

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Sideris Marius

VANDENILIO GAMYBOS IŠ METANO TECHNOLOGINIS
ĮVERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Prof. S.Kitrys

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

**VANDENILIO GAMYBOS IŠ METANO TECHNOLOGINIS
ĮVERTINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

Vadovas

Prof. S.Kitrys

Recenzentas

Doc.dr. A.Jaskūnas

Projektą atliko

Sideris Marius

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
Prof. E.Valatka

Suderinta:
Fizikinės ir neorganinės chemijos katedros vedėja
prof. dr. I. Ancutienė

Dekano įsakymas Nr. ST18-F-02-1
2018 m. balandžio mėn. 11 d.

2018 m. vasario mėn. 5 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Išduota studentui **Mariui Sideriui**

1. Darbo tema: „Vandenilio gamybos iš metano technologinis įvertinimas”
2. Darbo tikslas – išanalizuoti dvilaispės metano konversijos rodiklius ir įvertinti šios technologijos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

- 2.1. Atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais.
- 2.2. Parinkti technologijos inžinerinio vertinimo metodą, atlikti skaičiavimus ir aptarti jų rezultatus.
- 2.3. Skaičiavimais įrodyti technologijos tobulinimo galimybes ir pateikti technologinės schemos pakeitimus.
- 2.4. Pateikti gamybos aplinkosaugos, darbo saugos, statybinius ir ekonominius sprendimus bei rodiklius.

3. Darbo sudėtinės dalys:

- 3.1. Santrauka
- 3.2. Turinys
- 3.3. Įvadas
- 3.4. Literatūros apžvalga
- 3.5. Skaičiavimų metodikos
- 3.6. Inžinerinė dalis
- 3.7. Darbuotojų sauga ir sveikata
- 3.8. Aplinkosauginis vertinimas
- 3.9. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai
- 3.10. Statybiniai sprendimai
- 3.11. Išvados
- 3.12. Bibliografinių nuorodų sąrašas

Užduoties išdavimo data 2018 m. vasario mėn. 5 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas 2018 m. gegužės 25 d.

Vadovas: prof. dr. Saulius Kitrys
(vardas, pavardė)

2018-02-05
(parašas, data)

Užduotį gavau: Marius Sideris
(studento vardas, pavardė)

2018-02-05
(parašas, data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Sideris Marius

Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

„Vandenilio gamybos iš metano technologinis įvertinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

Patvirtinu, kad mano, Mariaus Siderio, baigiamasis projektas tema „Vandenilio gamybos iš metano technologinis įvertinimas“ 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)

TURINYS

ĮVADAS	12
1. BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKLIAI	13
1.1.1. Pradinė padėtis	14
1.1.2. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas.....	14
1.1.3. Gamybinio pajėgumo ir gamybinės programos pagrindimas	15
1.1.4. Statybos aikštelės charakteristika bei pagrindimas	15
2. LITERATŪROS APŽVALGA	16
2.1. Vandenilio savybės, panaudojimas bei gavimas	16
2.1.1. Vandenilio fizikinės savybės.....	16
2.1.2. Vandenilio gavimas ir panaudojimas	16
2.2. Metano konversijos fizikiniai – cheminiai pagrindai	18
2.2.1. Metano konversija	18
2.2.2. Endoterminė metano konversija.....	19
2.2.3. Egzoterminė metano konversija	20
2.2.4. Katalizatoriai ir jų nuodai.....	21
3. TIRIAMOJI DALIS	23
3.1. Skaičiavimų metodika	23
4. INŽINERINĖ DALIS	33
4.1. Dviejų laipsnių metano konversijos technologinė schemos aprašymas.....	33
4.1.1. Gamtinių dujų redukavimas	33
4.1.2. Gamtinių dujų valymas nuo sieros junginių.....	33
4.1.3. Pirmo laipsnio metano konversija	34
4.1.4. Antro laipsnio metano konversija	35
4.1.5. Kūryklinės dujos	36
4.1.6. Aukštų parametrų garų gamybos sistema	36
4.2. Technologiniai sprendimai	37
4.2.1. Papildomas oro pašildymas.....	37
4.2.2. Garų – dujų mišinio temperatūros pakeitimas	38
4.2.3. Temperatūrinio režimo pakeitimas	39
4.3. Technologinė schema	43
4.4. Darbuotojų sauga ir sveikata	44
4.4.1. Projektuojamo objekto charakteristika.....	44
4.4.2. Profesinės rizikos vertinimas	44
4.4.3. Saugi gamyba	46
4.4.4. Darbo higiena	48
4.4.5. Gaisrinė sauga	50
4.5. Aplinkosauginis vertinimas.....	51
4.5.1. Bendrieji duomenys	51
4.5.2. Atliekos	52
4.5.3. Planuojamos ūkinės veiklos galimas poveikis įvairiems aplinkos komponentams ir poveikį aplinkai mažinančios priemonės	54
4.6. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai	57
4.6.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas	57
4.6.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	58
4.6.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas.....	59
4.6.4. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos	60
4.6.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	60
4.6.6. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas.....	63

4.6.6. Veiklos kaštai	65
4.6.7. Finansinės ir investicinės sąnaudos.....	65
4.6.8. Gaminio kainos skaičiavimas.....	66
4.6.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai	66
4.6.10. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas rekonstrukcijos (modernizacijos) atveju	67
4.6.11. Investicijų efektyvumo vertinimas	70
4.6.12. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimas	70
4.6.13. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas	71
4.6.14. Vidinės pelno normos skaičiavimas.....	72
4.6.15. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas	72
4.6.16. Lūžio taško skaičiavimas	73
4.6.17. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai	74
4.7. Statybiniai sprendimai	75
4.7.1. Bendrieji duomenys	75
4.7.2. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai	76
4.7.3. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara.....	76
IŠVADOS	77
BIBLIOGRAFINIS APRAŠAS	78
PRIEDAI	81

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1 paveikslas. Vandenilio gavimo šaltiniai
- 2 paveikslas. Metano konversijos produktai
- 3 paveikslas. Pusiausvyros konstantos priklausomybė nuo temperatūros
- 4 paveikslas. Įtekantys ir ištekantys srautai bei jų parametrai vamziniėje krosnyje
- 5 paveikslas. Gamtinių dujų kiekio ir nesureagavusio metano priklausomybė nuo temperatūros
- 6 paveikslas. II – ojo laipsnio katilo –utilizatoriaus principinė schema Aspen HYSYS aplinkoje
- 7 paveikslas. Siurblinės evakuacijos planas

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai
- 2.1.1 lentelė. Vandens fizikinės savybės
- 2.1.2 lentelė. Vandens panaudojimas JAV
- 3.1 lentelė. Pradiniai duomenys
- 3.2 lentelė. Medžiagų balansas naudojant termodinamines lygtis
- 3.3 lentelė. Savitosios šiluminės talpos
- 3.4 lentelė. Realiųjų dujų tūriai
- 3.5 lentelė. Sudegusio metano produktai ir jų kiekiai
- 4.2.1 lentelė. Sutaupomas gamtinių dujų kiekis pašildžius orą
- 4.2.2 lentelė. Sutaupomas (reikalingas papildomas) gamtinių dujų kiekis pakeitus GDM temperatūrą
- 4.2.3 lentelė. Pusiausvyrisis mišinys vamzdinėje krosnyje esant skirtingoms temperatūroms
- 4.2.4 lentelė. Pradiniai srautai Aspen HYSYS skaičiavimams
- 4.4.1 lentelė. Rizikos veiksniai, jų ribiniai dydžiai ir prevencijos priemonės
- 4.4.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai
- 4.4.3 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų
- 4.4.4 lentelė. Elektros įrangos parinkimas
- 4.4.5 lentelė. Kenksmingų medžiagų ribiniai dydžiai
- 4.4.6 lentelė. Darbo patalpos komfortinės sąlygos
- 4.5.1 lentelė. Duomenys apie gaminius (produkciją)
- 4.5.2 lentelė. Kuro ir energijos vartojimas
- 4.5.3 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavą, chemines medžiagas ar preparatus
- 4.5.4 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas
- 4.5.5 lentelė. Tarša į aplinkos orą
- 4.5.6 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencijos priemonės
- 4.6.1 lentelė. Sutaupomas gamtinių dujų kiekis ir jo vertė
- 4.6.2 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai
- 4.6.3 lentelė. Ilgalaikis turtas
- 4.6.4 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos
- 4.6.5 lentelė. Išlaidos gamtinėms dujoms
- 4.6.6 lentelė. Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis
- 4.6.7 lentelė. Išlaidos technologinių procesų energijai
- 4.6.8 lentelė. Išlaidos šiluminei energijai

- 4.6.9 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai
- 4.6.10 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai
- 4.6.11 lentelė. Gamybos kaštai
- 4.6.12 lentelė. Veiklos kaštai
- 4.6.13 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas
- 4.6.14 lentelė. Gaminio kaina
- 4.6.15 lentelė. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai
- 4.6.16 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas, įvykdžius projektą
- 4.6.17 lentelė. Projekto grynujų pinigų srautų skaičiavimas
- 4.6.18 lentelė. Efektyvumo ir efekto skaičiavimas
- 4.6.19 lentelė. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimo rezultatai
- 4.6.20 lentelė. Diskontuotų pinigų srautų skaičiavimas
- 4.6.21 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas

Marius Sideris. Vandenilio gamybos iš metano technologinis įvertinimas. Baigiamasis magistro projektas / vadovas Prof. S.Kitrys; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Technologijos mokslai, Chemijos inžinerija
Reikšminiai žodžiai: metanas, gamtinės dujos, konversija, vandenilis.
Kaunas, 2018. 81 p.

SANTRAUKA

Dviejų laipsnių metano konversija yra vienas iš pažangiausių vandenilio dujų gavimo būdų. Šio proceso pagrindinė žaliava yra gamtinės dujos. Magistro baigiamajame darbe atlikti skaičiavimai, kuriais remiantis, galima sumažinti sunaudojamų dujų kiekį. Remiantis skaičiavimais, jį galima sumažinti 2744 kubiniais metrais per valandą, panaudojant katilą – utilizatorių ne vandens garams gaminti, o orui, patenkančiam į vamzdinės krosnies radiacinę dalį, pašildyti.

Rekonstruojama gamykla yra Jonalaukio kaime, Jonavos rajone. Sklypo plotas 0,87 ha, kurio didžiąją dalį sudaro įrenginiai, naudojami metano konversijai į vandenilį.

Atlikus finansinius ir ekoniminius skaičiavimus, nustatyta, kaip pasikeis grynųjų pinigų srautai prieš rekonstrukciją ir po jos. Pagal gautus rezultatus, projekto atsipirkimo laikotarpis yra 3 metai. Be to, išanalizavus projektą įvairiais metodais, gaunami teigiami pelningumo rodikliai.

Dviejų laipsnių metano konversijos procesas įvertintas aplinkosauginiu požiūriu. Iš gautų rezultatų matyti, jog didžiausią poveikį aplinkai daro išmetamosios dujos – azoto oksidai, kurie gaunami deginant gamtines dujas. Teršalų sumažinimui numatytas homogeninis valymo įrenginys, kuris paverčia kenksmingus oksidus į azoto dujas.

Atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė, atsižvelgiant į profesinės rizikos vertinimą, saugią gamybą, darbo higieną bei gaisrinę saugą. Kadangi gamyboje naudojamos kenksmingos medžiagos, pateikta informacija apie jų ribinius dydžius bei prevencijos priemones.

Marius Sideris. Technological assessment of hydrogen production from methane. Master's Final Degree Project / supervisor prof. Saulius Kitrys; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Science of technology, Chemistry engineering

Keywords: methane, natural gas, conversion, hydrogen.

Kaunas, 2018. 81 pages.

SUMMARY

Two – step methane conversion is one of the most advanced hydrogen gas production methods. The main raw material of this process is natural gas. In master's thesis, calculations were made in order to reduce natural gas usage. According to calculations, usage of natural gas could be reduced by 2744 cubic meters per hour by using heat exchanger – utilizer for air heating which gets into primary reformer. Under normal conditions, heat exchanger produces water steam .

Factory that is being reconstructed is located at Jonalaukis village, Jonava district. Size of the plot is 0,87 ha which is mostly contributed to methane conversion into hydrogen plant.

As financial and economical evaluations were made, cash flows before and after reconstruction were determined. According to results, payback period of the project is 3 years. In addition, positive profitability ratios are determined as project are being analyzed by various methods.

Two – step methane conversion evaluated from the environmental point of view. Referred to results, the most meaningful influence upon environment are done by gas emissions such as nitrogen oxydes which are being made by natural gas combustion. In order to reduce pollution, homogeneous purification appliance are foreknown. It converts hazardous oxydes into nitrogen gas.

Occupational health and safety analysis were made taking into consideration : occupational risks, manufacturing safety, operational hygiene and fire safety. Manufacturing process uses hazardous materials so that there is information about its marginal variables and prevention tools.

IVADAS

Vandenilis – vienas iš svarbiausių cheminių elementų, esančių Žemės planetoje. Vandenilio ir azoto dujos yra pagrindiniai elementai azotinių trąšų gamyboje. Galutinis gamybos produktas – amoniakas – naudojamas amonio salietros, karbamido, azoto rūgšties, skystų trąšų gamyboje, medicinoje, dažų pramonėje, metalurgijoje. [10]

Vandenilio gavimo būdų yra ne vienas, tačiau pats ekonomiškiausias ir plačiausiai naudojamas yra dviejų laipsnių metano konversija vandens garais. Jos metu reakciniuose vamzdžiuose gamtinių dujų ir vandens garų mišinys sureaguoja ant katalizatoriaus esant aukštai temperatūrai, pagamindamas vandenilį, anglies monoksidą ir anglies dioksidą.

Pagrindinė problema, kuri pastaruoju metu labiausiai tyrinėjama, yra didelis gamtinių dujų kiekio poreikis. Tai yra neatsinaujantis gamtos išteklius, kurio gavyba ir perdirbimas daro labai didelį poveikį aplinkai. Gamtinių dujų kiekio mažinimui amoniako gamyboje yra atlikta daug tyrimų. Tai įvairių gamybos stadijų rekonstrukcijos, cheminės pusiausvyros pakeitimai, aparatų modernizacijos ir t.t

Magistro baigiamajame darbe rekonstruota dviejų laipsnių metano konversijos linija, panaudojant II – ojo laipsnio katilą – utilizatorių, kuris gamina vandens garus, papildomai pašildyti oro srautą, kuris reikalingas degimo procesui vamzdinėje krosnyje. Be to, šis procesas įvertintas aplinkosauginiu požiūriu, suprojektuota technologinė gamybos linija, įvertinta darbuotojų sauga ir sveikata, pateiktas ekonominis modernizacijos pagrindimas bei statybiniai sprendimai.

Darbo tikslas – išanalizuoti dvilaispės metano konversijos rodiklius ir įvertinti šios technologijos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais.
2. Parinkti technologijos inžinerinio vertinimo metodą, atlikti skaičiavimus ir aptarti jų rezultatus.
3. Skaičiavimais įrodyti technologijos tobulinimo galimybes ir pateikti technologinės schemas pakeitimus.
4. Pateikti gamybos aplinkosaugos, darbo saugos, statybinius ir ekonominius sprendimus bei rodiklius.

1. BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKLIAI

Renovuojama dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija. Objektas renovuojamas Jonalaukio kaime, Jonavos rajone. Ši teritorija palanki daugeliu transporto ir susisiekimo aspektų.

Šio proceso paskirtis yra gaminti : azoto – vandenilio mišinį amoniako sintezei, aukštų parametru vandens garus, kurie naudojami sukurti kompresorių bei siurblių turbinoms. Galutinis produktas, amoniakas, yra vienas iš plačiausiai panaudojimą turinčių cheminių junginių. Jis naudojamas amonio salietros, karbamido, azoto rūgšties, skystų trąšų gamyboje, medicinoje, dažų pramonėje bei dar daugelyje sričių.

Dviejų laipsnių metano konversija renovuojama remiantis tyrimais, eksperimentiniais duomenimis bei skaičiavimais. Atliekant modernizaciją, įvertinta ne tik technologinė nauda, bet ir aplinkosauginiai, darbo saugos, finansiniai ir ekonominiai bei statybiniai aspektai. Projekto pagrindiniai rodikliai pateikti (žr. 1.1 lent.)

1.1 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos	Pokytis
Produkcijos pardavimo apimtis, t brandos stadijoje	578160	578160	-
Gautingosios pajamos, mln.Eur	467,06	467,06	-
Įmonės personalas, žmonėmis:			
Iš to skaičiaus darbininkai	11	11	-
Darbo našumas, mln. Eur:			
Darbininko	0,58	0,58	-
Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:			
Darbininko	0,052	0,052	-
Gamybos kaštai, mln. Eur	386,04	378,2	7,84
Gaminio pilnoji savikaina, Eur.	734,4	719,67	-
Grynasis pelnas, mln.Eur	36,06	43,32	7,28
Papildomas pelnas, gautas įgyvd. projektinius sprendimus	-	19,71	19,71
Investicijų apimtis, mln.Eur	-	2,49	2,49
Produkcijos rentabilumas, %	10	12	2
Apyvartos rentabilumas, %	9	9	-
Kapitalo rentabilumas, %	33	38	5

Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	-	3,32	3,32
Projekto grynoji esamoji vertė, mln.Eur	-	172,75	172,75
Kapitalo kaštai, %	-	6,42	6,42
Vidinė pelno norma, %	-	56,85	56,85

1.1.1. Pradinė padėtis

Projektuojamas veikiančio amoniako gamybos agregato, dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos rekonstrukcija.

Šios modernizacijos priežastys yra dvi: ekonominė ir aplinkosauginė nauda. Svarbiausia rekonstrukcijos priežastis yra žaliavos kiekio (gamtinių dujų) sumažinimas. Be to, atlikus modernizaciją, galima išvelgti naudą aplinkai, kadangi sumažinus gamtinių dujų suvartojimą, tausojami gamtiniai išteklių, mažiau teršiama atmosfera.

Rekonstrukcijai atlikti reikalinga dujopūtė bei separatorius. Separatorius naudojamas atskirti drėgmę iš oro srauto, kuris dujopūte tiekiamas į II – ojo laipsnio katilų utilizatorių. Prieš modernizaciją, jame gaminami aukšto slėgio vandens garai. Kadangi dviejų laipsnių metano konversijos linija dėl atliktų rekonstrukcijų gamina perteklinį vandens garų kiekį, kuris išduodamas į bendrovės tinklą, katilą – utilizatorių galima panaudoti pašildyti orą, kuris naudojamas vamzdinės krosnies lubiniams degikliams. Pašildyto oro dėka būtų sutaupomas gamtinių dujų kiekis, naudojamas sudegimui.

1.1.2. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas

Dviejų laipsnių metano konversijos pagrindinės žaliavos yra gamtinės dujos, oras ir vanduo. Gamtinėse dujose esantis metanas reaguoja su vandens garais I – ojo laipsnio metano konverteryje, o nesureagavęs metanas sudeginamas II – jo laipsnio metano konverteryje, į kurį papildomai tiekiamas oras. Jis imamas bendrovės teritorijoje, paruošiamas ir tiekiamas į gamybą. Vanduo siurbiamas iš netoliese esančios Nerios upės, chemiškai paruošiamas ir naudojamas gamybinėms reikmėms. Gamtinių dujų tiekimas priklauso „Gazprom“ Sutrikus elektros ar šiluminės energijos tiekimui, įmonėje įrengta kogeneracinė jėgainė.

1.1.3. Gamybinio pajėgumo ir gamybinės programos pagrindimas

Atliekant technologinės linijos modernizaciją, gamybinis pajėgumas išlieka tas pats. Rekonstrukcijos tikslas yra sumažinti žaliavų sunaudojimą, taip sumažinant gamybos kaštus. Planuojamas darbo laikas lieka nepakitęs, dieninė ir naktinė pamaina, 365 dienas per metus.

1.1.4. Statybos aikštelės charakteristika bei pagrindimas

Rekonstruojamos dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija yra Jonavos rajone, Jonalaukio kaime prie pat Neries, 3 kilometrų atstumu nuo magistralinio kelio A6, kuris labai svarbus transportavimo atžvilgiu. Be to, įmonėje numatytas geležinkelio transportas. Palankūs vyraujantys vėjai, priešingos krypties gyvenvietei, yra labai svarbūs, nes įmonėje gaminamos ir perdirbamos kenksmingos medžiagos. Atstumas iki artimiausios gyvenvietės – apie 6 kilometrai.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Vandenilio savybės, panaudojimas bei gavimas

2.1.1. Vandenilio fizikinės savybės

Vandenilis tai dujos, kurios neturi kvapo, skonio, spalvos bei yra netoksiškos. Šios dujos yra pats lengviausias ir vienas plačiausiai paplitusių cheminių elementų Žemėje. Vandenilio fizikinės savybės pateiktos lentelėje (žr. 2.1.1 lent.): [1].

