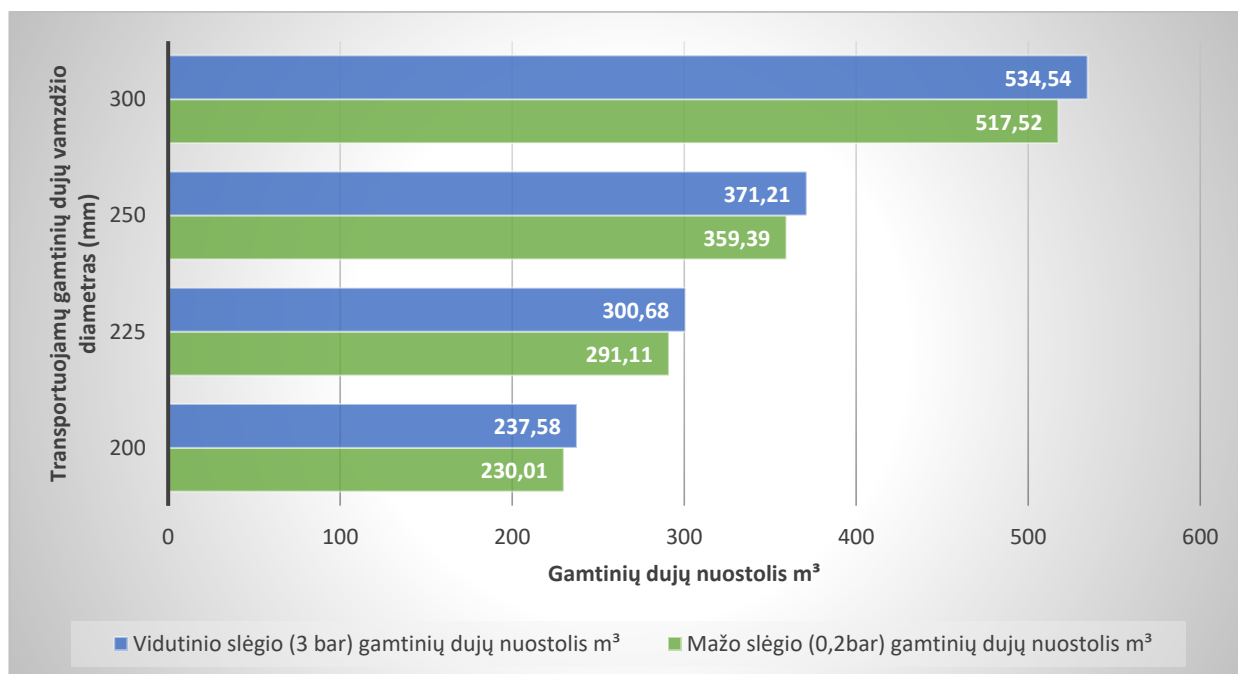
Nenaudojant „RAVETTI“ įrangos skaičiuojant 50 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploataavimo remonto darbams patiriamus nuostolius, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą, nuostoliai 14,38 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio dujotiekio nuostoliai sudaro 14,85 m<sup>3</sup>. Atlikus skaičiavimus 63 mm dujotiekio skersmens- transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploataavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos -22,82 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostolis - 23,57 m<sup>3</sup>. 70 mm vamzdžio skersmens transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploataavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos sudaro 28,18 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostoliai 29,1 m<sup>3</sup>. Apskaičiavus 75 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploataavimo remonto darbams patiriamus nuostolius, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą, nustatytas nuostolis - 32,35 m<sup>3</sup>, o vidutinio slėgio nuostolis sudaro 33,41 m<sup>3</sup>. 80 mm vamzdžio skersmens transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploataavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 36,80 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostolis 38,01 m<sup>3</sup>. Atlikus skaičiavimus 90 mm diametro skersmens transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploataavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 46,58 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostoliai - 48,11 m<sup>3</sup>, (16 pav. ), skaičiavimai pateikti (2 priedas ).



**17 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai dujotiekis mažo ir vidutinio slėgio, turi būti ištuštintas (dujų nuostolis m<sup>3</sup>) pagal dujotiekio vamzdžio skersmenis 100-180mm

### ***Mažo slėgio (0,2 bar) ir vidutinio slėgio (3 bar) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos***

Nustatyta, kad 100 mm skersmens transportuojamų gamtinių dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploatacavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 57,50 m<sup>3</sup>, o vidutinio slėgio nuostolis 59,39 m<sup>3</sup>. 110 mm vamzdžio skersmens transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploatacavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 69,58 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio 71,87 m<sup>3</sup>. Atlikus skaičiavimus 125 mm diametro skersmens transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploatacavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 89,85 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio skaičiuojamas nuostolis 92,8 m<sup>3</sup>. Skaičiuojant 150 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploatacavimo remonto darbams patiriamus nuostolius, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą, nuostolis 129,38 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostolis - 133,64 m<sup>3</sup>. Skaičiuojant 160 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploatacavimo remonto darbams patiriamus nuostolius, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą, nuostolis 147,21m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostolis sudaro - 152,05 m<sup>3</sup>. 180 mm skersmens transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploatacavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 186,31 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio – 192,44 m<sup>3</sup> (17 pav.), skaičiavimai pateikti (2 priedas).



**18 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai dujotiekis turi būti ištuštintas (dujų nuostolis m<sup>3</sup>) pagal dujotiekio vamzdžio skersmenis 200-300 mm

Dujotiekio vamzdžio, 200 mm skersmens, transportuojamų dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploatacavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 230,01 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostoliai 237,58 m<sup>3</sup>. Transportuojamųjų gamtinių dujų vamzdžio 225 mm skersmens, gamtinių dujų nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploatacavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 291,11 m<sup>3</sup>, o vidutinio slėgio nuostoliai sudaro 300,68 m<sup>3</sup>. Atlikus skaičiavimus dujotiekio vamzdžio kurio skersmuo 250 mm nuostolis, išleidžiant gamtines dujas į atmosferą prieš eksploatacavimo remonto darbus, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos 359,39 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostoliai sudarytų - 371,21 m<sup>3</sup>. Skaičiuojant 300 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploatacavimo remonto darbams patiriamus nuostolius, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą, nuostolis 517,52 m<sup>3</sup>, vidutinio slėgio nuostolis būtų net 535,54 m<sup>3</sup> (18 pav.), skaičiavimai pateikti (2 priedas).

Tyrimui pasirinktas Panevėžio miesto gyvenamųjų namų kvartalas kuriame gamtinių dujų vartotojų skaičius sudaro 165 abonentus, dujotiekio ilgis - 7 km. Gamtinių dujų eksploatacavimo planiniai remonto darbai dažniausiai atliekami šiltuoju metų periodu, dėl darbams vykdyti tinkamos oro temperatūros ir atsižvelgiant į vartotojų šildymo poreikius šaltuoju metų laiku. Pasirinktas šis kvartalas (pateiktas 3 priede). Atjungus gamtinių dujų tiekimą vartotojams, jei atliekami dujų eksploatacavimo darbai nenaudojant „RAVETTI“ įrangos, dujos į kvartalą nebūtų transportuojamos kitais dujotiekiais, nes kvartalas sujungtas akla galine dujų sistema.

Siekiant apskaičiuoti patiriamus gamtinių dujų nuostolius, kai jų transportavimas kvartalui stabdomas, buvo atlikti vartotojų poreikių skaičiavimai pagal pateiktas metodikas.

Miesto, mikrorajono ir gyvenvietės metinis sunaudojimų dujų kiekis skaičiuojamas pagal atskiras vartotojų kategorijas, vadovaujantis numatytomis dujų sunaudojimo normomis. Darbe apskaičiuoti transportuojamų dujų suvartojimo poreikiai gyventojų maistui ir karštam vandeniui ruošti (ūkinėms - buitinėms reikmėms), nes tiriamo laikas šiltasis metų periodas (šildymo ir vėdinimo poreikiai neskaičiuojami). Gyventojų metinis sunaudojamų gamtinių dujų kiekis ūkinėms - buitinėms reikmėms ir komunalinėms reikmėms daugiausia priklauso nuo gyventojų skaičiaus ir jiems teikiamų komunalinių- buitinių paslaugų tipo. Gyventojų skaičius apskaičiuojamas remiantis Lietuvos Respublikos statybos normomis, atsižvelgiant į pastatų aukštumą (5 lentelė). Gyventojų skaičiui surasti gali būti taikoma ir sąlyginė 18 kv. m didesnė ploto norma vienam gyventojui.

Gyventojų tankis ir gyvenamasis plotas 1 ha teritorijos pagal namų aukštingumą

Namų aukštingumas	Bendras gyvenamas plotas (m <sup>2</sup> ), tenkantis 1 ha rajono teritorijos	Gyventojų tankis 1 ha, gyvenamojo rajono teritorijai, žm/ha
2	2600	145
3	3100	175
4	3300	185
5	3700	205
6	3900	215
7	4100	225
8	4200	235

Žinant dujofikuojamoje teritorijoje esamų ar statomų gyvenamųjų namų aukštingumą taip pat gyventojų tankį viename hektare gyvenamojo rajono teritorijos, rajono ar miesto gyventojų skaičius apskaičiuojamas pagal formulę (4) :

(4.)

$$G = F \cdot a$$

Čia:

$G$  – gyventojų skaičius (žm.);

$F$  – dujofikuojamos teritorijos plotas (ha);

$a$  – gyventojų tankis (žm/ha).

Atlikus skaičiavimus pagal pateiktas metodikas nustatyta, gyvenamojo kvartalo plotas 2,970 ha. Kvartalo gyventojų skaičius - 431 žmogus.

Metinis suvartojamųjų dujų kiekis buitiniams – komunaliniams reikmėms yra apskaičiuojamas taikant nustatytas teisės aktuose šilumos suvartojimo normas (6 lentelė).

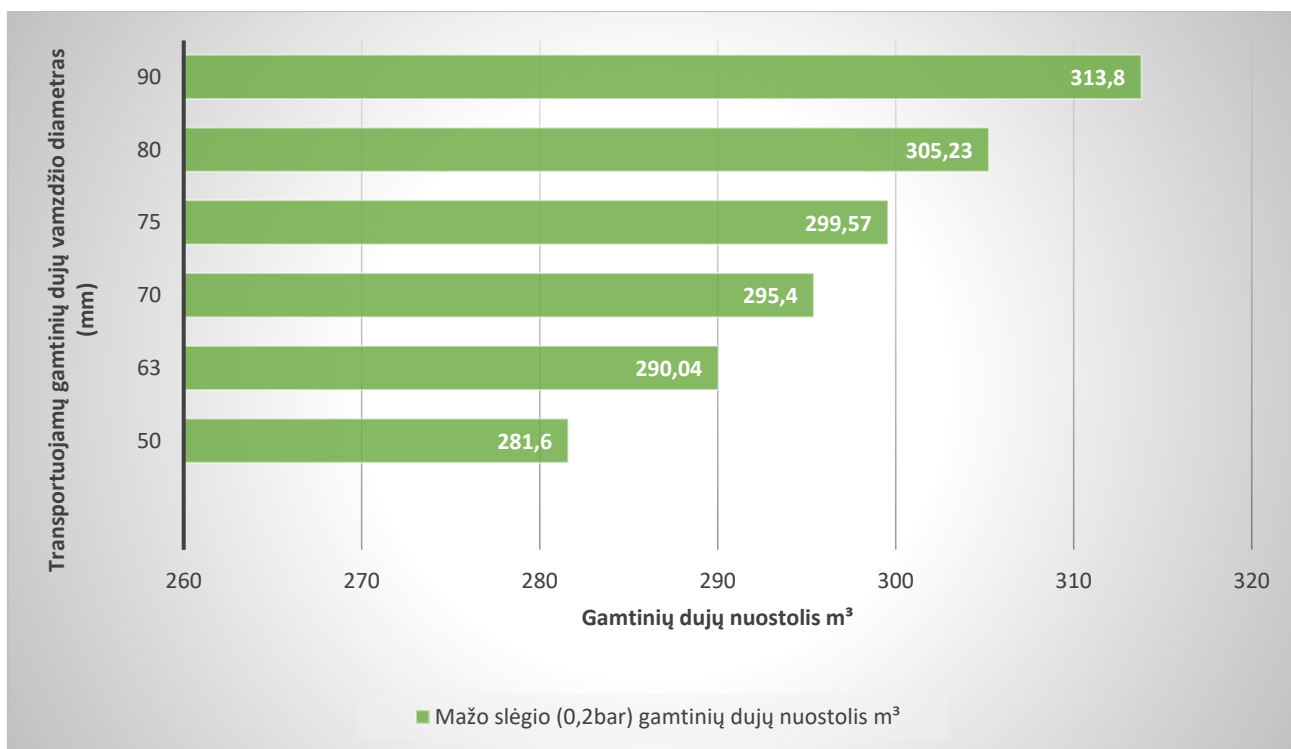
## Šilumos suvartojimo normos gyvenamuosiuose namuose