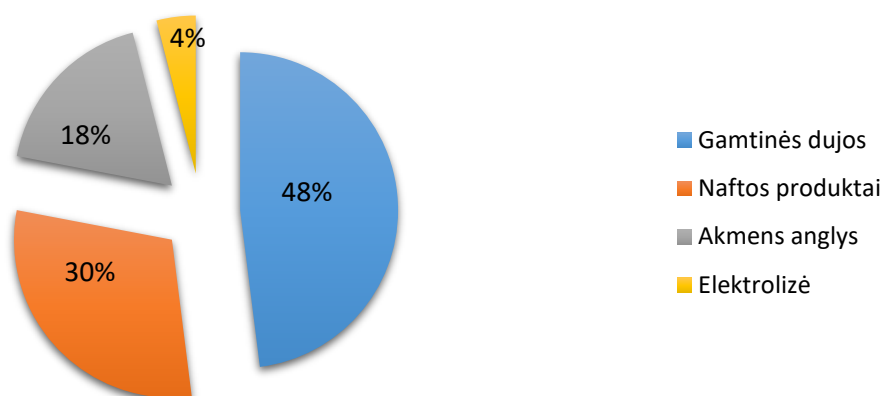
2.1.1 lentelė. Vandenilio fizikinės savybės [2]

Cheminis simbolis	H ₂
Molekulinė masė	2,02
Skysto vandenilio	
Specifinė šilumos talpa	9,668 kJ/kg °C
Virimo temperatūra	-252,8 °C esant 1,013 bar slėgiui
Slaptoji garavimo šiluma	446 kJ/kg
Dujinio vandenilio	
Specifinė šiluminė talpa	14,34 kJ/kg °C
Tankis	0,08988 kg/m ³
Krizinė temperatūra	-239,96 °C
Krizinis slėgis	1315 kPa
Krizinis tankis	30,12 kg/m ³
Šilumos laidumas	0,1869 W/m °K esant 300K

2.1.2. Vandenilio gavimas ir panaudojimas

Vandenilio gavimo būdų yra labai daug. Gamtinių dujų reformingas, chloro šarminė elektrolizė, akmens anglių dalinė oksidacija yra patys populiariausi vandenilio gamybos metodai. [2]. Remiantis Jungtinių Amerikos Valstijų energetikos departamento duomenimis 2000 – aisiais metais, vandenilio gamyba iš įvairių šaltinių pateikta (žr. 1 pav.):[3].

Vandenilio gavimo šaltiniai



1 pav. Vandenilio gavimo šaltiniai [3]

Didžiausią vandenilio gamybos dalį sudaro gamtinių dujų konversija vandens garais. Šiuo metodu pagaminama 240 mlrd. m³. Šarminės chloro elektrolizės būdu pagaminama 20 mlrd. m³ vandenilio. Tai sudaro tik 4 procentus bendros gamybos kadangi tai yra brangus ir dar pilnai neištobulintas gamybos metodas. Perdirbant naftos produktus bei akmens anglis ir sudėjus pagaminamą produkciją, gaunama tiek pat vandenilio kaip gamtinių dujų reformingo metodu [3].

Šių dujų poreikis ir gamybos apimtys didėja kasmet. Jų daugiausiai sunaudojama amoniako gamyboje, metalų redukavimo pramonėje, elektronikos pramonėje ir t.t. Vandenilio panaudojimas Jungtinėse Amerikos Valstijose pateiktas (žr. 2.1.2 lent.): [2].

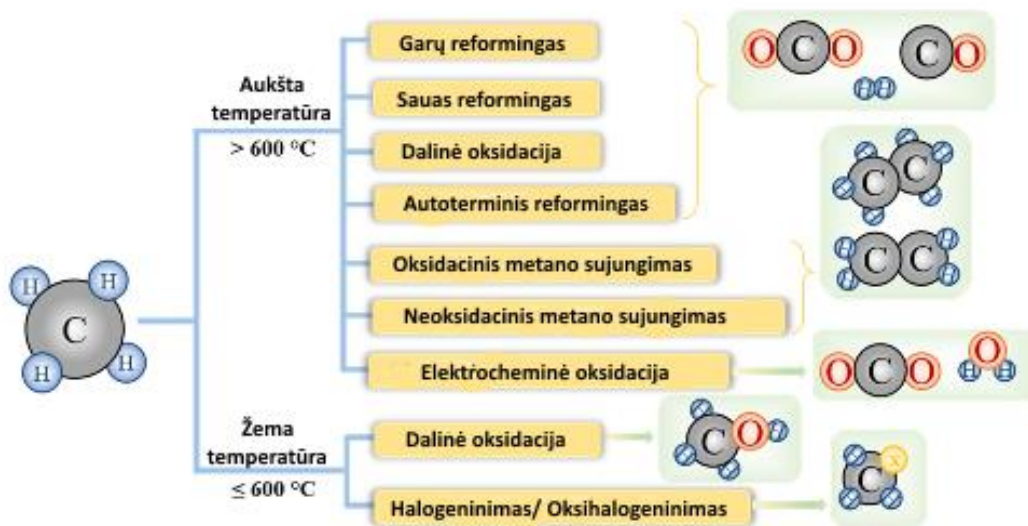
2.1.2 lentelė. Vandenilio panaudojimas JAV [2]

Eil.Nr.	Panaudojimo sritis	Procentai, %
1.	Perdirbimo pramonė	66,8
2.	Amoniakas ir metanolis	26,2
3.	Metalų redukavimas	2,7
4.	Elektronikos pramonė	1,5
5.	Vyriausybės poreikis/NASA	1,2
6.	Riebalų hidrinimas	0,7
7.	Energijos gaminimas	0,2
8.	Kitoms reikmėms	0,7
	Σ	100

2.2. Metano konversijos fizikiniai – cheminiai pagrindai

2.2.1. Metano konversija

Metanas yra pirmasis iš angliavandenilių eilės narių sudarytas iš vieno anglies ir keturių vandenilio atomų. Metanas naudojamas kaip žaliava vandenilio gamyboje, bei sunkesniems angliavandeniliams gauti. Norint gauti šiuos produktus atliekamas reformingo (konversijos) procesas. Priklausomai nuo konversijos parametrų gaunami skirtingi produktai. Metano konversiją galima suskirstyti į dvi stambias šakas: aukštos temperatūros konversija, kai naudojama temperatūra aukštesnė kaip 600°C ir žemos temperatūros konversija (temperatūra žemesnė kaip 600°C). Kadangi siekiama gauti produktą vandenilį, plačiausiai naudojama sritis yra vandens garų reformingas, atliekamas aukštoje temperatūroje.



2 pav. Metano konversijos produktai

Metano konversija vandens garais – labiausiai pažengęs industrijos procesas skirtas gauti vandenilį. Jo metu metano molekulė jungiasi su vandens molekule, o produktai yra anglies monoksidas ir vandenilis. Plačiau šis procesas aprašomas skyriuje apie endoterminę metano konversiją.

„Sausasis“ reformingas tai svarbus procesas siekiant išgauti vandenilį. Konversijos metu metanas reaguoja su anglies dioksidu susidarydamas vandenilį ir anglies monoksidą. Tai endoterminė reakcija, kaip katalizatoriai naudojami pereinamųjų metalų oksidai.

Dalinė oksidacija vyksta kai metanas reaguoja su deguonimi sudarydamas anglies oksidus ir vandenį. Procesas plačiau aprašomas skyriuje apie egzoterminę metano konversiją.

Autoterminė metano konversija vykdoma reaguojant metanui ir deguoniui – vyksta egzoterminė reakcija. Į pradinį mišinį tiekiant vandens garų galima gauti įvairaus H₂:CO santykio produktą, kuris tinkamas tolimesnei organinių medžiagų gamybai. [9]

2.2.2. Endoterminė metano konversija

Šis procesas yra endoterminis, todėl jo metu yra sunaudojama daug šilumos, kuri gaunama deginant gamtines dujas. Endoterminė metano konversija – tai CH₄ oksidacija vandens garais. Panaudojus juos, vyksta reakcijos: [4]



Tai yra pagrindinė metano konversijos reakcija, kuri yra katalitinė. Reakcijos pusiausvyros konstanta K_p yra lygi:

$$K_{p(1.1)} = \frac{(p_{\text{H}_2})^3 \cdot (p_{\text{CO}})}{(p_{\text{CH}_4}) \cdot (p_{\text{H}_2\text{O}})};$$

Lygiagrečiai su pagrindine reakcija vyksta ir šalutinės reakcijos:



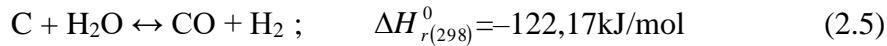
Šių reakcijų pusiausvyros konstantos K_p yra lygios:

$$K_{p(1.2)} = \frac{(p_{\text{H}_2}) \cdot (p_{\text{CO}_2})}{(p_{\text{CO}}) \cdot (p_{\text{H}_2\text{O}})};$$

$$K_{p(1.3)} = \frac{(p_{\text{H}_2})^2}{(p_{\text{CH}_4})};$$

$$K_{p(1.4)} = \frac{(p_{\text{CO}_2})}{(p_{\text{CO}})^2};$$

Kaip matyti iš (2.3) ir (2.4) reakcijų, jų metu išsiskiria anglis. Ji yra nepageidautina, nes nuodina katalizatorių ir sumažina jo efektyvumą. Norint išvengti anglies išsiskyrimo ant katalizatoriaus, endoterminės metano konversijos metu naudojamas vandens garų perteklius [5]. Esant jų pertekliui, vyksta reakcija:



Šios reakcijos pusiausvyros konstanta K_p yra lygi:

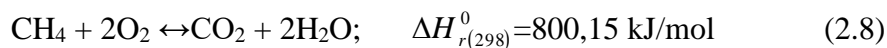
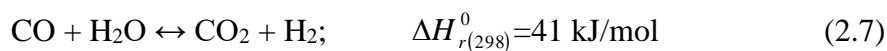
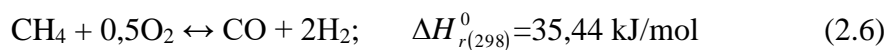
$$K_{p(1.5)} = \frac{(p_{\text{H}_2}) \cdot (p_{\text{CO}})}{(p_{\text{H}_2\text{O}})}$$

Kaip matyti iš (2.5) reakcijos, susidariusios anglies molekulės sureaguoja su pertekliniais vandens garais. [5].

2.2.3. Egzoterminė metano konversija

Egzoterminė metano konversija arba dalinė oksidacija, yra procesas, kurio metu metanas ir kiti angliavandeniliai reaguoja su oru arba grynu deguonimi. [4]. Dalinės metano oksidacijos metu gaunamas 2:1 H_2/CO santykis tinkamas metanolio gamybai arba sintetiniam kurui. [13]. Šį santykį galima koreguoti keičiant tiekiamo metano kiekį ir mišinyje esančiu garų kiekiu.

Pagrindinis dalinės oksidacijos privalumas lyginant su reformingu vandens garais yra reakcijos egzotermiškumas. Vykdamas reformingą vandens garais reikalingas didelis kiekis šilumos, kuris nereikalingas egzoterminės konversijos metu. [14] Egzoterminė metano konversija vykdoma pagal šias reakcijas:



Šių reakcijų pusiausvyros konstantos K_p yra lygios:

$$K_{p(1.6)} = \frac{(p_{H_2})^2 \cdot (p_{CO})}{(p_{O_2})^{\frac{1}{2}} \cdot (p_{CH_4})};$$

$$K_{p(1.7)} = \frac{(p_{H_2}) \cdot (p_{CO})}{(p_{CO}) \cdot (p_{H_2O})};$$

$$K_{p(1.8)} = \frac{(p_{H_2O})^2 \cdot (p_{CO_2})}{(p_{O_2})^2 \cdot (p_{CH_4})};$$

Kaip matyti iš (2.6), (2.7), (2.8) reakcijų entalpijų, visos išskiria šilumą, todėl reakcijos temperatūros intervalas yra aukštesnis kaip pirmo laipsnio CH_4 reformingo. Egzoterminę konversiją galima atlikti šiais metodais: [6]

1. Deguoninė konversija be katalizatoriaus 1200 – 1300°C
2. Katalizinė konversija 900 – 1100°C

2.2.4. Katalizatoriai ir jų nuodai

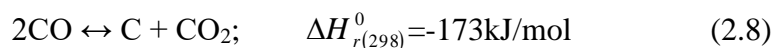
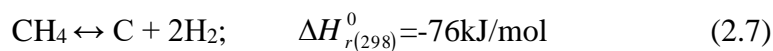
Metano reformingas yra katalitinis procesas. Jo metu naudojamas katalizatorius yra pagamintas nikelio pagrindu. Aktyvi nikelio koncentracija yra tarp 15 ir 25%. Likusią dalį sudaro aliuminio oksido ir silicio oksido pagrindas bei aktyvatoriai: bario oksidas ir kalio oksidas. Pirminio reformingo metu jis dirba nuo 700 iki 830°C ir nuo 15 iki 40 bar. slėgyje [2].

Katalizatoriaus aktyvumui daro įtaką du pagrindiniai faktoriai – nikelio kiekis ir dalelių pasiskirstymas. Didinant nikelio kiekį katalizatoriuje katalizatoriaus aktyvumas didėja dėl padidėjusio aktyvių centrų kiekio. Tačiau didinant nikelio kiekį jo dalelių pasiskirstymas prastėja, nes dalelės susijungia į stambesnius agragetus ir katalizatoriaus aktyvumas mažėja. Siekiant geriau disperguoti nikelį galima naudoti smulkias nanometro eilės daleles.[12]

Pagrindiniai sunkumai dirbant su nikelio katalizatoriumi yra:

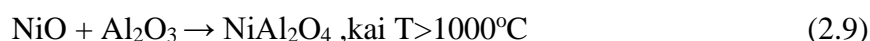
- Katalizatoriaus pasyvacija dėl anglies susiformavimo ir padengimo;
- Katalizatoriaus pasyvacija dėl priemaišų dujų sraute;
- Katalizatoriaus sukepimas dėl didelės temperatūros.

Tyrimais nustatyta, kad anglies nusėdimas vyksta anglies atomamas difunduojant ant nikelio paviršiaus ir pradėdant formotis branduoliams, susidarant anglies sluoksniui. Jo susidarymą būtina siekti minimalizuoti parenkant optimalias sąlygas. Anglis susidaro pagal šias reakcijas:



Padidinus garų kiekį pradiniam mišinijje galima išvengti anglies nuosėdų susidarymo, tačiau išskyla proceso valdymo problemų, padidėja kaina. Taip pat svarstoma į katalizatorių įvesti priedų, kurie sustabdo elementinės anglies padengimą.[10] Straipsnyje pateikiama lantanoidų pridėjimas į katalizatoriaus sudėtį, kurie padeda išlaikyti jo aktyvumą.[11]

Kadangi egzoterminės metano konversijos metu temperatūra yra pasiekama aukštesnė kaip 1000°C, todėl katalizatorius gali būti paveiktas termiškai. Šis procesas vyksta pagal reakciją:



Nikelio katalizatorius taip pat neatsparus šiems cheminiam junginiams bei elementams: sierai, arsenui, chloridams, fosfatams, halogenams, variui ir švinui.

3. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Skaičiavimų metodika

Skaičiavimus pirmo laipsnio metano konverteriui galima atlikti naudojant termodinamines lygtis. Norint tai atlikti, būtina žinoti vykstančias reakcijas ant katalizatoriaus:

α



β



Pirmo laipsnio metano konversijos skaičiavimams reikalingi duomenys pateikti (žr. 3.1 lent.):

3.1 lentelė. Pradiniai duomenys

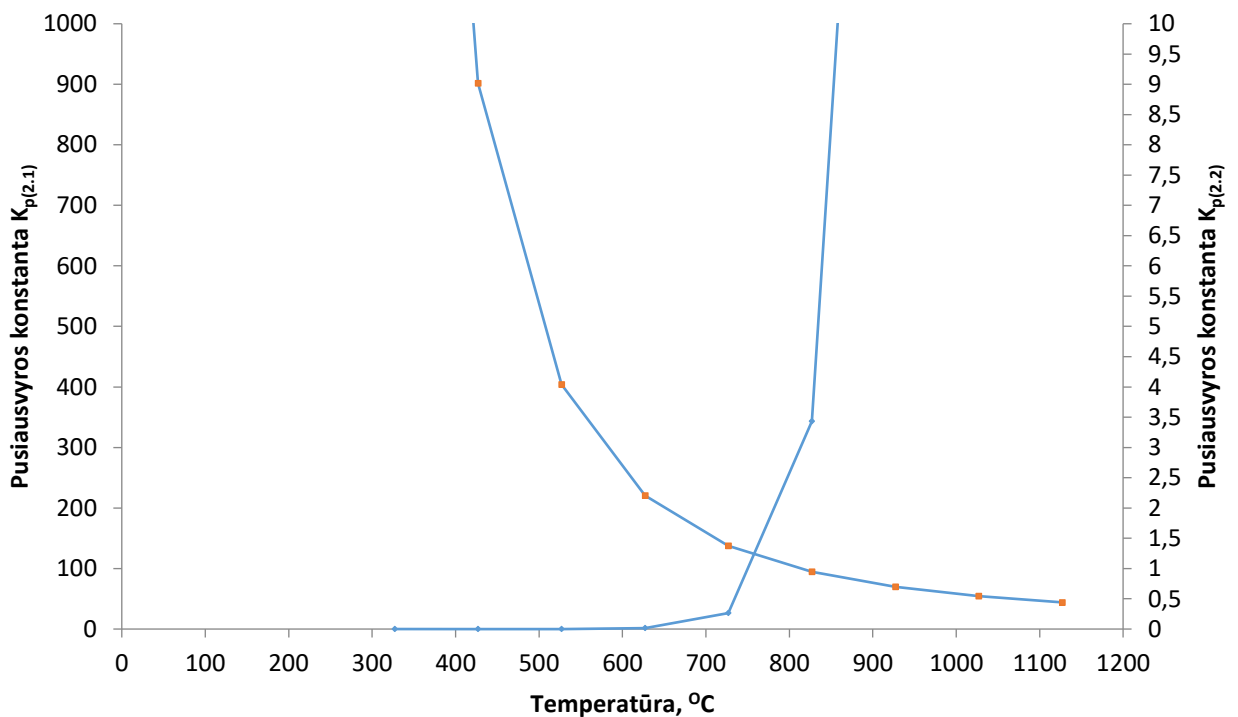
Komponentas	Pradinis mišinys	Pusiausvyris mišinys	Dalinis slėgis, p_i
CH ₄	1	1- α	$\frac{1 - \alpha}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{\text{bendras}}$
H ₂ O	$\frac{H_2O}{CH_4} = A$	A- α - β	$\frac{A - \alpha - \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{\text{bendras}}$
CO	$\frac{CO}{CH_4} = B$	B+ α - β	$\frac{B + \alpha - \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{\text{bendras}}$
H ₂	$\frac{H_2}{CH_4} = C$	C+3 α + β	$\frac{C + 3\alpha + \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{\text{bendras}}$
CO ₂	$\frac{H_2O}{CH_4} = D$	D+ β	$\frac{D + \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{\text{bendras}}$
Σ	1+A+B+C+D	1+A+B+C+D+2 α	P_{bendras}

Turint pirmo laipsnio metano konversijos pradinio mišinio, pusiausvyros mišinio komponentų kiekius bei dalinius slėgius, dar reikia sužinoti pusiausvyros konstantas K_p atitinkamų reakcijų:

$$K_{p(2.1)} = \frac{\left(\frac{C + 3\alpha + \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right)^3 \left(\frac{B + \alpha - \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right)}{\left(\frac{A - \alpha - \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right) \left(\frac{1 - \alpha}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right)};$$

$$K_{p(2.2)} = \frac{\left(\frac{C + 3\alpha + \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right) \left(\frac{D + \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right)}{\left(\frac{A - \alpha - \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right) \left(\frac{B + \alpha - \beta}{1 + A + B + C + D + 2\alpha} \cdot P_{bendras} \right)}.$$

Pirmo laipsnio reformingas atliekamas 780°C temperatūroje ir 32 atm. slėgyje. Pusiausvyros konstantos K_p , esant 780°C temperatūrai yra randamos grafiškai. Pradiniame mišinyje yra tik metano ir vandens garų, kurių santykis 1:3,2. Kadangi pradiniame mišinyje yra tik CH_4 ir H_2O , todėl $A=3,2$, o B, C, D lygūs nuliui.



3 pav. Pusiausvyros konstantos priklausomybė nuo temperatūros

Remiantis pusiausvyros konstantos priklausomybe nuo temperatūros, esant 780°C temperatūrai $K_{p(2.1)}$ yra lygi 219, o $K_{p(2.2)}$ – 1,2. Tuomet lygtys :

$$219 = \frac{\left(\frac{3\alpha + \beta}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right)^3 \left(\frac{\alpha - \beta}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right)}{\left(\frac{3,2 - \alpha - \beta}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right) \left(\frac{1 - \alpha}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right)};$$

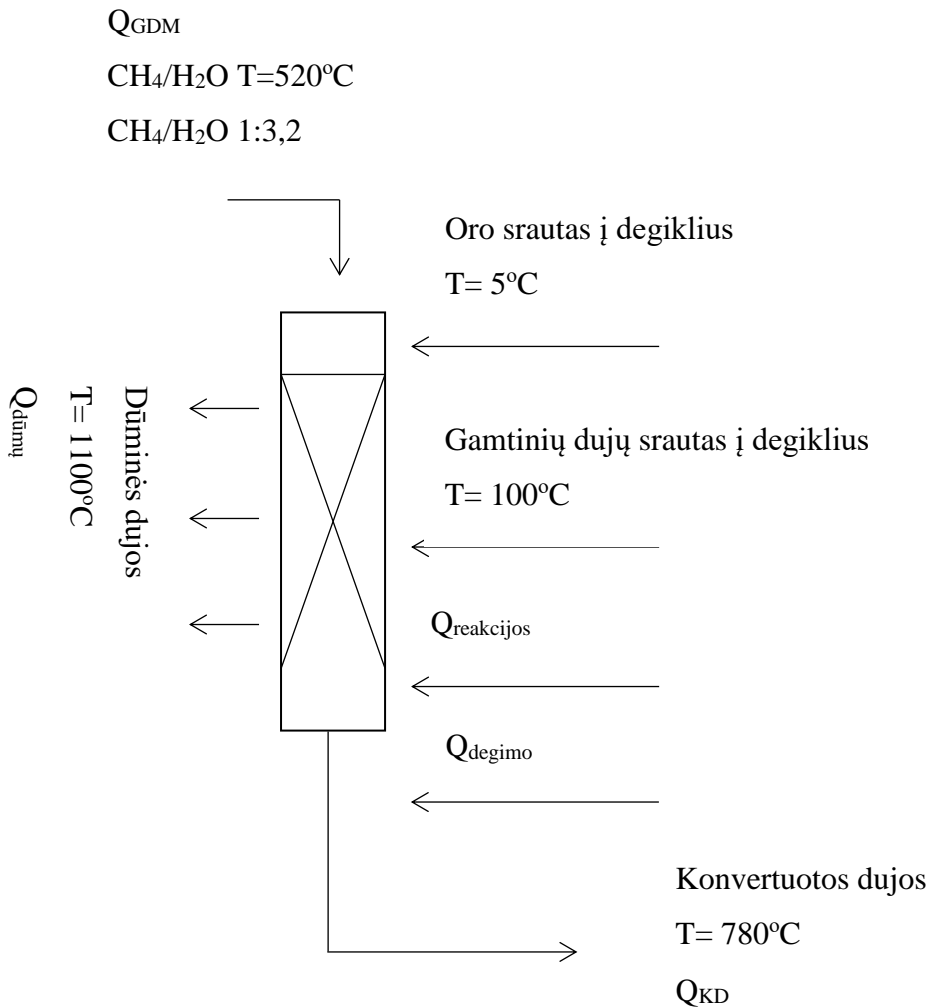
$$1,2 = \frac{\left(\frac{3\alpha + \beta}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right) \left(\frac{\beta}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right)}{\left(\frac{3,2 - \alpha - \beta}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right) \left(\frac{\alpha - \beta}{4,2 + 2\alpha} \cdot 32\right)}.$$

Suskaičiavus lygtis, nežinomieji α ir β lygūs atitinkamai 0,66 ir 0,35. Pirmojo laipsnio metano konversijos medžiagų balansas naudojant termodinamines lygtis pateiktas (žr. 3.2 lent.):

3.2 lentelė. Medžiagų balansas naudojant termodinamines lygtis

Komponentas	Pradinis mišinys			Pusiausvyris mišinys		
	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Sureagavus 42000 m ³ /h CH ₄	Tūrio %	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Sureagavus 42000m ³ /h CH ₄	Tūrio %
CH ₄	1	42000	24	0,34	14280	6,2
H ₂ O	3,2	134400	76	2,19	91980	39,7
CO	-	-	-	0,31	13020	5,6
H ₂	-	-	-	2,33	97860	42,2
CO ₂	-	-	-	0,35	14700	6,3
Σ	4,2	176400	100	5,52	231840	100

Pirmo laipsnio metano konversijos reaktoriuje deginamos gamtinės dujos, kurių degimo šiluma panaudojama endoterminei reakcijai vykti. Norint apskaičiuoti jų kiekį, reikia žinoti įtekančius ir ištekančius srautus bei jų parametrus. Principinė įtekančių ir ištekančių srautų vamzdinėje krosnyje schema pavaizduota (žr. 4 pav.):



4 pav. Įtekančys ir ištekančys srautai bei jų parametrai vamzdinėje krosnyje

Remiantis 4 - ame paveikslėlyje pateikta informacija, gamtinių dujų kiekis pirmo laipsnio metano reaktoriuj randamas :

$$Q_{GDM} + Q_{degimo} + Q_{oro} + Q_{GD} + Q_{reakcijos} = Q_{KD} + Q_{dūmų} + Q_n \quad (3.3)$$

Šilumos kiekis patenkantis su garų – dujų mišiniu

$$Q_{GDM} = V_i \cdot C_p \cdot T$$

Įtekančio srauto temperatūra yra 520°C , tačiau skaičiavimams reikalinga temperatūra kelvinais:

$$T = T + 273$$

$$T = 520 + 273 = 793 K$$

Taip pat skaičiavimams reikalingos savitosios šiluminės talpos C_p , kurios randamos žinyuose.
Jos lygios:

3.3 lentelė. Savitosios šiluminės talpos

Komponentas	Šiluminė talpa C_p , J/mol·K
N ₂	29,12
H ₂ O	33,61
CH ₄	35,71
H ₂	28,83
CO	29,14
CO ₂	37,11

Kadangi pirmo laipsnio metano konversijos medžiagų balanso skaičiavimai atlikti tūriniu debitu, todėl savitųjų šiluminių talpų dimensiją turi būti perskaičiuota iš $J/mol \cdot K$ į $J/m^3 \cdot K$. Norint tai atlikti, reikia žinoti vieno molio realiųjų dujų tūrius V_m :

3.4 lentelė. Realiųjų dujų tūriai

Komponentas	Realiųjų dujų tūris V_m , l
N ₂	22,4
H ₂ O	22,14
CH ₄	22,36
H ₂	22,43
CO	22,4
CO ₂	22,26

1 mol - V_m

x mol – 1 m³ (1000 l)

Tuomet šiluminės talpos C_p lygios :

$$C_p(N_2) = 29,12 \cdot \frac{1000}{22,4} = 1302 J / m^3 \cdot K$$

$$C_p(H_2O) = 33,61 \cdot \frac{1000}{22,14} = 1518 J / m^3 \cdot K$$

$$C_p(H_2) = 28,83 \cdot \frac{1000}{22,43} = 1285 J / m^3 \cdot K$$

$$C_p(CO) = 29,14 \cdot \frac{1000}{22,4} = 1300 J / m^3 \cdot K$$

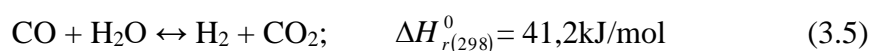
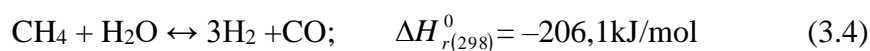
$$C_p(CO_2) = 37,11 \cdot \frac{1000}{22,26} = 1667 J / m^3 \cdot K$$

$$C_p(CH_4) = 35,71 \cdot \frac{1000}{22,36} = 1597 J / m^3 \cdot K$$

Šilumos kiekis patenkantis su reagentais:

$$Q_{GDM} = 42000 \cdot 1597 \cdot 793 + 134400 \cdot 1518 \cdot 793 = 215 GJ$$

Šilumos kiekis vykstant reakcijoms



Norint suskaičiuoti reakcijų šiluminius efektus, būtina žinoti atskirų komponentų entalpijas ΔH_{298}^0 , kurios lygios:

$$\Delta H_{298}^0(H_2) = 0 kJ/mol$$

$$\Delta H_{298}^0(CH_4) = -74,85 kJ/mol$$

$$\Delta H_{298}^0(CO) = -110,53 kJ/mol$$

$$\Delta H_{298}^0(CO_2) = -393,51 kJ/mol$$

$$\Delta H_{298}^0(H_2O) = -241,81 \text{ kJ/mol}$$

Žinant atskirų komponentų entalpijas ΔH_{298}^0 , galima rasti reakcijos šiluminį efektą $\Delta H_{r(298)}^0$:

$$\Delta H_{r(298)}^0 = \left(\sum \Delta H_{298}^0(\text{produktų}) - \left(\sum \Delta H_{298}^0(\text{reagentų}) \right) \right)$$

$$\Delta H_{r(298)}^0 = (3 \cdot 0 + (-110,53)) - (-74,85 + (-241,81)) = -206,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{r(298)}^0 = (-393,51 + 0) - (-110,53 + (-241,81)) = 41,2 \text{ kJ/mol}$$

Šiluminiai efektai parodo šilumos kiekį sureagavus 1 mol metano dujų arba 22,36 l. Esant srautui 42000 m³/h :

$$1 \text{ mol CH}_4 - 22,36 \text{ l}$$

$$x \text{ mol CH}_4 - 1000l (1\text{m}^3)$$

$$x = 44,7 \text{ mol}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 - 44,7 \text{ mol}$$

$$42000 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 - x \text{ mol}$$

$$x = 1877400 \text{ mol}$$

Reikalingas šilumos kiekis vykti reakcijai:

$$Q_{reakcijų} = (0,66 \cdot 206,1 + 0,35 \cdot 41,2) \cdot 1877400 = -228 \text{ GJ}$$

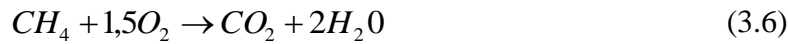
Šilumos kiekis patenkantis su gamtinėmis dujomis į degiklius

Dujų kiekis patenkantis į degiklius yra nežinomas, todėl jį pažymėsime x ir sekančius srautus, susijusius su šiuo nežinomu, reikšime per x. Gamtinės dujos patenka į vamzdinę krosnį 100°C (373K), tuomet :

$$Q_{GD} = 373 \cdot x \cdot 1597 = x \cdot 0,000595 \text{ GJ}$$

Šilumos kiekis patenkantis su oru į degiklius

Norint suskaičiuoti oro kiekį, patenkantį į vamzdinės krosnies lubinius degiklius, kuriuose naudojamas oro perteklius $\alpha=1,1$, reikia remtis metano degimo lygtimi:



$$1 \text{ m}^3 \text{ oro} - 0,21 O_2$$

$$x \text{ m}^3 \text{ oro} - 1,5 O_2$$

$$x = 7,1 \text{ m}^3 \text{ oro}$$

Kadangi naudojamas oro perteklius, tuomet reikalingas oro kiekis:

$$V = 7,1 \cdot 1,1 = 7,81 \text{ m}^3$$

Orą sudaro 21% deguonies ir 79% azoto, todėl 7,81 m³ oro yra:

$$V_{O_2} = 7,81 \cdot 0,21 = 1,64 \text{ m}^3$$

$$V_{N_2} = 7,81 \cdot 0,79 = 6,17 \text{ m}^3$$

Degimo reakcijos metu sureaguoja 1,5 molio deguonies, todėl likęs deguonis dūminėse dujose lygus:

$$V_{O_2} = 1,64 - 1,5 = 0,164 \text{ m}^3$$

Sudeginus 1 m³ CH₄ gauti produktai ir jų kiekiai pateikti (žr. 3.5 lent.):

3.5 lentelė. Sudegusio metano produktai ir jų kiekiai

Komponentas	Reagentai		Produktai	
	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Tūrio %	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Tūrio %
CH ₄	1	11,3	-	-
H ₂ O	-	-	2	21,5
N ₂	6,17	70	6,17	66,3
O ₂	1,64	18,7	0,164	1,76
CO ₂	-	-	1	10,7
Σ	8,81	100	9,3	100

Iš lentelės duomenų matyti, jog sudeginant 1 m³ CH₄ su α=1,1 gaunama dūminių dujų 9,3x. Žinant įtekančio oro temperatūrą, kiekį, reikalingą sudeginti 1 m³ CH₄, jo procentinę sudėtį bei savitąsias šilumines talpas C_p galima suskaičiuoti šilumos kiekį patenkančią su oru į degiklius:

$$Q_{oro} = 7,81x(278 \cdot 0,21 \cdot 1312 + 278 \cdot 0,79 \cdot 1302) = 7,81x \cdot 0,00036 \text{ GJ}$$

Šilumos kiekis konvertuotose dujose

Pasinaudojus 3.1 lentelės duomenimis apskaičiuojamas šilumos kiekis konvertuotose dujose:

$$Q_{KD} = T \cdot (V_i \cdot C_p)$$

$$Q_{KD} = 1053 \cdot (14280 \cdot 1597 + 91980 \cdot 1518 + 13020 \cdot 1300 + 97860 \cdot 1285 + 14700 \cdot 1667) = 347 \text{ GJ}$$

Šilumos kiekis dūminėse dujose

Žinant dūminių dujų temperatūrą, savitąsias šilumines talpas C_p bei jų sudėtį (3.5 lentelė) galima apskaičiuoti šilumos kiekį dūminėse dujose:

$$Q_{dumai} = 9,3 \cdot x(T(V_i \cdot C_p))$$

$$Q_{dumai} = 9,3 \cdot x(1373(0,0176 \cdot 1312 + 0,663 \cdot 1302 + 0,107 \cdot 1667 + 0,215 \cdot 1518)) = x \cdot 0,0025 \text{ GJ}$$

Gamtinių dujų kiekis reikalingas pirmo laipsnio metano konversijai:

Žinant visus įtekančius ir ištekančius srautus, metano degimo šilumą:

$$Q_{degimo} = x \cdot 0,0356 \text{ GJ}$$

galima rasti reikalingą metano kiekį sudeginimui pagal lygtį (nuostoliai sudaro 5%):

$$Q_{reagentų} + Q_{degimo} + Q_{oro} + Q_{GD} + Q_{reakcijos} = Q_{KD} + Q_{dūmų} + Q_n$$

$$215 + (x \cdot 0,0356) + (7,81x \cdot 0,00036) + (x \cdot 0,000595) - 228 = (347 + (9,3x \cdot 0,0025)) \cdot 1,05$$

$$x = 25845 \text{ m}^3 / \text{h CH}_4$$

4. INŽINERINĖ DALIS

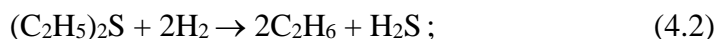
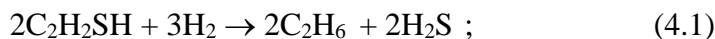
4.1. Dviejų laipsnių metano konversijos technologinė schemos aprašymas

4.1.1. Gamtinių dujų redukavimas

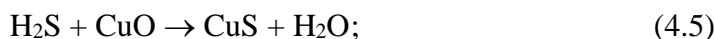
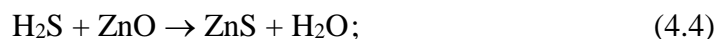
Pagrindinė dviejų laipsnių metano konversijos žaliava yra gamtinės dujos, kurios gaunamos iš įmonės tinklo. Gamtinių dujų redukavimo mazge įrengti reguliuojantys vožtuvai, kurie palaiko 2,00 MPa slėgį. Taip pat įrengtas gamtinių dujų pašildytuvas (14), kuris naudojamas 0,35 MPa arba 0,7 MPa slėgio garus palaiko pastovią dujų temperatūrą. Gamtinės dujos po reguliuojančių vožtuvų išskiriamos į du srautus: kūryklines dujas bei dujas, naudojamas technologijai. Be to, numatytas gamtinių dujų kompresoriaus (1) apvadas jam sustojus.

4.1.2. Gamtinių dujų valymas nuo sieros junginių

Po gamtinių dujų kompresoriaus (1) dujų mišinys apie 100 °C ir 4,00MPa patenka į gamtinių dujų ugninį pašildytuvą (3), kuriame srauto temperatūra pakeliama iki ~380 °C deginant gamtines dujas. Po gamtinių dujų ugninio pašildytuvo (3) srautas patenka į hidrinimo aparatą (4), pakrautą aliuminio – kobalto – molibdeno katalizatoriumi, kuriame vyksta reakcijos:



Sieros junginių hidrinimui yra reikalingas azoto – vandenilio mišinys (nemažiau 3% tūrio) yra tiekiamas į gamtinių dujų kompresoriaus (1) išsiurbimo liniją, o kompresoriui nedirbant – į suspaudimo liniją iš metanavimo bloko. Po hidrinimo aparato (4) dujų mišinys patenka į sieros junginių adsorberius (5A ir 5B) su cinko ir vario oksido katalizatoriais, kuriuose vyksta atitinkamos reakcijos:



4.1.3. Pirmo laipsnio metano konversija

Po gamtinių dujų nuo sieros valymo bloko dujų mišinys apie 4,00 MPa slėgio ir 380 °C temperatūros sumaišomas su 4,00MPa vandens garais ir patenka į vamzdinę krosnį (6). Santykis garai : dujos palaikomas – (3,3:1).

Susidaręs 360 °C temperatūros garų – dujų mišinys yra pašildomas iki 480 °C temperatūros vamzdinės krosnies konvekciniėje dalyje utilizuojant dūminių dujų temperatūrą.

Vamzdinės krosnies konvekciniėje dalyje pašildomi šie technologiniai srautai:

- Garų – dujų mišinys iki 460 °C temperatūros prieš įėjimą į vamzdinės krosnies (6) reakcinius vamzdžius;
- Garų – oro mišinys iki 480 °C temperatūros prieš II-o laipsnio šachtinį metano konvertorių (10);
- 10,5 MPa slėgio garai 475 - 490 °C temperatūros dviejų laipsnių garų perkaitintuve;
- Maitinimo vandeniu apie 308 °C temperatūros į garų rinktuvą (11);
- Sudeginimo dujos iki 100 °C temperatūros prieš sumaišant jas su tankinėmis ir prapūtimo dujomis.

Po vamzdinės krosnies konvekcinės dalies dūminės dujos 200 °C temperatūros dūmsiurbių (13) pagalba atsiurbiamos ir per kaminą (12) išmetamos į atmosferą.

4.1.4. Antro laipsnio metano konversija

Antro laipsnio metano konversija vykdoma šachtiniame metano reaktoriuje (10) dalinai konvertuotoms dujoms (iki 11% tūrio CH₄) reaguojant su garų – oro mišiniu. Jame gaunamas konvertuotų dujų srautas, reikalingas amoniako sintezei (N₂ : H₂ santykis 1 : 3). Prieš paduodant garų – oro mišinį į šachtinį reaktorių, suspaustas atmosferos oras kompresoriumi (15), yra maišomas su 4,00 MPa slėgio garais santykiu oras : garai 1,0 : 0,1 ir pašildomas vamzdinės krosnies konvekciniėje dalyje iki 480 °C temperatūros. Šis srautas patenka į aparato viršutinę dalį. Dalinai konvertuotos dujos iš pirminio reformingo tūriniu santykiu garai-dujos 0,7:1,0 ir temperatūra iki 860 °C, susimaišo su oro-garų mišiniu ir dega. Norint išvengti katalizatoriaus perkaitimo ir pasiekti normalų jo funkcionavimą, konvertoriuje yra laisva erdvė virš katalizatoriaus, kur vyksta dalinis degimas. Temperatūra pakyla iki 1245 °C, kas pagerina likusio metano konversiją žemutiniuose katalizatoriaus sluoksniuose. Įkaitintas iki 1245 °C garų-dujų mišinys tolygiai pasiskirsto ir patenka ant katalizatoriaus.

Konvertuotų dujų šiluma utilizuojama dvejuose, lygiagrečiai pajungtuose, I-o laipsnio katiluose – utilizatoriuose (8A ir 8B), kur dujos ataušinamos iki 380 °C temperatūros. Vėliau konvertuotos dujos dar ataušinamos iki 320 °C temperatūros II-o laipsnio katile – utilizatoriuje (9). Katiluose – utilizatoriuose (8A,8B ir 9) gaminami 10,5 MPa slėgio vandens garai.

Metalo apsaugai nuo aukštų temperatūrų perdavimo kolektorius, I-o laipsnio katilai – utilizatoriai ir šachtinis metano konvertorius iš vidaus futeruoti, o iš išorės sumontuoti su išoriniais vandens marškiniais. Marškiniai maitinami bedruskiu vandeniu arba garų kondensatu.

4.1.5. Kūryklinės dujos

Po gamtinių dujų redukavimo mazgo, kūryklinių dujų slėgis palaikomas 0,8 MPa reguliuojančių vožtuvų pagalba. Šios dujos patenka į gamtinių dujų separatorių (2) ir pasiskirsto atitinkamai:

- Gamtinių dujų ugninio pašildytuvo (3) 4 - iems degikliams;
- Pagalbinės krosnies (7) 5 - iems rotaciniams degikliams;
- Vamzdinės krosnies (6) 12 - ikai tunelinių degiklių;
- Vamzdinės krosnies konvekcinės dalies (6) dviejų laipsnių garų perkaitintuvo 24 – iems degikliams

Pagrindinė kūryklinių dujų dalis patenka į vamzdinės krosnies (6) lubinius degiklius (13 eilių po 20 degiklių).

4.1.6. Aukštų parametrų garų gamybos sistema

Aukštų parametrų vandens garų gamybai turi būti naudojamas deaeruotas vanduo. Jis gaunamas dvejuose lygiagrečiai pajungtuose terminiuose deaeratoriuose, į kuriuos tiekiamas bedruskis vanduo ir 0,35 MPa slėgio garai. Terminė deaeracija remiasi principu, jog didėjant vandens temperatūrai mažėja deguonies ir angliarūgštės tirpumas vandenyje. Atsiskyrusios dujos išmetamos į atmosferą, o vanduo ataušinamas ir sugrįžta atgal į deaeratoriaus baką. Tai sumažina vamzdynų bei aparatų koroziją.