Dujų vartotojai (objektai)	Vienetai	Šilumos suvartojimo normos: atitinka dujų kieki	
		MJ	m <sup>3</sup>
<b>Maistui ruošti, kai bute yra dujų viryklė ir centrinis karšto vandens vandentiekis (I)</b>	1 žmogui per metus	2800	79,47
<b>Maistui ruošti ir vandeniui šildyti įvairioms reikmėms, kai bute yra dujų viryklė ir vandens šildytuvas ( nėra centrinio vandentiekio) (II)</b>	1 žmogui per metus	8000	227,05
<b>Maistui ruošti ir vandeniui šildyti įvairioms reikmėms, kai bute yra tik dujų viryklė( nėra nei centrinio karšto vandentiekio, nei vandens šildytuvo) (III)</b>	1 žmogui per metus	4600	130,55

Nenaudojant „RAVETTI“ įrangos transportuojamųjų gamtinių dujų eksploatavimo darbai atliekami per 12 valandų, 2 valandos skiriamos gamtinių dujų išleidimui iš sistemų, 8 valandas vykdomi dujotiekio remonto darbai, o sekančias dvi valandas po dujotiekio remonto darbų atlikimo, vykdomi dujų paleidimo vartotojams darbai. Vartotojams gamtinių dujų transportavimas sustabdomas mažiausiai 12 valandų. Atlikus tyrimą nustatyta, kad vartotojai kurie gyvena pasirinktame gyvenamųjų

namų kvartale (vadovaujantis 6 lentelės pateiktais duomenimis) gamtines dujas naudoja maistui ruošti ir vandeniui šildyti įvairioms reikmėms, kai bute yra dujų viryklė ir vandens šildytuvas (nėra centrinio vandentiekio), per metus vienas gyventojas sunaudoja 227,05 m<sup>3</sup> gamtinių dujų, per dieną vienas gyventojas suvartoja 0,62 m<sup>3</sup>, kvartalo gyventojų viso 431 asmuo, per vieną dieną visų kvartalo gyventojų suvartojimo norma 267,22 m<sup>3</sup> gamtinių dujų.

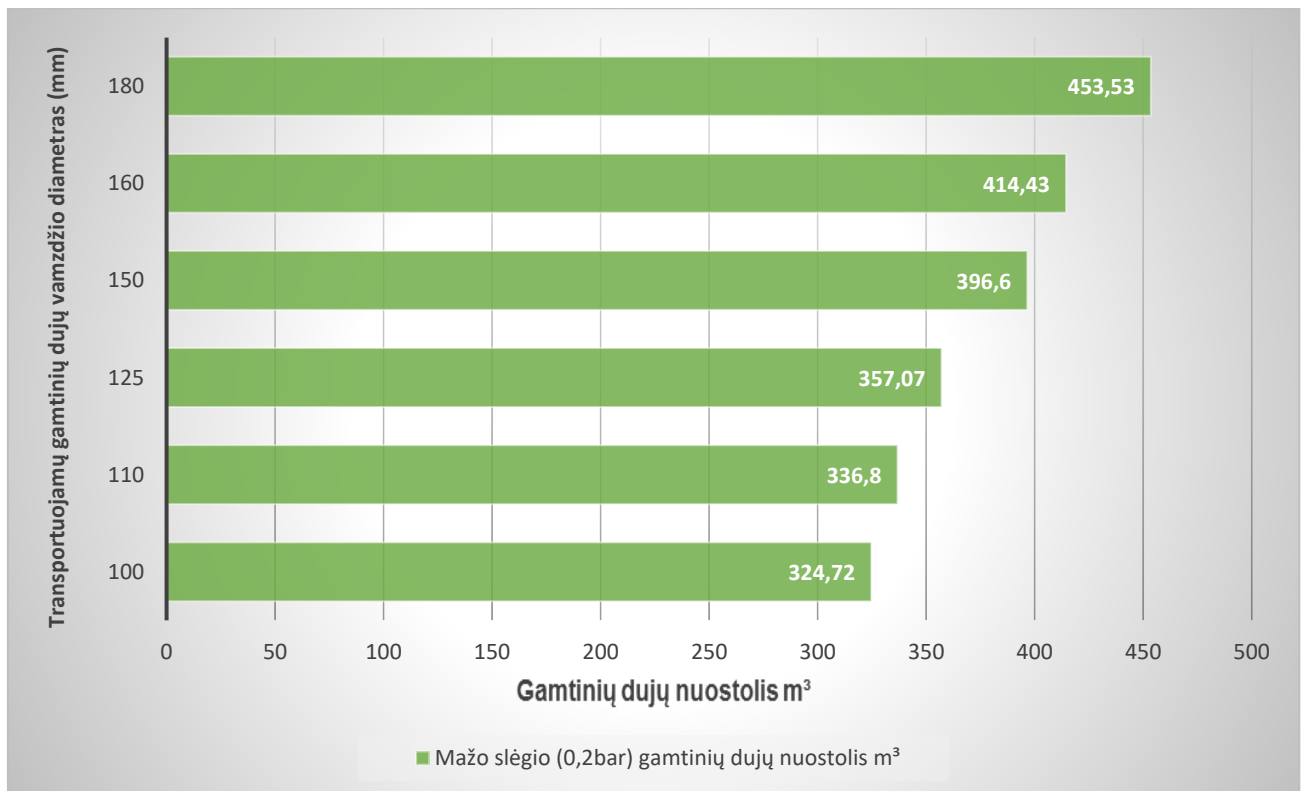
Vienos dienos transportuojamųjų gamtinių dujų nuostoliai, kuriuos patiria bendrovė, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos dujotiekio eksploatavimo darbams, kai gamtinės dujos išleidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų tiekimas vartotojams pagal gamtinių dujų transportavimo vamzdinių diametrus pateikti (19-24 pav.).



**19 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai dujotiekis turi būti ištuštintas ir kvartalo vartotojų suvartojamas dujų kiekis dienos metu (dujų nuostolis m<sup>3</sup>) pagal dujotiekio vamzdžio skersmenis 50-90 mm. Mažo slėgio dujotiekis

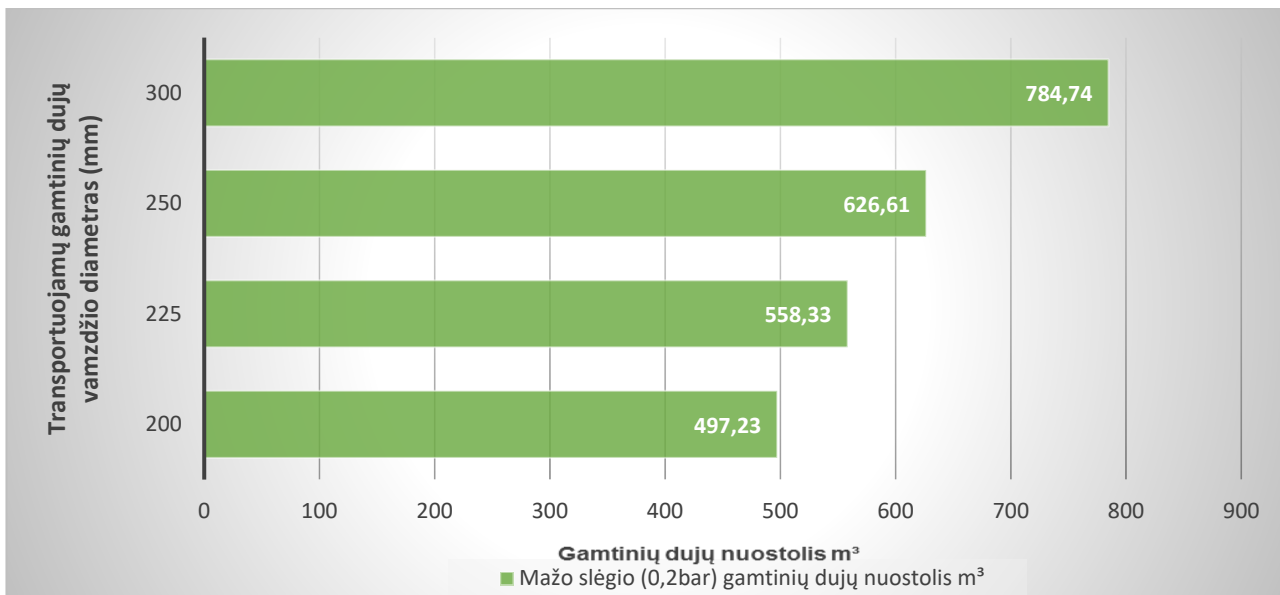
Apskaičiavus vienos darbo dienos gamtinių dujų nuostolius, kai mažo slėgio dujotiekio vamzdžių skersmuo 50 mm nuostolis sudaro - 281,6 m<sup>3</sup>, 63 mm dujotiekio vamzdžio skersmens nuostoliai siekia 290,04 m<sup>3</sup>, 70 mm skersmens dujotiekio nuostolis 295,4 m<sup>3</sup>. 75 mm vamzdžio transportuojamųjų gamtinių dujų nuostolis sudaro 299,57 m<sup>3</sup>, o 80 mm dujotiekio skersmens nuostolis siekia 305,23 m<sup>3</sup>. Skaičiuojant nuostolius 90 mm vamzdinio skersmens nustatyta, kad bendrovė patirtų 313,8 m<sup>3</sup> gamtinių dujų nuostolių (19 pav.).