Deaeruotas maitinantis vanduo, kurio temperatūra apie 103 °C aukšto slėgio siurbliais slėgiamas iki 11-15 MPa (priklauso nuo siurblio, kuris naudojamas) ir patenka į vamzdinės krosnies konvekcinę dalį, kur vandens temperatūra pakeliama iki 314 °C, o iš jos patenka į vandens garų rinktuvą (11). Esant natūraliai cirkuliacijai tarp garų rinktuvo (11) bei katilų – utilizatorių (8A,8B,9) ir pagalbinės krosnies (7) gaminami 10,5MPa vandens garai. Jie, atskirti nuo vandens separatoriais garų rinktuve (11), patenka į vamzdinės krosnies konvekcinės dalies dviejų laipsnių perkaitintuvą (6) , kur deginant gamtines dujas garų temperatūra pakeliama iki 480 °C, ir patenka į amoniako sintezės kompresoriaus turbiną. Joje garų slėgis sumažinamas iki 4,00MPa. Šie garai naudojami gamtinių dujų, oro kompresoriaus, dūmsiurbių bei aukšto slėgio vandens siurbių turbinoms sukuti, pirmo laipsnio metano konversijai ir t.t

4.2. Technologiniai sprendimai

Pagrindinė problema dviejų laipsnių metano konversijoje yra didelis sudeginamų dujų kiekis vamzdinėje krosnyje. Yra keletas būdų, kuriais šį kiekį galima sumažinti:

- Papildomai pašildyti orą, kuris patenka į lubinius degiklius ;
- Pakeisti temperatūrą įtekančio garų – dujų mišinio ;
- Pakeisti temperatūrinį režimą vamzdinėje krosnyje ;
- Reguluojant pagalbines krosnies apkrovimą.

4.2.1. Papildomas oro pašildymas

Apskaičiuosime kiek gamtinių dujų per valanda galima sutaupyti papildomai pašildžius orą, kuris patenka į lubinius degiklius iki 100°C (373K) ir 300°C (573K).

$$\Delta Q_{oro} = Q_{oro}(373\text{ K}) - Q_{oro}(278\text{ K})$$

$$\Delta Q_{oro} = 98,2 - 72,7 = 25,5\text{ GJ}$$

Sutaupomas gamtinių dujų kiekis:

$$1\text{ m}^3/\text{h CH}_4 - Q_{degimo}\text{ GJ}$$

$$V_{CH_4} - 25,5\text{ GJ}$$

$$V_{CH_4} = 708\text{ m}^3/\text{h CH}$$

4.2.1 lentelė. Sutaupomas gamtinių dujų kiekis pašildžius orą

Komponentas	Kiekis, m ³ /h	Temperatūra, K	Šilumos kiekis palyginus su 278K oru, GJ	Sutaupomas gamtinių dujų kiekis, m ³ /h	Sutaupoma gamtinių dujų, %
Oras	201849	373	25,5	708	2,7
		573	78,2	2197	8,5

4.2.2. Garų – dujų mišinio temperatūros pakeitimas

Papildomai pakėlus garų – dujų mišinio temperatūrą įėjime į reakcinius vamzdžius galima sutaupyti gamtinių dujų kiekį, kuris yra sudeginamas. Įvertinsime kaip pasikeis reikalingas gamtinių dujų kiekis panaudojus 300 °C (573K) ir 700 °C (973K) GDM.

$$\Delta Q_{GDM} = Q_{GDM}(793K) - Q_{GDM}(573K)$$

$$\Delta Q_{GDM} = 215 - 155,3 = 59,7GJ$$

Sutaupomas (reikalingas) gamtinių dujų kiekis:

$$1 \text{ m}^3/\text{h CH}_4 - Q_{deginimo} \text{ GJ}$$

$$V_{CH_4} - 59,7 \text{ GJ}$$

$$V_{CH_4} = 1676 \text{ m}^3/\text{h CH}_4$$

4.2.2 lentelė. Sutaupomas (reikalingas papildomas) gamtinių dujų kiekis pakeitus GDM temperatūrą

Komponentas	Kiekis, m ³ /h	Temperatūra, K	Šilumos kiekis palyginus su 793K GDM, GJ	Sutaupomas (reikalingas) gamtinių dujų kiekis, m ³ /h	Sutaupoma (reikalingas) gamtinių dujų, %
Garų – dujų mišinys	176400	573	-59,7	-1676	-6,5
		973	48,8	1371	5,3

4.2.3. Temperatūrinio režimo pakeitimas

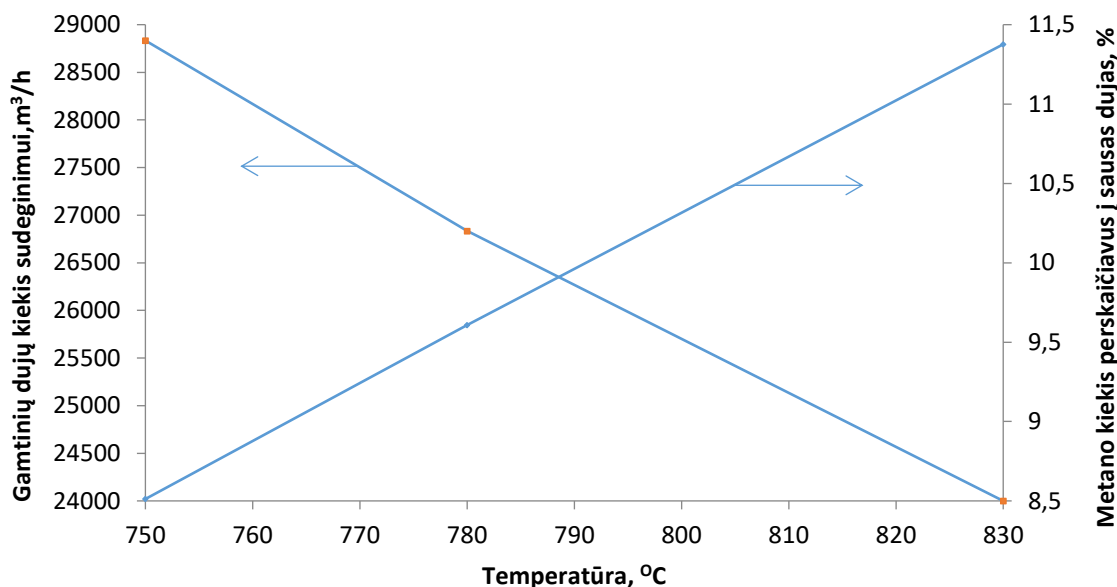
Ištekancio srauto iš vamzdinės krosnies temperatūra sudaro didelę įtaką reikalingam gamtinių dujų kiekiui sudeginti. Įvertinsime kaip pasikeis šis kiekis, panaudojus šias temperatūras ištekancio srauto:

- 750 °C
- 830 °C

4.2.3 lentelė. Pusiausvyrisis mišinys vamzdinėje krosnyje esant skirtingoms temperatūroms

Pusiausvyrisis mišinys												
Komponentas	Temperatūra, °C											
	750 °C				780 °C				830 °C			
	CH ₄	0,37	15582	6,8	11,4	0,34	14280	6,2	10,2	0,29	12306	5,2
H ₂ O	2,21	92946	40,5		2,19	91980	39,7		2,18	91518	38,8	
CO	0,27	11382	5		0,31	13020	5,6		0,39	16506	7,0	
H ₂	2,24	94290	41,1		2,33	97860	42,2		2,43	102270	43,4	
CO ₂	0,35	15036	6,6		0,35	14700	6,3		0,31	13188	5,6	
Σ	5,45	229236	100		5,52	231840	100		5,6	23577	100	
	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Sureagavus 42000m ³ /h CH ₄	Tūrio %	Tūrio % sausose dujose	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Sureagavus 42000m ³ /h CH ₄	Tūrio %	Tūrio % sausose dujose	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Sureagavus 42000m ³ /h CH ₄	Tūrio %	Tūrio % sausose dujose

Suskaičiavus pirmo laipsnio metano konversijos reikalingą gamtinių dujų kiekį sudeginimui esant skirtingiems temperatūros režimams rezultatai pateikti (žr. 5 pav.):



5pav. Gamtinių dujų kiekio ir nesureagavusio metano priklausomybė nuo temperatūros

Atlikus skaičiavimus, išanalizuojama visi technologiniai sprendimai:

- Garų – dujų mišinio temperatūros pakeitimas.
Norint šiuo metodu sumažinti gamtinių dujų sanaudas, įtekančio GDM temperatūrą reikia pakelti. Tai įmanoma padaryti sumažinant srautų kiekį (garų – dujų mišinio) arba keliant temperatūrą vamzdinės krosnies radiacinėje dalyje (deginti papildomą kiekį gamtinių dujų).
- Temperatūrinio režimo pakeitimas.
Gamtinių dujų sąnaudos labai priklauso nuo temperatūros, palaikomos vamzdinės krosnies radiacinėje dalyje. Naudojant žemesnę temperatūrą galima sutaupyti dujų, tačiau laikyti ją žemiau 750 °C nepatartina dėl anglies išsiskyrimo galimybės. Be to, kuo žemesnė temperatūra, tuo labiau apkraunamas antro laipsnio metano konversijos reaktorius dėl padidėjusio metano kiekio dalinai konvertuotose dujose.

- Oro į lubinius degiklius temperatūros pakeitimas.
Padidinus oro temperatūrą, kuris patenka į vamzdinę krosnį, galima sutaupyti didelį kiekį gamtinių dujų. Vienas iš būdų tai atlikti yra utilizuoti šilumą. Kadangi šiuo metu dviejų laipsnių metano konversija pagamina perteklinį garų kiekį dėl sintezės dujų kompresoriaus rekonstrukcijos, galima panaudoti antro laipsnio katilą – utilizatorių ne garų gamybai, o oro pašildymui.

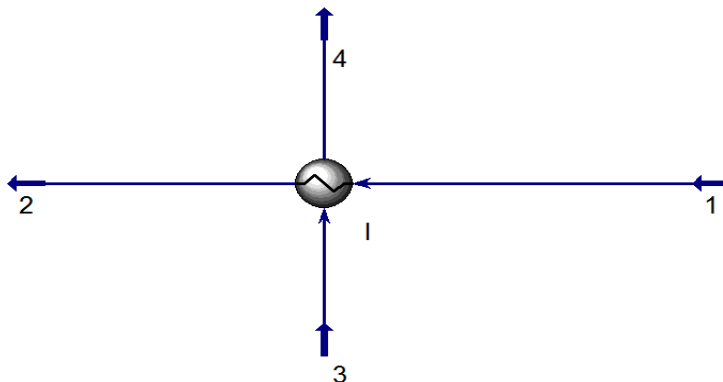
Teoriškai įvertinti antrojo laipsnio katilą – utilizatorių galima panaudojus programą – Aspen HYSYS. Ja patogiu skaičiuoti įvairius chemijos inžinerijoje vykstančius procesus: šilumos, masės mainus, cheminę kinetiką, termodinamiką. Be to, Aspen HYSYS patogiu naudoti projektuojant pilną technologinę liniją ar atskirus jos komponentus.

Skaičiavimams atlikti buvo pasirinktas NRTL termodinaminių duomenų paketas, srautų duomenys paimti iš AB „Achema“ Amoniako Nr.2 agregato medžiagų balanso. Norint suskaičiuoti oro temperatūrą, kurią galima pasiekti panaudojant II – ojo laipsnio katilą – utilizatorių, reikia susikurti pradinis srautus. Jų duomenys pateikti (žr. 4.2.4 lent.):

4.2.4 lentelė. Pradiniai srautai Aspen HYSYS skaičiavimams

Parametrai	Oro srautas	Konvertuotų dujų po I – ojo laipsnio katilo – utilizatoriaus srautas
Slėgis, atm	1,1	35
Temperatūra, °C	5	600
Tūrio debitas, m ³ /h	201849	296554
Masės debitas, kg/h	259881	202307
Srautų sudėtis		
Komponentas	Sudėtis, molio dalimis	
CH ₄	-	-
N ₂	0,79	0,1436
O ₂	0,21	-
CO ₂	-	0,0457
CO	-	0,079
H ₂	-	0,3785
H ₂ O		0,3531
	Σ	1

Sukūrus pradinį medžiagų srautus, įvedus jų sudėtį, sukuriama principinė antrojo laipsnio katilo – utilizatoriaus schema:



6 pav. II – ojo laipsnio katilo – utilizatoriaus principinė schema Aspen HYSYS aplinkoje

čia : I – katilas – utilizatorius; 1 – dalinai konvertuotų dujų po I – ojo laipsnio katilo utilizatoriaus srautas; 2 – dalinai konvertuotų dujų srautas į CO konversijos bloką; 3 – oro srautas; 4 – pašildytas oro srautas

Konvertuotos dujos, kurių temperatūra 600 °C, patenka į šilumokaičio vamzdinę erdvę. Į tarpvamzdinę erdvę patenka 5 °C temperatūros oras, kuris pašildomas iki 374,1 °C. Konvertuotų dujų išėjime gaunama 380 °C temperatūra, optimali aukštatemperatūrinei CO konversijai.

Pašildžius orą iki 374,1 °C temperatūros gauname papildomą kiekį šilumos, kuris lygus:

$$\Delta Q_{oro} = 97,7GJ$$

Tuomet sutaupomas gamtinių dujų kiekis:

$$V_{CH_4} = 2744 m^3 / h$$

4.3. Technologinė schema

Technologinė dvilaisnės metano konversijos schema pateikta Priede Nr.1, A1 formatu.

Technologinės schemos pakeitimai

Antro laipsnio katilas – utilizatorius (9) naudojamas orui pašildyti, kuris tiekiamas dujopūte (16). Separatorius (17) naudojamas atskirti vandeniui, kuris patenka su oru iš atmosferos. Sausas oras patenka į 2 – ojo laipsnio katilą – utilizatorių (9), kuriame dalinai konvertuotų dujų šiluma po 1 – ojo laipsnio katilų – utilizatorių (8A ir 8B) panaudojama orui pašildyti. Šis oras iš kolektoriaus pasiskirsto į 13 zonų, esančių vamzdinės krosnies (6) lubinių degiklių eilėse.

4.4. Darbuotojų sauga ir sveikata

4.4.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Rekonstruojamas objektas – dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija. Šios linijos paskirtis yra gaminti aukštų parametrų garus turbinoms sukuti bei pagaminti mišinį N₂:H₂ santykiu 3:1, kuris naudojamas amoniako sintezei. Įmonėje naudojamos medžiagos: vanduo, oras, gamtinės dujos, trinitrio ortofosfatas, hidrazino hidrato tirpalas. Viso procesu metu yra deginamos gamtinės dujos, o sudegęs jų mišinys yra atsiurbiamas ir išmetamas į atmosferą. Dėl dūminėse dujose esančių azoto, sieros oksidų, anglies monoksido yra teršiama atmosfera.

Dviejų laipsnių metano konversija yra pavojinga dėl:

- Vamzdynuose esančių dujų, kurios su oru sudaro sprogius ir degius mišinius;
- Procesų metu išskiriama aukšta temperatūra (virs 1000 °C);
- Siurblių ir turbinų keliamas didelis akustinis triukšmas.

Remiantis sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių pateiktu priedu, sanitarinės zonos riba yra 500m.[15]

4.4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra ištirti esamą ar galimą profesinę riziką ir numatyti jos prevencijos ar mažinimo priemones. Rizikos veiksniai ir jų prevencijos priemonės pateikti (žr. 4.4.1 lent.).

4.4.1 lentelė. Rizikos veiksniai, jų ribiniai dydžiai ir prevencijos priemonės [16,27]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vnt.	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vnt.	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencinės priemonės
Cheminiai veiksniai					
Amoniakas	Technologiniai įrengimai	20 mg/m ³	IPRD - 14 mg/m ³	480	Izoliuojanti dujokaukė
Anglies monoksidas	Technologiniai įrengimai	55 mg/m ³	IPRD - 40 mg/m ³	480	Filtruojanti dujokaukė
Anglies dioksidas	Technologiniai įrengimai	12000 mg/m ³	IPRD - 9000 mg/m ³	480	Izoliuojanti dujokaukė

Vandenilis	Technologiniai įrengimai	-	-	480	Izoliuojanti dujokaukė
Metanas	Technologiniai įrengimai	480 mg/m ³	300 mg/m ³	480	Izoliuojanti dujokaukė
Fizikiniai veiksniai					
Triukšmas	Technologiniai įrengimai, siurblinė	91dBA	87 dBA	480	Apsauginės ausinės
Apšvieta	Centrinis valdymo pultas, siurblinė	300 lx	200 lx	480	-
Statinės elektros pavojus	Technologiniai įrengimai, siurblinė	-	-	480	Įžeminimas Įnulinimas
Šiluminė aplinka, oro drėgnis	Technologiniai įrengimai, siurblinė	40-60 %	iki 75 %	480	-
		18-23	18-27		
Ergonominiai veiksniai					
Nuovargis	Centrinis valdymo pultas	-	-	480	Pertraukos darbo metu po 10 minučių kas 2 valandas
Darbo poza		Sėdimas darbas, 80 % darbo laiko	Sėdimas darbas, 25% darbo laiko	480	
Fiziniai veiksniai					
Galimybė apsideginti nuo karštų įrenginių paviršių	Technologiniai įrengimai, siurblinė	140 °C	-	480	Apsauginiai drabužiai, avalynė
Slėginiai indai	Technologiniai įrengimai	105 bar	0,5 bar	480	Apsauginiai vožtuvai, patikros

Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai pateikti (žr. 4.4.2 lent.):

4.4.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, m ³ /h	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė	
Metanas	~504000	-188	5,25	14,1	537
Vandenilis	~1286095	-	4,12	75	510
Anglies monoksidas	~292520	-	12,5	74	610
Amoniakas	~591	-	15	28	650

Įvertinus medžiagų pavojingumą gaisro atžvilgiu, nustatoma patalpos, pastato ir išorinio įrenginio kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų. Rezultatai pateikti (žr. 4.4.3 lent.):

4.4.3 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų [17]

Pastatų ir patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų		
Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Centrinis valdymo pultas	Pastatas nepriskiriamas A _{sg} , B _{sg} , C _g , D _g kategorijoms	E _g ; 2 zona
Siurblinė	Naudojami ypač degūs skysčiai	A _{sg} ; 1 zona
Išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų		
Technologiniai įrengimai	Naudojamos ypač degios dujos	A _{sgi} ; 1 zona

4.4.3. Saugi gamyba

Projektuojamoje gamybos linijoje yra daug sprogių, degių ir kenksmingų medžiagų. Cecho patalpose ir atvirose aikštelėse gali išsiveržti medžiagos, sukeldamos sprogo, gaisro, kenksmingo poveikio žmonėms pavojus.

Vykdamy konkrečius darbus, reikalaujančius ypatingų sąlygų personalo, įrengimų ir konstrukcijų bei pastatų saugumo užtikrinimui, paruošiami specialūs darbo planai ir instrukcijos.

Dirbant laikomasi šių reikalavimų:

Apsauginiai įrenginiai, kontrolės ir matavimo prietaisai, signalizacijos ir apsaugų sistemos tvarkingos, darbo vietoje reikia turėti dujokaukę ir kitas būtinas tai darbo vietai apsaugos priemones, naudotis tik kibirkščių nesukeliantiais įrankiais (variuotais arba suteptais konsistenciniu tepalu), lengvai užsiliepsnojančios skysčiai ir kitos lengvai užsiliepsnojančios medžiagos gamybinėse patalpose laikomos specialiose dėžėse tam skirtose vietose, visi aparatai ir vamzdiniai, elektros įrenginiai išiminti, naudotis tik sprogimo atžvilgiu nepavojingus pernešamus šviestuvus, ne aukštesnės kaip 24 V maitinimo įtampos, darbai, susiję su galimu degių ar nuodingų dujų išsiveržimu, ar degių, inertinių dujų aplinkoje, atliekami pastoviai vadovaujant inžinieriniam darbuotojui, dalyvaujant gelbėjimo tarnybos darbuotojui.

Neužkrauti praėjimų, laiptų, avarinių išėjimų, privažiavimų, avarinio inventoriaus laikymo vietų, aparatuose ir vamzdynuose neleisti hidraulinių smūgių, kurie gali mechaniškai pakenkti įrengimams, analizių bandinių paėmimo ventilius atidarinti pamažu, kad nesudaryti pavojingos stiprios čiurkšlės, kenksmingų medžiagų mėginius analizėms imti naudojama dujokaukė, draudžiama dirbti, esant netvarkingiems judančių mechanizmų dalių aptvėrimams ir gaubtams arba be jų.

Elektros įrangos parinkimas sprogiosioms zonoms pateiktas (*žr. 4.4.4 lent.*):

4.4.4 lentelė. Elektros įrangos parinkimas [18]

Sprogiosios zonos tipas	Reikiamas apsaugos tipas	Įrangos grupė ir kategorija	Pastabos
Sprogiosios zonos, kur susidaro oro ir dujų arba skysčių garų ir lašelių mišiniai			
2	Normalus	II 3 G	G – skirta naudoti užsiliepsnojančių dujų, skysčių garų arba lašelių ir oro mišinių aplinkoje
1	Aukštas	II 2 G	

Per žmogaus kūną pratekanti elektros srovė, didesnė už 0,02 A-0,025 A, yra pavojinga žmogaus gyvybei, o srovė, didesnė už 0,1 A, yra mirtina.

Saugiam darbui su elektros įrenginiais laikomasi šių taisyklių:

- Draudžiama įeiti į elektros paskirstymo patalpas be leidimo ir lydinčio asmens, atsakingo už elektros įrengimus;

- Kilnojami šviestuvai naudojami pagal darbo sąlygas, bet ne aukštesnės kaip 50 V kintamos įtampos bei 75 V nuolatinės itamos;
- Gesinant gaisrą veikiančiuose elektros įrenginiuose galima naudoti šias priemones: vandenį, nedegias dujas (pvz. azotas), o iki 1000 V elektros įrenginiuose –miltelinius ABC klasės ir angliarūgštinius gesintuvus. [19]

4.4.4. Darbo higiena

Dviejų laipsnių metano konversijos proceso metu įrengimuose vykstančios reakcijų metu išsiskiria žmonių sveikatai pavojingos medžiagos, todėl yra nustatomos jų ribinės vertės. Atitinkamoms medžiagoms yra numatytos asmeninės apsaugos priemonės. Kenksmingos medžiagos ir jų ribiniai dydžiai (žr. 4.4.5 lent.):

4.4.5 lentelė. Kenksmingų medžiagų ribiniai dydžiai [16]

Cheminė medžiaga	Ribinis dydis						Poveikio sveikatai ypatumų žymenys	Poveikio sveikatai žymenų reikšmė
	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD)		Trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRD)		Neviršytinas ribinis dydis (NRB)			
Pavadinimas	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm		
Hidrazinas ir jo junginiai	0,1	-	-	-	-	-	KOJ	Kancerogeninis ir jautrinantis poveikis, medžiaga į odą gali prasiskverbti per nepažeistą odą
Anglies dioksidas	9000	5000	-	-	-	-	-	
Anglies monoksidas	40	35	120	100	-	-	RŪ	Reprodukcijai toksiškas ir ūmus poveikis
Amoniakas	14	20	36	50	-	-	-	-

Apsaugos priemonės skirtos žmonių apsaugai nuo nuodingų dujų ir garų, radioaktyviųjų medžiagų dalelių ir biologinių medžiagų (bakterijų, virusų, grybelių) žalojančio ar mirtino poveikio, taip pat nuo mechaninio, terminio, elektros ir drėgmės poveikio. Apsaugos priemonės skirstomos į:

- ✓ Asmenines apsaugos priemones;
- ✓ Kolektyvines apsaugos priemones.

Darbuotojams, dirbantiems dviejų laipsnių metano konversijos agregate skiriamos šios AAP:[22]

- Apsauginis šalmas;
- Apsauginiai akiniai bei ausinės;
- Pirštinės, apsaugančios nuo cheminio poveikio;
- Aparatai su filtrais, apsaugantys nuo dulkių, dujų ir nuo radioaktyviųjų dulkių;
- Apsauginiai batai;
- Drabužiai, apsaugantys nuo cheminių medžiagų poveikio;
- Izoliuojančios dujokaukės.

Įmonės padaliniuose ir darbo vietose, kur naudojamos pavojingos cheminės medžiagos bei preparatai ir biologinės medžiagos, yra įrengtos kolektyvinės apsaugos priemonės. Tai yra statiniai, kuriuose personalas gali pasislėpti avarinių situacijų metu, apsauginiai vožtuvai, sumontuoti vamzdyne, įspėjamieji ženklai.

Darbo vietoje yra vertinami šie parametrai: apšvietimas, darbo patalpos šiluminiai parametrai, triukšmas.

Apšvietimas: centriniame valdymo pulte yra šoninis natūralus apšvietimas bei bendrasis dirbtinis apšvietimas, kadangi natūraliojo apšvietimo nepakanka (<200lx). Dienos metu agregate naudojamas natūralus apšvietimas, o tamsiu paros metu – vietinis dirbtinis apšvietimas.[21]

Darbo patalpos šiluminiai parametrai yra šie: oro temperatūra, santykinis oro drėgnumas bei oro judėjimo greitis. Atsižvelgus į metų laikotarpį: šiltasis ar šaltasis, darbų kategoriją bei darbo patalpos šiluminius parametrus, sudaromos darbo patalpos komfortinės sąlygos: [20]

4.4.6 lentelė. Darbo patalpos komfortinės sąlygos

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s, ne daugiau kaip
Šaltasis	Ia	18 – 20	40 – 60	0,2
Šiltasis	Ib	21 – 23	40 – 60	0,1

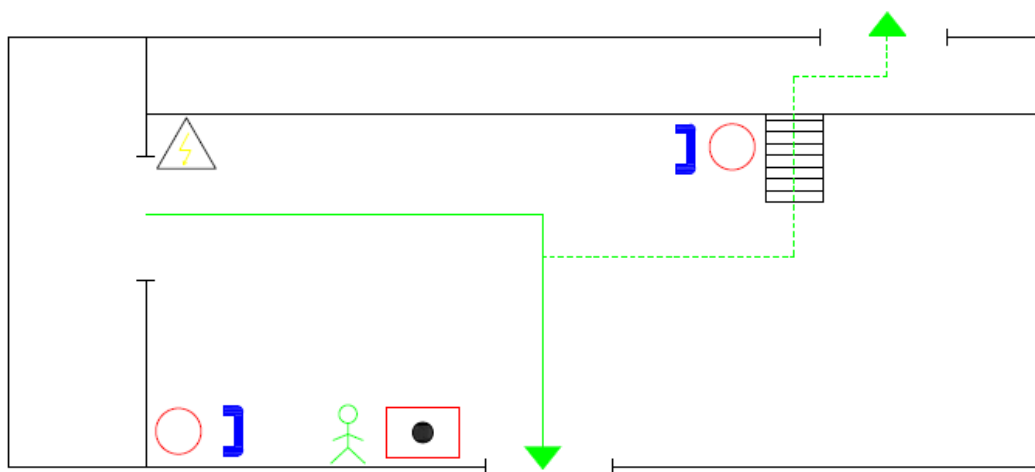
4.4.5. Gaisrinė sauga

Projektuojant dviejų laipsnių metano konversijos technologinę liniją būtina įvertinti gaisrinę saugą. Kadangi įmonėje pagrindinės medžiagos, kurios yra naudojamos, yra skystos arba dujinės būsenos agregatinės būsenos, todėl gali kilti B ir C klasės gaisrai. B klasės gaisrai efekyviausiai gesinami putų bei milteliniais gesintuvais, o C klasės – tik milteliniais. Siurblinėje numatyti du gesintuvai: 20 kg miltelinis bei 20 litrų talpos putų gesintuvai.








Projektuojant šią liniją įrengiami:

- Nešiojami miltelių bei putų gesintuvai;
- Vandens hidrantai;
- Smėlio dėžės su kastuvais bei nedegiu audiniu;
- Priešgaisrinis azotas (geriausiai gesina vandenilio dujas gryname ore).

Kadangi siurblinėje galima gaisro tikimybė, todėl yra numatytas evakuacijos planą. Jis pateiktas (žr. 6 pav.): [23]



Sutartiniai žymėjimai:

	Gesintuvai		Gaisrinės signalizacijos mygtukas
	Elektros skydelis		Telefonas
	Pagrindinis evakuacijos kelias		Atsarginis evakuacijos kelias
	Jūs esate čia		

6 pav. Siurblinės evakuacijos planas

4.5. Aplinkosauginis vertinimas

4.5.1. Bendrieji duomenys

Sparčiai vystantis pramonei, vis didesnis dėmesys skiriamas ne tik tikslinio produkto gamybos išeigos didinimui, savikainos mažinimui, bet ir aplinkosauginiams aspektams. Gaminant produktą naudojami gamtos ištekliai, į orą išmetamos nuodingos dujos, teršiamas dirvožemis, todėl planuojant ūkinę veiklą būtina atsižvelgti į gaminio poveikį aplinkai. Dviejų laipsnių metano konversijos tikslas yra gauti vandenilio dujas, reikalingas amoniako sintezei. Vienos valandos šio proceso našumas pagal vandenilį yra 7319 kg/h. Šiame skyriuje vertinamas ne visas gaminio būvio ciklas, o tik tarpinis gamybos procesas.

4.5.1 lentelė. Duomenys apie gaminius (produkciją)

Pavadinimas (asortimentas)	Mato vnt., t, m ³ , vnt. ir kt.	Kiekis per metus
Vandenilio dujos	t	64114,4

Norint pagaminti tokį kiekį dujų, reikalingas didelis kiekis kuro ir energijos. Elektros energija ir dalis šiluminės energijos gaunama iš įmonės jėgainės bei katilinės, o gamtinės dujos gaunamos iš įmonės tinklo. Duomenys paimti iš AB „Achema“ Amoniako cecho Nr.1 medžiagų ir šilumos balansų. Kuro ir energijos vartojimas pateiktas (žr. 4.5.2 lent.):

4.5.2 lentelė. Kuro ir energijos vartojimas

Energetiniai ir technologiniai ištekliai	Matavimo vnt., t, m ³ , kWh ir kt.	Sunaudojamas kiekis per metus	Išteklių gavimo šaltiniai
a) Elektros energija	MW	551,88	Jėgainė
b) Šiluminė energija	MJ	835441200	Katilai – utilizatoriai, kogeneracinė jėgainė, katilinė
c) Gamtinės dujos	m ³ ·10 ⁶	394,2	Bendrovės tinklas
d) Gamtinės dujos (kuras)	m ³ ·10 ⁶	245,28	Bendrovės tinklas

Pagrindinė žaliava šiuo metodu gauti produktą yra gamtinės dujos, kurios didžiąją dalį sudaro metanas (~95%) . Jis pagal CLP reglamentą priskiriamas labai degioms medžiagoms. Platesnė informacija pateikta (žr. 4.5.3 lent.):

4.5.3 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavą, chemines medžiagas ar preparatus [26]

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis per metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		kategorija	pavojaus nuoroda	rizikos frazės
Gamtinės dujos	394,2 m ³ ·10 ⁶	Labai degi	Labai degi	R11,R15,R17

4.5.2. Atliekos

Dviejų laipsnių metano konversijos metu susidarančios atliekos yra katalizatoriai, kurie spartina reakciją, bei gamtinių dujų valymo nuo sieros junginių chemisorbentas. Visų keturių katalizatorių eksploatacinis laikotarpis yra 3 metai, ir remiantis AB „Achema“ Amoniako cecho Nr.1 technologiniu reglamentu, jų kiekis yra lygus:

$$m_{hidrinimo} = \frac{22,6}{3} = 7,53t / m$$

$$m_{chemosorbentas} = \frac{131,3}{3} = 43,76t / m$$

$$m_{I-laipsnis} = \frac{25}{3} = 8,33t / m$$

$$m_{II-laipsnis} = \frac{49,5}{3} = 16,5t / m$$

Kaip matyti iš skaičiavimų, gaunami dideli kiekiai katalizatoriaus atliekų, kurios turi būti sutvarkytos. Įmonėje yra įrengtos atliekų sandėliavimo aikštelės, kuriose telpa visų cechų atliekos. Panaudotame katalizatoriuje yra pereinamųjų metalo oksidų, kurie gali būti išgaunami ir naudojami tolimesniam perdirbimui. Dauguma atvejų panaudotas katalizatoriaus atliekas pasiima pats gamintojas ir jas pakartotinai perdirba. Informacija apie atliekas pateikta (žr. 4.5.4 lent.):

4.5.4 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas [24]

Technologinis procesas	Atliekos						Atliekų saugojimas objekte		Numatomi atliekų tvarkymo būdai
	pavadinimas	kiekis		agregatinis būvis	kodas pagal Atliekų sąrašą	pavojingumas	laikymo sąlygos	didžiausias kiekis	
		t/ d	t/m						
Gamtinių dujų valymas nuo sieros junginių	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,021	7,53	kietas	16 08 02	Nepavojingos	Atliekų aikštelė	51,29	D5,R8,S6
	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,12	43,76	kietas					
Metano konversija į vandenilį	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,023	8,33	kietas	16 08 02	Nepavojingos	Atliekų aikštelė	24,83	D5,R8,S6
	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,04	16,5	kietas					

4.5.3. Planuojamos ūkinės veiklos galimas poveikis įvairiems aplinkos komponentams ir poveikį aplinkai mažinančios priemonės

Dviejų laipsnių metano konversijos proceso pagrindinis taršos šaltinis yra vamzdinė krosnis, kurioje deginamos gamtinės dujos. Sudegusios dūminės dujos siurbiamos dūmsiurbiais su garo turbina. Atsiurbtos dūminės dujos išmetamos per kaminą į atmosferą. Jose yra azoto oksidų ir anglies monoksido, kurie apskaičiuojami pagal dūminių dujų tūrinį debitą, bei analizatorių duomenis:

$$C_{NO_x} = 53,7 \text{ mg} / \text{m}^3$$

$$C_{CO} = 14,63 \text{ mg} / \text{m}^3$$

$$V_{dumai} = 9,3 \cdot x = 9,3 \cdot 25845 = 240359 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Analizatorių duomenys gauti iš AB „Achema“ Amoniako cecho Nr.1 metano konversijos skyriaus. Tuomet azoto oksidų ir anglies monoksido kiekiai yra lygūs:

$$m_{NO_x} = C_{NO_x} \cdot V_{dumai} \cdot 365 = 53,7 \cdot 240359 \cdot 365 = 471 \text{ t} / \text{metus}$$

$$m_{CO} = C_{CO} \cdot V_{dumai} \cdot 365 = 14,63 \cdot 240359 \cdot 365 = 128 \text{ t} / \text{metus}$$

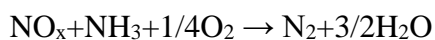
Taršos į aplinkos orą išsamesnė informacija pateikta (žr. 4.5.5 lent.):

4.5.5 lentelė. Tarša į aplinkos orą [25]

Įrenginio pavadinimas – Vamzdinė krosnis

Veiklos rūšis	Cecho ar kitų pavadinimas, gamybos rūšies pavadinimas	Taršos šaltiniai		Teršalai		Esama tarša				Numatoma tarša			
		pavadinimas	Nr.			pavadinimas	kodas	vienkartinis dydis			metinė t/m	vienkartinis dydis	
				vnt.	vidut.			maks.	vnt.	vidut.		maks.	
0315	Dviejų laipsnių metano konversija	Kaminas	1	Azoto oksidai	044	g/s	-	-	471	g/s	-	-	235,5
				Anglies monoksidas	069	g/s	-	-	128	g/s	-	-	128
						Iš viso pagal veiklos rūšį:		599	Iš viso pagal veiklos rūšį:			363,5	

Azoto oksidų sumažinimui naudojamas homogeninis valymo įrenginys. Tai yra 13 – ika zondų vamzdinės krosnies dūminių dujų nuvedimo kanaluose, į kuriuos tiekiamas amoniakas ir 0,35MPa slėgio garai. Jie reikalingi zondų apsaugai, kai nutrūksta amoniako tiekimas. Dūmų nuvedimo kanaluose vyksta reakcija:



kurioje azoto oksidai paverčiami inertu azotu. Esant ~970 °C temperatūrai NO_x redukcijos laipsnis svyruoja tarp 50,0-53,0 %.

4.5.6 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencijos priemonės

Įrenginio pavadinimas – homogeninis dūminių dujų valymo įrenginys

Taršos šaltinio Nr.	Valymo įrenginiai		Teršalai		Prieš valymą		Po valymo		Valymo efektyvumas, %
	pavadinimas	kodas	pavadinimas	kodas	vidut. vienk.	t/m	vidut. vienk.	t/m	
1	Kiti įrenginiai (homogeninis dūminių dujų valymo įrenginys naudojant skystą amoniaką)	90	Azoto oksidai	044	-	471	-	235,5	50

Atliekant homogeninį dujų valymą azoto oksidų kiekis į atmosferą sumažinamas pusiau: nuo 471 tonos per metus iki 235,5 tonos. Dviejų laipsnių metano konversijos procesas labiausiai teršia aplinką, nes net įdiegus išmetamųjų dujų valymo įrenginį, per metus į ora patenka virš 200 tonų azoto oksidų.

4.6. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

4.6.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas

Kuriant dviejų laipsnių metano konversijos technologinę liniją, svarbu įvertinti ją daugeliu aspektų, tokių kaip aplinkosauginiu ar techniniu, tačiau vienas iš svarbiausių yra ekonominis. Bet kokia veikla turi būti pagrįsta finansiniais skaičiavimais, kiekvienas technologinis sprendimas privalo būti ne tik techniškai naudingas, tačiau ir finansiškai. Kadangi projektuojamas objektas yra dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija, kuri naudojama amoniako sintezei, todėl pirmiausia siekiama nustatyti ekonomines ir organizacines problemas, atliekant glaustą įmonės makroaplinkos, mikroaplinkos ir SSSG analizę, atsižvelgiant į projektuojamą objektą.

Makroaplinkos analizė – tai įmonės išorinės aplinkos įvertinimas, kurį įtakoja tokie veiksniai, kaip demografiniai, ekonominiai, technologiniai, gamtos, sociokultūriniai ir valstybės reguliavimo veiksniai [28]. Projektuojamo objekto atžvilgiu, galima teigti, kad svarbiausi iš šių veiksnių yra technologiniai veiksniai, nes amoniakas, kuris yra galutinis šios technologinės linijos proceso tikslinis produktas, yra daugiausiai naudojamas trąšų gamybai, kurių poreikis didėja. Tobulėjant technologijoms, didėja konkurencingumas ir amoniako kaina rinkoje svyruoja, todėl norint išlaikyti produktą patraukliu, būtina diegti inovacijas. Jų dėka ne tik sumažinama gaminio savikaina, bet ir tausojami gamtos ištekliai.

Mikroaplinka – tai visuma jėgų (pirkėjai, tiekėjai, konkurentai ir pan.), kurioms įmonė, siekdama savo tikslų, gali daryti įtaką [28]. Todėl kiekvienos įmonės svarbiausias uždavinys yra patenkinti pasirinktų tikslinių rinkų pirkėjų tam tikrus poreikius ir gauti pelno. Siekdama šio tikslo, įmonė užmezga ryšius su žaliavų, medžiagų, įrengimų bei kitų gamybos išteklių tiekėjais, pasitelkia į pagalbą pardavimo tarpininkų bei pagalbininkų. Tuo pačiu metu įmonė rinkoje susiduria su didesniu ar mažesniu skaičiumi varžovų – konkurentų, siekiančių, kad pirkėjai įsigytų būtent jų siūlomų prekių. Vienas svarbiausių tokio pobūdžio gamybos aspektų yra tiekėjai. Vykdamas nepertraukiamą gamybą, nuolatinis žaliavų tiekimas yra būtinas. Be to, reikia atsižvelgti ir į kainas, ieškant pigesnių alternatyvų. Konkurentai taip pat labai svarbūs vertinant mikroaplinką, kadangi jie palaiko rinką konkurencinga. Vartotojų poreikiai taipogi labai svarbūs, nes nuo jų priklauso įmonės gaunamos pajamos. Produktas, orientuotas į gamtos išteklių saugojimą ir mažesnę taršą yra patrauklesnis pirkėjui.

SSSG analizė atspindi stiprybes (ką organizacija yra pajėgi atlikti), silpnybes (ko organizacija negali atlikti), galimybes (potencialiai naudingos sąlygos organizacijai) ir grėsmes (potencialiai nenaudingos sąlygos organizacijai) [29]. Viena iš įmonės, kurioje yra projektuojamas objektas, pagrindinių stiprybių yra kvalifikuoti specialistai, kurie gali rasti sprendimus, pasinaudodami savo

žiniomis ir patirtimi, atnaujinti technologinę liniją bei įvertinti įvairias grėsmes, pavyzdžiui dėl finansavimo nepakankamumo naudojamas per mažas kiekis vamzdyno apsauginių elementų ar reikalingų vamzdyno bandymų.

Įvertinus glaustą įmonės makroaplinkos, mikroaplinkos ir SSGG analizę, atsižvelgiant į projektuojamą objektą, galima teigti, kad ekonominė problema gali būti apibrėžiama, kaip dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos efektyvumo vertinimas, siekiant sumažinti patiriamus kaštus proceso metu. Dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos efektyvumas vertinamas, analizuojant patiriamus kaštus iki linijos rekonstrukcijos ir po linijos rekonstrukcijos. Ši problema gali būti grindžiama tuo, kad dviejų laipsnių metano konversijos technologijai sunaudojama didelis kiekis vandens, oro bei gamtinių dujų. Oro ir vandens kaina yra sąlyginai maža, kadangi šios žaliavos imamos atitinkamai iš upės ir atmosferos. Pagrindinis faktorius, kuris nusako šio proceso kainą yra gamtinės dujos. Remiantis Jungtinių Amerikos Valstijų energijos departamento duomenimis [30], dabartinė gamtinių dujų kaina lygi 0,49 €/m³. Pagal skyriuje 3.2 pateiktų skaičiavimų rezultatus, atliekant rekonstrukciją sutaupoma (žr. 4.6.1 lent.):

4.6.1 lentelė. Sutaupomas gamtinių dujų kiekis ir jo vertė

Pavadinimas	Kiekis, m ³ /h	Kiekis, m ³ /metus	Vertė, mln. Eur.	
			Vieno m ³	Visų
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5 = 4 × 3</i>
Gamtinės dujos	2744	24037440	0,00049	11,7783
Viso:				11,7783

Kadangi technologinė linija dirba nepertraukiamai, todėl sutaupomas gamtinių dujų kiekis per metus lygus:

$$V_{CH_4} = 2744 \cdot 24h \cdot 365 ;$$

$$V_{CH_4} = 2744 \cdot 24 \cdot 365 = 24037440 \text{ m}^3 .$$

Apibendrinant galima teigti, kad įmonė įdiegusi rekonstrukciją, galėtų sutaupyti apie 12 mln. Eur. Tačiau šią prielaidą būtina pagrįsti finansiniais skaičiavimais.

4.6.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Projektuojamo objekto – dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija – investicijos pradedamos skaičiuoti nuo kaštų, reikalingų rekonstrukcijos elementams įsigyti, skaičiavimo. Kadangi skaičiavimai atliekami tik pakeičiant technologiją, nebus vertinama trumpalaikio turto vertė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai pateikti (žr. 4.6.2 lent.):

4.6.2 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	mln. Eur	Struktūra	mln. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms.	1,21	1. Akcininkų nuosavybė;	1,99
2. Statybos ir montavimo darbų kaštai.	0,74	2. Paskolos:	
3. Kiti kaštai.	0,544	ilgalaikės	0,5
Viso kaštų:	2,49	Viso šaltinių:	2,49

Projekto kaštams padengti bus naudojamas akcinis kapitalas, įmonės rezervas bei prireiks ilgalaikės paskolos, kurios vertė siekia 0,5 mln. Eur. Ilgalaikė paskola imama penkeriems metams.