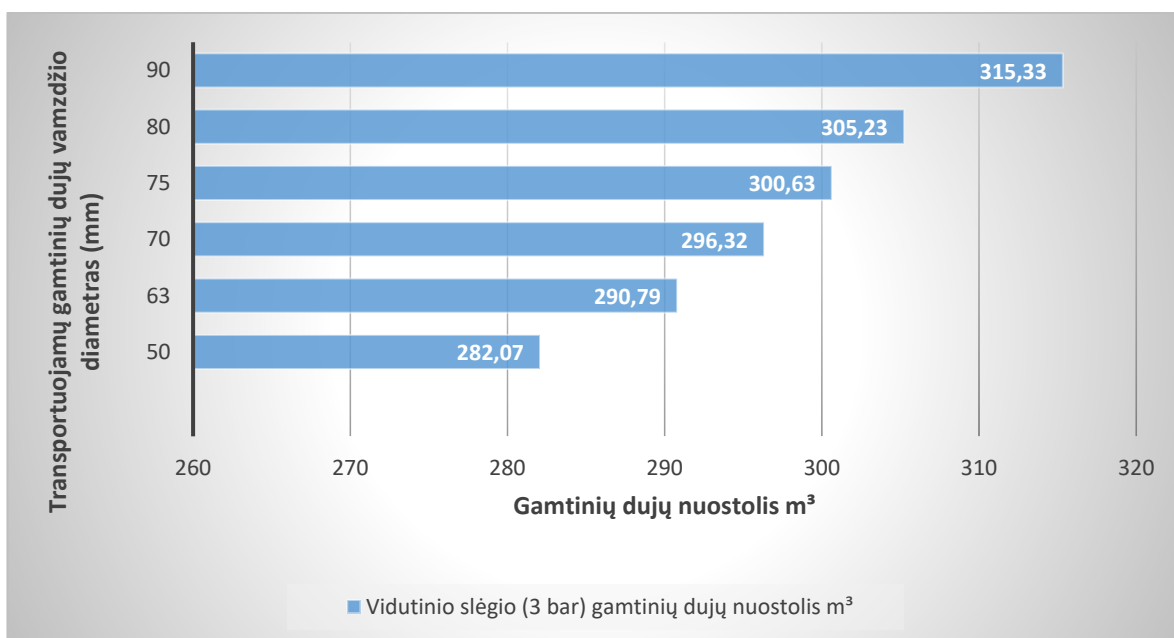
**20 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai mažo slėgio dujotiekis turi būti ištuštintas ir kvartalo vartotojų suvartojamas dujų kiekis dienos metu (dujų nuostolis  $m^3$ ) pagal dujotiekio vamzdžio skersmenis 100-180 mm.

Transportuojamųjų gamtinių dujų nuostoliai mažo slėgio dujotiekio, kai vamzdyno skersmuo nuo 100 mm iki 180 mm bendrovė patiria nuo 324,72  $m^3$  iki 453,53  $m^3$ . Šie nuostoliai patiriami, kai nenaudojama „RAVETTI“ įranga dujotiekio eksploatavimo darbams, kada gamtinės dujos išleidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų tiekimas vartotojams (20 pav.).



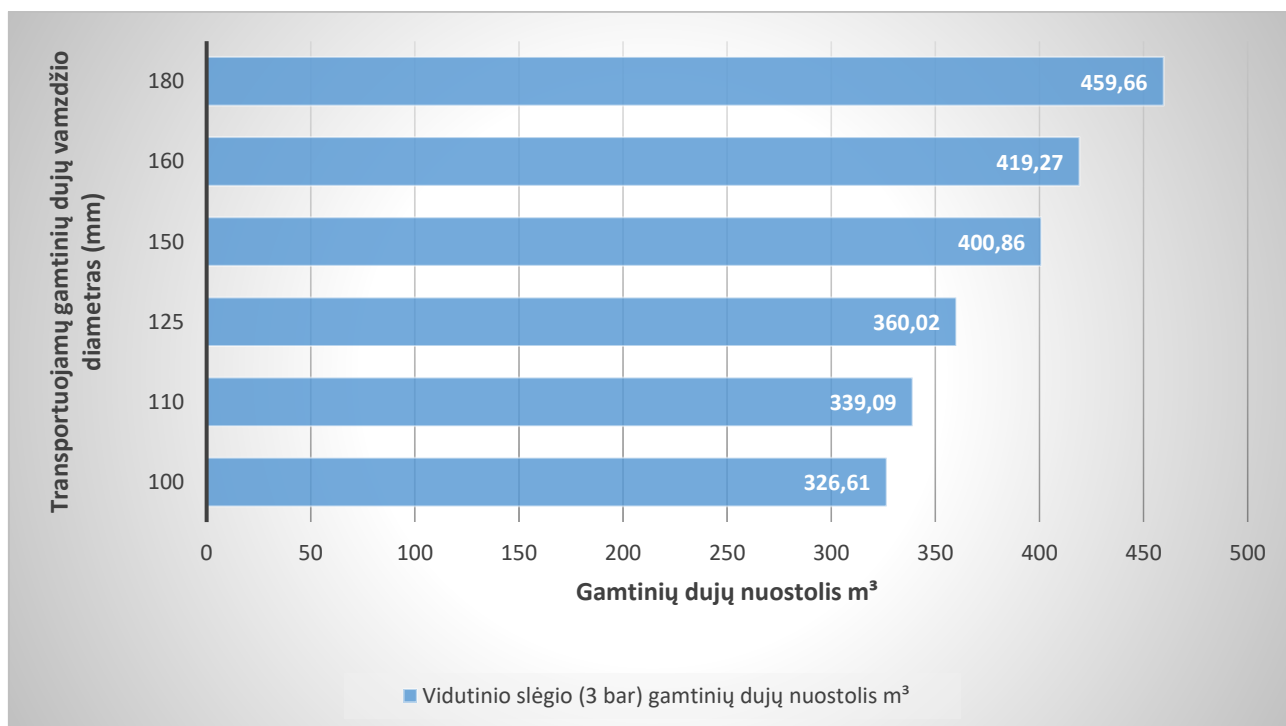
**21 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai mažo slėgio dujotiekis turi būti ištuštintas ir kvartalo vartotojų suvartojamas dujų kiekis dienos metu (dujų nuostolis  $m^3$ ) pagal dujotiekio vamzdžio skersmenis 200 - 300 mm.

Dar didesnius nuostolius bendrovė patiria, kai gamtinės dujos transportuojamos 200 mm - 300 mm diametro vamzdžiais, tada nuostoliai sudaro nuo 497,23  $m^3$  iki 787,74  $m^3$  (21 pav.).



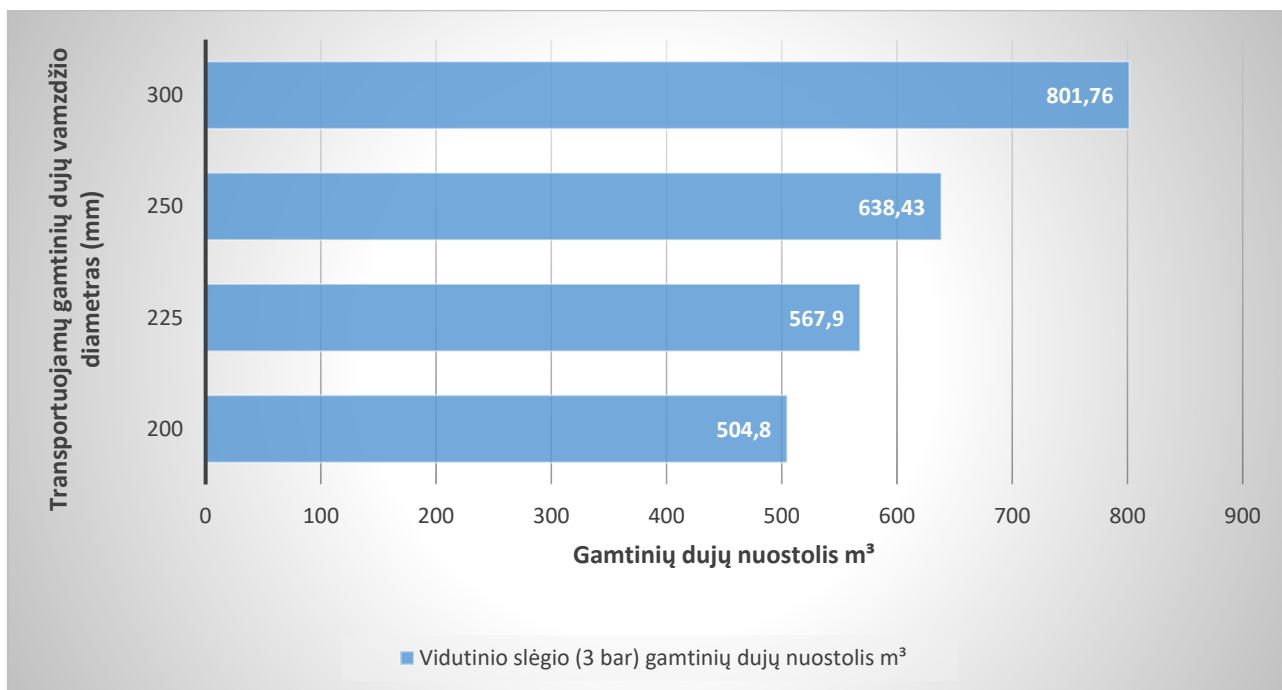
**22 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai vidutinio slėgio dujotiekis turi būti ištuštintas ir kvartalo vartotojų suvartojamas dujų kiekis dienos metu (dujų nuostolis  $m^3$ ) pagal dujotiekio vamzdžio diametrus 50-90 mm.

Vidutinio slėgio dujotiekio transportuojamųjų gamtinių dujų nuostoliai, kai dujos transportuojamos 50 mm - 90 mm skersmens vamzdynais bendrovė patiria nuo 282,07 m<sup>3</sup> iki 315,33 m<sup>3</sup> gamtinių dujų nuostolių kai nenaudojama „RAVETTI“ įranga dujotiekio eksploatavimo darbams, kada gamtinės dujos išleidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų tiekimas vartotojams (22 pav.).



**23 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai vidutinio slėgio dujotiekis turi būti ištuštintas ir kvartalo vartotojų suvartojamas dujų kiekis dienos metu (dujų nuostolis m<sup>3</sup>) pagal dujotiekio vamzdžio diametrus 100-180 mm.

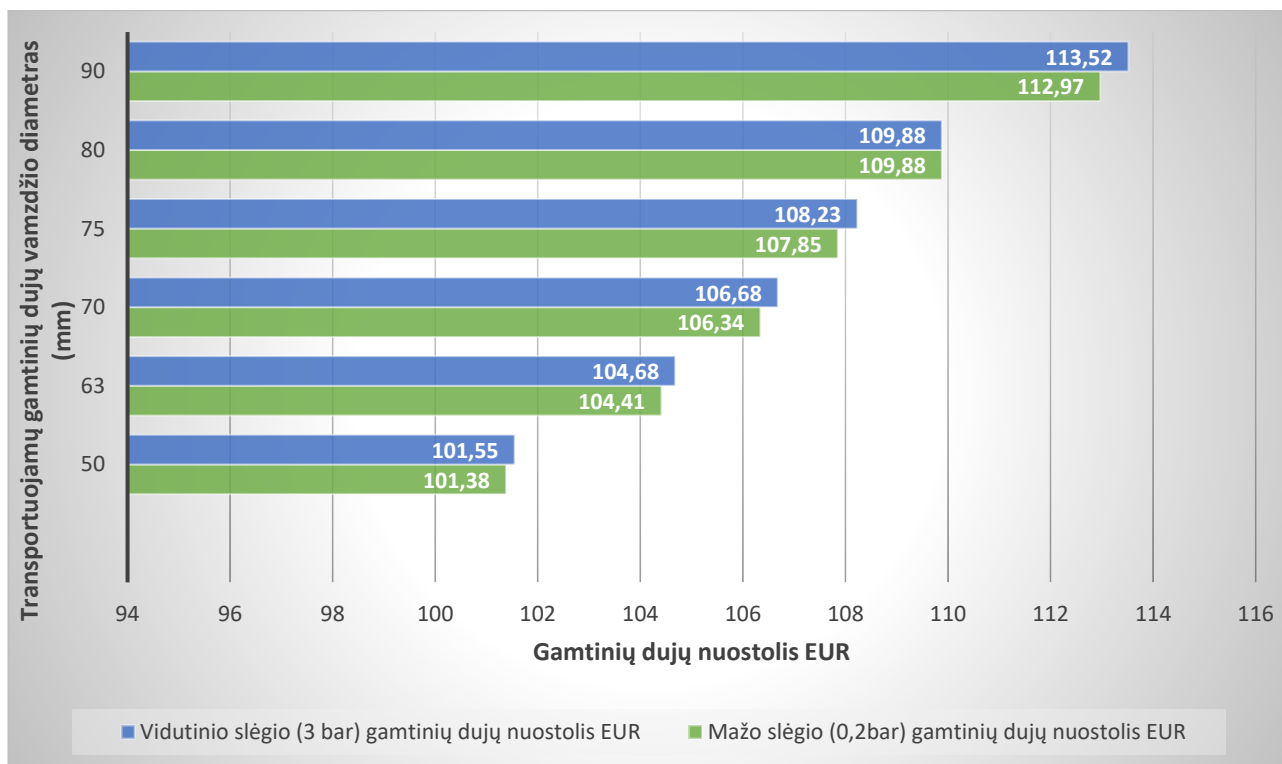
Transportuojamųjų gamtinių dujų nuostoliai vidutinio slėgio dujotiekio, kai vamzdyno skersmuo nuo 100 mm iki 180 mm bendrovė patiria nuo 326,61 m<sup>3</sup> iki 459,66 m<sup>3</sup>. Šie nuostoliai patiriami, kai nenaudojama „RAVETTI“ įranga dujotiekio eksploatavimo darbams, kada gamtinės dujos išleidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų tiekimas vartotojams (23 pav.).