4.6.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Ilgalaikio turto vertės skaičiavimams atlikti reikia žinoti rekonstrukcijos metu naudojamų įrengimų bei jų sumontavimo kainas. Rezultatai pateikti (žr. 4.6.3 lent.) :

4.6.3 lentelė. Ilgalaikis turtas

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, mln. Eur			Viso, mln. Eur
	Statybos ir montavimo darbų	Įrenginių, baldų, inventoriaus	Kitos išlaidos	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2+3+4</i>
Dujopūtės paruošimo išlaidos	0,32	0,98	0,15	1,45
Separatoriaus paruošimo išlaidos	0,32	0,12	0,12	0,56
Vamzdyno paruošimo išlaidos	0,1	0,11	0,004	0,214
Kitos išlaidos	-	-	0,27	0,27
Viso (ilgalaikio turto)				2,49

Kaip matyti iš 4.6.3 lentelės duomenų, kuriant dviejų laipsnių metano konversijos technologinę liniją didžiausios išlaidos gaunamos perkant inventorių. Dujopūtė reikalinga oro tiekimui. Kadangi jis turi drėgmės, ji turi būti atskirta separatoriumi. Vamzdynas reikalingas orui patekti į katilą – utilizatorių, o iš jo – į vamzdinę krosnį. Apie 30 % inventoriaus kainos sudaro montavimo darbai. Be to, nemaža suma išlaidų gaunama atliekant transportavimo, kontrolinių matavimo prietaisų

įdiegimo, jų derinimo, darbus (kitos išlaidos). Įrenginių, montavimo ir kitų išlaidų kainos yra preliminarios ir nustatytos remiantis analogiškų objektų sąmatinės vertės rodikliais.

4.6.4. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos

Dviejų laipsnių metano konversijos technologine linija gaminama produkcija yra amoniakas. Kadangi pagaminamas jo kiekis kiekvienais metais išlieka toks pat, nes taip yra suprojektuotas agregatas, todėl gamybos įsisavinimo koeficientas yra lygus vienetui. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos pateiktos (žr. 4.6.4 lent.):

4.6.4 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Gaminys, t/metus	Iš viso, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	578160	-
Gaminio kaina, Eur	807,84		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	467,06
Po rekonstrukcijos			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	578160	-
Gaminio kaina, Eur	807,84		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	467,06

Vertinant, kad dviejų laipsnių metano konversijos technologine linija pagaminamas amoniako kiekis tiek iki linijos rekonstrukcijos, tiek ir po linijos rekonstrukcijos išlieka toks pat (578160 t), o amoniako kainą (807,84 Eur) siekiama išlaikyti tokią pačią, kad neprarasti uždirbamų pajamų, gautinųjų pajamų lygis bus 467,06 mln. Eur.

4.6.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Tiesioginius gamybos kaštus sudaro kaštai, kurie yra tiesiogiai susiję su gamybos procesu, t.y. išlaidos žaliavoms, darbui, energijai. Šie kaštai kinta proporcingai gamybos apimčiai.

Išlaidos žaliavoms. Pagrindinės žaliavos amoniako gamybai yra gamtinės dujos, oras ir vanduo. Oras imamas iš atmosferos, vanduo iš upės, todėl vertinama tik gamtinių dujų kaina. Išlaidos gamtinės dujoms pateiktos (žr. 4.6.5 lent.):

4.6.5 lentelė. Išlaidos gamtinėms dujoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t/metus.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiiui, natūriniais vienetais,m ³ /t amoniako	Medžiagos kaina, Eur/m ³ .	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t.	iš viso, mln. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2x3</i>	<i>6=3x4</i>	<i>7=6x5</i>
Prieš rekonstrukciją						
Gamtinės dujos	578160	636	0,49	367709760	311,6	180,2
Po rekonstrukcijos						
Gamtinės dujos	578160	636	0,49	367709760	311,6	180,2

Amoniako įmonė pagamina apie 65 tonas per valandą, todėl gamybos planas metams lygus:

$$m_{NH_3} = 65 \cdot 24 \cdot 365; \quad m_{NH_3} = 578160 \text{ t / metus.}$$

Pastovus agregato apkrovimas pagal gamtines dujas palaikomas tarp 40000 ir 42000 m³/h, todėl jų poreikis:

$$V_{CH_4} = 42000 \cdot 24 \cdot 365; \quad V_{CH_4} = 367709760 \text{ m}^3 / \text{metus.}$$

Išlaidos pagrindinių gamybos darbininkų darbo užmokesčiui. Iš viso įmonėje dirba 11 gamybos darbininkų, kurių valandinis tarifinis atlyginimas yra apie 4,5 Eur/h, tačiau pridėjus premijas jis tampa apie 6 Eur/h. Atskaitymai soc.draudimui sudaro 30% darbo užmokesčio sumos. Kadangi dirbama ištisus metus, todėl programos darbo imlumas lygus:

$$n = 365 \cdot 24;$$

$$n = 8760 \text{ h.}$$

Išlaidos pagrindinių gamybos darbininkų darbo užmokesčiui pateikta (žr. 4.6.6 lent.).):

4.6.6 lentelė. Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis

Gaminys	Metinė gamybos apimtis, t/metus	Programos darbo imlumas, tūkst. h	Darbininkų skaičius	Valandinis tarifinis atlyginimas, Eur/val	Darbo užmokestis, mln. Eur	Atskaitymai soc.draudim ui, mln.Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6=3x4x5</i>	<i>7=6x0,3</i>
Prieš rekonstrukciją						
Amoniakas	578160	8,76	11	6	0,58	0,17
Viso suma:		-			0,75	
Po rekonstrukcijos						
Amoniakas	578160	8,76	11	6	0,58	0,17
Viso suma:		-			0,75	

Atlikus rekonstrukciją pagrindinių darbininkų darbo užmokestis išlieka toks pat, kadangi dujopūtės papildomai aptarnauti nereikia.

Išlaidos technologinių procesų energijai. Įmonėje sunaudojamas didelis kiekis elektros energijos. Išlaidos technologinių procesų energijai pateiktos (žr. 4.6.7 lent.):

4.6.7 lentelė. Išlaidos technologinių procesų energijai

Įrenginių pavadinimas	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose, h	Elektros energijos poreikis, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, mln. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2x3x4</i>	<i>6</i>	<i>7=5x6</i>
Prieš rekonstrukciją						
Dozatoriai	4	12	8760	420480	0,113	0,047
Pagr. siurblys	1	442	8760	3871920	0,113	0,44
Iš viso:			-			0,49
Po rekonstrukcijos						
Dujopūtė	1	185	8760	1620600	0,113	0,18
Dozatoriai	4	12	8760	420480	0,113	0,047
Pagr. siurblys	1	442	8760	3871920	0,113	0,44
Iš viso:						0,67

Dozatorius ir pagrindinį siurblių suka elektros varikliai. 1 kWh kaina remiantis AB „Eso“ duomenimis [31] yra lygi 0,113 euro už kilovatvalandę. Įvykdžius rekonstrukciją, papildomą kiekį energijos sunaudoja dujopūtė.

Išlaidos šiluminei energijai. Gamtinės dujos naudojamos ne tik amoniako gamybos technologijai, tačiau ir kaip kuras, jas deginant. Remiantis skaičiavimais, pateiktais 3.1 ir 4.2 skyriuose, išlaidos šiluminei energijai pateiktos (žr. 4.6.8 lent.):

4.6.8 lentelė. Išlaidos šiluminei energijai

Energijos rūšis	Kiekis, m ³ /h	Kiekis, m ³ /metus	Vieno m ³ kaina, Eur	Išlaidos šiluminei energijai, mln. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3=2x24x365</i>	<i>4</i>	<i>5=3x4</i>
Prieš rekonstrukciją				
Gamtinės dujos	25845	226402200	0,49	110,9
Po rekonstrukcijos				
Gamtinės dujos	23101	202364760	0,49	99,1

Įvertinus skaičiavimus, pastebima, kad tiesioginių gamybos kaštų iš viso iki dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos rekonstrukcijos patiriama 292,34 mln. Eur, o po rekonstrukcijos – 280,72 mln. Eur, o tai yra 4 proc. mažiau.

2.6.6. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Netiesioginius gamybos kaštus sudaro su gamyba nesusijusios išlaidos, tokios kaip: viršininkų, technologų, meistrų, valytojų, inžinierių ir kitų darbuotojų užmokestis, darbo medžiagos ir energija. Jas galima skaičiuoti sustambintai – priimame, jog netiesioginiai gamybos kaštai sudaro 70 procentų tiesioginių gamybos kaštų, tuomet jie lygūs:

4.6.9 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai

Tiesioginiai gamybos kaštai	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos
	Suma, mln. Eur	
Išlaidos šiluminei energijai	110,9	99,1
Išlaidos technologinių procesų energijai	0,49	0,67
Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis ir atskaitymai soc.draudimui	0,75	0,75
Išlaidos žaliavoms	180,2	180,2
Viso:	292,3	280,7
Netiesioginiai gamybos kaštai		
Viso:	204,6	196,5
Viso (įvertinus amortizaciją):	204,6	196,6

Prie netiesioginių gamybos kaštų priklauso amortizaciniai atskaitymai. Jie bus vertinami tik rekonstrukcijos įrenginiams:

4.6.10 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, mln. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, mln. Eur, metams					Likutinė vertė, mln. Eur
			I	II	III	IV	V	
1.Įrenginiai:								
Dujopūtė	0,98	15	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,098
Separatorius	0,12	25	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,012
Vamzdynas	0,11	10	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,011
Viso:	1,21	-	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,121

Įvertinus skaičiavimus, pastebima, kad netiesioginių gamybos kaštų iš viso iki dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos rekonstrukcijos patiriama 204,6 mln. Eur, o po rekonstrukcijos – 196,6 mln. Eur, o tai yra 4 proc. mažiau.

Visos apskaičiuotos dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos gamybos išlaidos surašomos į gamybos kaštų suvestinę:

4.6.11 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, mln. Eur
	Gaminys
	Amoniakas
Prieš rekonstrukciją	
Pagrindinės medžiagos	180,2
Energija technologijai	0,49
Gamybos darbininkų užmokestis	0,58
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	0,17
Gamybinės netiesioginės išlaidos	204,6
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	386,04
Produkcijos gamybos planas, t/metus	578160
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	667,7
Po rekonstrukcijos	
Pagrindinės medžiagos	180,2
Energija technologijai	0,67
Gamybos darbininkų užmokestis	0,58
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	0,17
Gamybinės netiesioginės išlaidos	196,6
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	378,2
Produkcijos gamybos planas, t/metus	578160
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	654,1

Įvertinus skaičiavimus, pastebima, kad gamybos kaštų iš viso iki dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos rekonstrukcijos patiriama 667,7 mln. Eur, o po rekonstrukcijos – 654,1 mln. Eur, o tai yra 2 proc. mažiau.

4.6.6. Veiklos kaštai

Veiklos kaštus sudaro pagalbinių medžiagų ir administracijos patalpų išlaikymo išlaidos, administracijos darbuotojų darbo užmokestis, atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui ir kitos išlaidos. Norint rasti šiuos kaštus, galima remtis faktiniais įmonės duomenimis, arba priimti, jog jie sudaro nuo 5 iki 30 procentų gamybos kaštų. Priimta, jog jie sudaro 10 procentų gamybos kaštų:

$$n_{\text{veiklos}}(\text{iki.rekonstr.}) = 0,1 \cdot n_{\text{gamybos}};$$

$$n_{\text{veiklos}}(\text{iki.rekonstr.}) = 0,1 \cdot 386,04 = 38,6 \text{ mln. Eur};$$

$$n_{\text{veiklos}}(\text{po.rekonstr.}) = 0,1 \cdot 378,2 = 37,8 \text{ mln. Eur}.$$

4.6.12 lentelė. Veiklos kaštai

Kaštų rūšis	Suma, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją	
Veiklos kaštai	38,6
Po rekonstrukcijos	
Veiklos kaštai	37,8

Kaip matyti iš 4.6.12 lentelės duomenų, veiklos kaštai pasikeitė:

$$1 - \left(\frac{37,8}{38,6} \right) \cdot 100 = 2,1\% \text{ atlikus rekonstrukciją.}$$

4.6.7. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinėms ir investicinėms sąnaudoms šiuo atveju priskiriamos palūkanos už banko paskolas. Trumpalaikių paskolų palūkanos yra didesnės, todėl pasirinkta ilgalaikė paskola rekonstrukcijos įrangai nusipirkti. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas pateiktas (žr. 4.6.13 lent.):

4.6.13 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

Rodikliai	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Kredito (paskolos) suma, mln. Eur						
-ilgalaikė	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
-trumpalaikė	-					
2. Metinė palūkanų norma, %:						
-ilgalaikės paskolos	6					
-trumpalaikės	-					
3. Palūkanos, mln. Eur:						

-ilgalaikės	0,03	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
-trumpalaikės	-					
4. Ilgalaikio kredito padengimas (grąžinimas), mln. Eur	-	0,1006	0,1006	0,1006	0,1006	0,1006

Ilgalaikės paskolos grąžinimas numatytas penkeriems metams, o palūkanų dydis, remiantis AB „SEB“ duomenimis [32] yra lygus 6 procentams.

4.6.8. Gaminio kainos skaičiavimas

Apskaičiavus gamybos, veiklos kaštus ir finansines bei investicines sąnaudas, nustatoma gaminių kaina. Jos skaičiavimas pateiktas (žr. 4.6.14 lent.):

4.6.14 lentelė. Gaminio kaina

Gaminys	Gamybinė savikaina, Eur	Veiklos sąnaudos, Eur	Investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Viso
					Rentabilumo procentas	Eur/vnt.	Eur/vnt.
Prieš rekonstrukciją							
Amoniakas	667,7	66,7	-	734,4	10	73,4	807,84
Po rekonstrukcijos							
Amoniakas	654,1	65,4	0,17	719,67	12	88,17	807,84

Veiklos sąnaudos gaminiui sudaro bendrą sumą padalinus iš produkcijos gamybos plano:

$$n_{veiklos} = \frac{38,6 \cdot 10^6}{578160};$$

$$n_{veiklos} = 66,7 \text{ Eur}.$$

Analogiškai skaičiuojamos ir investicinės veiklos sąnaudos vienam gaminiui.

Pilnoji savikaina randama sudėjus gamybinę savikainą, veiklos sąnaudas ir investicinės veiklos sąnaudas. Rentabilumo vertė neturi būti mažesnė už 5%, todėl ji parinkta 10% gaminiui prieš rekonstrukciją. Po jos, parinktas 12 procentų rentabilumas, norint išlaikyti tą patį pajamų lygį.

4.6.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Projekto pelno ir grynujų pinigų srautų dalyje pateikiama pelno (nuostolio) ataskaita ir apskaičiuoti grynujų pinigų srautai. Jie vertinami prieš ir po rekonstrukcijos:

4.6.15 lentelė. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Rodiklis	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos
	Suma, mln. Eur	
1. Pardavimo apimtis	467,06	467,06
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	386,04	378,2
3. Bendrasis pelnas (nuostolis)	81,02	88,86
4. Veiklos sąnaudos	38,6	37,8
5. Veiklos pelnas (nuostoliai)	42,42	51,06
6. Finansinė ir investicinė veikla:		
a. Pajamos	-	-
b. Sąnaudos	-	0,1006
7. Pelnas (nuostoliai) prieš apmokestinimą	42,42	50,96
8. Pelno mokestis	6,36	7,64
9. Grynas pelnas (nuostoliai)	36,06	43,32

Bendrasis pelnas (nuostolis) gaunamas iš pardavimo apimties atimant parduodamos produkcijos gamybos kaštus, o veiklos pelnas (nuostoliai) – iš bendrojo pelno (nuostolio) atimant veiklos sąnaudas. Pelno mokestis yra 15 procentų. Kaip matyti iš 39 – os lentelės duomenų, atlikus rekonstrukciją gaunamas papildomas 7,26 mln. eurų pelnas.

4.6.10. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas rekonstrukcijos (modernizacijos) atveju

Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimuose modernizacijos atveju įvertinamos išlaidos produkto vienetui pagaminti prieš ir po rekonstrukcijos. Energijos išlaidos įvertintos kaip suminis elektros ir šiluminės energijos dydis. Bazinė gamybos apimtis sutampa su projekte numatytu kiekiu. Rezultatai pateikti (žr. 4.6.15; 4.6.16 lent.):

4.6.16 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas, įvykdžius projektą

Sąnaudų rūšis	Išlaidos/sąnaudos prieš rekonstrukciją		Išlaidos/sąnaudos po rekonstrukcijos		Išlaidų/sąnaudų pokytis gaminio vienetui, Eur/t.
	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	
Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	180,2	311,68	180,2	311,68	0
Išlaidos pagalbinėms medžiagoms	204,6	353,9	196,5	339,9	14
Energijos išlaidos (elektros ir šiluminė)	111,39	192,66	99,77	172,56	20,1
Amortizacija	-	-	0,064	0,11	0,11
Darbo užmokesčio išlaidos	0,58	1	0,58	1	0
Soc.draudimo išlaidos	0,17	0,29	0,17	0,29	0
Bazinė gamybos apimtis, t			578160		
Gamybos apimtis projekte, t			578160		
Iš viso išlaidų ekonomija gaminio vienetui (be amortizacijos), Eur/t.				34,1	
Iš viso išlaidų ekonomija (nuostoliai), mln.Eur				19,71	

Įvertinus skaičiavimus kuriant dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos rekonstrukciją, pastebima, kad išlaidų ekonomija vienetui yra 34,1 Eur/t, o papildomas pelnas įgyvendinius projektinius sprendimus bus 19,71 mln. Eur. Taigi galima daryti išvadą, kad šis papildoma pelno suma parodo, kokią naudą įmonei vertine išraiška atneštų projektuojamas objektas – dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija.

4.6.17 lentelė. Projekto grynujų pinigų srautų skaičiavimas

Metai	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos				
Pardavimo kiekis, t	0	1	2	3	4	5
Pardavimo kiekis, t	578160	578160	578160	578160	578160	578160
Pardavimo kaina, Eur/t	807,84	807,84	848,23	890,64	935,18	981,93
Pajamos, mln. Eur	467,06	467,06	490,41	514,93	540,68	567,72
Gamybinė savikaina, Eur/t	667,7	654,1	686,8	721,1	757,2	791,5
Gamybiniai kaštai, mln.Eur	386,04	378,17	397,08	416,94	437,78	459,67
Bendrasis pelnas, mln.Eur	81,02	88,89	93,33	98	102,9	108,04
Veiklos kaštai,mln.Eur	38,6	37,80	39,69	41,67	43,76	45,95
Veiklos pelnas, mln.Eur	42,42	51,09	53,64	56,32	59,14	62,1
Finansinės ir investinės veiklos kaštai, mln.Eur	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Pelnas prieš apmokestinimą, mln.Eur	42,42	50,99	53,54	56,22	59,04	62
Pelno mokestis,mln.Eur	6,36	7,65	8,03	8,43	8,86	9,3
Grynasis pelnas, mln.Eur	36,06	43,34	45,51	47,79	50,18	52,7
Efektyvumas	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Efektas	-388,6	-372,2	-391,3	-410,9	-431,5	-453
Atsargos, mln. Eur	-	70,06	73,56	77,24	81,1	85,16
Pirkėjų skolos, mln. Eur	-	93,41	92,08	102,99	108,14	113,54
Skolos tiekėjams, mln. Eur	-	37,82	39,71	41,69	43,78	45,97
Apyvartinis kapitalas, mln. Eur	-	125,65	131,94	138,53	145,56	152,73
Apyvartinio kapitalo pokytis, mln. Eur	-	125,65	6,28	6,6	6,93	7,27
Grynasis pelnas, mln. Eur	-	43,34	45,51	47,79	50,18	52,7
Nusidėvėjimas, mln. Eur	-	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Projekto pagrindinės veiklos pinigų srautai, mln. Eur	-	-82,2	39,29	41,26	43,32	45,49
Investicijos, mln. Eur	-2,49					
Likutinė vertė, mln. Eur						154,90
Projekto grynas pinigų srautas, mln. Eur	-2,49	-82,25	39,29	41,26	43,32	200,39
Suminis grynas pinigų srautas, mln. Eur	-2,49	-84,74	-45,49	-4,19	39	240

Atliekant skaičiavimus buvo priimtos šios prielaidos: pardavimo kaina, gamybinė savikaina veiklos kaštai kasmet didėja po 5 %, atsargų vertė sudaro 15 % pardavimų pajamų vertės, pirkėjų skolų vertė sudaro 20 % pardavimų pajamų vertės, o skolų tiekėjams vertė sudaro 10 % gamybinių kaštų vertės. Atsižvelgiant į suminių grynujų pinigų srautą, galima teigti, jog rekonstrukcija yra naudinga, kadangi jau nuo ketvirtųjų metų matyti teigiamas rezultatas.

4.6.11. Investicijų efektyvumo vertinimas

Efektyvumas tai yra pagrindinis kriterijus vertinant investicinius projektus, kurį nustatyti naudojami šie rodikliai:

- I. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai;
- II. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas;
- III. Grynosios esamosios vertės skaičiavimas (GEV);
- IV. Vidinės pelno normos skaičiavimas;
- V. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas;
- VI. Lūžio taško skaičiavimas.

Efektyvumas = Rezultatai/Sąnaudos;

Efektas = Rezultatai – Sąnaudos.

4.6.18 lentelė. Efektyvumo ir efekto skaičiavimas

Metai	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos				
Efektyvumas	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Efektas	-388,6	-372,2	-391,3	-410,9	-431,5	-453

4.6.12. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimas

Kapitalo kaštai parodo, kokią kapitalo dalį įmonė turi sumokėti už galimybę juo naudotis. Jie randami:

$$KK = W_{is} \cdot k_{is} + W_{pr} \cdot k_{pr} + W_p \cdot k_p;$$

čia W_{is} ; W_{pr} ; W_p – svarumo koeficientai, parodantys įsiskolinimų, privilegijuotųjų ir paprastųjų akcijų lyginamąjį svorį kapitalo struktūroje.

Įsiskolinimų kaštai:

$$k_{is} = i \cdot (1 - M);$$

čia i – palūkanų norma paskolai, %; M – vidutinė mokesčių norma.

Privilegijuotosios akcijos kaina randama:

$$k_{pr} = (D_{pr} / P_a) \cdot 100;$$

čia D_{pr} – metinis privilegijuotosios akcijos dividendas, Eur; P_a – pelnas, kurį įmonė gauna išleisdama akcijas, Eur.

Naujai išleistos paprastosios akcijos kaina:

$$k_{pr} = (D_{pr} / P_a + q) \cdot 100;$$

čia q – dividendų prieaugio norma; ją galima parinkti pagal praėjusių metų normą, prognozuoti.

Skaičiavimo rezultatai pateikti (žr. 4.6.19 lent.):

4.6.19 lentelė. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimo rezultatai [33,34]

Skolinto kapitalo dalis kapitalo struktūroje	W_{is}	20%
Nuosavo kapitalo dalis kapitalo struktūroje	W_{pr}	80%
Palūkanų norma	i	6,0%
Pelno mokesčio tarifas	M	15,0%
Skolinto kapitalo kaštai	K_{is}	5,10%
Nerizikinga palūkanų norma rinkoje	R_f	0,29%
Įmonės rizikingumo laipsnis	β	1,00
Rinkos rizikos priedas Lietuvoje	R_{pm}	6,46%
Nuosavo kapitalo kaštai	K_{pr}	6,75%
Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai	W	6,42%

Nerizikinga palūkanų norma rinkoje ir rizikos priedas Lietuvoje rasti naudojant šaltinius [33,34]. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai lygūs 6,42%, o tai yra mažiau už vidinę pelno normą, kuri lygi 56,85%. Atsižvelgus į šiuos rezultatus, galima teigti, jog investicijos į rekonstrukciją yra naudingos.

4.6.13. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpis yra labai svarbus rodiklis. Jis nusako laiko tarpą, per kurį ekonominė nauda padengia išlaidas. Duomenys, reikalingi skaičiavimams atlikti, pateikti (žr. 4.6.20 lent.):

4.6.20 lentelė. Diskontuotų pinigų srautų skaičiavimas

Metai	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos				
Diskonto koeficientas	1,0	0,943	0,888	0,837	0,789	0,744
Diskontuotas grynasis pinigų srautas, mln. Eur	-2,49	-77,53	34,91	34,55	34,20	149,11
Suminis diskontuotas pinigų srautas, mln. Eur	-2,49	-80,02	-45,11	-10,56	23,64	172,75

Investicijų atsipirkimo laikotarpis lygus :

$$T = 3 + (-1) \cdot \frac{(-10,56)}{34,20} = 3,32.$$

Investicijos atsipirks trečiais metais. Jeigu $T < 5$, tuomet jos efektyvios. Šioje dalyje atlikti skaičiavimai tinka grynosios esamosios vertės radimui. Ji lygi 172,75 mln. Eur. Suminė diskontuotų projekto generuojamų įplaukų suma viršija investicijas, tad galima teigti, jog projektą įgyvendinti tikslinga.

4.6.14. Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma – tai diskonto norma, kuri projekto būsimųjų grynujų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimųjų išlaidų dabartinei vertei. Skaičiavimai atlikti naudojant Microsoft „Excel“ programą, IRR funkciją. Ji naudojama grynujų pinigų srautų sekai, pavaizduotai skaitinėmis reikšmėmis. Vidinė pelno norma lygi 56,85%. Ji viršija vidutinius svertinius kapitalo kaštus, tad tai leidžia teigti, jog planuojamas investicijas vykdyti tikslinga.

4.6.15. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas yra pelno ir išlaidų santykis. Jis randamas:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)}{GPS_0};$$

čia $\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)$ – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais; GPS_0 – nulinių metų

GPS.

$$PI = \frac{146,81}{2,49} = 69,16.$$

Šio rodiklio reikšmė parodo, jog kiekvienas investuotas euras, nagrinėjamo projekto atveju, generuos daugiau nei 69 kartus didesnes pajamas.

4.6.16. Lūžio taško skaičiavimas

Lūžio taško skaičiavimas yra vienas iš investicijų efektyvumo vertinimo kriterijų. Jis parodo, kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla būtų pelninga. Lūžio taškas randamas pagal lygtį:

$$B_{L_j} = \frac{PK}{c_j - kk_j}; \quad B_{L_j} = \frac{37,9 \cdot 10^6}{807,84 - 654,1} = 246520 \text{ t}$$

čia B_{L_j} – j – ojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, t.; $c_j - j$ – ojo gaminio tonos kaina, Eur; $kk_j - j$ – ojo gaminio tonos kintamieji kaštai, Eur.

Gaminio pastovieji kaštai yra lygūs veiklos ir investicinių sąnaudų sumai (žr. 3.6.15; 3.6.16 lent.):

$$PK = 37,8 + 0,1006 = 37,9 \text{ mln. Eur}$$

Atlikus skaičiavimus, duomenys pateikti (žr. 4.6.21 lent.):

4.6.21 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Amoniakas
Pastoviųjų kaštų suma, mln.Eur	37,9
Gaminio kaina, Eur	807,84
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	654,1
Lūžio taškas, t.	246520
Pardavimo planas, t.	578160

Lūžio taškas pasiekiamas pardavus 246520 tonas amoniako, o tai sudaro 42 procentus pardavimo plano.

4.6.17. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai: pelno, darbo, našumo, produkcijos ir kapitalo rentabilumo rodikliai. Jie randami:

$$R_{prod} = \frac{(P \cdot 100)}{(GK + VS)} = \frac{42,42 \cdot 100}{386,04 + 38,06} = 10\%$$

$$R_{ap} = \frac{(P \cdot 100)}{B_{pard}} = \frac{42,42 \cdot 100}{467,06} = 9\%$$

$$R_k = \frac{(P \cdot 100)}{(PF + AL)} = \frac{42,42 \cdot 100}{2,49 + 125,64} = 33\%$$

čia GK ir VS – atitinkamai: parduodamos produkcijos gamybos kaštai ir veiklos sąnaudos, mln. Eur; B_{pard} – pardavimo apimtis, mln. Eur; PF ir AL – atitinkamai: pagrindinių priemonių ir apyvartinių lėšų vertė, mln. Eur. Rezultai pateikti (*žr. 1.1 lent.*).

Apibendrinant finansinius ir ekonominius skaičiavimus, įgyvendinant dviejų laipsnių metano konversijos technologinės linijos projektą, galima daryti išvadą, kad investavus 2,49 mln Eur į šį projektą, pirmaisiais metais po rekonstrukcijos gamybos kaštų bus patiriama 7,84 mln. Eur mažiau, grynojo pelno gaunama 7,28 mln. Eur daugiau, o investicijos atsipirks maždaug po 3 metų ir 3 mėnesių.

4.7. Statybiniai sprendimai

4.7.1. Bendrieji duomenys

Rekonstruojama dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija yra viena iš amoniako gamybos stadijų. Ji priklauso AB „Achema“. Gamykla įsikūrusi Jonalaukio kaime, Ruklos seniūnijoje, Jonavos rajone. Įmonė yra prie pat Neries, 3 kilometrų atstumu nuo magistralinio kelio A6, kuris labai svarbus transportavimo atžvilgiu. Be to, įmonėje numatytas geležinkelio transportas.

Sklypas yra 0,87 ha ploto, kuriame yra rekonstruojama technologinė linija. Į jos teritoriją yra įvažiavimas iš Azoto gatvės (vidinė įmonės gatvė). Ji yra išalfaltuota, su 1,5 metro pločio trinkelėmis klotu šaligatviu. Didžioji dalis sklypo yra padengta asfalto danga. Aplink sklypą numatyta želdiniai, pagrinde, žolė. Jos užimamas plotas yra 0,147 ha.

Trinkelėmis klotas šaligatvis sudaro 2 procentus, želdiniai – 17 procentų, o rekonstruojama technologinė linija – 24 procentą sklypo ploto. Pagrindiniai rekonstruojamą statinį apibūdinantys rodikliai pateikti (žr. 4.7.1 lent.):

4.7.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
	I. SKLYPAS		
1	1.1 Sklypo plotas	ha	0,87
	1.2 Statinio užimas žemės plotas	m ²	0,21
	1.3 Apželdintas žemės plotas (žaliasis plotas)	m ²	0,147
	1.4 Automobilio stovėjimo vietų skaičius	vnt.	–
	1.5 Sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m.	500

4.7.2. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Rekonstruojamos technologinės linijos pagrindinės inžinerinės sistemos yra vanduo ir gamtinės dujos. Vanduo naudojamas garų gamybos sistemai bei kaip aušinimo agentas. Įmonė sunaudoja didelį kiekį vandens, kuris tiekamas siurbliais iš Neries upės, chemiškai paruošiamas ir patenka į įmonės tinklus. Gamtinės dujos naudojamos technologijai ir kaip šiluminė energija, jas deginant. Pagrindinis jų tiekėjas – „Gazprom“ .

Pagrindiniai technologinės linijos įrenginiai – gamtinių dujų kompresorius , gamtinių dujų separatorius , gamtinių dujų ugninis pašildytuvas , sieros junginių hidrinimo aparatas , sieros junginių adsorbcijos aparatas (2 vnt.), vamzdinės krosnies radiacinė ir konvekcinė dalis, pagalbinė krosnis, I – ojo laipsnio katilas – utilizatorius (1 vnt.), II – ojo laipsnio katilas – utilizatorius, šachtinis reaktorius su sumaišyvu, vandens garų rinktuvas, kaminas, dūmsiurbis (2 vnt.), gamtinių dujų pašildytuvas, oro kompresorius, dujųopūtė ir separatorius.

4.7.3. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara

Rekonstruojama dviejų laipsnio metano konversijos technologinė linija yra 51,9 m ilgio, 54,8 m pločio ir 36,6 m aukščio. Kadangi pagrindinė įranga stovi lauke, todėl naudojamas metalinis karkasas. Tokio pobūdžio technologinės linijos netikslinga laikyti uždaroje patalpoje dėl šių priežasčių:

- Naudojamos sprogios ir degios dujos;
- Technologinių srautų slėgiai yra aukšti (iki 105 atm.);
- Esant uždujinimui arba pralaidai, kenksmingų medžiagų koncentracija gryname ore staigiai mažėja.

Pagrindinis įrenginys – vamzdinė krosnis, stovi ant gelžbetoninių kolonų, išdėstytų 3,36 m atstumu viena nuo kitos. Prie pagrindinės įrangos yra įrengtos aikštelės atitinkamuose aukščiuose:

- vamzdinės krosnies – 6,7 m;
- I – ojo laipsnio katilų utilizatorių – 9,6; 13,6 m;
- II – ojo laipsnio katilo utilizatoriaus – 9,6 m;
- šachtinio reaktoriaus – 10,3 m;
- vandens garų rinktuvo – 31,5; 33,5; 36,6 m;
- sieros junginių hidrinimo ir adsorbcijos aparatų – 7,1; 3,5; 10,9 m.

IŠVADOS

1. Remiantis skaičiavimo metodika, apskaičiuotas teorinis gamtinių dujų kiekis, kuris yra sudeginamas pirmojo laipsnio metano konversijos reaktoriuje ir yra lygus $25845 \text{ m}^3/\text{h}$, esant technologinės linijos apkrovimui pagal gamtines dujas – $42000 \text{ m}^3/\text{h}$.
2. Įvertinus galimus technologinius sprendimus, kurie padėtų sutaupyti gamtinių dujų, pasirinktas oro pašildymas II – ojo laipsnio katile – utilizatoriuje. Atlikus tokio pobūdžio rekonstrukciją, teoriškai įmanoma sutaupyti apie $2744 \text{ m}^3/\text{h}$. Šie skaičiavimai atlikti su Aspen HYSYS programa.
3. Atsižvelgiant į atliktus skaičiavimus, suprojektuota dviejų laipsnių metano konversijos linija su papildomu oro pašildymu II – ojo laipsnio katile – utilizatoriuje.
4. Atliktas šio proceso aplinkosauginis vertinimas, išanalizuojant gamybos poveikį aplinkai, bet ne visą gamtinio būvio ciklą. Kadangi metano konversijai reikalinga šiluma, gaunama deginant gamtines dujas, labiausiai teršiama aplinka azoto oksidais, kurių kiekis per metus lygus 471 tona. Šioms išmetamosioms dujoms yra numatytas homogeninis valymo įrenginys, sumažinantis taršą iki 235,5 tonos per metus.
5. Darbuotojų sauga ir sveikata išanalizuota įvertinant: profesinę riziką, saugią gamybą, darbo higieną ir gaisrinę saugą. Kadangi gamybos metu naudojami degūs skysčiai bei dujos, parinkta pirminės gaisro gesinimo priemonės ir nubraižytas evakuacijos planas iš siurblinės.
6. Rekonstruojama dviejų laipsnių metano konversijos linija yra Jonalaukio kaime, Jonavos rajone. Sklypo plotas sudaro 0,87 ha.
7. Ekonominiais ir finansiniais skaičiavimais pagrįsta rekonstrukcijos nauda. Po vienerių metų įmonės pelnas padidėja 7,28 mln. Eurų, o investicijos atsiperka po 3 metų. Investicijų efektyvumo analizė teigiama, kadangi investicijų atsipirko laikotarpis T yra mažesnis už 5 (3), pelningumo indeksas didesnis už 1 (69,16) ir grynoji esamoji vertė yra teigiamas dydis (172,75 mln. Eur).

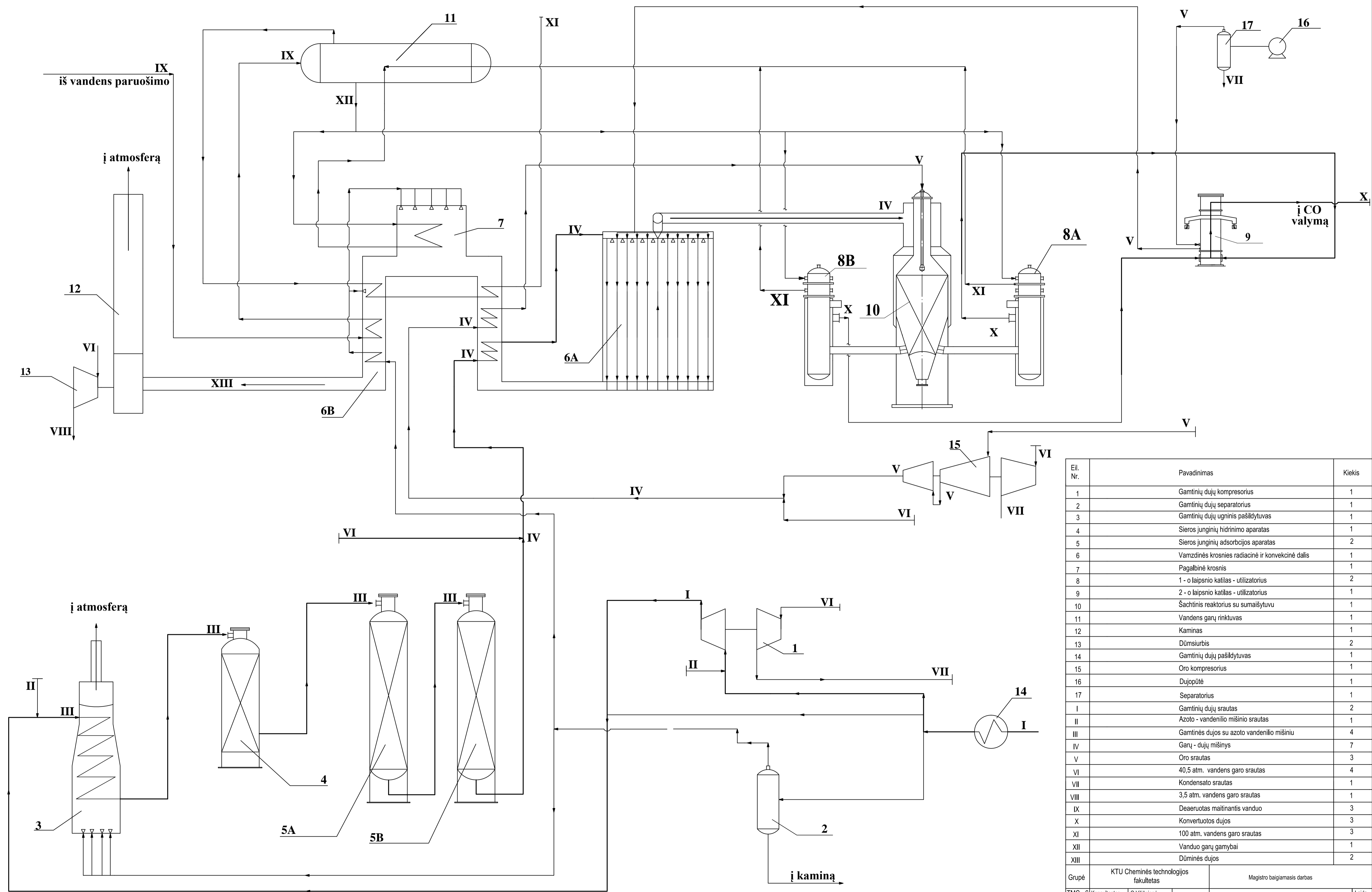
BIBLIOGRAFINIS APRAŠAS

1. Agata Blaszczyk-Boxe. Facts About Hydrogen [interaktyvus]. Live Science, 2015, [žiūrėta 20 04 2018]. Prieiga per internetą : <http://www.livescience.com/28466-hydrogen.html>
2. Gary K. Maxwell. Synthetic Nitrogen Products. DuPont Chemical Solutions Enterprise, Memphis, Tennessee.
3. Isao Abe. Statistics on hydrogen production and consumption [interaktyvus]. Office Tera, 2000, [žiūrėta 22 04 2018] Chiba, Japan. Prieiga per internetą : <http://www.eolss.net/sample-chapters/c08/e3-13-01-02.pdf>
4. Hydrogen production: Natural Gas Reforming [interaktyvus]. [Žiūrėta 25 04 2018]. Prieiga per internetą: <http://energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-natural-gas-reforming>
5. A. Ancuta. Surišto azoto technologija. Kaunas: 1974, p.209
6. Jean-Michel Lavoie. Review on dry reforming of methane, a potentially more environmentally-friendly approach to the increasing natural gas exploitation [interaktyvus]. Front Chem, 2014, [žiūrėta 27 04 2018]. Prieiga per internetą : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4227528/>
7. Glenn Meyers. Hydrogen Economy: Boom or Bust? [interaktyvus]. 2015, [žiūrėta 30 04 2018]. Prieiga per internetą : <http://cleantechnica.com/2015/03/19/hydrogen-economy-boom-bust/>
8. Seyed Ehsan Hosseini. Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carrier for clean development [interaktyvus]. CrossMark, 2016, [žiūrėta 01 05 2018] vol.57, p. 850 – 866. Prieiga per internetą : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115014951>
9. Jon Geest Jakobsen, Martin Jakobsen, Ib Chorkendorff, Jens Sehested. Methane Steam Reforming Kinetics for a Rhodium-Based Catalyst [interaktyvus]. Catalysis Letters, 2010, [žiūrėta 04 27 2018], vol.140, p. 90 – 97. Prieiga per internetą : <http://download.springer.com/static/pdf/228/art%253A10.1007%252Fs10562-010-0436-7.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs10562-hmac=d1399d411a6b7233e0b9307ed21f5092cbc22d6e4d7e8246d325c1838f562ea1>
10. Uses of Hydrogen [interaktyvus]. [Žiūrėta 25 04 2018]. Prieiga per internetą: <http://www.usesof.net/uses-of-hydrogen.html>

11. WANG, Wei, et al. A new Gd-promoted nickel catalyst for methane conversion to syngas and as an anode functional layer in a solid oxide fuel cell [interaktyvus]. *Journal of Power Sources*, 2011, [žiūrėta 05 21 2018] 196.8: 3855-3862. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/251589122_A_new_Gd-promoted_nickel_catalyst_for_methane_conversion_to_syngas_and_as_an_anode_functional_layer_in_a_solid_oxide_fuel_cell
12. BEJ, Barnali; PRADHAN, Narayan C.; NEOGI, Swati. Production of hydrogen by steam reforming of methane over alumina supported nano-NiO/SiO₂ catalyst [interaktyvus]. *Catalysis today*, 2013, [žiūrėta 06 02 2018] 207: 28-35. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/journal/catalysis-today/vol/291>
13. KRENZKE, Peter T., et al. Synthesis gas production via the solar partial oxidation of methane-ceria redox cycle: Conversion, selectivity, and efficiency [interaktyvus]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2016, [žiūrėta 02 01 2018] 41.30: 12799-12811. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/304745009_Synthesis_gas_production_via_the_solar_partial_oxidation_of_methaneceria_redox_cycle_Conversion_selectivity_and_efficiency
14. DE SMET, Carlo Rudy Harold. *Partial oxidation of methane to synthesis gas: reaction kinetics and reactor modelling* [interaktyvus]. Technische Universiteit Eindhoven, 2000 [žiūrėta 04 05 2018]. Prieiga per internetą: <https://pure.tue.nl/ws/files/1400627/200011459.pdf>
15. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134-4878. (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011, Nr. 46 -2201).
16. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
17. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146 -7510 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137).
18. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Valstybės žinios, 2012, Nr. 18-816 .
19. Specialiųjų patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Valstybės žinios, 2013, Nr. 27-1299.
20. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametru norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
21. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119.