**24 pav.** Dujų suvartojamas kiekis išleidžiant dujas į atmosferą prieš remontą arba kitus darbus, kai vidutinio slėgio dujotiekis turi būti ištuštintas ir kvartalo vartotojų suvartojamas dujų kiekis dienos metu (dujų nuostolis m<sup>3</sup>) pagal dujotiekio vamzdžio skersmenis 200-300 mm.

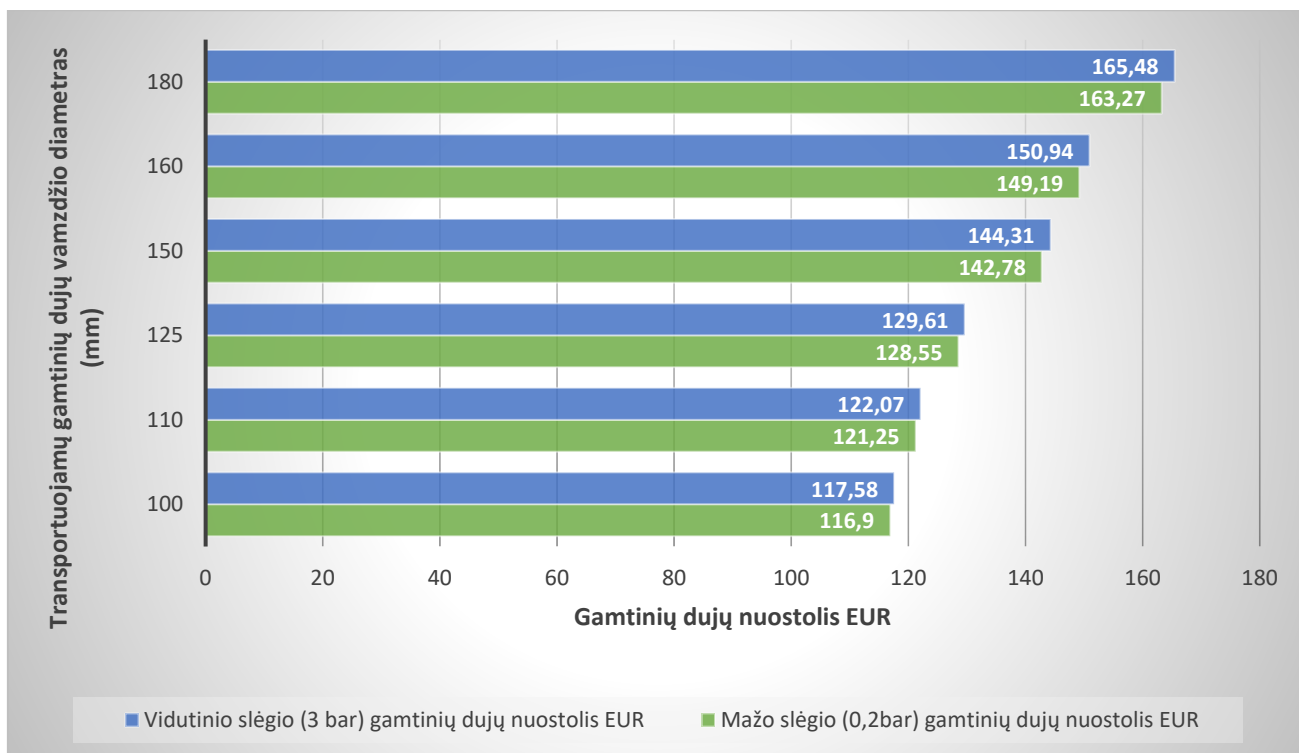
Didžiausius nuostolius bendrovė patiria, kai gamtinės dujos transportuojamos 200 mm -300 mm diametro vidutinio slėgio vamzdynais, tada nuostoliai sudaro nuo 504,8 m<sup>3</sup> iki 801,76 m<sup>3</sup>. Šie nuostoliai patiriami, kai nenaudojama „RAVETTI“ įranga dujotiekio eksploatavimo darbams, kada gamtinės dujos išleidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų tiekimas vartotojams (24 pav.).

Vadovaujantis oficialiu bendroves „Energijos skirstymo operatorius“ duomenimis gamtinių dujų kaina vartotojams sudaro pastovioji ir kintamoji dalys, pagal gamtinių dujų suvartojimo kiekį. Pasirinkto tyrimui gyvenamųjų namų kvartalo didžioji dalis vartotojų sunaudoja nuo 501 m<sup>3</sup> gamtinių dujų, todėl kubinio metro kaina 0,36 EUR. Tęsdamas tyrimą siekiu nustatyti kiek nuostolių pinigine išraiška patiria bendrovė „Energijos skirstymo operatorius“, kai nenaudojama „RAVETTI“ įranga dujotiekio eksploatavimo darbams, kada gamtinės dujos išleidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų tiekimas vartotojams ( pav. 25; 26; 27).



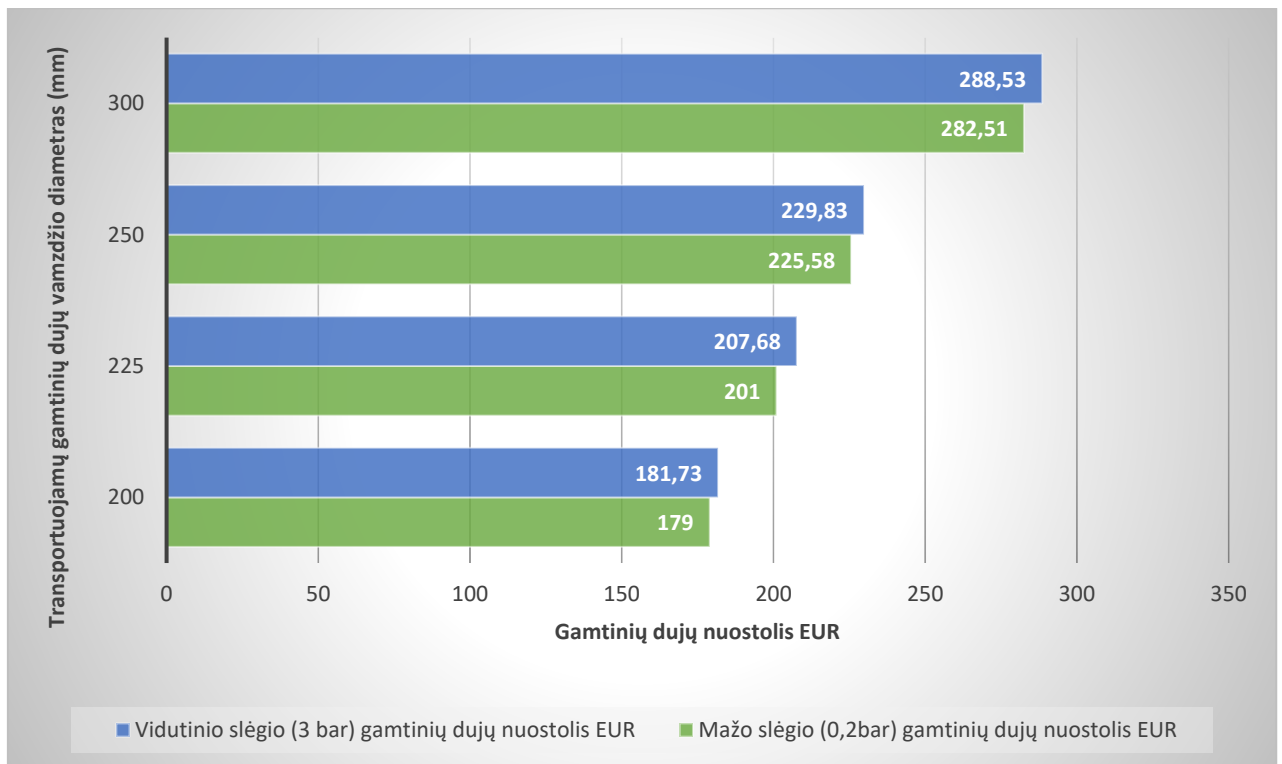
**25 pav.** Bendrovės patiriamas nuostolis EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 50-90 mm.

Nenaudojant „RAVETTI“ įrangos skaičiuojant 50 mm - 90 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploataavimo remonto darbams patiriamus bendrovės nuostolius Eurais, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų transportavimas vartotojams, nuostoliai siekia nuo 101,38 Eur iki 112,97 Eur mažo slėgio dujotiekio, o vidutinio slėgio dujotiekio nuostoliai sudaro nuo 101,55 Eur iki 113,52 Eur (25 pav.). Nuostoliai skaičiuoti vienos darbo dienos laikotarpiui.



**26 pav.** Bendrovės patiriamas nuostolis EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 100-180 mm.

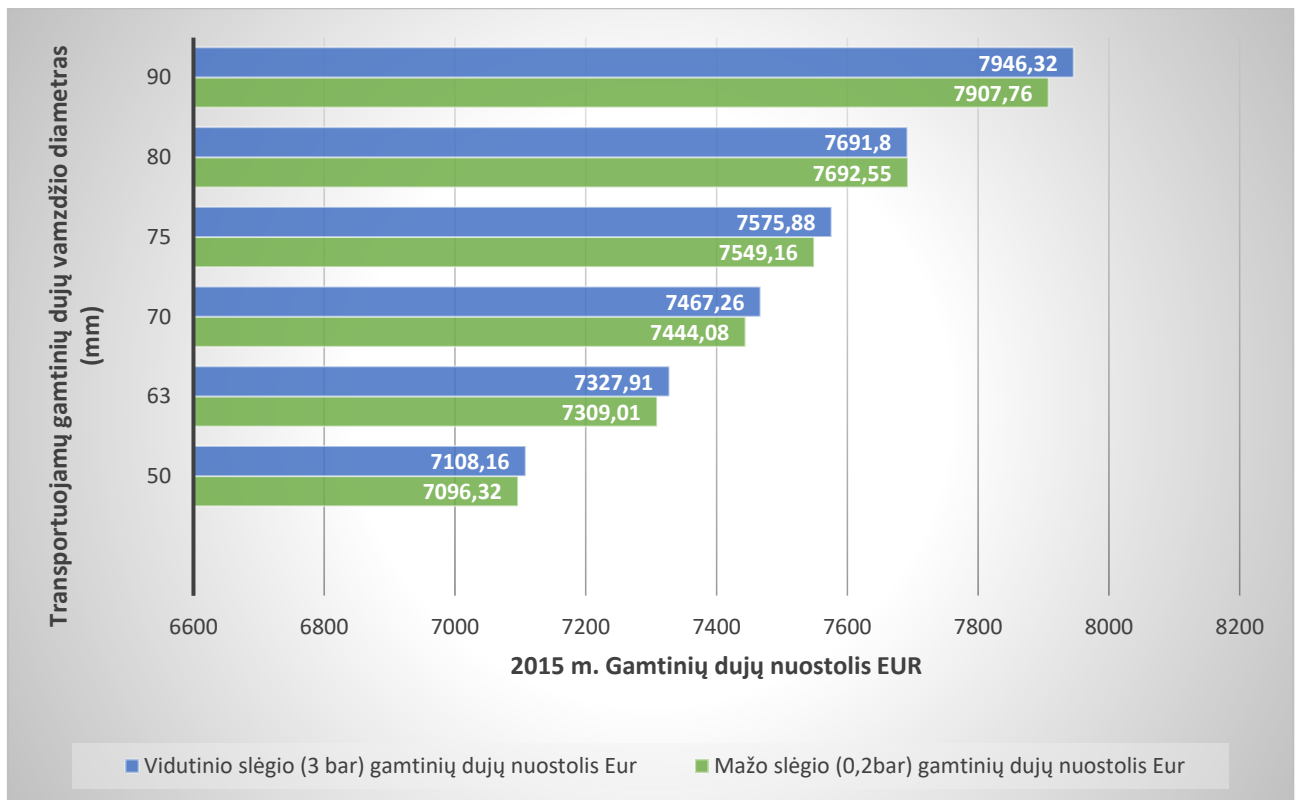
Nenaudojant „RAVETTI“ įrangos atlikus skaičiavimus 100 mm - 180 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploataavimo remonto darbams patiriamus bendrovės nuostolius Eurais, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų transportavimas vartotojams, nuostoliai siekia nuo 116,9 Eur iki 163,27 Eur mažo slėgio dujotiekio, o vidutinio slėgio dujotiekio nuostoliai sudaro nuo 117,58 Eur iki 165,48 Eur (26 pav.). Nuostoliai skaičiuoti vienos darbo dienos laikotarpiui.



**27 pav.** Bendrovės patiriamas nuostolis EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 50-90 mm.

Nenaudojant „RAVETTI“ įrangos skaičiuojant 200 mm - 300 mm skersmens gamtinių dujų transportavimo vamzdžio, eksploatacavimo remonto darbams patiriamus bendrovės nuostolius Eurais, jei gamtinės dujos būtų leidžiamos į atmosferą ir sustabdomas dujų transportavimas vartotojams, nuostoliai siekia nuo 179 Eur iki 282,51 Eur mažo slėgio dujotiekio, o vidutinio slėgio dujotiekio nuostoliai sudaro nuo 181,73 Eur iki 288,53 Eur (27 pav.). Nuostoliai skaičiuoti vienos darbo dienos laikotarpiui.

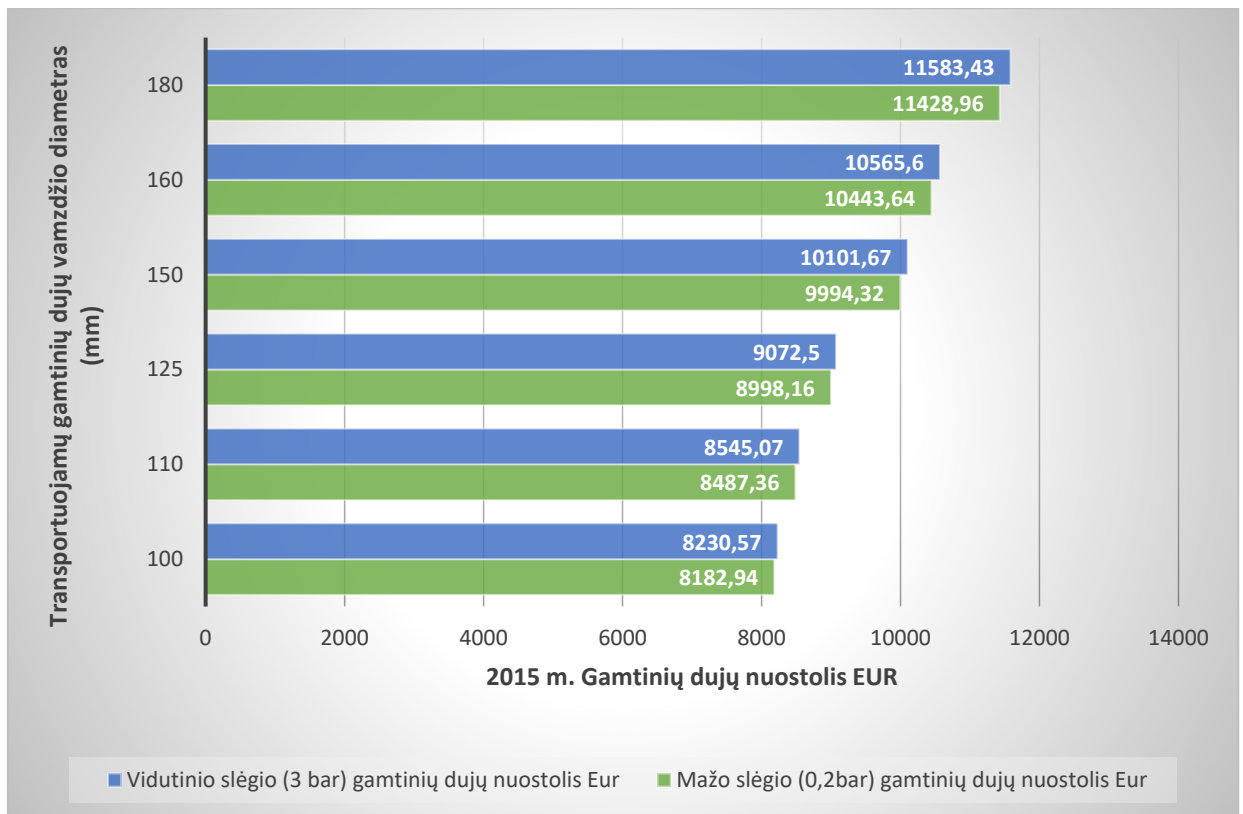
Išanalizavus vienos dienos dujų eksploatacavimo darbams patiriamus dujų nuostolius pinigine išraiška, toliau tyrime pateiksiu bendrovės metinių planinių darbų nuostolius Eurais, kuriuos bendrovė patirtų nenaudodama „RAVETTI“ įrangos, kai dujos būtų išleidžiamos į atmosferą ir sustabdomas tiekimas vartotojams. 2015 m. Panevėžyje planinių dujotiekių eksploatacavimo remonto darbų buvo atlikta šešiasdešimt. Vadovaujantis Valstybinės kainų ir energetikos komisijos duomenimis 2015 m. - 2016 m. gamtinių dujų buitiniams vartotojams vieno kubinio metro kaina buvo 0,42 Eur. 2015 metų metiniai bendrovės nuostoliai Eurais nenaudojant „RAVETTI“ įrangos pateikti ( 28; 29; 30 pav.).



**28 pav.** 2015 m. bendrovės patirti nuostoliai EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 50-90 mm.

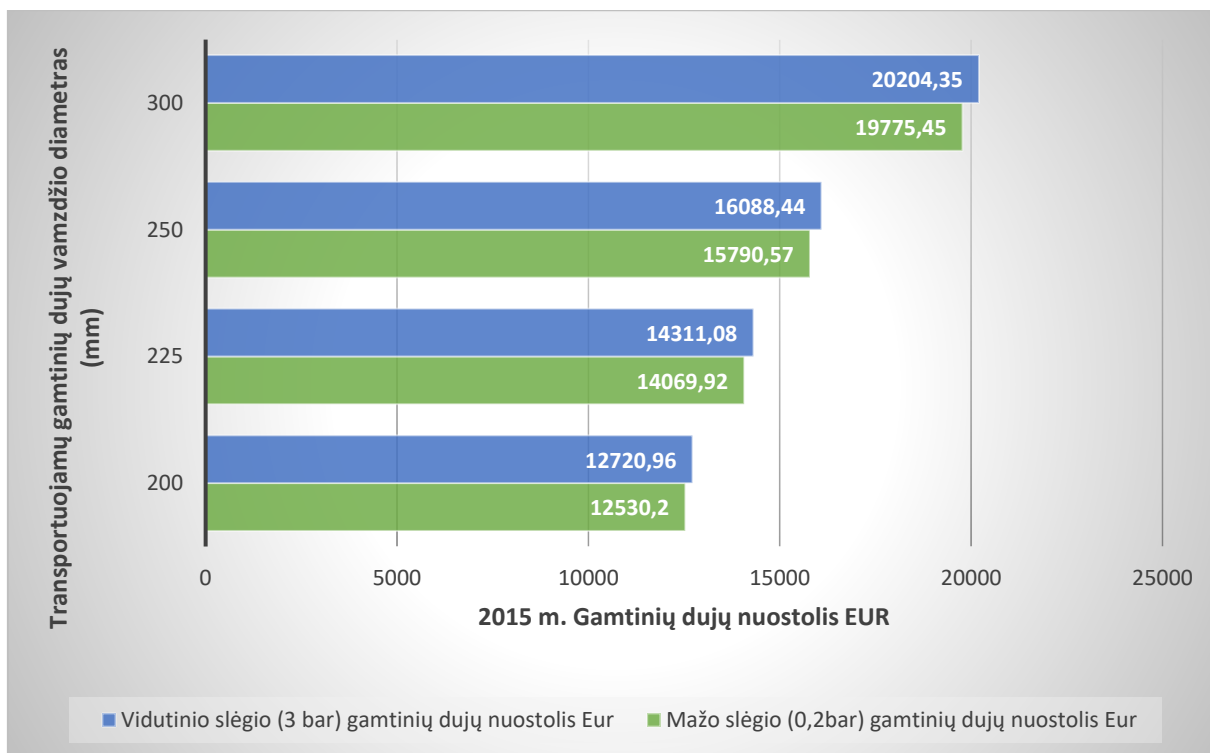
2015 metais bendrovė nenaudodama „RAVETTI“ įrangos atliko šešiasdešimt planinių dujotiekių remonto darbų, kuriuose nenaudojo „RAVETTI“ įrangos, (28 Pav.) pateikti nuostoliai pagal dujotiekių skersmenis, kokius nuostolius patirtų bendrovė, jei dujotiekiai būtų nuo 50 mm iki 90 mm skersmens. Mažo slėgio dujotiekių nuostoliai sudarytų nuo 7096,32 Eur iki 7946,32 Eur, o vidutinio slėgio dujotiekių nuostoliai siekia nuo 7108,16 Eur iki 7946,32 Eur per 2015 metus, kai buvo atlikti planiniai dujų eksploatavimo darbai.





**29 pav.** 2015 m. bendrovės patirti nuostoliai EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 100-180 mm.

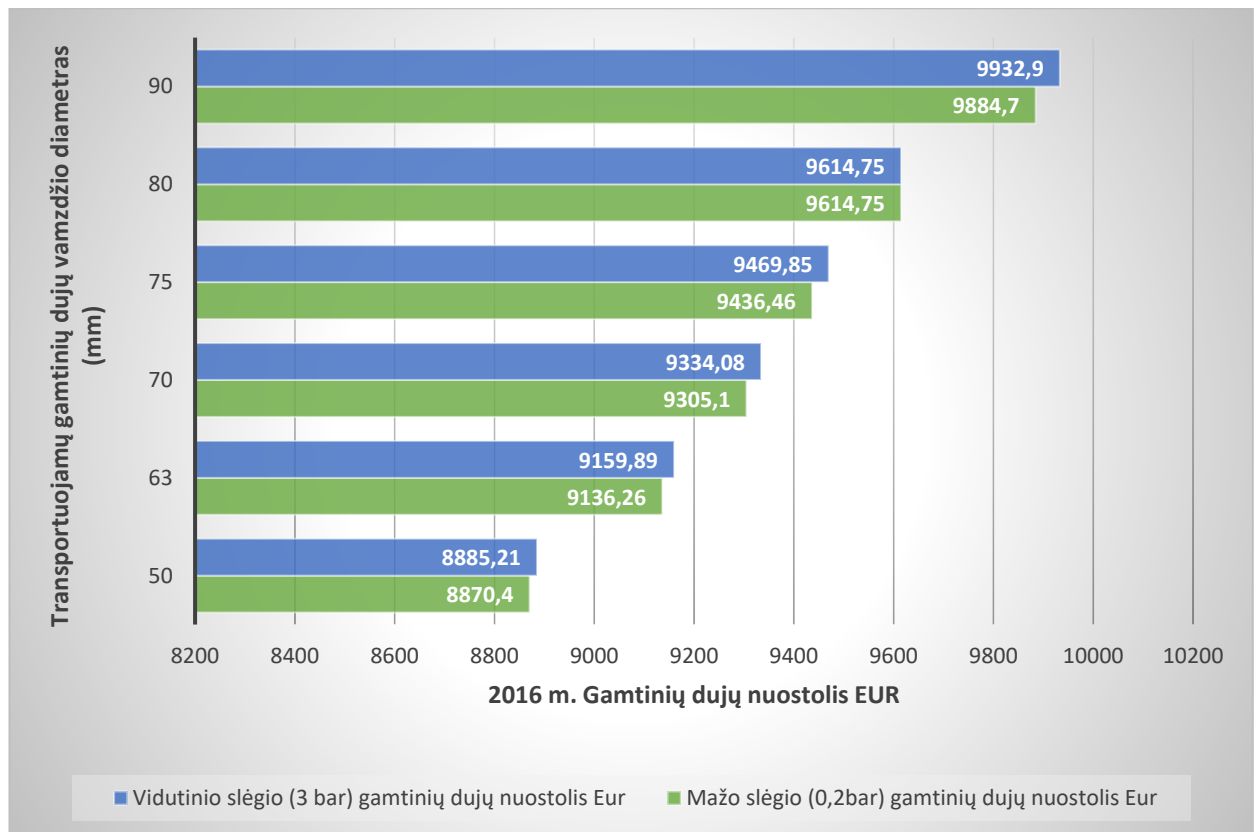
Nuostoliai pagal dujotiekių skersmenis, kokius nuostolius patirtų bendrovė, jei dujotiekiai būtų nuo 100 mm iki 180 mm skersmens. Mažo slėgio dujotiekių nuostoliai sudarytų nuo 8182,94 Eur iki 11428,96 Eur, o vidutinio slėgio dujotiekių nuostoliai siekia nuo 8230,57 Eur iki 11583,43 Eur per 2015 metus, kai buvo atlikti planiniai dujų eksploatavimo darbai (29 pav.).



**30 pav.** 2015 m. bendrovės patirti nuostoliai EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 200-300 mm.

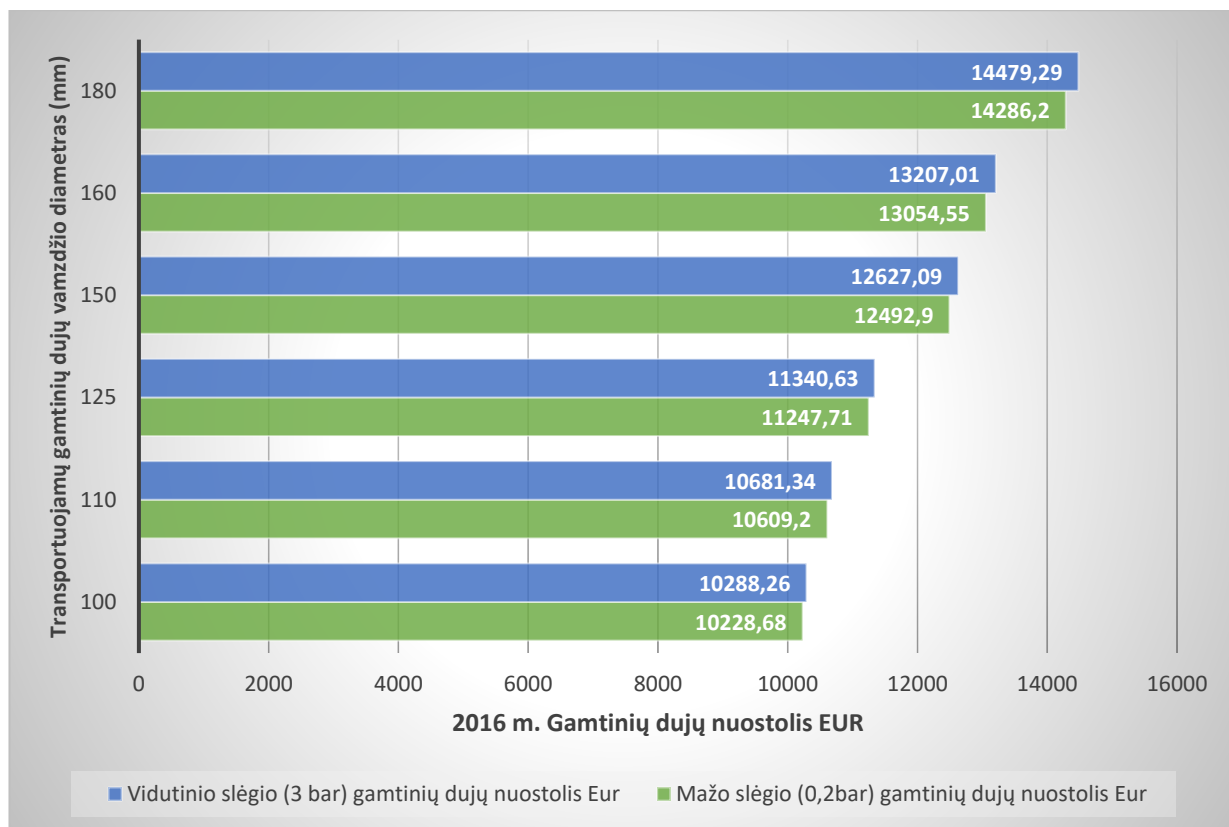
Nuostoliai pagal dujotiekių skersmenis, kokius nuostolius patirtų bendrovė, jei dujotiekiai būtų nuo 200 mm iki 300 mm skersmens. Mažo slėgio dujotiekių nuostoliai sudarytų nuo 12530,2 Eur iki 19775,45 Eur, o vidutinio slėgio dujotiekių nuostoliai siekia nuo 12720,96 Eur iki 20204,35 Eur per 2015 metus, kai buvo atlikti planiniai dujų eksploatavimo darbai (30 pav.).

2016 metais bendrovė atliko septyniasdešimt penkis planinius dujų eksploatavimo darbų remontus, nuostoliai kuriuos bendrovė patirtu nenaudodama „RAVETTI“ įrangos eksploatavimo darbams, kai gamtinės dujos išleidžiamos į atmosferą prieš dujotiekių remonto darbus ir sustabdomas dujų transportavimas tiekėjams, pateikta ( 31; 32; 33 pav.).



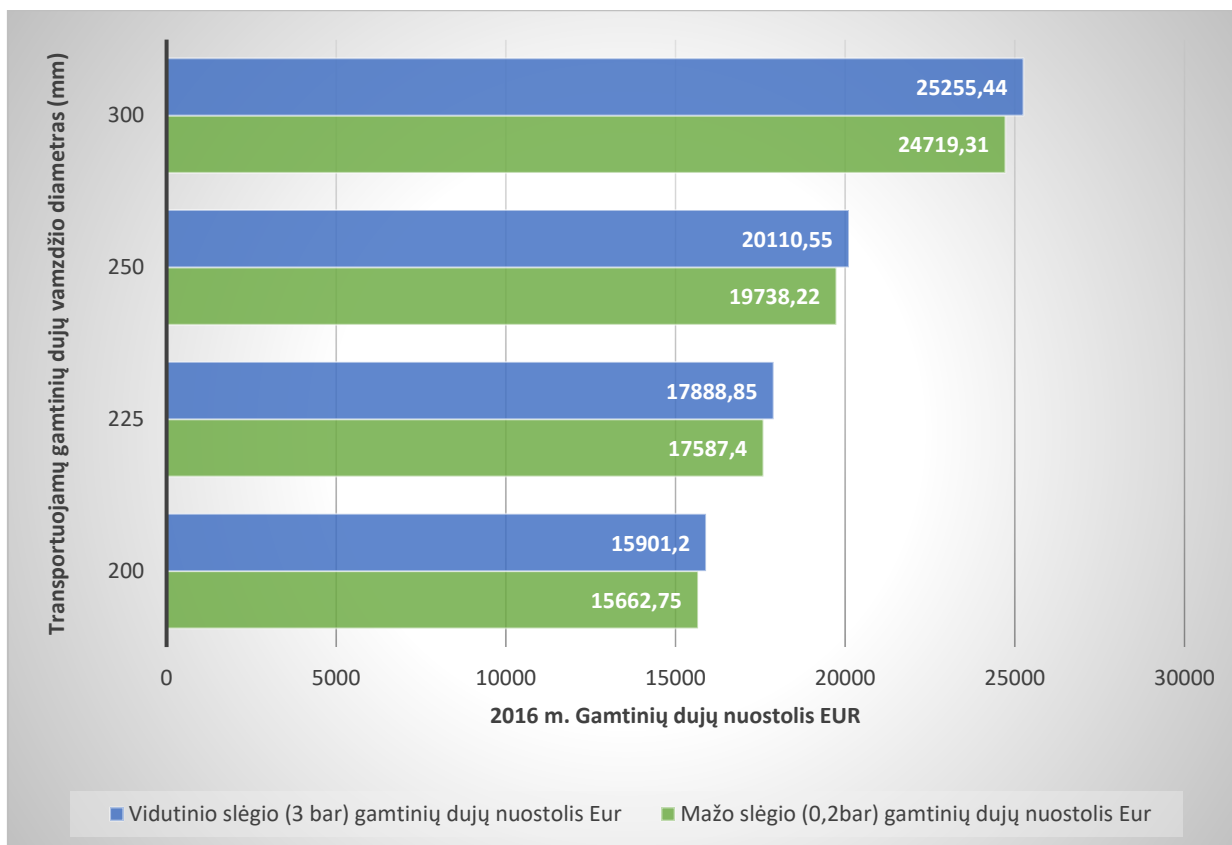
**31 pav.** 2016 m. bendrovės patirti nuostoliai EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 100-180 mm.

2016 metais nuostoliai mažo slėgio dujotiekių sudarytų nuo 8870,4 Eur iki 9884,7 Eur, o vidutinio slėgio dujotiekių nuostoliai siekia nuo 8885,21 Eur iki 9932,9 Eur per 2016 metus, kai buvo atlikti planiniai dujų eksploatavimo darbai (31 pav.).



**32 pav.** 2016 m. bendrovės patirti nuostoliai EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 100-180 mm.

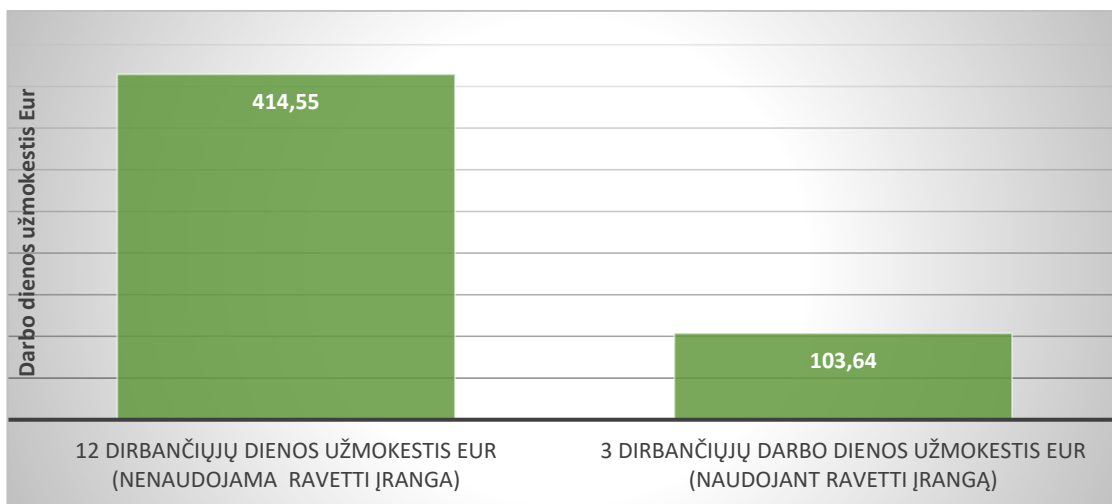
Nuostoliai pagal dujotiekių skersmenis, kokius nuostolius patirtų bendrovė, jei dujotiekiai būtų nuo 100 mm iki 180 mm skersmens. Mažo slėgio dujotiekių nuostoliai sudarytų nuo 10228,68 Eur iki 14286,2 Eur, o vidutinio slėgio dujotiekių nuostoliai siekia nuo 10288,26 Eur iki 14479,29 Eur per 2015 metus, kai buvo atlikti planiniai dujų eksploataavimo darbai (32 pav.).



**33 pav.** 2016 m. bendrovės patirti nuostoliai EUR nenaudojant „RAVETTI“ įrangos mažo ir vidutinio slėgio dujotiekiais pagal transportuojamų dujų vamzdžio skersmenis 200-300 mm.

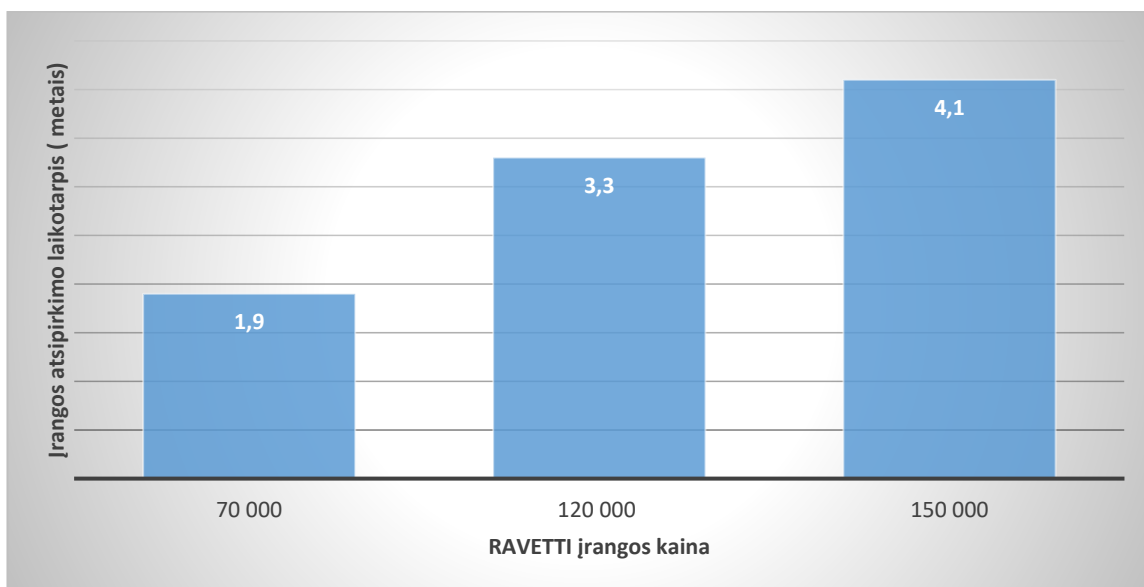
Atlikus skaičiavimus 200 mm - 300 mm mažo slėgio dujotiekių 2016 metų nuostoliai sudarytų nuo 15 662,75 Eur iki 24719,31 Eur, o vidutinio slėgio dujotiekių nuostoliai siekia nuo 15 901,2 Eur iki 25 255,44 Eur (33 pav.).

Išanalizavus darbo dienos ir metinius gamtinių dujų nuostolius, galima apžvelgti dar vieną svarbų aspektą- darbuotojų darbo užmokesčio sąnaudų pokyčius naudojant „RAVETTI“ įrangą. Atliekant transportuojamų dujų eksploatavimo darbus reikalingi dvylika darbuotojų, kurie atliktų visus reikiamus darbus, o naudojant „RAVETTI“ įrangą reikalingi tik trys kvalifikuoti darbuotojai. Išanalizavus bendrovės pateiktas metines veiklos atskaitas, nustatyta, jog bendrovės vidutinis darbo užmokestis darbininkui siekia 760 Eur. Vienos darbo dienos užmokestis darbininkui siekia 34,55 Eur, jei nenaudojama „RAVETTI“ įranga viso dirba dvylika darbininkų, jų darbo dienos užmokestis sudaro 414,55 Eur. Bendrovė naudodama „RAVETTI“ įrangą darbuotojų darbo dienos užmokesčiui sutaupyti 310,91 Eur, nes dirbant su „RAVETTI“ įranga trijų darbininkų darbo dienos užmokestis 103,64 Eur ( 34 pav.). Per metus, jei planinių remonto būių 75, vien darbo užmokesčio nuostoliai sumažėtų 23 318,25 Eur.



**34 pav.** Darbo dienos užmokesčio skirtumai dirbant su „RAVETTI“ įranga ir be jos

Išanalizavus internete pateiktus duomenis, įrangos kaina svyruoja nuo 70 000 Eur iki 150 000 Eur, siekdamas apskaičiuoti per kiek laiko atsipirktų bendrovės įsigyta įranga, rinkausi visų dujotiekių skersmens nuostolių vidurkį, atsipirkimo laikotarpis, jei įrangos komplektacija kainuotų 70 000 EUR, trūktų iki 1,9 metų. Jei bendrovės įsigyta „RAVETTI“ įranga kainuotų 120 000 EUR, įranga atsipirktų per 3,3 metus. Jei bendrovė įsigytų įrangos komplektacija, kurios kaina 150 000 EUR atsipirkimo laikotarpis- 4,1 metai ( 35 pav.).



**35 pav.** „RAVETTI“ įrangos atsipirkimo laikotarpis

## IŠVADOS

1. Darbe išnagrinėti įvairūs literatūros šaltiniai, kuriuose pateikta išsami informacija apie dujotiekių ir naftotiekių transportavimo būdus, vienas pigiausių ir ekologiškiausių transportavimo rūšių- vamzdynų transportas. Vamzdynai - ekologiškai švariausia transporto rūšis. Jais daugiausiai transportuojama nafta ir dujos. Bendras vamzdynų ilgis – 1,3 mln. km. Iš jų apie 60 % sudaro dujotiekiai ir apie 40 % – naftotiekiai.

2. Dujų tiekimo sistema sudaryta iš dujų tinklų su integruotais į juos dujų įrenginiais. Pradedant nuo magistralinio dujotiekio, sistemą pradeda dujų skirstymo stotis (DSS), paimant dujas iš magistralinio dujotiekio, mažinant jų slėgį ir tiekiant dujas į skirstomąjį tinklą. Skirstomiesiems tinklams tiesti polietileniniai vamzdžiai naudojami jau apie 35 metus. Gamtinių dujų skirstomasis dujotiekis Lietuvoje pradėtas tiesti 1960 m. Lietuvoje eksploatuojamos skirstymo sistemos kuriuose:

3. Panevėžio mieste per pirmus 2016 metų 9 mėn. lyginant su 2015 metų tuo pačiu laikotarpiu, per Panevėžio dujų skirstymo stotį transportuoti faktinių dujų srautų kiekių pokyčiai net 33,9 proc. daugiau, nei 2015 m. 2016 m. Per 2016 m. devynis mėnesius naujiems klientams prijungti prie dujų tinklo bendrovė pastatė 60,5 km skirstomojo dujotiekio, o 2015 m. sausį-rugsėį – 53,3 km ir prie dujotiekių prijungė 3011 naujų vartotojų , tai net 23 proc. daugiau nei 2015 m. tuo pat metu buvo prijungti 2453 vartotojai.

4. Įmonė skyrė daug investicijų dujotiekio eksploatavimo darbų modernizavimui, viena jų „RAVETTI“ įranga, tai veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įranga padedanti atlikti dujotiekio eksploatavimo darbus nenutraukinat gamtinių dujų tiekimo vartotojams. Šiuo modernizavimu buvo siekiama naudoti gamtinių dujų vartotojams. Naudodama šią įrangą bendrovė taip pat gauna naudos- per metus išvengtų nuo 32 188,65 EUR iki 48 573,69 EUR nuostolių. Į atmosferą, prieš atliekant planinius transportuojamųjų gamtinių dujų remonto darbus, nepatektų nuo 1078,5 m<sup>3</sup> iki 40 090,5 m<sup>3</sup> gamtinių dujų per metus. Tokiu būdu nauda pasiekama tiek vartotojui, tiek bendrovei.

5. Veikiančio plieninio dujotiekio atkarpos atjungimo įrangos „RAVETTI“ kaina, nuo 70 000 Eur iki 150 000 Eur, kaina priklauso nuo komplektacijos. Nustatyta, jei įranga kainuotų 70 000 Eur ir bendrovė metinių planinių darbų Panevėžio mieste atliktų 75, įranga atsipirktų per 1,9 metus. Jei įrangos kaina sudarytų 120 000 Eur, įranga atsipirktų per 3,3 metus. Kai įrangos kaina siektų 150 000 Eur bendrovei ji atsipirktų per 4,1 metus.

## LITERATŪRA

1. BAZARAS, Žilvinas. MARKŠAITIS, Donatas ir SAPRAGONAS Jonas, Europos transporto sistemos: mokomoji knyga. Kaunas, Technologija, 1999. ISBN9986136970.
2. NARBUTIS Bronislovas, GARLIAUSKAS Algis, VASILJEVAS Anatolijus, SABALIAUSKAS Pranas, SVETULEVIČIUS Dalius, HOPPENAS Haroldas, BRAŽIŪNAS Jonas Algimantas, MACIJASKAS Antanas Alfonsas, FLICK Rokas. Degių dujų sistema. Klaipėda, Klaipėdos universiteto leidykla, 2006. ISBN9955-18-127-3.
3. SUDINTAS Antanas, KUPRYS Algirdas. Dujų tiekimo sistemos [interaktyvus]. Vilnius, Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2011 [žiūrėta 2016-04-18]. eISBN 978-609-02-0529-7 Prieiga per: [https://www.ebooks.ktu.lt/eb/251/duju\\_tiekimo\\_sistemas/](https://www.ebooks.ktu.lt/eb/251/duju_tiekimo_sistemas/)
4. BOGDEVIČIUS Marijonas. Vamzdynų technologiniai įrengimai [interaktyvus]. Vilnius, Technika 2012 [žiūrėta 2016-05-10]. eISBN 978-609-457-283-8. Prieiga per: [http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/1449/3/1387-S\\_Bogdevicius\\_Vamzdynu\\_WEB.pdf](http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/1449/3/1387-S_Bogdevicius_Vamzdynu_WEB.pdf)
5. VILKYS Tadas, RUDZINSKAS Vitalijus. Magistralinio dujotiekio mechaninių pažeidimų įtaka saugiam eksploatavimui [interaktyvus]. Vilnius, Vilniaus Gedimino technikos universitetas. 2015 7(6):658-663 [žiūrėta 2016-05-12]. eISSN2029-2252. Prieiga per : <http://dx.doi.org/10.3846/mla.2015.888>.
6. Lietuvos dujos [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015-12-30]. Prieiga per : <http://www.lietuvosdujos.lt>.
7. Energijos skirstymo operatorius [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-06-10]. Prieiga per: <http://www.eso.lt/lt/namams/dujos/dujuisivedimas.html>.
8. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-02-01]. Prieiga per: <http://www.regula.lt/dujos/Puslapiai/duju-rinkos-apzvalga/rinkos-stebesena.aspx>.
9. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-06-10]. Prieiga per: [https://www.enmin.lt/lt/activity/veiklos\\_kryptys/elektra\\_ir\\_siluma/duju\\_sektorius.php?spyra\\_se\\_id=10557&clear\\_cache=Y](https://www.enmin.lt/lt/activity/veiklos_kryptys/elektra_ir_siluma/duju_sektorius.php?spyra_se_id=10557&clear_cache=Y)
10. Amber Grid [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-06-10]. Prieiga per: <https://www.ambergrid.lt/lt/perdavimo-sistema/gamtiniu-duju-rinka>
11. Gamtinės dujos Vikipedija [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-06-11]. Prieiga per: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Gamtin%C4%97s\\_dujos](https://lt.wikipedia.org/wiki/Gamtin%C4%97s_dujos).



12. Energetikos sektoriaus investicijos 2016-2025 m. [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2017-01-10].  
Prieiga per: <http://www.eso.lt/stream/7566/duj%C5%B3%20energetikos%20sektoriaus%20investicij%C5%B3%20planas%202016-2025%20metais.pdf>.
13. „RAVETTI“ įranga [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-02-13]. Prieiga per: <http://www.ravetti.com/eng/>
14. AKSAMITAUSKAS Vladislovas Česlovas, Algirdas NESECKAS. Požeminiai inžineriniai tinklai. Mokomoji knyga [interaktyvus]. Vilnius, Technika. 2005 [žiūrėta 2017-02-11]. ISBN 9986-05-871-6. Prieiga per: <http://lgms.lt/baze/doc/profesine-literatura/Pozeminiai-inzinieriniai-tinklai-2005.pdf>.
15. SUDINTAS Antanas. Kuro energetika: mokomoji knyga. Kaunas, Technologija, 2009. ISBN9789955256977.
16. PEKUS Rymantas. Inžinerinių tinklų hidrauliniai skaičiavimai: vandentiekis, vandens šildymo sistemos ir dujotiekis: mokomoji knyga. Vilnius, Technika, 2004. ISBN9986057183.
17. Energijos skirstymo operatorius 2016 metų veiklos ataskaita [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-05-10].  
Prieiga per: [http://www.eso.lt/stream/30128/2016%20metu%20eso\\_ataskaita%20lt.pdf](http://www.eso.lt/stream/30128/2016%20metu%20eso_ataskaita%20lt.pdf).
18. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. Dėl skirstomųjų dujotiekių įrengimo taisyklių patvirtinimo: Lietuvos energetikos ministro įsakymas: 2016m. Gegužės 17 d. Nr. 1-162 [interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-11]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalActPrint?documentId=7d040a101e8111e69446a4bedc730fe6>
19. LIETUVOS RESPUBLIKOS ŪKIO IR APLINKOS MINISTERIJA. Dėl Sritinių norminių dokumentų „Dujų sistema. Skirstomieji plieniniai dujotiekiai. Projektavimas ir statyba. Taisyklės“ ir „Dujų sistema. Skirstomieji polietileniniai dujotiekiai. Medžiagos, projektavimas, statyba ir remontas taisyklės“ patvirtinimo: Lietuvos ūkio ir aplinkos ministrų įsakymas: 2000 m. Birželio 1 d. Nr. 203/219 [interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-11]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.1C625A4F3AC3>
20. Oficialios statistikos departamentas: Aplinkosauga ir energetika [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-02-11]. Prieiga per: <http://osp-old.stat.gov.lt/web/guest/temines-lenteles24>
21. KRIVICKAS Sigitas, MACIJAUSKAS Antanas. Žydrosios liepsnos sergėtojai. Vilnius. Sapnų sala, 2008. ISBN 978-9955-611-28-8.
22. REGIA regionų geoinformacinės aplinkos paslauga [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2017-04-22]. Prieiga per: <http://regia.lt/>

**PRIEDAI**

**1 PRIEDAS**

**MAŽIAUSI ATSTUMAI NUO PE DUJOTIEKIŲ IKI STATINIŲ, INŽINERINIŲ TINKLŲ  
IR KITŲ OBJEKTŲ**

		Dujotiekis be apsauginio dėklo, m		Dujotiekis su apsauginiu dėklu, m		Apsauginių dėklų tipai
		Vertikalus atstumas susikertant	Horizontalus atstumas lygiagrečiai	Vertikalus atstumas susikertant	Horizontalus atstumas lygiagrečiai	
Vamzdynai	Šuliniai ir pan.	0,50		0,10		Polietileningi PE/PN1
	Kelių drenažo šuliniai	0,30				
	Drenažo vamzdžiai ≤ 150 mm skersmens	0,15	1,00	0,10	0,10	
	Drenažo vamzdžiai > 150 mm skersmens nuotakyno vamzdžiai, kabelių kanalai	0,30				

Slėginiai vamzdynai	Vandentiekio vamzdžiai, slėginis nuotakynas		0,30	0,50	0,10	0,10	Polietileniniai PE/PN1
	Šilumos tiekimo vamzdžiai (bekanaliniai)		1,00	2,00	0,30	1,00	Plieniniai su apsaugine PE danga
	Šilumos tiekimo vamzdžiai (kanaliniai, atstumas iki kanalo)		1,00	2,00	0,10	1,00	Plieniniai su apsaugine PE danga
Elektroninio ryšio linijos	Elektroninių ryšių kabeliai	Dujų MOP iki $\leq 7$ bar	Dujotiekis turi būti su apsauginiu dėklu	1,00	0,50	1,00	Polietileniniai PE/PN1
		Elektroninių ryšių kabelių kanalų sistema (RKKS)	Dujų MOP iki 5 bar	Dujotiekis turi būti su apsauginiu dėklu		1,00 (MOP $\leq 75$ mbar)	1,00 (MOP $\leq 75$ mbar)
	1,50 (MOP $> 75$ mbar iki 2 bar)				1,50 (MOP $> 75$ mbar iki 2 bar)		
2,00 (MOP $> 2$ bar iki 5 bar)	2,00 (MOP $> 2$ bar iki 5 bar)						

		Dujų MO P > 5 bar ≤ 7 bar	Dujotieki s turi būti su apsaugini u dėklu	3,00  (MOP >5 bar iki 7 bar)	0,25	3,00  (MOP >5 bar iki 7 bar)	Polietilenini ai PE/PN1
Kiti	Medžiai su giliomis šaknimis		2,00		1,00		
	Vaismedžiai, krūmai ir medžiai su negilia šaknų sistema		1,00		Nereglamentuojama		
	Kelio pylimo padas arba kelio iškasos griovio išorinė briauna		3,50		2,50		Polietilenini ai PE/PN1
	Betoniniai pastatų laiptai		0,50		0,10		Polietilenini ai PE/PN1
	Požeminės skystojo kuro, mazuto talpyklos, cisternos		0,30		0,10		

Mažiausi horizontalūs plieninio požeminio dujotiekio atstumai iki požeminių inžinerinių tinklų ir medžių

Horizontalus atstumas, m		Požeminio dujotiekio tipas		
		$\leq 75$ mbar	$> 75$ mbar $\leq 5$ bar	$> 5$ bar $\leq 16$ bar
iki medžio kamieno		2	2	2
iki vandentiekio, slėginio nuotakyno vamzdžio		1	1	1
iki savitakio nuotakyno vamzdžio		1	1,5	5
iki drenažo ir lietaus nuotakyno		1	1,5	5
iki dujotiekio: kai vamzdžių skersmuo $> 300$ mm; kai vamzdžių skersmuo $\leq 300$ mm		0,5 0,4	0,5 0,4	0,5 0,4
iki ryšių kabelių		1	1	1
iki šilumos tiekimo tinklų	išorinės kanalo, sienelės	2	2	4
	bekanalio tinklo vamzdžio	1	1	2
iki kanalų, tunelių		2	2	4
iki išorinių pneumatinių šiukšlių vamzdžių		1	1,5	2

**GAMTINIŲ DUJŲ NUOSTOLIŲ SKAIČIAVIMAI NENAUDOJANT „RAVETTI“  
ĮRANGOS**

**Žemo slėgio ( 0,2 bar ) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos**

**50 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 13,7375 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 14,38 \text{ m}^3$$

**63 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 21,8096 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 22,82 \text{ m}^3$$

**70 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 26,9255 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 28,18 \text{ m}^3$$

**75 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 30,9093 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 32,35 \text{ m}^3$$

**80 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 35,168 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 36,80 \text{ m}^3$$

**90 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 44,5095 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 46,58 \text{ m}^3$$

**Vidutinio slėgio ( 3 bar ) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos**

**50 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 13,7375 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 14,85 \text{ m}^3$$

**63mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 21,8096 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 23,57 \text{ m}^3$$

**70mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 26,9255 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 29,10 \text{ m}^3$$

**75 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 30,9093 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 33,41 \text{ m}^3$$

**80 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 35,168 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 38,01 \text{ m}^3$$

**90mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 44,5095 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 48,11 \text{ m}^3$$

**Mažo slėgio ( 0,2 bar ) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos**

**100 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 54,95 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 57,50 \text{ m}^3$$

**110 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 66,4895 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 69,58 \text{ m}^3$$

**125 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 85,8593 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 89,85 \text{ m}^3$$

**150 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 123,6375 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 129,38 \text{ m}^3$$

**160 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 140,672 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 147,21 \text{ m}^3$$

**180 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 178,038 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 186,31 \text{ m}^3$$

**Vidutinio slėgio ( 3 bar ) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant RAVETTI įrangos**

**100 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 54,95 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 59,39 \text{ m}^3$$

**110 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 66,4895 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 71,87 \text{ m}^3$$

**125 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 85,8593 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 92,80 \text{ m}^3$$

**150mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 123,6375 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 133,64 \text{ m}^3$$

**160 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 140,672 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 152,05 \text{ m}^3$$

**180 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 178,038 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 192,44 \text{ m}^3$$



### Mažo slėgio ( 0,2 bar ) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos

**200 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 219,8 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 230,01 \text{ m}^3$$

**225 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 278,1843 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 291,11 \text{ m}^3$$

**250 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 343,4375 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 359,39 \text{ m}^3$$

**300 mm.**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 494,55 \cdot \frac{0,1013}{0,9893 \cdot (273,15 + 10)} = 517,52 \text{ m}^3$$

### Vidutinio slėgio ( 3 bar ) nuostolių skaičiavimai, nenaudojant „RAVETTI“ įrangos

**200 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 219,8 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 237,58 \text{ m}^3$$

**225mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 278,1843 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 300,68 \text{ m}^3$$

**250 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 343,4375 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 371,21 \text{ m}^3$$

**300 mm**

$$V_{išl} = 2893 \cdot V_d \cdot \frac{P_p + P_{atm}}{K_z \cdot (273,15 + \vartheta)} = 2893 \cdot 494,55 \cdot \frac{0,1013}{0,958 \cdot (273,15 + 10)} = 534,54 \text{ m}^3$$

PANEVĖŽIO MIESTO GYVENAMASIS NAMŲ KVARTALAS