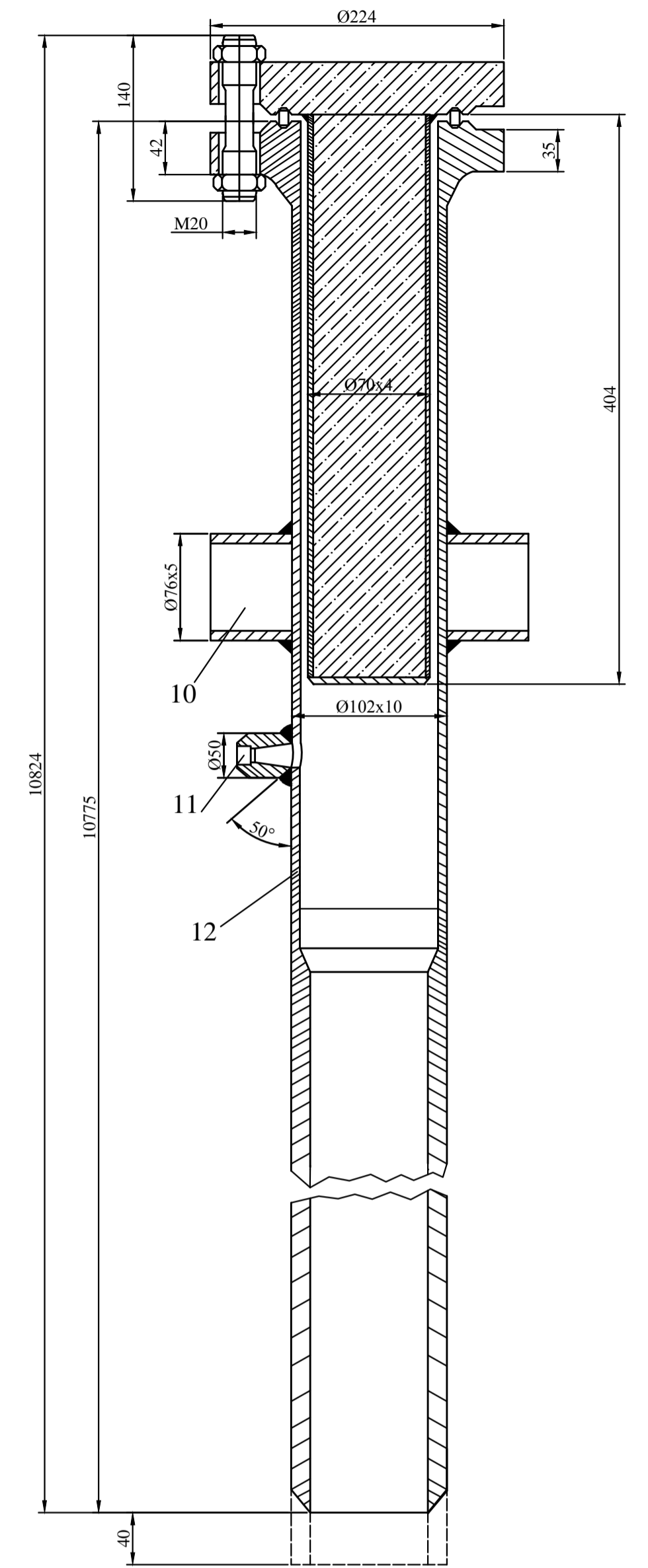
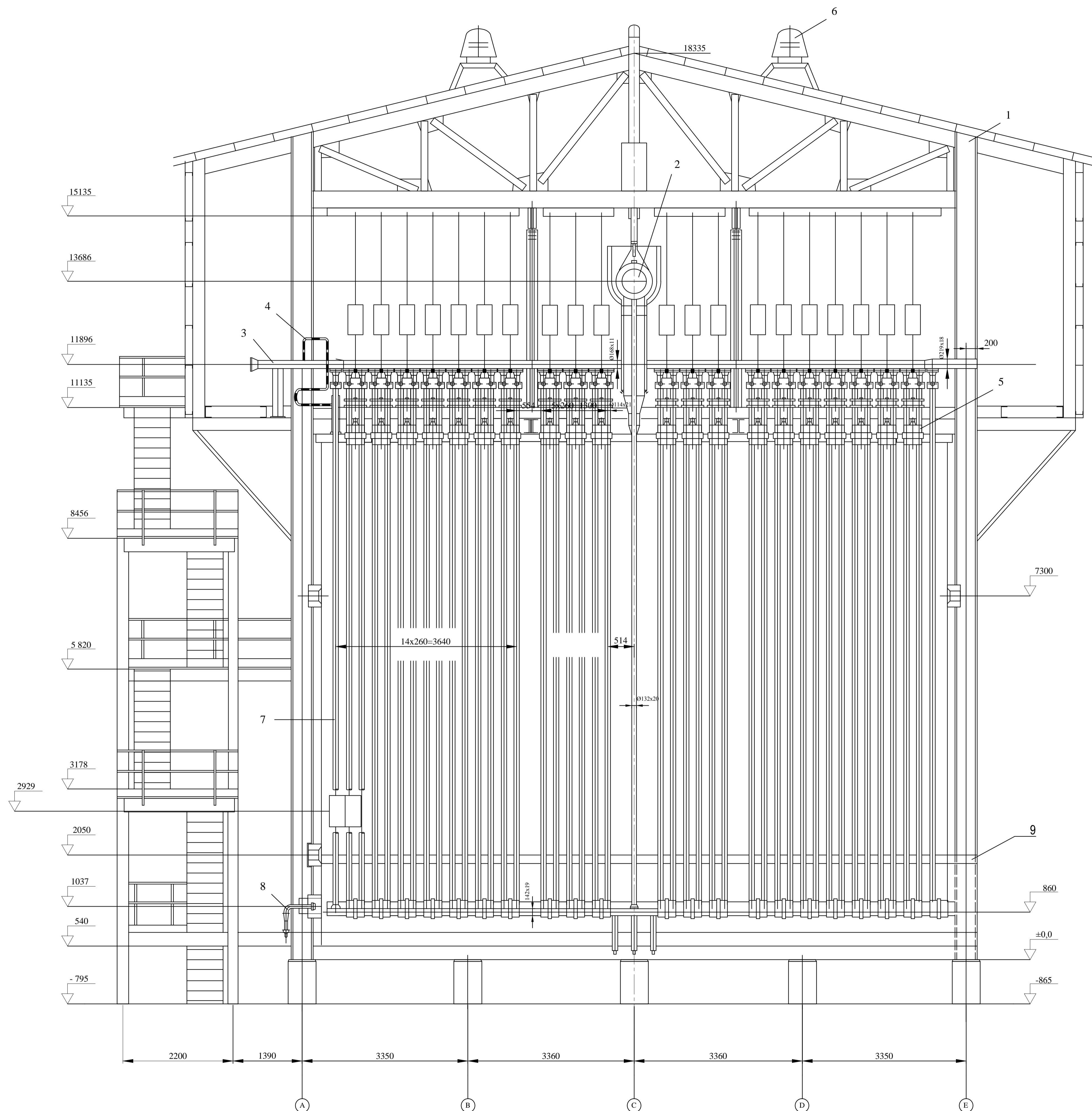
22. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
23. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970).
24. Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo. Valstybės žinios, 1999-07-21, Nr. 63-2065.
25. Dėl teršalų išmetimo į aplinkos orą apskaitos ir ataskaitų teikimo tvarkos aprašo patvirtinimo. Valstybės žinios, 2000-01-27, Nr. 8-213.
26. Dėl Pavojingų cheminių medžiagų ir preparatų klasifikavimo ir ženklinimo tvarkos [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2001-02-21, [žiūrėta 2018 05 14] Nr. 16-509. Prieiga per internetą:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.B03710F29930>
27. Slėginių indų naudojimo taisyklės DT 12-02 [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2002, [žiūrėta 2018 05 16] Nr. 115-5165. Prieiga per internetą:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.A989AE5C41BB>
28. Kauno technologijos universitetas [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 15]. Prieiga per internetą:
http://distance.ktu.lt/kursai/verslumas/pardavimai_I/116359.html
29. “Wikipedia” [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 15]. Prieiga per internetą:
https://en.wikipedia.org/wiki/SWOT_analysis
30. “U.S Energy Information Administration” [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 16]. Prieiga per internetą:
<https://www.eia.gov/naturalgas/>
31. AB “Eso” [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 16]. Prieiga per internetą:
www.eso.lt
32. AB “SEB” [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 16]. Prieiga per internetą:
www.seb.lt
33. “Lietuvos Vyriausybės vertybinių popierių metinė apžvalga 2017” [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 20]. Prieiga per internetą:
<https://finmin.lrv.lt/uploads/finmin/documents/files/Apzv2017L.pdf>
34. “Damodaran Online” [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 20]. Prieiga per internetą:
<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
35. Microsoft „Office“ [interaktyvus]. Žiūrėta [2018 05 20]. Prieiga per internetą:
<https://support.office.com/lt-lt/article/irr-funkcija-irr-64925eaa-9988-495b-b290-3ad0c163c1bc>

PRIEDAI

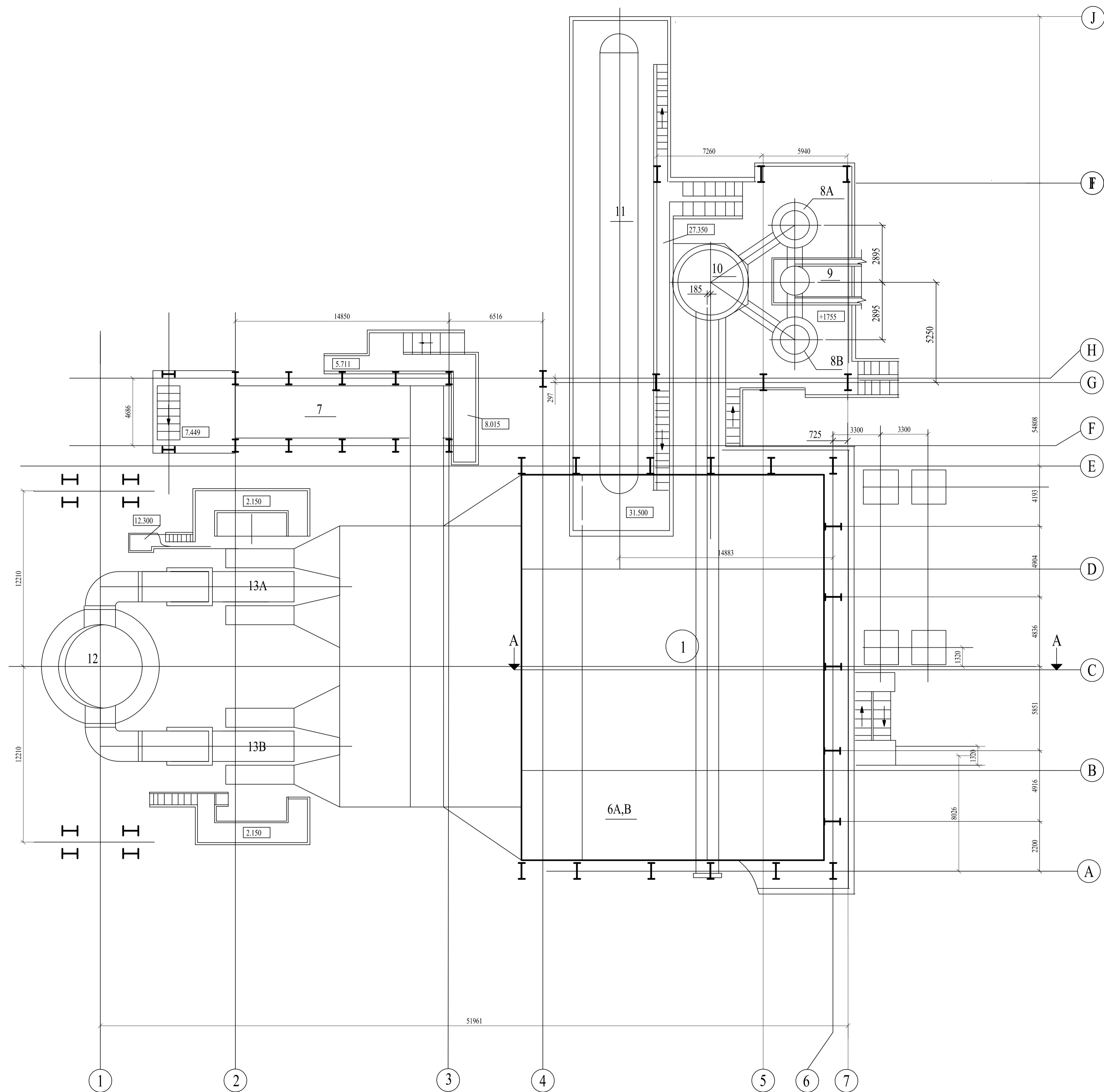


Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Gamtinių dujų kompresorius	1
2	Gamtinių dujų separatorius	1
3	Gamtinių dujų ugninis pašildytuvas	1
4	Sieros junginių hidrinimo aparatas	1
5	Sieros junginių adsorbicijos aparatas	2
6	Vamzdinės krosnies radiacinė ir konvekcinė dalis	1
7	Pagalbinė krosnis	1
8	1 - o laipsnio katilas - utilizatorius	2
9	2 - o laipsnio katilas - utilizatorius	1
10	Šachtinis reaktorius su sumaišytuvu	1
11	Vandens garų rinktuvas	1
12	Kaminas	1
13	Dūmsiurbis	2
14	Gamtinių dujų pašildytuvas	1
15	Oro kompresorius	1
16	Dujopūtė	1
17	Separatorius	1
I	Gamtinių dujų srautas	2
II	Azoto - vandenilio mišinio srautas	1
III	Gamtinės dujos su azoto vandenilio mišiniu	4
IV	Garų - dujų mišinys	7
V	Oro srautas	3
VI	40,5 atm. vandens garo srautas	4
VII	Kondensato srautas	1
VIII	3,5 atm. vandens garo srautas	1
IX	Deaeruotas maitinantis vanduo	3
X	Konvertuotos dujos	3
XI	100 atm. vandens garo srautas	3
XII	Vanduo garų gamybai	1
XIII	Dūminės dujos	2

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Konsultantas	O.Viliūnienė	Vandenilio gamybos iš metano technologinis vertinimas	
	Studentas	M.Sideris	Laida	
	Vadovas	S.Kitrys	Dvivalpsnės metano konversijos vandens garais gamybos linija	
	Recenzentas	A.Jaskūnas	Mastelis	
Pr.etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		LapasLapų	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas		2018 - MBD - FNC	
			1	4



Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis	
1	Korpusas	1	
2	Konvertuotų dujų perdavimo kolektorius	1	
3	Paskirstymo kolektorius	12	
4	Garų - dujų mišinio kolektorius	504	
5	Lubiniai degikliai	260	
6	Ventiliatorius	8	
7	Reakcinis vamzdis	504	
8	Tunelinis degiklis	13	
9	Dūmų kanalas	13	
11	Garų - dujų mišinio kolektoriaus jungimo vieta	1	
12	Korpusas	1	
13	Pakabos tvirtinimo vieta	1	
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Konsultantas O.Viliūnienė	Vandenilio gamybos iš metano technologinis vertinimas	Laida
	Studentas M.Sideris		
	Vadovas S.Kitrys	Pjūvis A-A	Mastelis
	Recenzentas A.Jaskūnas		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		Lapas/Lapų
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas	2018 - MBD - FNC	2 4



Eksplikacija

1. Vamzdinės krosnies įranga

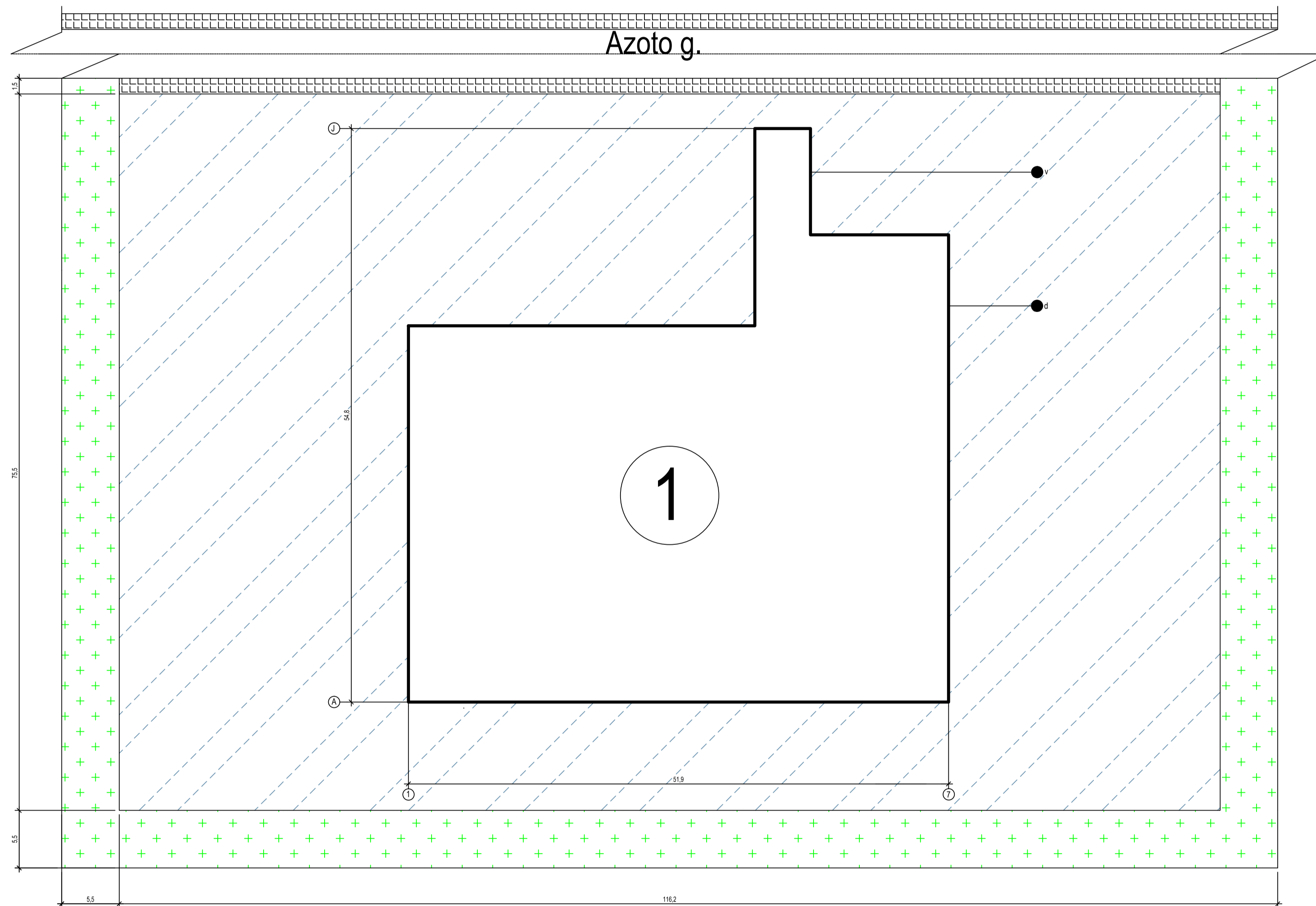
Eil. Nr.	Pavadinimas		Kiekis
6	Vamzdinės krosnies radiacinė ir konvekcinė dalis		1
7	Pagalbinė krosnis		1
8	1-ojo laipsnio katilas - utilizatorius		2
9	2-ojo laipsnio katilas - utilizatorius		1
10	Šachtinis reaktorius su sumaišytuvu		1
11	Vandens garų rinktuvas		1
12	Kaminas		1
13	Dūmsiurbis		2

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Konsultantas	O.Vilūnienė	Vandenilio gamybos iš metano technologinis vertinimas	Laida
	Studentas	M.Sideris		Mastelis
	Vadovas	S.Kitrys	Įrenginių išdėstymo planas	Lapas/Lapų
	Recenzentas	A.Jaskūnas		3
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		2018 - MBD - FNC	4
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas			

Situacijos planas





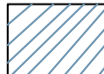


Sklypo planas



Eksplikacija

1. Projektuojama technologinė linija

Sutartiniai žymėjimai:

-  Veja
-  Trinkelių danga
-  Asfalto danga
-  Vanduo
-  Gamtinės dujos

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Konsultantas	O.Viliūnienė	Vandenilio gamybos iš metano technologinis vertinimas	Laida
	Studentas	M.Sideris		Mastelis
	Vadovas	S.Kitrys	Sklypo planas	Lapas/Lapų
	Recenzentas	A.Jaskūnas		4 / 4
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		2018 - MBD - FNC	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas			