



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

**Amonio fosfato gamybos iš ekstraktinės fosforo rūgšties
technologinis įvertinimas**

Baigiamasis magistro projektas

Justinas Macionis

Projekto autorius

Doc. Rasa Paleckienė

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Amonio fosfato gamybos iš ekstrakcinės fosforo rūgšties technologinis įvertinimas

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Justinas Macionis

Projekto autorius

Doc. Rasa Paleckienė

Vadovė

Lekt. Andrius Jaskūnas

Recenzentas

Konsultantai:

Lekt. Odeta Viliūnienė

Statybinių sprendimų

Prof. Vaidas Gaidelys

Finansinių ir ekonominių
skaičiavimų

Prof. Inga Stasiulaitienė

Aplinkosauginio vertinimo

Doc. Dalia Nizevičienė

Darbuotojų saugos ir sveikatos

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Justinas Macionis

Amonio fosfato gamybos iš ekstrakcinės fosforo rūgšties technologinis įvertinimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Justino Macionio, baigiamasis projektas tema „Amonio fosfato gamybos iš ekstrakcinės fosforo rūgšties 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)



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. K. Baltakys

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

Dekano įsakymas Nr. ST18-F-02-03, 2019 m. 04 mėn. 24 d. 2019 m. balandžio mėn. 19 d.

**Amonio fosfato gamybos iš ekstrakcinės fosforo rūgšties
technologinis įvertinimas**

Projekto tema Amonio fosfato gamybos iš ekstrakcinės fosforo rūgšties technologinis
įvertinimas

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – išnagrinėti amonio fosfatų gamybos teoriją, žinomus technologinius sprendimus, įvertinti amonio dihidrofosfato gamybos technologijos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais;

atlikti technologinio proceso bei produkto analizę bei vertinimą taikant pasirinktą skaičiavimo/modeliavimo/analizės metodiką ir pateikti technologijos tobulinimo galimybių vertinimą;

pateikti gamybinio proceso vykdymo technologinę schemą;

pateikti statybinius sprendimus, finansinius ir ekonominius skaičiavimus, aplinkosauginį vertinimą bei reikalavimus dėl darbuotojų saugos ir sveikatos.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanų 2019 m. kovo 28 d. potvarkiu Nr. V25-02-02 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovė

Doc. Rasa Paleckienė

2019-03-04

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Justinas Macionis

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Justinas Macionis. Amonio fosfato gamybos iš ekstrakcinės fosforo rūgšties technologinis įvertinimas. Magistro baigiamasis projektas vadovė, doc. dr. Rasa Paleckienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Inžinerijos mokslai, Chemijos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: amonio fosfatai, kristalai, technologija.

Kaunas, 2019. 73 p.

Santrauka

Šiuo metu labai plačiai taikomos fosforo trąšos yra amonio fosfatai. Mokslui žengiant į priekį, siekiama pagaminti vis grynesnes trąšas, tokiu būdu neužteršiant ribotus dirbamų žemių plotus sunkiaisiais metalais. Vienas iš būdų yra gaminti trąšas jas iškristalizuojant. Taip gaunamas aukštos kokybės produktas. Magistro baigiamajame darbe atlikti technologiniai tyrimai leido nustatyti, jog modernizuojama monoamonio fosfato gamybos linija padidinus gamybos našumą gali gaminti didesnę kiekį trąšų išlaikant nustatytą kokybę.

Atlikus profesinės rizikos vertinimą, įvertinus darbo higieną ir saugumą bei priešgaisrinę apsaugą, atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė. Pagal sprogimą ir gaisrą sukeliančius pavojus, nustatytos sprogios zonos.

Įvertinus finansinius ir ekonominius skaičiavimus, nustatyta monoamonio fosfato kaina. Atlikus skaičiavimus buvo įvertinta projekto grynoji esamoji vertė, investicijų efektyvumas, pelningumas. Įvertinus skaičiavimus, gaunamas papildomas 36 tūkst. Eur pelnas per metus. Daroma išvada, jog modernizuota monoamonio fosfato technologija neša didesnę pelną.

Atlikus aplinkosauginį renovuojamos technologijos vertinimą, nustatytas daromas poveikis aplinkai. Pagrindines taršos problemas sukelia netinkami išmetimai į orą ir susidaranti būtinių atliekos, kurios vėliau utilizuojamos.

Justinas Macionis. Technological Evaluation of Ammonium Phosphate Production from Wet Process Phosphoric Acid. Master's Final Degree Project. Project / supervisor Assoc. Prof. Rasa Paleckienė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Engineering Sciences, Chemical engineering.

Keywords: ammonium phosphate, crystal, technology.

Kaunas, 2019. 73.

Summary

The currently widely used phosphorus fertilizers are ammonium phosphates. The advancement of science aims to produce ever-cleaner fertilizers, thus avoiding polluting limited areas of arable land with heavy metals. One way is to produce fertilizers by crystallizing them. This produces a high quality product. Technological research carried out in the master's thesis has shown that the upgraded monoammonium phosphate production line can increase the production of fertilizers by maintaining the specified quality by increasing production efficiency.

Occupational health and safety assessment, fire safety and occupational health and safety analysis have been carried out. Explosive areas have been identified in the event of explosion and fire hazards.

The cost of monoammonium phosphate has been estimated based on financial and economic calculations. The net present value of the project, the efficiency of the investments, and the profitability were evaluated by calculations. After estimating the calculations, an additional 36 ths. Eur profit per year. It is concluded that modernized monoammonium phosphate technology brings greater profits.

Environmental impact assessment has been carried out after the environmental assessment of the technology being modernized. Major pollution problems are caused by inadequate emissions to air and household waste that is subsequently recovered.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Santrumpų ir terminų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Trašų gamybos tendencijos	13
1.1.1. Trašų paklausa	13
1.1.2. Trašų pasiūla.....	13
1.2. Amonio fosfatų gamybos pagrindai	14
1.3. Kristalizacijos fizikiniai pagrindai	15
1.3.1. Priemaišų įtaka kristalizacijai.....	16
1.4. Trašų gryninimo svarba	16
1.5. Amonio fosfatų gamybos technologiniai sprendimai	17
2. Tiriamoji dalis.....	22
2.1. Kokybiniai produkto tyrimai	22
2.1.1. Medžiagos.....	22
2.1.2. Tyrimų metodika	22
2.1.3. Tyrimų rezultatai	24
2.2. Gamybos modeliavimas Aspen plus aplinkoje.....	28
3. Inžinerinė dalis.....	29
3.1. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai	29
3.2. Technologinė dalis.....	31
3.2.1. Kristalinių amonio dihidrofosfato trašų technologinė gamybos schema ir jos aprašymas ...	31
3.2.2. Technologiniai skaičiavimai.....	33
3.3. Statybiniai sprendimai	43
3.3.1. Bendroji dalis.....	43
3.3.2. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai	43
3.4. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	45
3.4.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	46
3.4.2. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas	47
3.4.3. Gamybos kaštai	48
3.4.4. Investicijų efektyvumo vertinimas	55
3.4.5. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas	55
3.4.6. Lūžio taškas	56
3.5. Aplinkosauginis vertinimas	59
3.6. Darbuotojų sauga ir sveikata	62
3.6.1. Projektuojamo objekto charakteristika	62
3.6.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	62
3.6.3. Saugi gamyba	64
3.6.4. Elektrosauga	65
3.6.5. Darbo higiena	65
3.6.6. Gaisrinė sauga	69
4. Grafinė dalis.....	70
Išvados	71

Literatūros sąrašas	72
Priedai.....	74
1 priedas. MAP gamybos cecho generalinis sklypo planas.....	74
2 priedas. MAP gamybos cecho penkto aukšto planas.....	74
3 priedas. MAP gamybos cecho pjūvis A-A.	74
4 priedas. MAP gamybos cecho pjūvis B-B.....	74
5 priedas. MAP gamybos technologinė schema.....	74

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Reaktoriaus masės balansas	35
2 lentelė. Po dekanterio į kristalizatorių ir tarpinę talpą T2 tiekiamų srautų sudėtis	35
3 lentelė. Kristalizatoriaus srautų masės balansas	35
4 lentelė. Kristalizatoriaus medžiagų balansas su gražinamuoju srautu.....	36
5 lentelė. Medžiagų srautų sudėtis.....	37
6 lentelė. Kristalinių amonio dihidrofosfato trąšų gamybos linijos medžiagų balansas	38
7 lentelė. Kristalinių amonio dihidrofosfato trąšų gamybos linijos medžiagų balansas	39
8 lentelė. Reaktoriaus šilumos balansas	41
9 lentelė. Technologiniai įrengimai ir jų charakteristika.....	42
10 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai.....	43
11 lentelė. SSGG matrica	45
12 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir kaštai.....	46
13 lentelė. Technologinių įrengimų vertė.....	46
14 lentelė. Suvestinė statybos kainos skaičiuotė	47
15 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis	48
16 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	48
17 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	49
18 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai	49
19 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)	50
20 lentelė. Gamybos kaštai.....	51
21 lentelė. Palūkanų gražinimo planas	52
22 lentelė. Veiklos kaštai.....	52
23 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas.....	53
24 lentelė. Įmonės pelno (nuostolių) ataskaita	53
25 lentelė. Finansinės būklės pokyčių pinigų srautų ataskaita	54
26 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas	57
27 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai	58
28 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas.....	59
29 lentelė. Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius.....	60
30 lentelė. Konkrečios veiklos sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša	60
31 lentelė. Oro taršos šaltiniai	61
32 lentelė. Aplinkos oro taršos šaltinių fiziniai duomenys.....	61
33 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas.....	63
34 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai.....	63
35 lentelė. Išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogumo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas. 64	
36 lentelė. Pastatų kategorijos pagal sprogumo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas	64
37 lentelė. Rekomenduojamos apšvietos vertės	66
38 lentelė. Trumpalaikio ir ilgalaikio poveikio medžiagų ribiniai dydžiai	67
39 lentelė. Darbo vietos triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys.....	68

Paveikslų sąrašas

1 pav. Amonio fosfatų sočiųjų tirpalų pH priklausomybė nuo $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4$ molinio santykio 60–75 °C temperatūroje	15
2 pav. Amofoso gamybos būgniniame granuliaciniame – džiovikloje technologinė schema	17
3 pav. Granuliuoto amofoso gamybos amonizatoriuje – granuliaciniame technologinė schema.....	18
4 pav. Granuliuoto diamonio fosfato gamybos būgniniame granuliaciniame - džiovikloje technologinė schema	19
5 pav. <i>Swenson</i> tipo kristalizatoriaus forma	20
6 pav. <i>Swenson</i> tipo kristalizatoriaus schema su cirkuliaciniu kontūru	20
7 pav. <i>Oslo – Krystal</i> tipo kristalizatoriaus forma	21
8 pav. <i>Oslo – Krystal</i> tipo kristalizatoriaus schema su cirkuliaciniu kontūru	21
9 pav. Chemiškai gryno MAP IR spektro molekulinės absorbcijos kreivė.....	24
10 pav. Pramoniniu būdu pagaminto MAP IR molekulinės absorbcijos kreivė	25
11 Pav. Chemiškai gryno $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė	26
12 pav. Pramoniniu būdu pagaminto amonio dihidrofosfato rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė	26
13 pav. Chemiškai grynas MAP	27
14 pav. Pramoniniu būdu pagamintas MAP	27
15 pav. Aspen plus programa sumodeliuota technologinė schema	28
16 pav. Lūžio taškas	57
17 pav. Kristalinių trąšų gamybos cecho penkto aukšto evakuacinis planas	69

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

BGD – būgninis granulatorius – džiovykla

DAP – amonio hidrofosfatas (diamonio fosfatas)

IFA – International Fertilizer Association

IR – Infraraudonasis spektras (spektro sritis)

MAP – amonio dihidrofosfatas (monoamonio fosfatas)

Įvadas

Didėjant žmonių skaičiui pasaulyje, maisto produktų poreikis taip pat kyla. Tačiau dirbamųjų laukų plotai nedidėja, vadinasi, reikia didinti našumą. Stipriai tobulėjant agrochemijos mokslui, galima nustatyti, kiek ir kokių maistinių medžiagų reikia, norint užauginti konkrečiame lauko plote tam tikras daržoves, augalus ir gauti kuo didesnę derlių. Todėl nuolat auga ir trąšų poreikis. Gamintojai šį poreikį siekia patenkinti ne tik didindami trąšų gamybos apimtį, bet ir plėsdami asortimentą.

Efektyviam augalų tręšimui į rinką yra įvedamas naujas produktas: vandenyje visiškai tirpios, kristalinės amonio dihidrofosfato trąšos. Šios sudėtinės azoto ir fosforo turinčios trąšos gaunamos cheminės sąveikos būdu, neutralizuojant fosforo rūgštį amoniaku, susidariusią pulpą ištirpinti, o vėliau iš tirpalo iškristalizuoti produktą. Kadangi naudojama ekstraktinė fosforo rūgštis, tai joje yra dalis priemaišų, kurios blogina produkto savybes, todėl jas būtina pašalinti. Po perkristalinimo gaunamos visiškai tirpios azoto fosforo trąšos, kuriomis galima tręšti augalus per lapus bei kurios tinkamos laistyti per kapiliarinę sistemą.

Darbo tikslas – išnagrinėti amonio fosfatų gamybos teoriją, žinomus technologinius sprendimus, įvertinti amonio dihidrofosfato gamybos technologijos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

1. atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais;
2. atlikti technologinio proceso bei produkto analizę bei vertinimą taikant pasirinktą skaičiavimo/modeliavimo/analizės metodiką ir pateikti technologijos tobulinimo galimybių vertinimą;
3. pateikti gamybinio proceso vykdymo technologinę schemą;
4. pateikti statybinius sprendimus, finansinius ir ekonominius skaičiavimus, aplinkosauginį vertinimą bei reikalavimus dėl darbuotojų saugos ir sveikatos.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Trąšų gamybos tendencijos

1.1.1. Trąšų paklausa

2017–2018 metais pasaulinis trąšų suvartojimas augo 0,9 %. Tikimasi, jog 2019 metais taip pat bus augimas.

Pasaulinė trąšų paklausa per trejus metus nuo 2015 iki 2018 padidėjo vidutiniškai 1,3 %. Manoma, kad 2022–2023 m. bendra pasaulinė trąšų gamyba pasieks 199 mln. tonų. Kalio trąšų paklausa pakils 1,8 % per metus, fosforo 1,4 %, o dėl tinkamo bei subalansuoto tręšimo azoto trąšomis azoto trąšų paklausa pakils 1,0 % [1].

Kaip ir praėjusiais metais, didžiausias augimas tikėtinas Afrikoje, Rytų Europoje, Centrinėje Azijoje bei Lotynų Amerikoje. Šie regionai per kitus dešimt metų turi didelį žemės ūkio augimo potencialą. Vakarų Azijoje trąšų suvartojimą sunku numatyti dėl geopolitinės aplinkos. Tikimasi, kad Rytų Azijoje azoto trąšų paklausa šiek tiek sumažės, o fosforo trąšų paklausos augimas sustos, nes po dešimtmečių trukusio didelio augimo Kinijoje tendencijos gali pasikeisti. Bendras trąšų poreikis Rytų Azijoje vis dar padidėtų dėl didelės kalio trąšų paklausos Pietryčių Azijoje [1].

1.1.2. Trąšų pasiūla

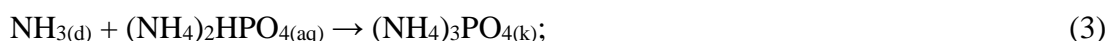
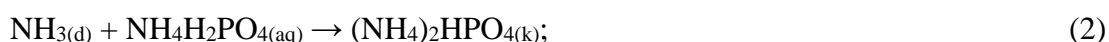
Nuo 2018 iki 2022 metų trąšų pramonės įmonės investuos beveik 98 mlrd. JAV dolerių 60 naujų gamybos padalinių statybai. Tai leis papildomai pagaminti 78 mln. tonų trąšų. Paminėtina tai, kad kita dalis investicijų yra perkeliama iš gamybos lėšų į efektyvesnius produkto paskirstymo būdus, tobulinama paslaugų kokybė ir klientų aptarnavimas bei investuojama į pridėtinės vertės produktus [2].

2022 projektuojamas 9 % didesnis pasaulinis fosfatų uolienos išgavimas (iki 250 mln. tonų) lyginant su gavyba 2017 metais. 2022 metais pasaulinė fosforo rūgšties gamyba padidėtų iki 64,3 mln. tonų P₂O₅ arba 6 %, palyginant su gamybos apimtims 2017 metais [2]. Statistiniais metodais prognozuojama, kad 2022 m. pasaulinis perdirbtų fosfatų kiekis padidės iki 3 % arba 14 mln. tonų produktų. Trečdalis jų bus perdirbama Maroke. Pasaulinė fosforo rūgšties pasiūla padidėtų 1,9 % (lyginti su 2017 m.), o paklausa augtų 1,7 %. Nuo 2019 iki 2022 metų fosforo rūgšties paklausa ir pasiūla stabilizuosis [2].

1.2. Amonio fosfatų gamybos pagrindai

Amonio fosfatai gaunami terminę arba ekstrakcinę fosforo rūgštį neutralizuojant amoniaku. Kai azoto ir fosforo molinis santykis yra 1,0 susidaro amonio dihidrofosfatas $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, o kai molinis santykis siekia 2,0 tuomet susidaro diamonio hidrofosfatas $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Reakcijos yra egzoterminės. Amonio dihidrofosfatai ir diamonio hidrofosfatai gaunami apie 110 °C temperatūroje [3].

Neutralizacijos procesas vyksta pagal šias reakcijos lygtis:

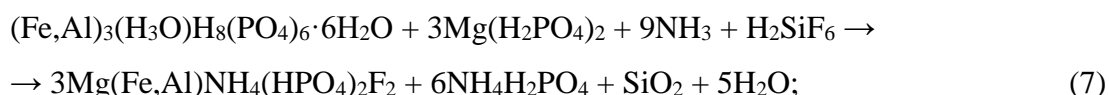
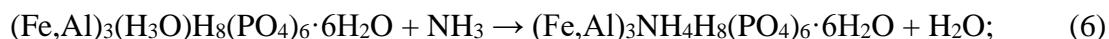


Daug priemaišų kietojoje fazėje susidaro, kai sistemoje yra Mg, Fe ir Al junginių, todėl neutralizavimo tirpaluose susidaro sudėtingos druskų sistemos. Jų sudėtis priklauso ne tik nuo ekstrakcinės rūgšties priemaišų, bet ir nuo neutralizavimo laipsnio [3].

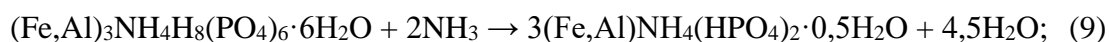
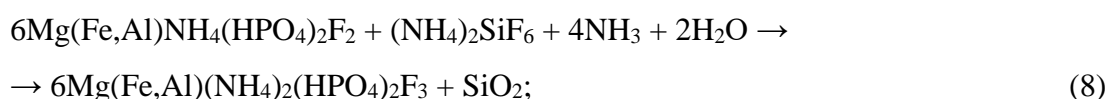
Visos reakcijos proceso metu vyksta lygiagrečiai, susidaro amonio dihidro ir hidro fosfatai bei šalutiniai junginiai. Esant mažai pH vertei ~ 2,5 susidaro vandenyje tirpūs junginiai:



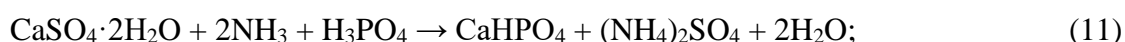
Taip pat citrate tirpūs kompleksiniai junginiai:



Kai pH padidėja iki 4,35, susidaro citrate tirpūs geležies ir aliuminio fosfatai:



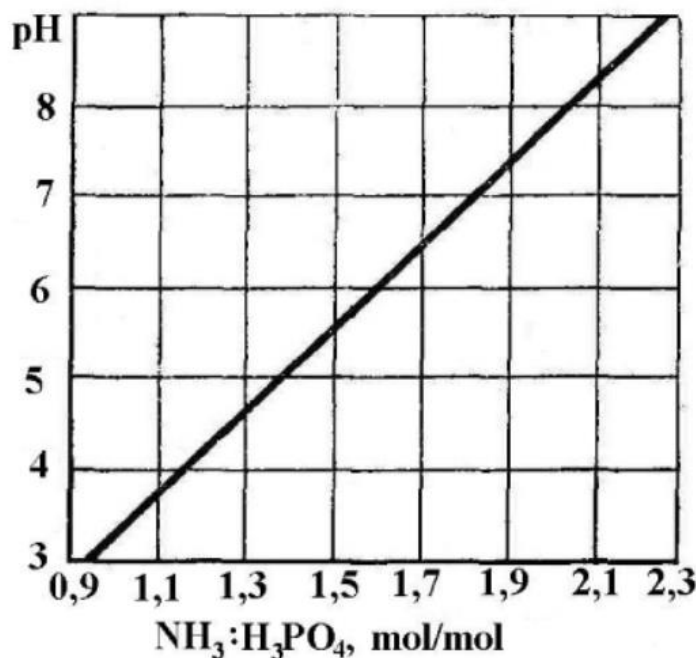
Taip pat iškrenta citrate tirpūs kalcio ir magnio hidrofosfatai:



Kai pH padidėja daugiau nei 5,6, susidaro netirpus hidroksilapatitas.



pH rodiklis yra vienas iš svarbesnių vykdant neutralizavimo procesą. Amonio fosfato sočiųjų tirpalų pH priklausomybė nuo $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4$ molinio santykio pavaizduota 1 paveiksle [3].



1 pav. Amonio fosfatų sočiųjų tirpalų pH priklausomybė nuo $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4$ molinio santykio 60–75 °C temperatūroje

1.3. Kristalizacijos fizikiniai pagrindai

Kristalizacija tai kristalų susidarymas iš tirpalų ar lydinių. Kristalizacija plačiai naudojama chemijos pramonėje kristalinei fazei išskirti iš tirpalų ir lydinių, grynomis medžiagoms gauti arba išvalyti priemaišas. Kristalizacija vyksta tuomet, kai pradinė fazė yra persotintosios arba peraušintosios būsenos. Pasibaigus kristalizacijai lieka sotus tirpalas. Nuo šio tirpalo kristalai yra atskiriami nusodinimu, filtravimu, centrifugavimu arba kitais metodais [4].

Pramonėje naudojami du kristalizacijos būdai: izoterminis, kai persotintasis tirpalas gaunamas išgarinant dalį tirpiklio, ir izohidratinis, kai persotintasis tirpalas gaunamas aušinant ir išlaikant tirpiklio masę pastovią [4].

Kristalizaciją sudaro dvi pagrindinės stadijos – kristalizacijos centrų arba užuomazgų susidarymas ir kristalų augimas. Paprastai šios dvi stadijos vyksta vienu metu. Kai kristalizacijos centrų susidarymo greitis yra didesnis už kristalų augimo greitį susidaro smulkūs kristalai, kai kristalizacijos centrų greitis mažesnis už kristalų augimo greitį, susidaro stambesni kristalai [4].

Kristalizacijos centrų susidarymas prasideda ne visame tirpalo arba lydalo tūryje, o tik tam tikruose taškuose. Jais gali būti įvairios mechaninės priemaišos, aparato sienelės šiurkštūs elementai ir kiti elementai. Tolygiam kristalizacijos centrų atsiradimui visame tirpalo ar lydinio tūryje paspartinti, į

aparatai tiekiami priedai. Tai smulkios besikristalizuojančios medžiagos dalelės, kurios ir yra kristalizacijos centrai [4].

1.3.1. Priemaišų įtaka kristalizacijai

Pradinėje fosfatų žaliavoje būna įvairių priemaišų, kurių lieka gaminant ekstrakcinę fosforo rūgštį. Šią rūgštį naudojant kristalinėms trąšoms gaminti galima pabloginti produkto kokybę ir išeigą. Dažniausiai pasitaikančios priemaišos yra trivalenčiai jonai Fe^{3+} , Cr^{3+} , Al^{3+} . Šie jonai gali turėti didelę įtaką neorganinių junginių kristalizavimo parametrų, tokiems kaip: metastabilios zonos plotis, kristalų augimo greitis, produkto kristalų morfologija, kristalų dydžio pasiskirstymas ir grynumas. [5].

Fe^{3+} priemaišos gali visiškai sustabdyti kristalų augimą, todėl nebus gera produkto išeiga. Priklausomai nuo trivalenčių jonų priemaišų, keičiasi kristalų morfologija. Esant didesniems kiekams geležies jonų, pakinta kristalų forma: jie tampa adatėlių formos, didėja jų ilgis, bet ne plotis. Tai gali sukelti neigiamų pasekmių tolimesniuose procesuose, tokiuose kaip džiovinimas arba filtravimas [5].

Atlikta teorinė analizė parodė, jog nepageidaujamos Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} priemaišos padaro amonio dihidrofosfato metastabilią zoną platesnę. Didžiausią įtaką daro trivalenčiai jonai Fe^{3+} ir Al^{3+} . Šių priemaišų buvimas gali lemti platesnę metastabilią zoną keliais laipsniais, o esant didesniems Al^{3+} kiekams įtaka gali būti net $9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6].

1.4. Trąšų gryninimo svarba

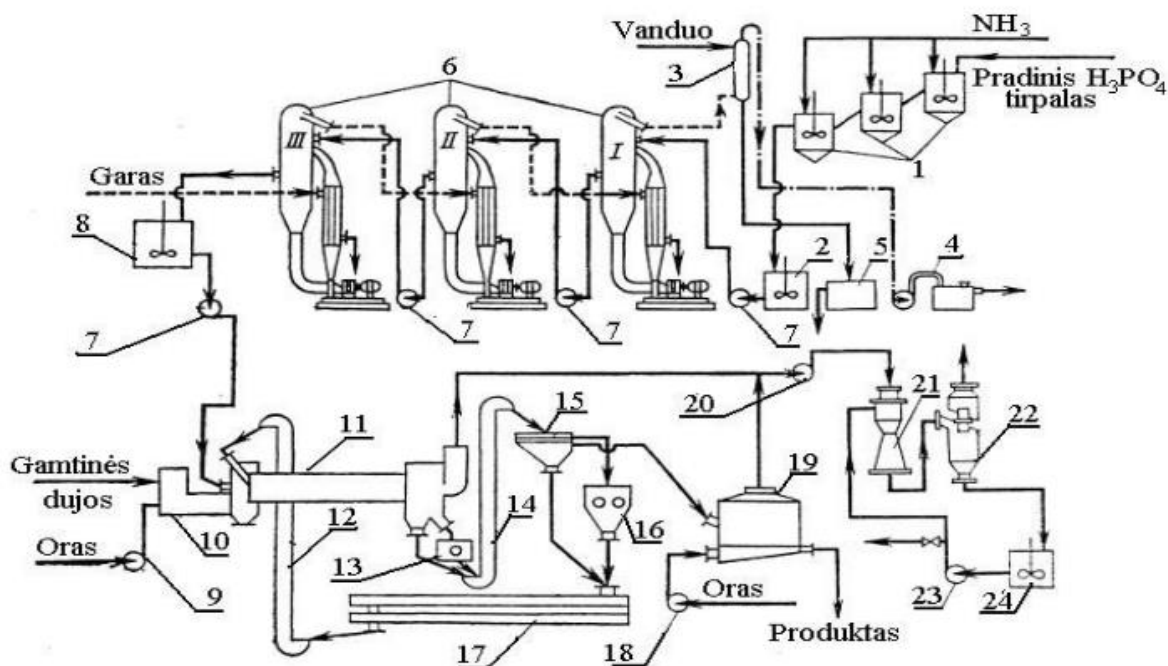
Siekiant pagaminti aukštesnės kokybės produktą galima jį gryninti perkristalizuojant. Atliktos studijos [7] parodė, jog kristalizuojant pramoninį amoniodi hidrofosfatą, galima padidinti fosforo kiekį nuo 53,17 % iki 61,04 % P_2O_5 , o azoto kiekį nuo 10,77 % iki 12,00 %. Kristalizacijos metu atskiriamos tirpios ir netirpios Fe, Al, Mg, Cr ir kitos priemaišos.

Apatituose esama tokių elementų kaip F, As, Cd, Cr, Hg, Pb, Se, U, V, kurie vėliau aptinkami, kaip ištirpusios ar netirpios priemaišos jau pagamintoje ekstrakcinėje fosforo rūgštyje. Iš šios rūgšties vėliau bus gaminamos fosforo trąšos. Šie elementai gali pakliūti į žmogaus kūną per augalus, užaugintus naudojant trąšas arba naudojant užterštą geriamąjį vandenį. Žmogaus organizme gali kauptis sunkieji metalai, kiti sveikatai žalingi elementai, kurie turės neigiamos įtakos sveikatai. Cd gali sukelti žalą inkstams, reprodukcinei sistemai, kaulams. Todėl labai svarbus trąšų kokybės rodiklis yra šių elementų kiekis pagamintoje produkcijoje [7, 8].

1.5. Amonio fosfatų gamybos technologiniai sprendimai

Amonio fosfatai pramonėje gaunami neutralizuojant ekstrakcinę fosforo rūgštį amoniaku įvairios konstrukcijos neutralizatoriuose arba vamzdiniuose reaktoriuose. Labai efektyvus kryžminis vamzdinis reaktorius. Jame purkštukai yra sumontuoti statmenai (90°) reaktoriui, rūgšties, garo ir įvairios nuotekos tiekiamos tangentiškai, todėl šie komponentai gerai susimaišo tarpusavyje [9].

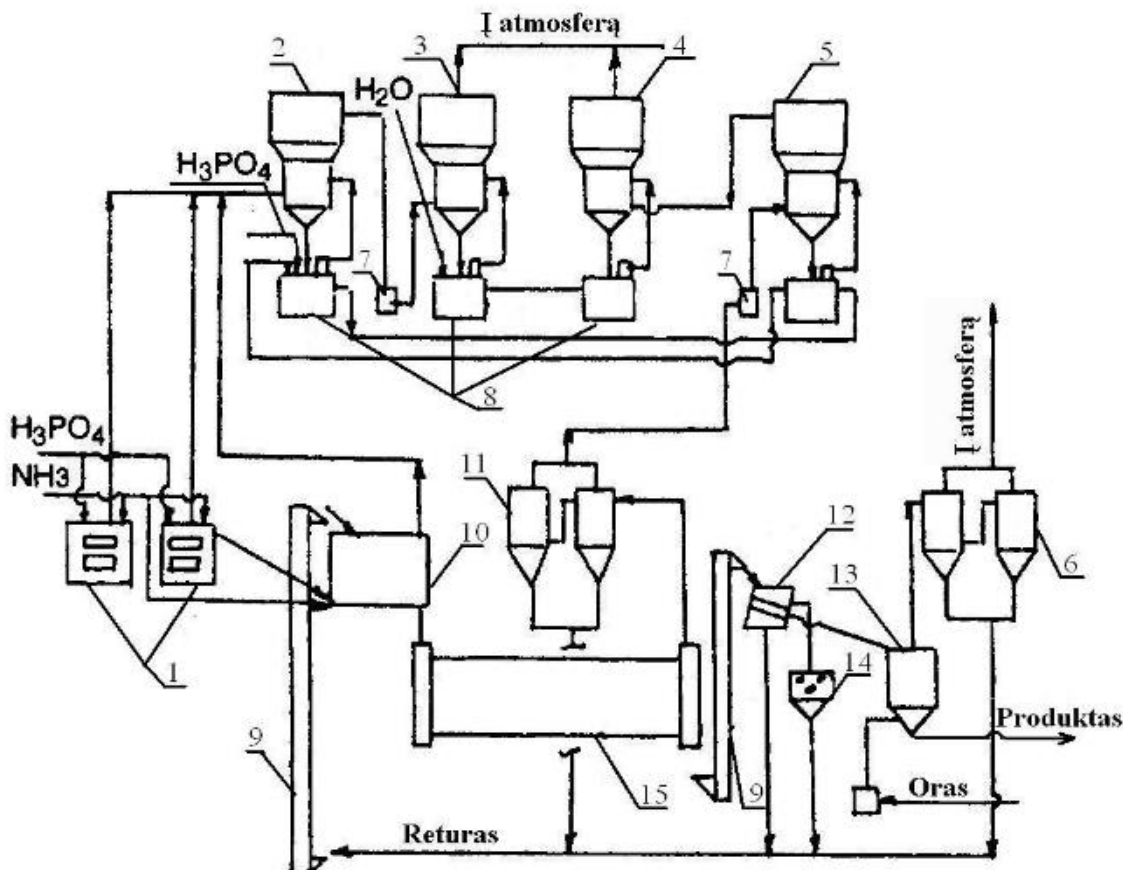
Antrame paveiksle parodyta amofoso gamybos būgniniame granuliatoriuje – džiovykloje (BGD) technologinė schema. Būgninis granuliatorius – džiovykla suteikia galimybę gaminti trąšas efektyviau, nes granuliavimas ir džiovinimas vyksta viename aparate. Gaminant amofosą šiuo būdu yra numatytas išankstinis fluoro junginių išvalymas iš fosforo rūgšties nusodinant natrio arba fluoro silikatus [3].



2 pav. Amofoso gamybos būgniniame granuliatoriuje – džiovykloje technologinė schema [3]

Čia: 1 – amonizatoriai; 2 – tarpinis indas; 3 – barometrinis kondensatorius; 4 – vakuuminis siurblys; 5 – kondensato ir vandens indas; 6 – išgarinimo aparatai; 7, 23 išcentriniai siurbliai, 8 nugarintos pulpos bakas; 9, 18, 20 ventiliatoriai; 10 – kūrykla; 11 – būgninis granuliatorius – džiovykla; 12, 14 – elevatoriai; 13, 14 – smulkintuvai; 15 – sijotuvai; 17 – vibrotransporteris; 19 – aušintuvas; 21 – turbulentinis skruberis; 22 – išcentrinis lašų gaudytuvas; 24 – recirkuliacinis indas

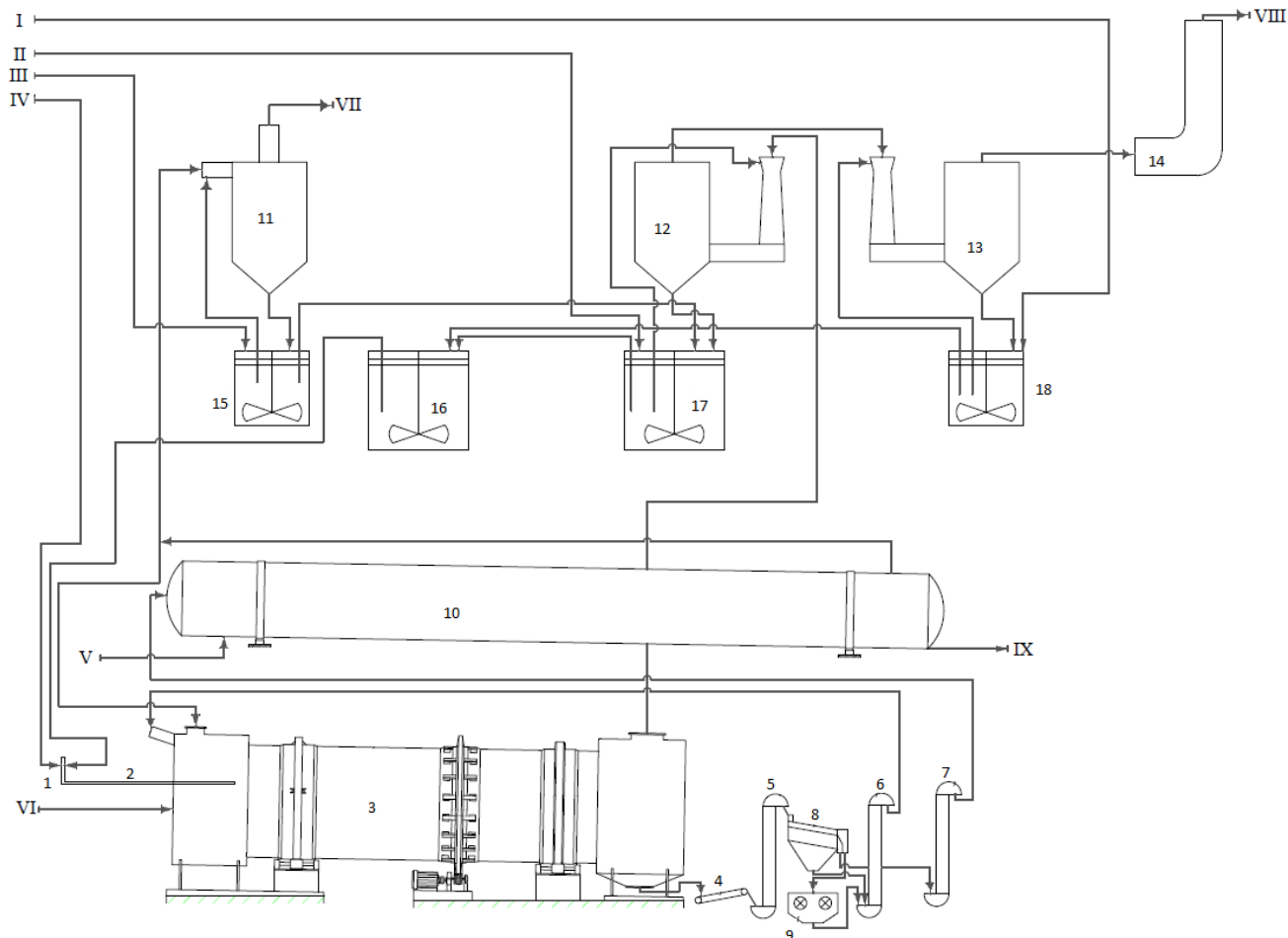
Trečiame paveiksle pavaizduota granulioto amofoso gamybos amonizatoriuje – granuliaciniame technologinė schema. Naudojant amonizatorių – granuliacinį galima gaminti bet kokius amonio fosfatus: hidro- ir dihidrofosfatus [3].



3 pav. Granulioto amofoso gamybos amonizatoriuje – granuliaciniame technologinė schema [3]

Čia: 1 – neutralizatorius; 2, 4 – verdančio sluoksnio adsorberiai; 3, 5 – lėkštiniai adsorberiai; 6, 11 ciklonai; 7 – ventiliatoriai; 8 – rinktuvai; 9 – elevatoriai; 10 – amonizatorius – granuliacinis; 12 – sijotuvai; 13 – pseudoverdančio sluoksnio aušintuvas; 14 – smulkintuvas; 15 – džiovykla

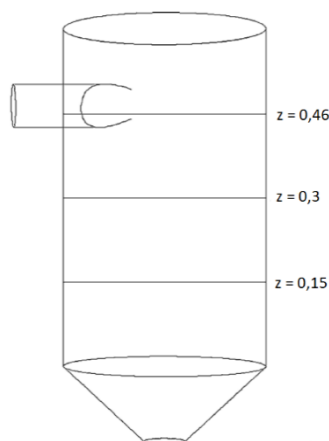
Ketvirtame paveiksle parodyta diamonio hidrofosfato (DAP) gamybos technologinė schema, kai neutralizuojama vamzdiniame reaktoriuje, o granuliavimas ir džiovinimas vyksta būgniniame granuliatoriuje – džiovykloje. Šis metodas leidžia pasiekti didelį gamybos našumą [3].



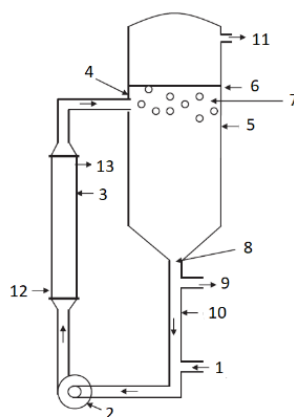
4 pav. Granuliuoto diamonio fosfato gamybos būgniniame granuliatoriuje - džiovykloje technologinė schema [10]

Čia: 1 – vamzdinis reaktorių; 2 – 90° kampu sumontuotas purkštukas; 3 – būgninė džiovykla – granuliatorius (BGD); 4 – transporteris; 5, 6, 7 – elevatoriai; 8 – kretilai; 9 – grandininis trupintuvas; 10 – produkto aušintuvas; 11 – sanitarinis absorberis; 12, 13 – pirmo ir antro laipsnio absorberiai; 14 – kaminas; 15 – sanitarinio absorberio bakas; 16 – reaktoriaus bakas; 17, 18 – pirmo ir antro laipsnio absorberių bakai. Srautai: I – koncentruota 54 % P_2O_5 fosforo rūgštis, II – fosforo rūgštis 23 % P_2O_5 , III – rūgštus vanduo, IV – techninis amoniakas, V – šaltas oras, VI – karštas oras, VII ir VIII – išvalytas oras į atmosferą, IX – produktas tolesniam apdorojimui

Siekiant pagaminti kristalines amonio dihidrofosfato trąšas iš susidariusios pulpos reikia gauti kristalus. Kristalai gaunami pulpą kristalizuojant kristalizatoriuose. Yra žinoma daug įvairių kristalizatorių konstrukcijų, tačiau siekiant panaudoti tinkamiausią variantą trąšų pramonėje buvo atlikta kristalizatorių fluidų srautų modelio simuliacija. Iš viso buvo ištirta 11 skirtingų konstrukcijų. Paaaiškėjo, jog mažiausias kristalų dydžio pasiskirstymas (dispersija) yra šių tipų kristalizatoriuose: *Swenson* ir *Oslo – Krystal* kristalizatoriuose [11].

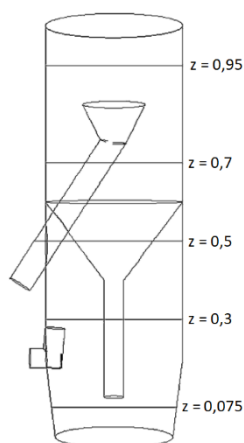


5 pav. *Swenson* tipo kristalizatoriaus forma [11]

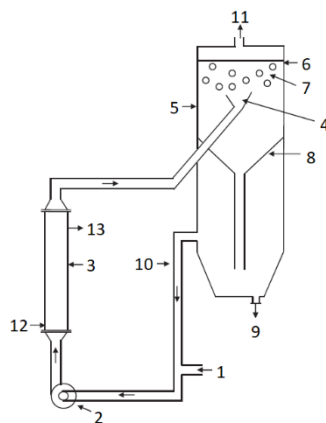


6 pav. *Swenson* tipo kristalizatoriaus schema su cirkuliaciniu kontūru [11]

Čia: 1 – pulpos tiekimo atvamzdis; 2 – cirkuliacinis siurblys; 3 – šilumokaitis; 4 – pulpos tiekimo atvamzdis į kristalizatorių; 6 – skysčio lygis; 7 – skysčio garų dispersija; 8 – kristalizatoriaus ištekėjimo vieta; 9 – kristalų ištekėjimo atvamzdis; 10 – cirkuliacinis kontūras; 11 – garų pašalinimo atvamzdis; 12 – šilumokaičio šildančiojo agento įtekėjimo atvamzdis; 13 – šilumokaičio šildančiojo agento ištekėjimo atvamzdis



7 pav. Oslo – Krystal tipo kristalizatoriaus forma [11]



8 pav. Oslo – Krystal tipo kristalizatoriaus schema su cirkuliaciniu kontūru [11]

Čia: 1 – pulpos tiekimo atvamzdis; 2 – cirkuliacinis siurblys; 3 – šilumokaitis; 4 – pulpos įtekėjimo atvamzdis į kristalizatorių; 5 – kristalizatorius; 6 – skysčio lygis; 7 – skysčio garų dispersija; 8 – kūginis susiaurėjimas; 9 – kristalų iškrovimo atvamzdis; 10 – cirkuliacinis kontūras; 11 – garų pašalinimo atvamzdis; 12 – šilumokaičio šildančiojo agento įtekėjimo atvamzdis; 13 - šilumokaičio šildančiojo agento ištekėjimo atvamzdis

Taip pat kristalizaciją galima vykdyti aparatuose, kuriuose sukuriamas vakuumas. Vyksta izohidrinė ir izoterminė kristalizacijos. Karštas prisotintas tirpalas užverdama žemesniame slėgyje ir verdama temperatūroje, žemesniame nei atmosferinis slėgyje. Vyksta vandens išgarinimas adiabatinėmis sąlygomis. Panaudojus dalį šilumos garui sudaryti, temperatūra pažemėja, o pašalinus dalį vandens, padidėja koncentracija. Šie abu procesai veikia persotinto tirpalo susidarymą ir medžiagos kristalizaciją. Susidaręs garas išsiurbiamas ežektoriais į kondensatorių. Norint sudaryti vakuumą, naudojami paviršiniai kondensatoriai ir vakuuminiai siurbliai [12].

2. Tiriamoji dalis

2.1. Kokybiniai produkto tyrimai

2.1.1. Medžiagos

Amonio dihidrofosfatas – grynas analizei amonio dihidrofosfatas ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) smulkių kristalų pavidalo. Grynumas 99 %, gamintojas – Rechem (Slovakija), importuotojas – UAB „Eurochemicals.“

Monoamonio fosfatas – pramoniniu būdu pagamintas amonio dihidrofosfatas ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), 0,2 – 0,5 mm kristalų pavidalo. Gamintojas AB „Lifosa“ (Lietuva).

Distiliuotas vanduo

2.1.2. Tyrimų metodika

Produkto – amonio dihidrofosfato kokybiniam vertinimui buvo naudotas palyginimas su chemiškai gyna medžiaga. Instrumentinės analizės duomenų analizei ir vertinimui buvo naudota chemiškai švari medžiaga: monoamonio fosfatas ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$).

Visų trąšose esančių maisto medžiagų nustatymui naudoti trąšų reglamente (Regulation (EC) No 2003/2003 of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 relating to fertilisers) arba LST standartuose pateikti metodai.

Visuminio (suminio): amoniakinio (NH_4^+) azoto koncentracija nustatyta Kjeldalio metodu, naudojant Vapodest 45s Gerhardt. Rezultatas, kuris užrašomas 0,1 % dalies tikslumu, yra dviejų lygiagrečiai atliktų bandymų rezultatų aritmetinis vidurkis, kai skirtumas tarp jų $<0,3$ %, esant bandymo tikimybei 0,95.

Fosforo (P_2O_5): tirpaus vandenyje ir tirpaus neorganinėse rūgštyse koncentracija nustatyta spektrofotometriniu metodu, naudojant spektrofotometrą T70/T80 UV–VIS su 10,0 mm kiuvete, esant bangos ilgiui $\lambda = 440$ nm. Standartinė paklaida $\pm 0,004$ Abs.

Drėgmės kiekis nustatytas automatiniu elektroniniu drėgnomačiu KERN MLS_N, tikslumas 0,001 % (kai ėminio masė $>1,5$ g), darbinė temperatūra 40–160 °C.

Infraraudonojo spektro molekulinė absorbcinė spektrinė analizė

Infraraudoniesiems spektrams būdinga didelis absorbcijos juostų skaičius. Tam tikros absorbcijos juostos apibūdina tam tikras atomų grupes, o jų intensyvumas tiesiogiai proporcingas šių grupių koncentracijai [13].

Infraraudonosios spinduliuotės diapazonas yra platus: nuo 780 nm 10^6 nm. Kadangi infraraudonasis spektras yra molekulių virpesių spektras, tai jį registruojant abscisių ašyje atidedami ne bangos ilgiai, o dažniai (dažnis proporcingas energijai). Tačiau infraraudonoje spektrinėje analizėje dažniau vartojamas ne dažnis, o jam proporcingas dydis – bangos skaičius ν (cm^{-1}) [13].

IR spektrai užrašyti sistema SPECTRUM GX 2000 RAMAN Nr.68891, horizontaliojo atspindžio sistema HART ACCESSORY FOR SPECTRUM GX. Techninė specifikacija: spektro registravimo diapazonas 10 000-200 cm^{-1} , horizontalaus daugkartinio atspindžio IR spektro registravimas 4000-460 cm^{-1} ribose.

Rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė

Rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė (RSDA) yra neardomasis instrumentinis tyrimo metodas, cheminiams junginiams bei kiekybinei junginių analizei, monokristalų ir polikristalinių medžiagų kristalų gardelės struktūrai ir jos defektams, kristalitų dydžiui nustatyti. Difrakcinėje analizėje paprastai naudojama spinduliuotė, kurios elektromagnetinės bangos ilgis $\lambda = 0,07 - 0,23$ nm. Ji artima atstumams tarp atomų medžiagoje ir pačių atomų dydžiams [14].

Rentgeno difrakcinė analizė atlikta difraktometru BRUKER AXS D8 ADVANCE. Naudota: spinduliuotė – $\text{CuK}\alpha$, filtras – Ni, detektoriaus judėjimo žingsnis $0,02^\circ$, intensyvumo matavimo trukmė žingsnyje – 0,5 s, anodinė įtampa $U_a = 40$ kV, srovės stipris $I = 40$ mA. Rentgeno difrakcinės analizės matavimų tikslumas $2\theta = 0,01^\circ$.

Vienalaikė terminė analizė

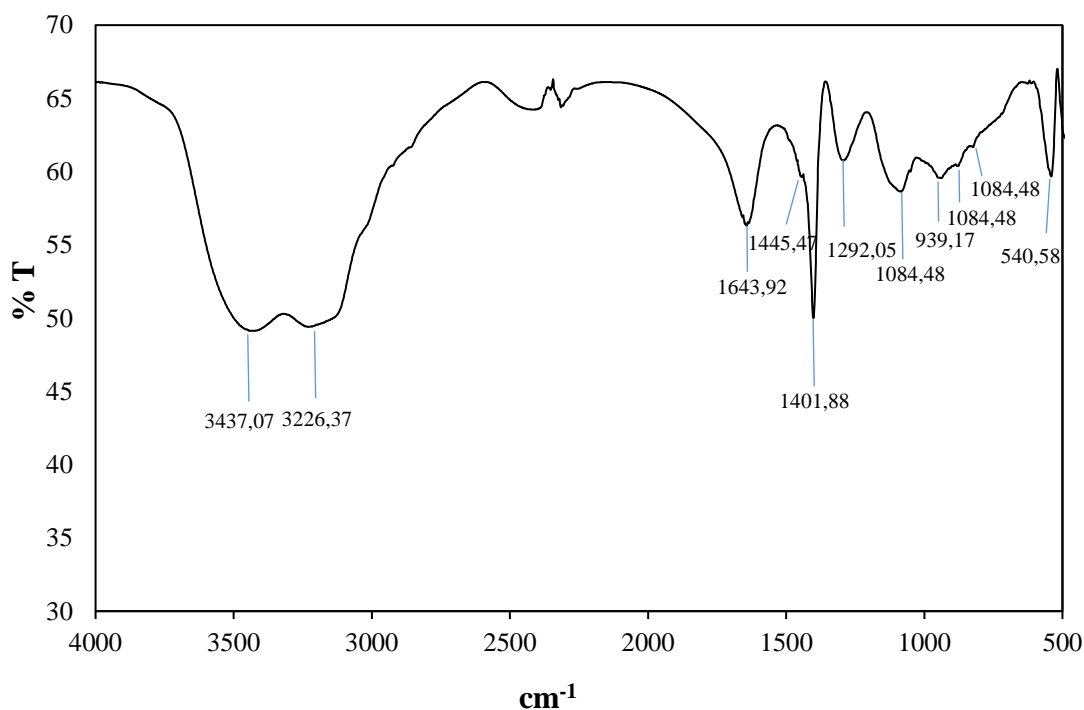
Termogravimetrinė analizė – terminės analizės metodas, kuriuo matuojama ir užrašoma kaitinamos medžiagos masės priklausomybė nuo temperatūros ar laiko esant tam tikram temperatūriniam režimui specifinėje krosnies dujų aplinkoje [14].

VTA metodu gautus rezultatus interpretuoti yra lengviau, nes eksperimento metu gavus daugiau nei dvi kreives, galima patikimai atskirti tokius procesus kaip fazių perėjimas ar skilimas, priemaišų ar kondensacijos reakcijos ir kt. [14].

VTA analizė buvo atlikta vienalaikės terminės analizės su skilimo produktu analizatoriumi prietaisu Linseis STA PT1000 ir GSD320 Linseis/ Pfeiffer Vacuum. Temperatūros intervalas 40–300 °C, matavimų tikslumas $\pm 1\%$, maksimalus bandinio kiekis iki 5g. Kvadrupolinio masių spektrometro intervalai yra 1–100 amū; 1–200 amū; 1–300 amū. Valdomas VTA – MS eksperimento pradžios laiko sinchronizavimas ir koreliacija viso eksperimento metu .

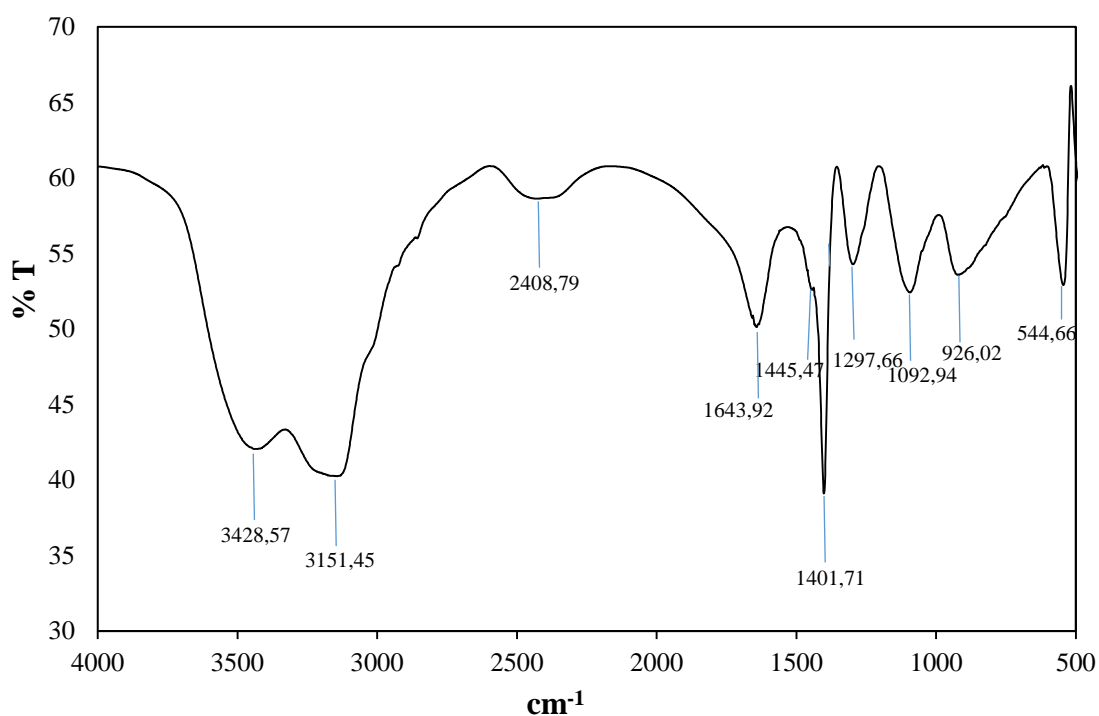
2.1.3. Tyrimų rezultatai

Analizuojamo pramoniniu būdu pagaminto MAP spektras buvo lyginamas su chemiškai grynu amonio dihidrofosfatu ir analizuojamas remiantis literatūriniais duomenimis [13]. Šiame spektre yra matoma PO_4^{3-} grupei būdinga absorbcinė smailė $540,58\text{ cm}^{-1}$, taip pat =NH ryšio valentiniais virpesiais būdingos plačios absorbcinės smailės $3500\text{--}3100\text{ cm}^{-1}$ srityje. Chemiškai švaraus monoamonio fosfato IR spektro molekulinės absorbcijos kreivė pavaizduota 9 paveiksle.



9 pav. Chemiškai gryno MAP IR spektro molekulinės absorbcijos kreivė

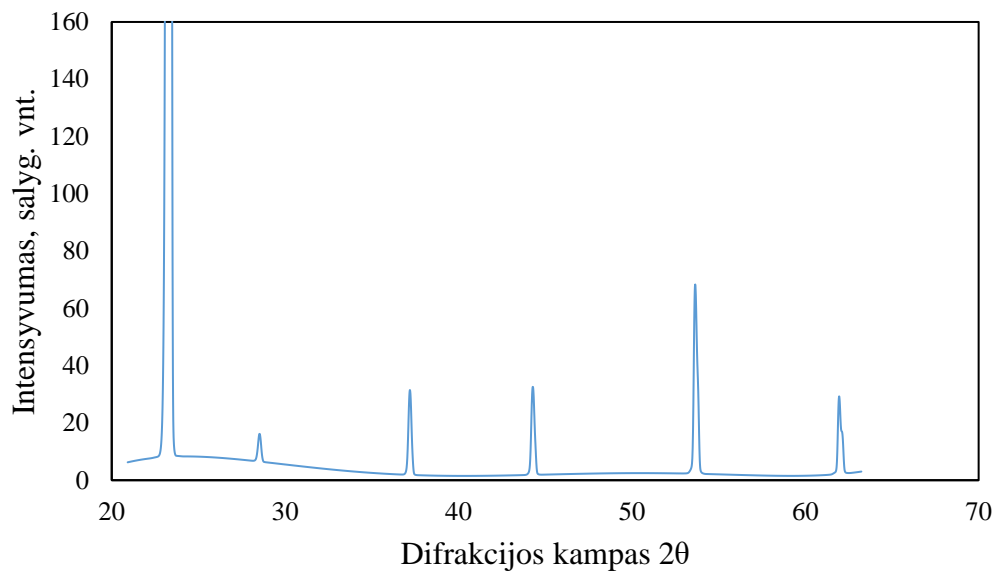
Pramoniniu būdu pagaminto monoamonio fosfato IR molekulinės absorbcijos kreivė pavaizduota 10 paveiksle.



10 pav. Pramoniniu būdu pagaminto MAP IR molekulinės absorbcijos kreivė

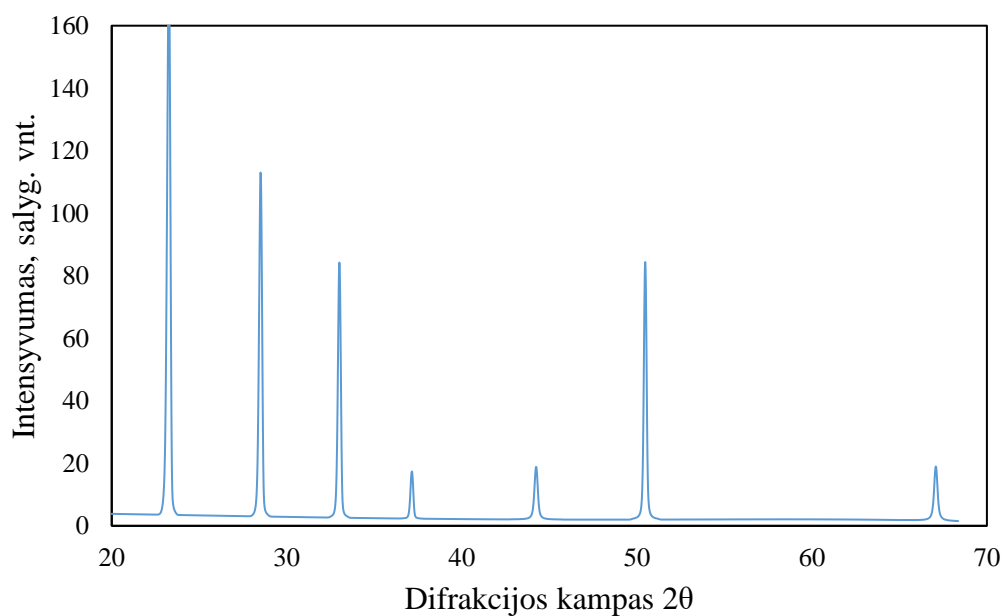
Šiame spektre taip pat matoma PO_4^{3-} grupei būdinga absorbcinė smailė $544,66 \text{ cm}^{-1}$, =NH ryšiui (valentiniams grupės virpesiams) būdingos plačios absorbcinės smailės $3500\text{--}3100 \text{ cm}^{-1}$ srityje. Lyginant abi infraraudonojo spektro kreives esminių skirtumų nepastebėta, todėl galima teigti, kad tai beveik identiška medžiaga.

Atlikus RSDA analizę paaiškėjo, kad produkte yra mažas procentas priemaišų $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ būdingi rentgenogramose registruojami tarplokštuminiai atstumai d (nm): 0,532; 0,375; 0,3075; 0,3065; 0,209; 0,2004. Chemiškai gryno $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė pavaizduota 11 paveiksle.



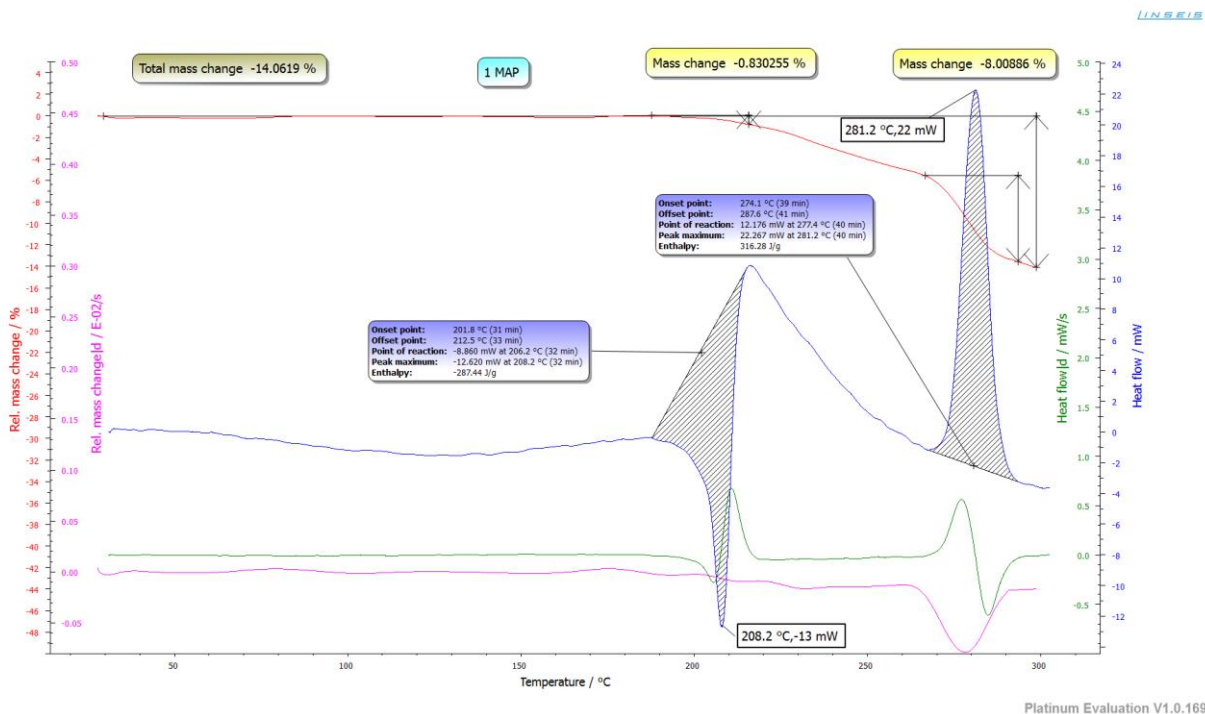
11 pav. Chemiškai gryno $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė

Pramoniniu būdu pagaminto amonio dihidrofosfato rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė pavaizduota 12 paveiksle.



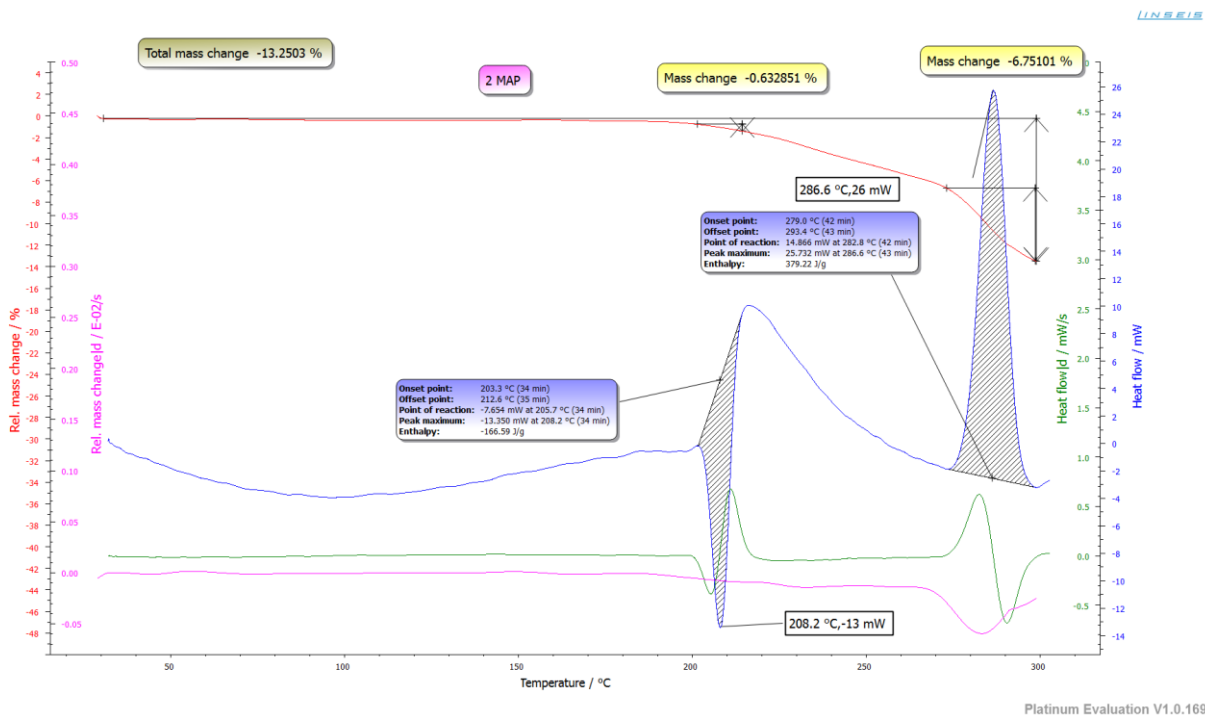
12 pav. Pramoniniu būdu pagaminto amonio dihidrofosfato rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė

Tęsiant tyrimus buvo atlikta terminė analizė. Buvo palyginti bandymų rezultatai chemiškai švarios $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ medžiagos su pramoniniu būdu gaminamu kristalų pavidalo MAP. Gautų duomenų analizė leidžia teigti, kad pramoniniu būdu gaminamo MAP kokybė yra aukšta, pakankamai švari medžiaga, jokių esminių skirtumų analizės kreivėse neidentifikuojama. Chemiškai gryno MAP vienlaikės terminės analizės kreivės pavaizduotos 13 paveiksle.



13 pav. Chemiškai grynas MAP

Vienlaikės terminės analizės pramoniniu būdu gaminamo MAP kreivės pavaizduotos 14 paveiksle.

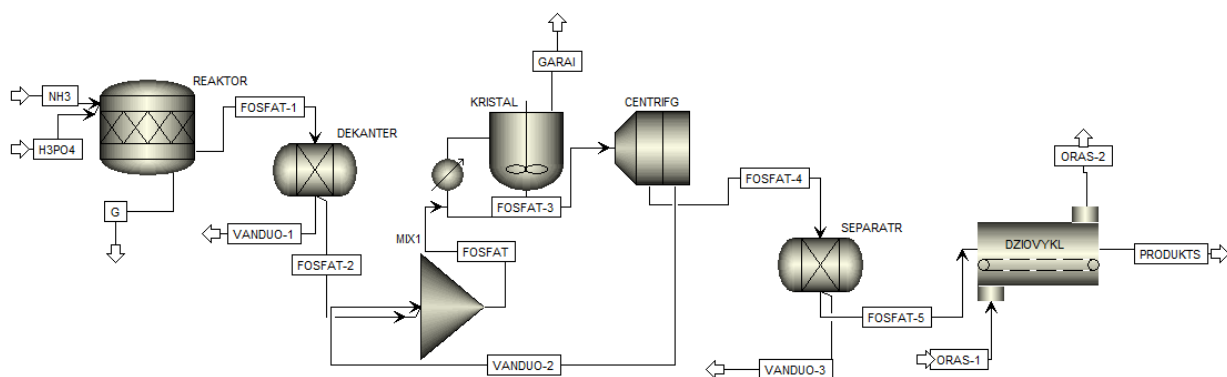


14 pav. Pramoniniu būdu pagamintas MAP

Kjeldalio metodu nustatyta visuminio amoniakinio (NH_4^+) azoto koncentracija patvirtina deklaruojamą 12 % vertę. Spektrofotometrinis metodas nustatyta fosforo (P_2O_5): tirpus vandenyje ir tirpus neorganinėse rūgštyse koncentracija yra 61 %. Produkte esančios drėgmės kiekis siekia ~ 0,2 %.

2.2. Gamybos modeliavimas Aspen plus aplinkoje

Aspen plus yra plačiai taikoma programa įvairiems chemijos procesams modeliuoti. Yra daug įvairių modelių skirtingiems procesams modeliuoti. Šiame baigiamajame darbe buvo panaudotas Aspen plus v9 programinis paketas. Buvo pasirinktas elektrolitų modelis. Jis tinkamiausias esamam procesui simuliuoti. Buvo sudaryta technologinė schema, kuri pavaizduota 15 paveiksle.



15 pav. Aspen plus programa sumodeliuota technologinė schema

Atlikus modeliavimą, nustatyta, jog norint gauti 5001,54 kg/h produkto, žaliavų reikės: amoniako 1043,65 kg/h, o ekstrakcinės ortofosforo rūgšties 7417,72 kg/h (rūgštis be priemaišų).

3. Inžinerinė dalis

3.1. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai

Kristalinių amonio dihidrofosfato trąšų gamybos cechą yra jau suprojektuotas ir tik padidinamas produkcijos gamybos našumas, nereikia numatyti naujų žaliavų, pagamintos produkcijos iškrovimo, laikymo vietas.

Oficialus gamybos našumas siekia 30 000 tonų per metus. Esama įrengimų apkrova leidžia padidinti gamybos našumą nekeičiant pradinių įrengimų. Po padidinto našumo gamybos apimtis sieks 43 800 tonų per metus, arba 5 t/h.

Kristalinės amonio dihidrofosfato trąšos naudojamos augalų tręsimui, arba tręšti laistant per kapiliarines laistymo sistemas. Tai leidžia tolygiai aprūpinti augalus reikalingomis maistinėmis medžiagomis.

Pagamintos kristalinės trąšos yra visiškai tirpios vandenyje, neturi jokių priemaišų, todėl tręšimas tampa efektyvesnis ir ekonomiškesnis.

Projekto pagrindiniai rodikliai pateikiami finansinės ir ekonominės dalies 27 lentelėje.

Pradinė padėtis

Sklypas yra Kėdainiuose, Juodkiškio gatvėje. Sklypo plotas 184,043 ha, užstatyta teritorija – 174,066 ha. Planuojamo pastato plotas yra 557,35 m². Įmonės sklypas yra Kėdainių LEZ,

Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas

Kristalinių trąšų gamyboje tiesiogiai reikalingos žaliavos yra ortofosforo rūgštis ir amoniakas. Ortofosforo rūgštis pagaminama šalia esančiame fosforo rūgšties ceche iš fosforo turinčios uolienos – apatito, jį veikiant sieros rūgštimi. Apatitai ir amoniakas yra atvežami geležinkelio transportu. Netiesiogiai reikalingos medžiagos: azoto rūgštis, kuri naudojama praplovimui, atvežama geležinkelio transportu, nudruskintas vanduo gaunamas pumpuojant Nevėžio vandenį ir jį papildomai paruošiant, o rūgštus vanduo yra gaunamas iš apytakinio ciklo iš sieros rūgšties cecho. Produkto džiovinimui reikalingas oras imamas įmonės teritorijoje.

Gamybinio pajėgumo ir gamybos programos pagrindimas

Kristalinių trąšų gamybos įrengimai dar nėra pilnai išnaudojami, nes cechas yra neseniai pastatytas. Planuojama, kad našumas turėtų padidėti iki 5 t/h. Tam nereikia papildomų investicijų į įrangą, tik pasikeičia reikalingų žaliavų kiekiai. Nėra poreikio didinti darbininkų skaičių. Planuojama toliau nepertraukiamai dirbti 24 valandas per parą, 365 dienas per metus

Statybos aikštelės charakteristika ir pagrindimas

Kristalinių amonio dihidrofosfato trąšų gamybos linija yra įsikūrusi už miesto, vyraujantys vėjai priešingi miesto kryptims, todėl esant neatitinkamiems teršalų išmetimams į atmosferą, jie miesto nepasiekia.

Gamyklos teritorijoje yra kiti svarbūs cechai, iš kurių gaunamos gamybos žaliavos, šiluminė energija, garas, išvystyti keliai įmonės viduje ir šalia jos suteikia galimybę patogiai eksportuoti gaminamus produktus. Įmonė įsikūrusi netoli nuo geografinio Lietuvos vidurio, šalia eina svarbi geležinkelio atkarpa, netoli magistralė Via Baltica.

3.2. Technologinė dalis

3.2.1. Kristalinių amonio dihidrofosfato trąšų technologinė gamybos schema ir jos aprašymas

Amonio dihidrofosfato gamybą galima išskaidyti keliomis stadijomis. Pagrindinės gamybos stadijos yra šios:

- Žaliavų gavimas ir tiekimas į gamybą;
- Skysto amoniako išgarinimas;
- Neutralizacija, pulpos gavimas;
- Netirpių fosfatų atskyrimas;
- Kristalizavimas;
- Produkto džiovinimas ir atvėsėjimas;
- Produkto kristalų klasifikavimas;
- Produkto džiovinimui panaudoto oro valymas;
- Produkto sandėliavimas, fasavimas, pakrovimas.

Žaliavų gavimas ir tiekimas į gamybą

Į talpyklą, esančią šalia cecho iš fosforo rūgšties cecho yra tiekama koncentruota fosforo rūgštis, kuri bus naudojama kristalinių amonio dihidrofosfato trąšų gamyboje. Iš amoniako saugyklų taip pat yra tiekiamas amoniakas į amoniako garintuvus.

Skysto amoniako išgarinimas

Iš saugyklų tiekiamas skystas amoniakas yra nukreipiamas į amoniako garintuvus, kuriuose cirkuliuoja apytakinis vanduo. Jis šildo skystą amoniaką, vyksta intensyvus garavimas. Toliau dujinis amoniakas nukreipiamas į šilumokaitį, kuriame yra pašildomas iki 50 °C ir tiekiamas į reaktoriaus kontūrą. Amoniakas pašildomas, kad esant žemesnei aplinkos temperatūrai neprasidėtų jo kondensacija, nesusidarytų rūkas, o amoniakas išliktų dujinės būsenos.

Neutralizacija, pulpos gavimas

Į reaktoriaus kontūrą tiekama koncentruota fosforo rūgštis, o už vamzdžio alkūnės yra įrengtas dujinio amoniako purkštukas. Vykstant neutralizacijos reakcijai tarp fosforo rūgšties ir amoniako, susidaro didelis šilumos kiekis, dalis vandens yra išgarinama, o reaktoriuje amonio fosfato pulpa yra intensyviai maišoma, kad sureaguotų dar nesureagavusios žaliavos, temperatūra reaktoriuje palaikoma ~ 80 °C. Susidariusi pulpa juda cirkuliaciniame kontūre, kuriame yra įrengtas šilumokaitis, papildomai pašildoma, o susidaręs tirpalas su netirpiomis priemaišomis yra atskiriamas ir tiekiamas į tarpinę talpą T1.

Netirpių fosfatų atskyrimas

Iš tarpinės talpos T1 tirpalas tiekiamas į du lygiagrečiai sujungtus dekanterius, kuriuose yra atskiriamos netirpios fosfatų priemaišos. Netirpių priemaišų atskyrimas paremtas išcentrinių jėgų panaudojimu. Dekanterio būgnas sukasi 1500 apsisukimų per minutę greičiu, netirpios priemaišos bloškiamos link dekanterio sienelės ir yra iškraunamos bei surenkamos talpoje T2, o ištirpę fosfatai surenkami talpoje T3. Po kiek laiko dekanterio sienelės apauga struvito $(\text{NH}_4)_2\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sluoksniu, jį reikia nuvalyti. Tuo metu vieną dekanterį galima atjungti paliekant veikti kitą.

Atskirtose netirpiose priemaišose, yra nemaža dalis P_2O_5 oksido, kurį galima išgauti perdurbant kitame ceche taip pat patenka dalis ištirpusių forsfatų.

Kristalizavimas

Tirpūs fosfatai iš talpos T3 tiekiami į kristalizatoriaus cirkuliacinį kontūrą, kuriame yra įrengtas šilumokaitis bei pašildoma iki 80 °C. Kristalizacija vyksta 0,98 Bar slėgyje. Temperatūra krenta iki 50 °C, vanduo sparčiai garuoja, susidaro persotintas fosfatų tirpalas, prasideda kristalų augimas. Susidarę kristalai yra tiekiami į centrifugą, kur yra atskiriamas tirpalas nuo kristalų. Iš centrifugos iškraunami šlapi kristalai sraigtniu transporteriu tiekiami į džiovyklą, o atskirtas tirpalas surenkamas talpoje T4. Iš šios talpos tirpalas tiekiamas atgal į kristalizatorių.

Produkto džiovinimas ir atvėsinimas, siojimas

Gautas produktas džiovinamas pseudoverdančio sluoksniu vibracinėje džiovykloje. Prieš džiovyklą yra įrengti du kalorifieriai, kuriuose orą šildo 6 Bar slėgio garas. Į pirmąją jos dalį tiekiamas oras iš pradžių yra pašildomas iki ~ 110 °C ir tiekiamas iš apačios, džiovykla vibruoja, todėl džiovinamos dalelės tarsi „verda.“ Į antrąją dalį tiekiamas pašildytas oras iki ~ 50 °C vyksta produkto aušinimas.

Ataušintas produktas yra siojamas. Siojimo aparatas sudarytas iš dviejų sietų, kuomet ant viršutinio atskiriama stambi produkto frakcija, o ant apatinio smulki frakcija. Gautas produkto kristalai turi būti 0,2–0,5 mm dydžio. Stambesnieji kristalai yra sumalami ir tirpinami iš naujo su smulkia frakcija. Gautas produkto kristalai keliami elevatoriumi ir laikomi bunkeryje, aeruojama.

Produkto džiovinimui panaudoto oro valymas

MAP kristalų džiovinimui panaudotas oras yra valomas dvejomis stadijomis. Iš pradžių oras tiekiamas į cikloną, kuriame nusodinamos stambesnės produkto dalelės ir dulkės, o antroje stadijoje džiovinimui panaudotas oras patenka į skruberį. Čia sugaudoamos likusios smulkios dalelės. Ciklono

veikimo principas yra paremtas išcentrinių jėgų veikimu. Jame judant sukuriniame kreivalinijiniame dujų sraute yra amonio dihidrofosfato dalelės veikiamos traukos, išcentrinės bei pasipriešinimo jėgų. Dujų srautas, užterštas kietosiomis dalelėmis, pučiamas į cilindrinę ciklono korpuso dalį, liestinės kryptimi esant pakankamai dideliame greičiui bei juda žemėjančios spiralės kryptimi. Veikiant išcentrinei jėgai, kuri atsiranda besisukant oro srautui, kietosios dalelės nukreipiamos prie ciklono sienelių. Jos atsiskiria nuo oro srauto, krenta vertikaliai žemyn, veikiamos traukos jėgų, kaupiasi bunkeryje. Šlapias panaudoto oro valymas atliekamas skruberyje. Oras tiekiamas iš apačios ir kyla į viršų, o nudruskintas vanduo yra išpurškiamas purkštukais, teka ant lėkščių. Yra įrengta nudruskinto vandens cirkuliacija. Panaudotas vanduo vėliau sunaudojamas MAP gamyboje

3.2.2. Technologiniai skaičiavimai

Masės balansas

Skaičiavimai sudaromi vienai tonai per valandą 100 % fosforo rūgšties. Vyksta šios reakcijos:



Pagal pirmą lygtį neutralizuoti vienai tonai 100 % fosforo rūgšties reikalingas amoniako kiekis:

$$X_1 - 1000 \text{ kg}$$

$$X_1 = 173,47 \text{ kg/h;}$$

$$17 \text{ kg} - 98 \text{ kg}$$

Susidaręs amonio dihidrofosfatas:

$$X_2 - 1000 \text{ kg}$$

$$X_2 = 1173,47 \text{ kg/h;}$$

$$115 \text{ kg} - 98 \text{ kg}$$

Amoniakas tiekiamas su 1,1 pertekliumi, todėl amoniako bus:

$$173,47 \cdot 1,1 = 190,82 \text{ kg/h;}$$

Pagal antrą lygtį amoniako perteklius reaguoja su susidariusiu amonio dihidrofosfatu ir sudaro diamonio hidrofosfatą. Amoniako perteklius bus:

$$190,82 - 173,47 = 17,35 \text{ kg/h;}$$

Susidariusio diamonio hidrofosfato kiekis:

$$X_3 - 17,35 \text{ kg}$$

$$X_3 = 134,72 \text{ kg/h;}$$

$$132 \text{ kg} - 17 \text{ kg}$$

Sureagavusio amonio dihidrofosfato kiekis:

$$X_4 - 17,35 \text{ kg}$$

$$X_4 = 117,37 \text{ kg/h;}$$

$$115 \text{ kg} - 17 \text{ kg}$$

Likęs amonio dihidrofosfatas:

$$1173,47 - 117,37 = 1056,10 \text{ kg/h;}$$

Kristalinių trašų gamyboje naudojama ekstrakcinė fosforo rūgštis, kurios koncentracija pagal P_2O_5 kiekį yra 50,8 %, o netirpių priemaišų yra iki 5% procentų. Viena tona 100 % rūgštis perskaičiuojama į P_2O_5 :

$$1000 \cdot \frac{142}{98,2} = 724,49 \text{ kg/h;}$$

Rūgštis kiekis bus:

$$X_5 = \frac{724,49 \cdot 100 \%}{50,8 \%} = 1426,16 \text{ kg/h;}$$

Netirpių priemaišų kiekis bus:

$$1426,16 \cdot 0,05 = 71,31 \text{ kg/h;}$$

Vandens kiekis fosforo rūgštyje bus:

$$1426,16 - 1000 - 71,31 = 354,85 \text{ kg/h;}$$

1 lentelė. Reaktoriaus masės balansas

Sureagavo		Susidarė	
NH ₃	190,82 kg/h	NH ₄ H ₂ PO ₄	1056,10 kg/h
H ₃ PO ₄ (100 %)	1000 kg/h	(NH ₄) ₂ HPO ₄	134,72 kg/h
H ₂ O	354,85 kg/h	H ₂ O	354,85 kg/h
Priemaišos	71,31 kg/h	Priemaišos	71,31 kg/h
Viso:	1616,98 kg/h	Viso:	1616,98 kg/h

Dekanteryje išcentrinųjų jėgų veikiamos atsiskiria netirpios priemaišos. Srautas dalinamas į dvi dalis: vienas tekės toliau, o kitas į tarpinę surinkimo talpą, iš kurios bus tiekiamas į kitą cechą perdirbimui. Dekanteris srautus perskiria: 11,5 % perdirbimui, o likęs kiekis tolesnei trąšų gamybai. Dekanteris atskiria 90 % netirpiųjų priemaišų.

2 lentelė. Po dekanterio į kristalizatorių ir tarpinę talpą T2 tiekiamų srautų sudėtis

	Į kristalizatorių	Į tarpinę talpą T2
NH ₄ H ₂ PO ₄	934,67 kg/h	121,45 kg/h
(NH ₄) ₂ HPO ₄	119,20 kg/h	15,49 kg/h
H ₂ O	314,04 kg/h	40,81 kg/h
Priemaišos	7,13 kg/h	64,18 kg/h
Viso:	1375,05 kg/h	241,93 kg/h

Kristalizatoriuje temperatūra krenta nuo 80°C iki 50 °C, pradeda kristalizuotis NH₄H₂PO₄. Pagal analogišką realų įrengimą randama, kad esant 0,9 Bar vakuumui iškristalizuoti galima 35 % tirpale esančio amonio dihidrofosfato.

3 lentelė. Kristalizatoriaus srautų masės balansas

Įtekantis srautas		Ištekantis srautas	
NH ₄ H ₂ PO ₄	934,67 kg/h	NH ₄ H ₂ PO ₄ ištirpęs	607,53 kg/h
(NH ₄) ₂ HPO ₄	119,20 kg/h	NH ₄ H ₂ PO ₄ kristalai	327,13 kg/h
H ₂ O	314,04 kg/h	(NH ₄) ₂ HPO ₄	119,20 kg/h
Priemaišos	7,13 kg/h	H ₂ O	314,04 kg/h
		Priemaišos	7,13 kg/h
Viso	1375,05 kg/h		1375,05 kg/h

Iš kristalizatoriaus ištekantis srautas patenka į centrifugą. Joje atskiriami drėgni amonio dihidrofosfato kristalai, kuriuose yra 7 % drėgmės, centrifuga gali atskirti 95 % kristalų. Kitas srautas yra gražinamas atgal į kristalizatorių. Susidaro medžiagų srautų ciklas. Apskaičiuojant medžiagų

kiekius yra daromi žingsniai, kurie kartojami tol, kol nebesikeičia ciklo vertė penkis kartus. Pradinė spėjamoji vertė yra lygi nuliui, toliau ji yra apskaičiuojama. Apskaičiuotos žingsnių vertės parodytos 4 lentelėje.

4 lentelė. Kristalizatoriaus medžiagų balansas su gražinamuoju srautu

Žingsnis	Pradinis MAP kiekis, kg/h	Spėjamoji vertė, kg/h	Iškristalizuotas MAP, kg/h	Likęs neiškristalizuotas MAP, kg/h	MAP kristalai, kg/h	Gražinamas srautas į kristalizatorius, kg/h
1.	934,67	0,00	327,13	607,53	310,78	623,07
2.	934,67	623,07	545,21	1012,53	517,95	1039,79
3.	934,67	1039,79	691,06	1283,40	656,51	1317,95
4.	934,67	1317,95	788,42	1464,20	749,00	1503,62
5.	934,67	1503,62	853,40	1584,89	810,73	1627,56
6.	934,67	1627,56	896,78	1665,45	851,94	1710,29
7.	934,67	1710,29	925,73	1719,22	879,45	1765,51
8.	934,67	1765,51	945,06	1755,11	897,81	1802,37
9.	934,67	1802,37	957,96	1779,07	910,06	1826,97
10.	934,67	1826,97	966,57	1795,07	918,25	1843,39
11.	934,67	1843,39	972,32	1805,74	923,71	1854,36
12.	934,67	1854,36	976,16	1812,87	927,35	1861,67
13.	934,67	1861,67	978,72	1817,62	929,78	1866,56
14.	934,67	1866,56	980,43	1820,80	931,41	1869,82
15.	934,67	1869,82	981,57	1822,92	932,49	1872,00
16.	934,67	1872,00	982,33	1824,33	933,22	1873,45
17.	934,67	1873,45	982,84	1825,28	933,70	1874,42
18.	934,67	1874,42	983,18	1825,91	934,02	1875,06
19.	934,67	1875,06	983,41	1826,33	934,24	1875,50
20.	934,67	1875,50	983,56	1826,61	934,38	1875,79
21.	934,67	1875,79	983,66	1826,79	934,48	1875,98
22.	934,67	1875,98	983,73	1826,92	934,54	1876,11
23.	934,67	1876,11	983,77	1827,00	934,58	1876,19
24.	934,67	1876,19	983,80	1827,06	934,61	1876,25
25.	934,67	1876,25	983,82	1827,10	934,63	1876,29
26.	934,67	1876,29	983,83	1827,12	934,64	1876,31
27.	934,67	1876,31	983,84	1827,14	934,65	1876,33
28.	934,67	1876,33	983,85	1827,15	934,66	1876,34
29.	934,67	1876,34	983,85	1827,16	934,66	1876,35
30.	934,67	1876,35	983,86	1827,16	934,66	1876,35

31.	934,67	1876,35	983,86	1827,16	934,66	1876,36
32.	934,67	1876,36	983,86	1827,17	934,67	1876,36
33.	934,67	1876,36	983,86	1827,17	934,67	1876,36
34.	934,67	1876,36	983,86	1827,17	934,67	1876,36
35.	934,67	1876,36	983,86	1827,17	934,67	1876,36

Išsikristalizavusio amonio dihidrofosfato kiekis apskaičiuojamas:

$$(\text{Pradinis MAP kiekis} + \text{spėjamoji vertė}) \cdot (1 - 0,65) = \text{MAP kiekis};$$

$$(934,67 + 623,07) \cdot (1 - 0,65) = 545,21 \text{ kg/h};$$

Neišsikristalizavęs amonio dihidrofosfato kiekis apskaičiuojamas:

$$\text{Pradinis MAP kiekis} - \text{išsikristalizavęs MAP kiekis};$$

$$(934,67 + 623,07) - 545,21 = 1012,53 \text{ kg/h};$$

MAP kristalai, tiekiami į džiovyklą:

$$545,21 \cdot 0,95 = 517,95 \text{ kg/h};$$

Gražinamas srautas į kristalizatorių:

$$1012,53 + (545,21 - 517,95) = 1039,79 \text{ kg/h};$$

Apskaičiavus ratu judančius srautus, ir susidarančio $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ kiekį medžiagų srautai perskiriami bei tiekiami toliau į džiovyklą bei atgal į kristalizatorių.

5 lentelė. Medžiagų srautų sudėtis

Į džiovyklą		Atgal į kristalizatorių	
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ištirpęs	1876,36 kg/h
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ kristalai	934,67 kg/h	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ krist	49,19 kg/h
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	216,37 kg/h
H_2O	70,35 kg/h	H_2O	527,57 kg/h
Priemaišos	0	Priemaišos	0
Viso:	1005,02 kg/h	Viso:	2669,49 kg/h

Džiovykloje džiovinama, tol kol drėgmės produkte lieka ~ 0,5 %.

Likusios drėgmės kiekis produkte:

$$70,35 \cdot 0,5 : 100 = 0,35 \text{ kg/h;}$$

Galutinis produkto kiekis yra:

$$934,67 + 0,35 = 935,02 \text{ kg/h;}$$

Iš vienos tonos 100 % ortofosforo rūgšties susidaro 935,02 kg produkto. Medžiagų balansas šiam kiekiui yra pateiktas 6 lentelėje.

6 lentelė. Kristalinių amonio dihidrofosfato trašų gamybos linijos medžiagų balansas

Sureagavo:	Susidarė:
<p>Amoniakas:</p> <p>NH₃ 190,82 kg/h</p> <p>Ekstrakcinė fosforo rūgštis 50,8 % P₂O₅:</p> <p>H₃PO₄: 1000,00 kg/h</p> <p>H₂O: 354,85 kg/h</p> <p>Priemaišos: 71,31 kg/h</p>	<p>Galutinis produktas:</p> <p>NH₄H₂PO₄: 934,67 kg/h</p> <p>Drėgmė: 0,35 kg/h</p>
	<p>Dekanteriu atskirtas srautas, kuris perdirbamas:</p> <p>NH₄H₂PO₄: 121,45 kg/h</p> <p>(NH₄)₂HPO₄: 15,49 kg/h</p> <p>H₂O: 40,81 kg/h</p> <p>Priemaišos: 64,18 kg/h</p>
	<p>Atskiriamos likusios priemaišos bei diamonio hidrofosfatas:</p> <p>Priemaišos: 7,13 kg/h</p> <p>H₂O: 243,69 kg/h</p> <p>DAP: 119,20 kg/h</p>
<p>Viso: 1616,98 kg/h</p>	<p>Viso: 1616,98 kg/h</p>

Panaudojus Excel funkciją Solver, randami medžiagų kiekiai 5 t/h produkto našumui užtikrinti. Medžiagų balansas, gamybos našumui esant 5 t/h produkto parodytas 7 lentelėje.

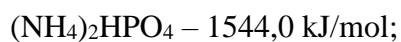
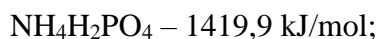
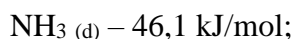
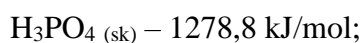
7 lentelė. Kristalinių amonio dihidrofosfato trašų gamybos linijos medžiagų balansas

Sureagavo:	Susidarė:
Amoniakas:	Galutinis produktas:
NH ₃ 1020,39 kg/h	NH ₄ H ₂ PO ₄ : 4998,12 kg/h Drėgmė: 1,88 kg/h
Ekstrakcinė fosforo rūgštis 50,8 % P ₂ O ₅ :	Dekanteriu atskirtas srautas, kuris perdirbamas:
H ₃ PO ₄ : 5347,48 kg/h H ₂ O: 1897,57 kg/h Priemaišos: 381,32 kg/h Viso rūgštis: 7626,37 kg/h	NH ₄ H ₂ PO ₄ : 649,47 kg/h (NH ₄) ₂ HPO ₄ : 82,83 kg/h H ₂ O: 218,22 kg/h Priemaišos: 343,19 kg/h
	Atskirtos likusios priemaišos bei diamonio hidrofosfatas:
	Priemaišos: 38,13 kg/h H ₂ O: 1303,15 kg/h DAP: 637,44 kg/h
Viso: 8646,75 kg/h	Viso: 8646,75 kg/h

Šilumos balansas

Šilumos balansas sudaromas pagal metodinę medžiagą [15].

Komponentų susidarymo šilumos:



Vykstančios reakcijos:



Pagal Heso dėsnį reakcijų šiluminiai efektai yra:

Pirmai neutralizacijos reakcijai:

$$\sum \text{prod.} - \sum \text{reag. medž.} = 1419,9 - (1278,8 + 46,1) = 95 \text{ kJ/mol};$$

Antrai neutralizacijos reakcijai:

$$\sum \text{prod.} - \sum \text{reag. medž.} = 1544,0 - (1419,9 + 46,1) = 78 \text{ kJ/mol};$$

Reaguojančio amoniako kiekis, kuris reikalingas neutralizuoti fosforo rūgštį, yra 927,62 kg/h (54,56 kmol/h) pagal pirmą reakciją ir 97,76 kg/h (5,45 kmol/h) pagal antrąją. Tuomet yra apskaičiuojamas reakcijos šiluminis efektas:

$$\frac{95 \cdot 927,62}{17} + \frac{78 \cdot 97,76}{17} = 5183780,2 + 425615,6 = 5609396 \text{ kJ/h};$$

Šiluma, įnešama su reaguojančiomis medžiagomis:

Su amoniaku:

$$1020,39 \text{ kg} \cdot 2,43 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (273 + 50)\text{K} = 800890,9 \text{ kJ/h};$$

Su fosforo rūgštimi:

$$7626,36 \text{ kg} \cdot 2,975 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (273 + 30)\text{K} = 6874596,4 \text{ kJ/h};$$

Su vandeniu:

$$2949,4 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (273 + 30)\text{K} = 3735503,9 \text{ kJ/h};$$

Šiluma išnešama su produktais:

Su amonio dihidrofosfatu:

$$54,56 \text{ kmol} \cdot 1000 \cdot 142 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot (273 + 80)\text{K} : 1000 = 2740188,8 \text{ kJ/h};$$

Su diamonio hidrofosfatu:

$$5,45 \text{ kmol} \cdot 1000 \cdot 142 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot (273 + 80)\text{K} : 1000 = 274018,8 \text{ kJ/h};$$

Vandens pašildymui sunaudojama šiluma:

$$2949,4 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (100 - 30)\text{K} = 862987,7 \text{ kJ/h};$$

Amoniako tirpimui sunaudota šiluma:

$$(54,56 \text{ kmol} + 5,45 \text{ kmol}) \cdot 17 \cdot 1373 \text{ kJ}/\text{kg} = 1400990,3 \text{ kJ/h};$$

Čia 1373 kJ/kg yra amoniako išgarinimo šiluma

Nuostoliai į aplinką sudaro 30 %:

$$17020387 \cdot 0,30 = 5106116,1 \text{ kJ/h;}$$

Galutinis reaktoriaus šilumos balansas pateiktas 8 lentelėje.

8 lentelė. Reaktoriaus šilumos balansas

Pavadinimas	Įtekantis srautas	Ištekantis srautas
1 reakcija	5183780,2 kJ/h	-
2 reakcija	425615,6 kJ/h	-
NH ₃	800890,9 kJ/h	1400990,3 kJ/h
H ₃ PO ₄	6874596,4 kJ/h	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	2740188,8 kJ/h
(NH ₄) ₂ HPO ₄	-	274018,8 kJ/h
Vanduo	3735503,9 kJ/h	862987,7 kJ/h
Garai	-	6636085,3 kJ/h
Nuostoliai	-	5106116,1 kJ/h
Suma:	17020387 kJ/h	17020387 kJ/h

Randamas išgarinamo vandens kiekis:

$$17020387 - 1400990,3 - 2740188,8 - 274018,8 - 862987,7 - 5106116,1 = \\ = 6636085,3 \text{ kJ/h;}$$

$$6636085,3 \text{ kJ/h} : 2250 \text{ kJ/kg} = 2949,4 \text{ kg/h;}$$

2949,4 kg/h, tiek reikės papildomo vandens į reaktorių, nes neutralizacijos metu dėl didelio šilumos kiekio susidaro garas.

MAP trąšų technologinės gamybos linijos pagrindiniai įrenginiai

Pagrindinių kristalinių trąšų gamybos įrenginių specifikacija yra pateikta 9 lentelėje.

9 lentelė. Technologiniai įrengimai ir jų charakteristika

Eil. Nr.	Pavadinimas	Specifikacija
1.	Amoniako garintuvas	-
2.	Reaktorius	Aukštis 8,9 m; diametras 4,8 m; sienelės storis 10 mm; maksimalus tūris 97 m ³ ; įrengtas maišiklis, kurio galia 2,5 kW; cirkuliaciniame kontūre įrengtas cirkuliacinis siurblys, jo galia 3 kW; amoniako purkštukas su 64 skylutėmis;
3.	Dekanteris	Besisukančio būgno ilgis 7 m, diametras 1,2 m; el. variklio galia 7,5 kW; pagrindinio el. variklio galia 30 kW; našumas 45 m ³ /h
4.	Kristalizatorius	Aukštis 12,15 m; diametras 4,62 m; sienelės storis 10 mm; maksimalus tūris 94 m ³ ; cirkuliaciniame kontūre įrengta cirkuliacinis siurblys, jo galia 3 kW;
5.	Centrifuga	Galia 10 kW
6.	Džiovykla	Pseudoverdančio sluoksnio vibracinė džiovykla; ilgis 3,8 m; plotis 1,72m; aukštis 1,88 m; el. variklio galia 10 kW; penki oro įtekėjimo atvamzdžiai: trys džiovinimui, du aušinimui; du oro ištekėjimo atvamzdžiai;
7.	Skruberis	-
8.	Vibraciniai Sietai	Ilgis 1,92 m; aukštis 3,2 m; plotis 0,922 m; galia 35 kW
9.	Sraigtinis transporteris	Galia 25 kW
10.	Elevatorius	Galia 20 kW

3.3. Statybiniai sprendimai

3.3.1. Bendroji dalis

Sklypas yra Kėdainiuose, Juodkiškio gatvėje. Sklypo plotas 184,043 ha, užstatyta teritorija – 174,066 ha. Planuojamo pastato plotas yra 557,35 m². Įmonės sklypas yra Kėdainių LEZ, todėl plėsti yra galimybių. Planuojamoje cecho vietoje yra numatytos vietos azoto ir fosforo rūgšties talpykloms bei amoniako garintuvui. Likęs sklypo plotas yra apsodintas žole. Bendrieji projektuojamo objekto techniniai rodikliai nurodyti 10 lentelėje.

10 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.
1.	I. SKLYPAS 1.1 Sklypo plotas 1.2 statinio užimtas žemės plotas 1.3 cheminių medžiagų talpyklų užimamas plotas	184 a. 577,35 m ² 73 m ²
2.	II. PASTATAI 2.1 gamybos našumas 2.2 bendrasis plotas: 2.2.1 pagrindinis 2.2.2 pagalbinis 2.3 pastato tūris 2.4 aukštų skaičius 2.5 pastato aukštis	43 800 tonų per metus 494,88 m ² 431,52 m ² 63,36 m ² 16885,30 m ³ 5 32,62 m

3.3.2. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Įmonės pastato grindis sudaro 1 m gylio sutankintas gruntas ir ant jo 25 cm storio išlietas betonas, planuojama, kad tokios grindys turi atlaikyti įrengimų ir talpyklų svorius.

Sienos sudarytos iš daugiasluoksnių plokščių su mineralinės dangos nedegiu sluoksniu. Šios dangos storis siekia 20 cm. Jo turi užtekti išlaikyti šilumą pastate.

Pastato stogas projektuojamas plokščias, gelžbetoninis. Stogo danga bituminė. Stogas apšildytas 20 cm mineralinės vatos sluoksniu.

Pastato langai yra 3 metrų pločio ir 1,5 metro aukščio. Langai plastikiniai, 3 sluoksnių, todėl turi gerai sulaikyti šilumą.

Stogą laiko metalinės konstrukcijos. Pastato karkasą sudaro gelžbetonis. Pastatas šildomas nuo technologinio proceso susidarancia šiluma bei gaunama šilumine energija iš energetinio cecho.

Pastato apšvietimui bus naudojami „smd“ tipo diodų šviestuvai, kurie suvartoja mažiau elektros lyginant su kaitrinėmis ar halogeninėmis lempomis.

Įmonė darbuotojų reikmėms vandenį naudos iš Kėdainių vandentiekio, o technologiniams procesams vanduo bus pumpuojamas iš Nevėžio upės ir esant reikalui papildomai apdorojamas: pašalinamos ištirpusios druskos.

Ceche bus naudojama priverstinės oro apytakos vėdinimo sistema, kuri aprūpins reikiamu oro kiekiu.

Produkcijos silosai papildomai aeruojami suspaustu oru, kuris tiekiamas oro turbinomis. Fosforo ir azoto rūgšties talpyklos įrengtos lauke. Taip pat lauke įrengtas amoniako garintuvas.

3.4. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Prieš projektuojant kristalinių MAP trąšų gamybos liniją, reikia įvertinti, ar verta gaminti produktą ir per kiek laiko tai atsipirks, todėl atliekama ekonominė analizė.

Chemijos pramonė kasmet tobulėja, auga konkurencija tarp gamintojų, kas iš jų pateiks rinkai geresnį sprendimą. Todėl trąšų kainos nuolat kinta. Kainos taip pat gali kisti ir nuo esamos ekonominės ar politinės padėties šalyje. Todėl būtina nuolatos analizuoti aplinkos veiksnius, domėtis mokslo ir pramonės naujovėmis ir tai panaudoti sprendžiant gamybinius uždavinius. 2019-04-16 fosforo rūgšties kainos vidurkis siekė 850 €/t, o amoniako 750 €/t [16, 17].

PEST analizė

Politinis teisinis: Ukrainos Krymo užpuolimas ir aneksija destabilizuoja padėtį Rytų Europoje, nes kariniai veiksmai vyksta visai netoli Lietuvos teritorijos, taip pat kylanti įtampa tarp NATO šalių ir Rusijos irgi aštrina situaciją. Tuo tarpu Lietuvoje, yra ramus politinis klimatas, šiuo metu pagrindo nerimauti nėra. Teisinis reglamentavimas yra aiškus.

Ekonominis: ekonomika Lietuvoje auga; tačiau užimtumas nėra labai aukštas, ypač regionuose; Planuojama, kad produktu bus prekiaujama Europoje, todėl valiutų svyravimai neturės didelės reikšmės.

Socialinis – kultūrinis: Lietuvoje darbingo amžiaus gyventojų skaičius mažėja, bet daugėja žmonių, gaunančių pensijas. Aplinkosaugos reikalavimai griežtėja. Švietimas yra pakankamai aukštos kokybės, todėl surasti kvalifikuotų darbuotojų nebus sunku. Lietuviai yra darbštūs, tačiau konservatyvūs žmonės, todėl naujovių priimti neskuba.

Technologinis: valstybė skatina žaliųjų technologijų plėtrą.

Vidinių veiksnių vertinimas pateikiamas 11 lentelėje.

11 lentelė. SSGG matrica

Stiprybės	Silpnybės
Ilgametė gamybos patirtis; Aukštos kvalifikacijos darbuotojai; Darbuotojai turintys ilgametę patirtį; Puikiai išvystytas marketingas; Efektyvus išteklių panaudojimas;	Žaliavų transportavimas iš Rusijos gali nutrūkti dėl politinių veiksnių;
Galimybės	Grėsmės
Mažas analogų kiekis rinkoje; Patogus gaminių platinimas visoje Europoje; Trąšų poreikio augimas visame senajame žemyne;	Gali atsirasti analogiška gamykla Baltijos regione; Aukštos kvalifikacijos darbuotojų poreikis rinkoje gali lemti darbuotų kaitą;

Projektuojamam objektui reikalingų lėšų poreikis ir jų finansavimo šaltiniai parodyti 12 lentelėje.

12 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir kaštai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	tūkst. Eur	Struktūra	tūkst. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	3321,46	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	3550,00
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	59,91	2. Paskolos	1550,00
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	2481,00	3. Kiti finansinių lėšų šaltiniai.	827,37
4. Kiti kaštai	65,00		
Viso kaštų	5927,37	Viso šaltinių:	5927,37

3.4.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Ilgalaikis turtas yra visi technologiniai įrengimai ir pastatai. Technologinių įrengimų vertės parodytos 13 lentelėje.

13 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Vieneto kaina, tūkst. Eur.	Kiekis	Vertė, tūkst. Eur.
1.	Technologiniai įrengimai	17,56	10	175,62
2.	Kėlimo ir transportavimo įrenginiai	7,86	2	15,72
3.	Vertingas inventorių	11,00	10	110,00
4.	Kiti įrengimai	3,51	5	17,56

14 lentelė. Suvestinė statybos kainos skaičiuotė

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, tūkst. Eur			Viso, tūkst. Eur
	Statybos ir montavimo darbų	Įrenginių baldų inventoriaus	Kitos išlaidos	
1. Statybos teritorijos paruošimo išlaidos	3020			
1.1. Sklypo kaina	3000			
1.2. Aikštelės paruošimo išlaidos	20			
2. Statybos objektai ir darbai	2461			
2.1. Gamybinis korpuso statybos išlaidos	1675			
2.2. Kitų objektų statybos darbų išlaidos	786			
3. Kitos išlaidos			65	
Viso (ilgalaikio turto)	5481		65	5546

3.4.2. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Apyvartinio kapitalo (lėšų) poreikį pirmaisiais projekto gyvavimo metais galima nustatyti apytiksliai, remiantis lygtimi:

$$AL_1 = \frac{B_{pard}}{360} \cdot n_{ap};$$

Čia: n_{ap} – apyvartos trukmė, dienomis; B_{pard} – produkcijos pardavimo apimtis (realizacinės pajamos) arba gamybos kaštai, tūkst. Eur.

Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą, keičiantis gamybos apimčiai antraisiais ir vėlesniais metais, apskaičiuojamos praėjusių metų apyvartinį kapitalą patikslinus pagal gamybos apimties prieaugio koeficientą, kuris nustatomas pagal formulę:

$$k = B_{pardj} : B_{pardj-1}$$

čia B_{pardj} – pardavimų apimtis einamaisiais metais; $B_{pardj-1}$ pardavimų apimtis prieš metus.

Apyvartinių lėšų metinis poreikis (AL_i) antraisiais, trečiaisiais ir i -taisiais metais nustatomas iš šios formulės:

$$AL_i = AL_1 \cdot k$$

Apyvartinio kapitalo (lėšų) poreikio prieaugis ateinančiais metais nustatomas iš šios formulės:

$$\Delta AL_i = AL_i - AL_{i-1}$$

15 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, tūkst. Eur.	-	2523,45	2523,45	2523,45	2523,45	2523,45
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. Eur	-	841,15	841,15	841,15	841,15	841,15
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, tūkst. Eur	-	588,80	0,00	0,00	0,00	0,00
4.. Apyvartinės lėšos, tūkst. Eur*	252,34	841,15	841,15	841,15	841,15	841,15

Apyvartiniam kapitalui baziniais metais suformuoti skiriama 30 % apyvartinių lėšų sumos, reikalingos pirmisiais projekto gyvavimo metais.

3.4.3. Gamybos kaštai

Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

16 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, vnt.	Medžiagų sunaudojimo norma 1 t gaminio, tonomis	Medžiagos kaina, Eur/t.	Medžiagos poreikis, t	Medžiagų kaštai	
					gaminio, Eur/vnt.	viso, tūkst. Eur
1-5 metai						
	43800					
Fosforo rūgštis		1,53	800,00	66,80	1,22	53,44
Amoniakas		0,20	300,00	8,94	0,06	2,68
Azoto rūgštis		0,08	350,00	3,34	0,03	1,17
Rūgštus vanduo		0,06	0,00	2,68	0,00	0,00
Nudruskintas vanduo		0,75	80,00	32,85	0,06	2,63
Viso:					1,37	59,91

17 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminys	Metinė gamybos apimtis, tonomis	Laiko norma arba išdirbio norma	Programos darbo imlumas, tūkst. h	Darbininkų skaičius	Valandinis tarifinis atlygis, Eur/val.	Vienetinis įkainis, Eur/vnt.	Pagrindinis darbo užmokestis, tūkst. Eur	Papildomas darbo užmokestis, tūkst. Eur	Bendras darbo užmokestis, tūkst. Eur	Atskaitymai soc. draudimui, tūkst. Eur
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Amonio dihidrofosfatas	43800	1	43,8	24,40	5,2	5,2	227,76	20,49	248,25	76,96

Išlaidos technologinių procesų energijai

18 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas ir markė	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose, h	Elektros energijos poreikis, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1	2	3	4	5	6	7=2 + 3+ 4 +5 +6
Elevatorius	2	20	3614,4	144576	0,6	86,74
Reaktoriaus maišiklis	1	2,5	3614,4	9036	0,6	5,42
Cirkuliacinis siurblys	2	3	3614,4	21686,4	0,6	13,01
Vakuuminis siurblys	1	2,5	3614,4	9036	0,6	5,42
Centrifuga	1	10	3614,4	36144	0,6	21,68
Džiovykla	1	7,5	3614,4	27108	0,6	16,26
Sraigtinis transporteris	1	25	3614,4	90360	0,6	54,21
Sietai	2	35	3614,4	253008	0,6	151,80
Viso:						354,57

Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuojamas tiesiniu būdu. Tuomet amortizaciniai atskaitymai nusidėvėjimui padengti kiekvienais metais bus vienodi:

$$A_m = \frac{F_{is} - F_{lv}}{T};$$

Čia: A_m – amortizaciniai atskaitymai nusidėvėjimui padengti, tūkst. Eur; F_{is} – įsigijimo vertė, tūkst. Eur; F_{lv} – likvidacinė vertė, tūkst. Eur; T – naudingo naudojimo laikas, m;

19 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploatavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			1	2	3	4	5	
1. Pastatai	2461	15	164,07	164,07	164,07	164,07	164,07	1640,67
2. Įrengimai								
1. Elevatorius	20	15	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	13,67
2. Reaktorius	50	15	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	34,17
3. Dekanteris	50	15	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	34,17
4. Kristalizatorius	60	15	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	41,00
5. Centrifuga	16	15	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	10,93
6. Džiovykla	25	15	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	17,08
7. Kaloriferis	5	15	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	3,42
8. Ciklonas	5	15	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	3,42
9. Skruberis	18	15	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	12,30
10. SiurbLIAI	10	15	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	6,83
11. Sietai	18	15	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	12,30
12. sraigtinis transporteris	3	15	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	2,05
Viso:			181,61	181,61	181,61	181,61	181,61	1832,00

Visos apskaičiuotos gamybos išlaidos surašomos į suvestinę gamybos kaštų lentelę. Gamybos kaštai parodyti 20 lentelėje.

20 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, tūkst. Eur	
	Gaminiai	Viso:
Brandos stadijoje		
1. Pagrindinės medžiagos	59,91	59,91
1. Energija (šiluminė, elektros)	5,47	5,47
3. Gamybinių darbininkų darbo užmokestis	311,49	311,49
4. Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	96,50	96,50
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	2050,07	2050,07
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	2523,45 Σ	2523,45
Viso gamybos kaštų, %.	100,00	100,00
Produkcijos gamybos planas, tūkst. vnt.	43800,00	-
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	57,61	-
1-5 projekto gyvavimo metais		
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	2523,45	2523,45
Produkcijos gamybos planas, tūkst. vnt.	43800	43800,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	57,61	57,61

Veiklos kaštai

Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudoms priskiriamos palūkanos už banko paskolas. Metinės palūkanos, esant paprastiems procentams, apskaičiuojamos:

$$P = \frac{K}{N} \times 100;$$

Čia: P – metinės palūkanos, tūkst. Eur; K – banko paskolos dydis, tūkst. Eur; N – palūkanų norma, %.

21 lentelė. Palūkanų gražinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, tūkst. Eur.	1550,00	1240,00	930,00	620,00	310,00
2. Metinė palūkanų norma, proc.	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
3. Palūkanos, tūkst. Eur.	85,25	68,20	51,15	34,10	17,05
4. Paskolos padengimas, tūkst. Eur	310,00	310,00	310,00	310,00	310,00

22 lentelė. Veiklos kaštai

Išlaidų rūšys	Suma, tūkst. Eur
1. Pardavimų sąnaudos:	201,88
Reklama ir skelbimai	75,70
Prekių išvežimas	126,17
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	1759,86
Pagalbinės medžiagos	12,00
Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	1228,20
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	380,50
Energija	30,00
Amortizaciniai atskaitymai	68,93
Paslaugos	10,00
Komandiruotės	5,00
Mokesčiai ir rinkliavos	25,23
Viso:	1961,74

Gminių kainos skaičiavimas

Kai apskaičiuojamos visos sąnaudos, nustatoma gaminio kaina. Kad būtų galima planuoti gautinąsias pajamas, reikia nustatyti gaminių kainas.

Gaminio kainą (c_i) sudaro jo pilnoji savikaina (sp_i) ir pelnas (p_i), kuris apskaičiuojamas įvertinus gaminio rentabilumą (R_i):

$$c_i = sp_i + p_i;$$

$$R_i = p_i : sp_i \cdot 100;$$

$$p_i = R_i \cdot sp_i : 100;$$

Gaminio pilnąją savikainą sudaro jo gamybinė savikaina (sg_i) ir veiklos sąnaudos (vs_i) bei finansinės veiklos (fv_i) sąnaudos (palūkanos):

$$sp_i = sg_i + fv_i + vs_i;$$

23 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas

Gaminiai	Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminui, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
					%	Eur/vnt.	Eur
Amonio dihidrofosfatas	57,61	44,79	1,17	103,57	50,00	51,78	155,35

Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

24 lentelė. Įmonės pelno (nuostolių) ataskaita

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	6813,03	6795,98	6778,93	6761,88	6744,83
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	2523,45	2523,45	2523,45	2523,45	2523,45
3. Bendras pelnas (nuostolis)	4289,58	4272,53	4255,48	4238,43	4221,38

4. Veiklos sąnaudos	1961,74	1961,74	1961,74	1961,74	1961,74
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	2327,84	2310,79	2293,74	2276,69	2259,64
6. Finansinė ir investicinė veikla					
6.1. Pajamos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2. Sąnaudos	85,25	68,20	51,15	34,10	17,05
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	2242,59	2242,59	2242,59	2242,59	2242,59
8. Pelno mokestis	336,39	336,39	336,39	336,39	336,39
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	1906,20	1906,20	1906,20	1906,20	1906,20

25 lentelė. Finansinės būklės pokyčių pinigų srautų ataskaita

Eil. Nr.	Rodikliai	„0“ metais	1 metais	2 metais	3 metais	4 metais	5 metais
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)		1906,20	1906,20	1906,20	1906,20	1906,20
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos		181,61	181,61	181,61	181,61	181,61
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	252,34	588,80	0	0	0,00	0,00
1.4.	Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų eliminavimas	0	395,25	378,20	361,15	344,10	327,05
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1+1.2+1.3+1.4*)	-252,34	1103,76	1709,61	1726,66	1743,71	1760,76
II.	Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
2.1.	Ilgalaikio turto perleidimas (išsigijimas)	5867,455					1832,00

	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-5867,455					1832,00
III.	Bendri metiniai pinigų srautai (I+II)	-6119,80	1103,76	1709,61	1726,66	1743,71	5424,76

3.4.4. Investicijų efektyvumo vertinimas

Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimas

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai apskaičiuojami:

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

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

Įsiskolinimų kaštai apskaičiuojami:

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

Čia: i – palūkanų norma paskolai, %; M – vidutinė mokesčių norma (vidutiniškai 15 %).

Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpis T – tai laikas, per kurį ekonominė nauda padengia investicines išlaidas. Apskaičiuojamas kaupiant grynuosius grynujų pinigų srautus ir stebint, kada jų suma taps lygi nuliui. Investicijos yra efektyvios, jei $T < 5$ metus.

3.4.5. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

Sumuojant grynuosius grynujų pajamų srautus (GPS), diskontuotus pagal kapitalo kainą, gaunama grynoji esamoji vertė (GEV). GEV – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nulniais metais.

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+kk)^t};$$

Čia: KK – kapitalo kaina, ir (ar) diskonto norma, vieneto dalimis; $\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+kk)^t}$ – grynujų pinigų srautų, diskontuotų diskonto norma r, visų metų, pradedant nuliniiais, suma;

Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma – tai diskonto norma r, kuri projekto būsimųjų grynujų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimų išlaidų dabartinei vertei. Tai ekvivalentu tokiai išraiškai:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} = 0;$$

Kad finansinė rizika netūrėtų didelės įtakos investiciniam projektui, reikia, kad vidinė pelno norma būtų didesnė už vidutinius svertinius kapitalo kaštus. Šiuo atveju, vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai yra 5,41 %, o vidinė pelno norma siekia 20 %.

Pasinaudojus Microsoft „Excel“ programa ir naudojantis IRR funkcija, buvo nustatyta jog vidinė pelno norma yra 20 %.

Pelningumo arba rentabilumo skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas – tai pelno ir išlaidų santykis:

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

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

Pelningumo indeksas parodo santykinį projekto pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią vienam dabartinių išlaidų piniginiam vienetui. Projektas yra priimtinas, jei pelningumo indeksas yra didesnis už vienetą. Kuo jis didesnis, tuo projektas priimtinesnis. Šiuo atveju PI siekia 1,58, todėl projektas yra priimtinas.

3.4.6. Lūžio taškas

Lūžio taškas – tokia pardavimo apimtis, kuriai esant bendrosios pajamos lygios visiems gamybos kaštams ir įmonės pelnas lygus nuliui.

Lūžio tašką galima rasti pagal lygtį:

$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{c_j - kk_j}$$

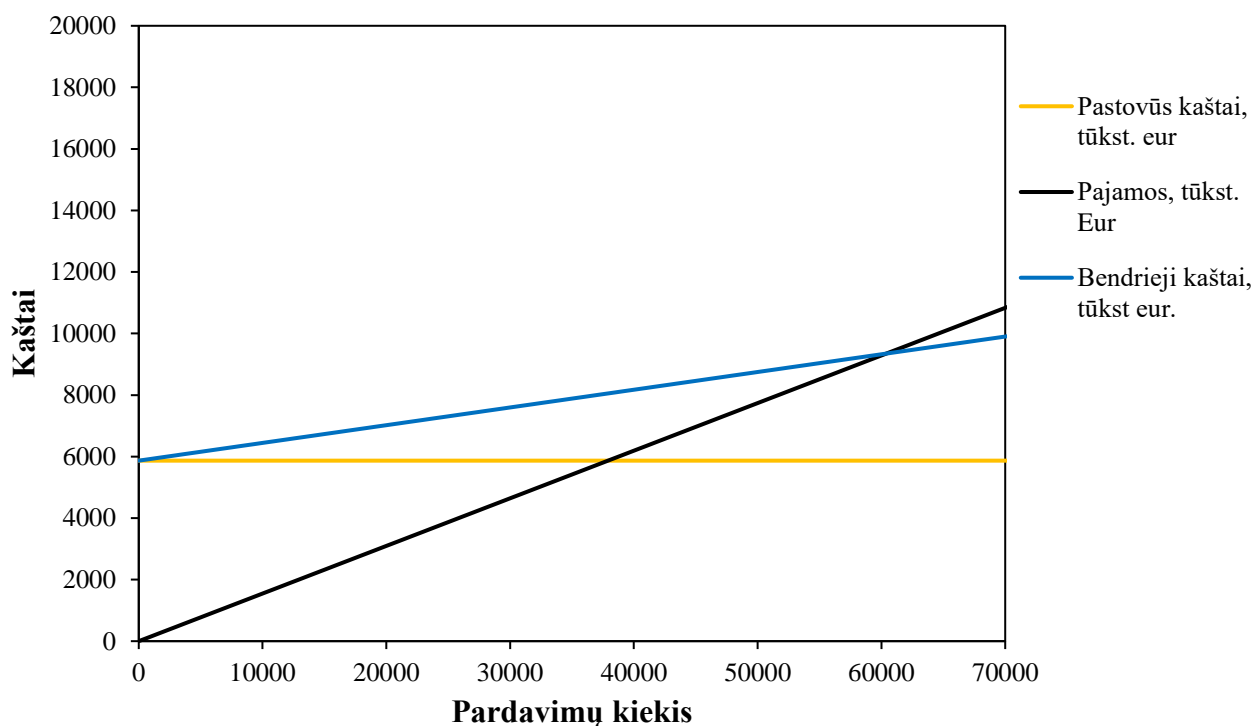
Čia: B_{Lj} – j-tojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, vnt.; PK_j – j-ajam gaminiui priskiriama visa pastoviųjų kaštų suma, Eur; c_j – j-tojo gaminio vieneto kaina, Eur; kk_j – j-tojo gaminio vieneto kintamieji kaštai, Eur;

Lūžio taško skaičiavimai parodyti 26 lentelėje.

26 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

Rodikliai	Amonio dihidrofosfatas
Pastoviųjų kaštų suma, Eur	5867455
Gaminio kaina, Eur	154,77
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	57,61
Lūžio taškas, tūkst. vnt.	60,39
Pardavimų planas, tūkst. vnt.	219

Lūžio taškas pavaizduotas 16 paveiksle.



16 pav. Lūžio taškas

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad lūžio taškas bus kai bus parduota 60,39 tūkst. tonų trąšų.

27 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Rodikliai	<i>Analogo</i>	<i>Projekto</i>	Pokytis
Produkcijos pardavimo apimtis, tonomis brandos stadijoje	32 412	43 800	11 388
Gautinosios pajamos, tūkst. Eur	33 258,88	33 894,63	635,75
Įmonės personalas, žmonėmis:	37	37	
Iš to skaičiaus darbininkai	24	24	-
Darbo našumas, mln. Eur:			
Darbininko			-
Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:	1228,2	1228,2	0
Darbininko	1388,23	1388,23	0
Gamybos kaštai, tūkst. Eur	2 445,68	2 523,45	77,77
Gaminio pilnoji savikaina, Eur.	137,34	103,57	-33,77
Grynasis pelnas, tūkst. Eur	9 350,89	9 531,02	180,43
Investicijų apimtis, tūkst. Eur	5 911,28	5 927,37	16,09
Produkcijos rentabilumas, %	33,07	33,10	0,03
Apyvartos rentabilumas, %	28,31	28,84	0,53
Kapitalo rentabilumas, %	60,05	59,89	-0,16
Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	4,18	4,16	0,02
Projekto grynoji esamoji vertė, mln.Eur	3 385,27	3519,31	134,04
Kapitalo kaštai, %	5,43	5,41	0,02
Vidinė pelno norma, %	55	58	3

Atlikus projektuojamos kristalinių trąšų gamybos linijos ekonominę ir finansinę vertinimą, nustatyta, jog projektuojamai gamybos linijai reikia 5,911 mln. Eur. investicijų. Įvertinus skaičiavimus, gaunama, kad padidinus gamybos apimtį nuo 32 412 tonų iki 43 800 tonų per metus, gaunamas papildomas 180,43 tūkst. Eur pelnas, o gaminio savikaina sumažėja nuo 137,34 Eur/t iki 103,57 Eur/t. nustatyta, kad pardavus 60 390 tonų trąšų, veikla tampa pelninga. Tai sudaro 27,57 % pardavimo plano.

3.5. Aplinkosauginis vertinimas

Šios baigiamojo projekto dalies tikslas yra įvertinti monoamonio fosfato trąšų gamybos poveikį aplinkai, emisijas. Atliekamas supaprastintas aplinkosauginis vertinimas. Kadangi gamykloje yra gaminama elektros ir šiluminė energija, tačiau kitame ceche, todėl tai nebus vertinama.

Projektuojant chemijos pramonės gamyklas labai svarbu numatyti, kokį poveikį aplinkai darys produkto gamyba. Svarbu kuo efektyviau naudoti pradines žaliavas bei pagalbines medžiagas, tausoti aplinkos orą, neužteršti dirvožemio ir vandens. Po savęs palikti tvarkingą aplinką ateinančioms kartoms. Gamykla privalo užtikrinti, kad energetiniai bei kiti resursai nebūtų švaistomi veltui, siekti, kad būtų tinkama gamybos proceso priežiūra, esant nesklandumams, jie būtų operatyviai šalinami. Chemijos produktų gamyba grindžiama darnaus vystymosi principais, parenkami geriausi prieinami gamybos būdai. Tai užtikrina saugią gamybą žmogui, aplinkai. Technologinio proceso metu atskiriamos netirpios daug P₂O₅ turinčios medžiagos, kurias papildomai apdorojus kitame ceche, yra išgaunamas nepanaudotas P₂O₅ trąšų gamyboje.

Duomenys apie sunaudojamas žaliavas pateikiami 28 lentelėje.

28 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas

Žaliavos pavadinimas	Kiekis naudojant objektą, t/metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		Kategorijos pavadinimas	Pavojaus nuoroda [18]	Rizikos frazės, saugumo frazės [18]
1	2	3	4	5
Techninis amoniakas	8 935	Degios dujos	GHS04 GHS05 GHS06 GHS09	Degios dujos Toksiška prarijus Gali sprogti Toksiška vandens organizmams
Koncentruota ekstrakcinė fosforo rūgštis	66 795	Ėsdinanti medžiaga	GHS05	Ėsdinanti metalus
Azoto rūgštis	3 334	Ėsdinanti medžiaga	GHS03 GHS05 GHS06	Ėsdinanti metalus Toksiška įkvėpus Gali smarkiai nudeginti odą Pažeidžia akis Gali padidinti gaisrą, oksidatorius
Nudruskintas vanduo	32 850	-	-	-
Rūgštus vanduo	2 681	-	GHS09	Toksiška vandens organizmams

Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius pateikta 29 lentelėje.

29 lentelė. Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius

Produkcija		Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai		
Pavadinimas	Kiekis per metus, t	Pavadinimas	Kiekis per metus	Šaltiniai
Amonio dihidrofosfatas	43 800	Elektros energija	898 954 kW/h	Vidiniai šaltiniai
		Šiluminė energija	125 194 MJ	Vidiniai šaltiniai

Fizikinė tarša yra triukšmas, kuris atsiranda veikiant dekanteriams, džiovyklai, centrifugai ar naudojant pneumatinius kūjus įrengimų valymui, taip pat veikiant cirkuliaciniams ir kitiems siurbliams, tačiau tai laikina ir nežymi tarša [19].

30 lentelė. Konkrečios veiklos sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Džiovykla	1	105 dB	-
	Centrifuga	1	95 dB	-
	Dekanteris	2	105 dB	-
	Pneumatinis kūjis	1	100 dB	-

Technologinio proceso atliekos gaminant amonio dihidrofosfato trąšas nesusidaro, tačiau susidaro buitinės atliekos: nebenaudojama elektros ir elektroninė įranga, apšvietimo įranga (šviestuvai, šviesos lempos), mišrios komunalinės atliekos, antrinės žaliavos: pakuočių atliekos, stiklo, plastiko, metalo popieriaus ir kartono atliekos.

Kompleksinių kristalinių trąšų gamybos metu susidaro dulkių, tačiau yra numatytos priemonės, kad būtų sumažinta tarša: naudojamas dviejų laipsnių dulkių surinkimo sistema. Iš pradžių didesnės produkto dulkių dalelės nusodinamos ciklone, o po to likusios yra surenkamos skruberyje, jį laistant nudruskintu vandeniu.

Gamybiniame procese ūkinės veiklos sąlygojama elektromagnetinė ir jonizuojanti tarša nesusidarys, todėl elektromagnetinė ir jonizuojanti tarša nėra vertinama.

Gaminant kristalines amonio dihidrofosfato trąšas kieto pavidalo gamybos atliekų nesusidaro, tad pagrindinė aplinkos teršimo problema lieka amoniako emisijos į aplinką. Tačiau pagal geriausius prieinamus gamybos būdus, išmetamai į atmosferą neviršija nustatytų normų.

Gaminant kristalines amonio fosfato trąšas, yra numatomos amoniako emisijos iš skruberio ir dekanterių per atvamzdžius. Šie įrenginiai veiks 8000 val./metus. Taršos šaltinių duomenys pateikti 31 lentelėje.

31 lentelė. Oro taršos šaltiniai

Taršos šaltinio pavadinimas	Teršalo pavadinimas	Numatoma tarša		
		Vienkartinis dydis		metinė t/m
		vnt.	maks.	
Skruberis	Amoniakas	g/s	0,09722	2,800
Dekanteris Nr. 1	Amoniakas	g/s	0,01388	0,400
Dekanteris Nr.2	Amoniakas	g/s	0,01388	0,400

Aplinkos oro taršos šaltinių fiziniai duomenys pateikti 32 lentelėje.

32 lentelė. Aplinkos oro taršos šaltinių fiziniai duomenys

Taršos šaltiniai			Išmetamų dujų rodikliai matavimo vietoje			Teršalų išmetimo trukmė val./m.
Pavadinimas	Aukštis, m	Išėjimo angos matmenys, m	Srauto greitis, m/s	Temperatūra, °C	Tūrio debitas, Nm ³ /s	
Skruberis	32,30	0,6	-	35	0,788	8000
Dekanteris Nr. 1	18,80	0,1	-	60	0,045	8000
Dekanteris Nr.2	18,80	0,1	-	60	0,045	8000

Avarių metu išsilieję skysčiai, taip pat skysčiai iš drenuojamų vamzdinių suteka į nuotėkų surinkimo duobes, įrengtas dugninėse, iš kurių panardinamais siurbliais pumpuojami į bakus ir sunaudojami gamyboje. Surinkimo duobės yra izoliuotos papildomu nelaidžios medžiagos sluoksniu, kad nebūtų užteršti požeminiai vandenys bei dirvožemis.

Atlikus aplinkosauginį vertinimą, galima teigti, kad pagrindinis teršalų šaltinis yra emisijos į aplinką, tačiau vykstant technologiniam procesui ribiniai dydžiai neviršijami.

3.6. Darbuotojų sauga ir sveikata

Šioje baigiamojo darbo dalyje yra įvertinama projektuojamos amonio dihidrofosfato gamybos technologinės linijos darbuotojų sauga, sveikata ir gaisrinė sauga.

3.6.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Tirpių kristalinių amonio dihidrofosfato trąšų gamybos cechas yra akcinėje bendrovėje „Lifosa.“ Įmonė gamina sieros, fosforo rūgštį, fosforo trąšas: diamonio fosfatą, amonio dihidrofosfatą bei karbamido fosfatą. Trąšoms gaminti naudojama fosfato žaliava – apatitas, kurį apdorojant sieros rūgštimi gaunamas tarpinis produktas – ekstrakcinė fosforo rūgštis bei naudojamas geležinkelio transportu atvežtas techninis amoniakas.

Vadovaujantis sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių priedu, parenkamas sanitarinės apsaugos zonos ribinis dydis yra 500 m už įmonės teritorijos [20].

3.6.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemones, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta [21].

Profesinės rizikos vertinamas atliekamas šiais etapais: parengiamieji darbai, rizikos veiksnių tyrimas, rizikos dydžio nustatymas, rizikos sumažinimas arba pašalinimas, rizikos stebėjimas. [21]

Įmonėje rizikos vertinimą organizuoja darbdavys, jam atstovaujantis asmuo ar darbdavio įgaliotas asmuo darbuotojų saugai ir sveikatai. Rizikos vertinimui atlikti įmonėje tvarkomuoju dokumentu paskiriamas kompetentingas asmuo. Jei šiam asmeniui trūksta žinių ar įgūdžių, darbdavys, jam atstovaujantis asmuo ar darbdavio įgaliotas asmuo darbuotojų saugai ir sveikatai organizuoja šio asmens mokymą rizikos vertinimo klausimais. Jei įmonėje nėra ar trūksta kompetentingų asmenų, su paslaugas teikiančiu išorės kompetentingu asmeniu sudaroma sutartis dėl rizikos vertinimo atlikimo [21].

Rizikos veiksniai amonio dihidrofosfato gamybos ceche, kurie gali pakenkti sveikatai yra nurodyti 33 lentelėje.

33 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonių būtinumas
Triukšmas	Džiovykla	105 dB (A)	87 dB(A)	Visa pamaina 8h	Taip
	Centrifuga	95 dB (A)	87 dB(A)	Visa pamaina, 8h	Taip
	Dekanteris	105 dB (A)	87 dB (A)	Visa pamaina, 8h	Taip
	Pneumatinis kūjis	100 dB (A)	87 dB (A)	Iki 2 h Retas	Taip
Kūną veikianti vibracija	Dekanteris	-	1,15 m/s ²	Visa pamaina, 8h	Ne
	Džiovykla	-	1,15 m/s ²	Visa pamaina, 8h	Ne
Rankas veikianti vibracija	Pneumatinis kūjis	-	2,5m/s ²	Iki 2 h Retas	Ne
Netaisyklinga sėdėseną	Darbo kėdės	-	-	Visa pamaina, 8h	Taip
Įtampa riešui	Nepatogi PC pelė	-	-	Visa pamaina, 8h	Taip
Amonio dihidrofosfato dulkės	Valant džiovyklą	-	5 mg/m ³	Iki 2 h. Retas	Taip
	Kraunant produktą	-	5 mg/m ³	Visa pamaina, 8h	Taip
Amoniakas	Amoniako garintuvas	-	14 mg/m ³	Visa pamaina, 8h	Taip
Ortofosforo rūgštis	Rūgšties saugojimo talpykla	-	1 mg/m ³	Visa pamaina, 8h	Taip

Kompleksinių kristalinių trąšų gamyboje yra naudojamos šios žaliavos: techninis amoniakas, koncentruota fosforo rūgštis, nudruskintas vanduo, azoto rūgštis. Jų gaisrinio pavojingumo rodikliai yra aprašyti 34 lentelėje.

34 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, t	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos, %		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė		
Techninis amoniakas	24,48	-	15	28	651	450

Koncentruota fosforo rūgštis	183	-	-	-	Nedegus	Nedegus
Amonio dihidrofosfatas	120	-	-	-	Nedegus	Nedegus
Nudruskintas vanduo	90	-	-	-	Nedegus	Nedegus
Azoto rūgštis	9,15	-	-	-	Nedegus	Nedegus
Rūgštus vanduo	7,34	-	-	-	Nedegus	Nedegus

35 lentelė. Išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogumo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Amoniako garintuvas	Degus skystis prieš garinimą (skystas amoniakas) ir po garinimo susidariusios amoniako dujos	A _{sgi} , 2 zona Dirbant normaliu režimu sprogi aplinka negali susidaryti

36 lentelė. Pastatų kategorijos pagal sprogumo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Kristalinių trąšų gamybos cechas	-	E _g , 22 zona

3.6.3. Saugi gamyba

Kiekvienam darbuotojui privalo būti sudarytos saugios ir sveikos darbo sąlygos, neatsižvelgiant į įmonės veiklos rūšį, darbo sutarties rūšį, darbuotojų skaičių, įmonės rentabilumą, darbo vietą, darbo aplinką, darbo pobūdį, darbo dienos ar darbo pamainos trukmę, darbuotojo pilietybę, rasę, tautybę, lytį, seksualinę orientaciją, amžių, socialinę kilmę, politinius ar religinius įsitikinimus [22].

Siekiant išvengti pavojingų situacijų, personalo darbuotojams vykdomi apmokymai, kaip valdyti procesą. Be šių mokymų, darbuotojas privalo išklausti įvadinį, pirminį, periodinį, tikslinį saugaus eksploatavimo instruktažus, o jei darbuotojui nepakanka profesinių įgūdžių ar žinių dirbti su nauja įranga, privalomas papildomas instruktavimas [22].

3.6.4. Elektrosauga

Vienas iš pavojingų faktorių darbe yra elektros srovės poveikis. Pirminis pavojus – tiesioginis elektros srovės poveikis pratekant žmogaus kūnu. Antrinis pavojus yra dėl elektros lanko išlydžio atsirandanti aukšta temperatūra. Būtina atsiminti, jog daugelis nelaimingų atsitikimų, susijusių su elektra, dažniausiai baigiasi mirtimi.

Žmogus pradeda jausti 0,5 – 1,5 mA per jo kūną pratekančią srovę. Tekant 10 – 15 mA srovei prasideda raumenų spazmai. Tekant 20 – 25 mA srovei paralyžiuojamos rankos, jaučiasi stiprūs skausmai sąnariuose. 90 – 100 mA srovė yra mirtina [21].

Srovės poveikis priklauso nuo individualaus organizmo savybių, srovės rūšies ir dažnumo, pratekėjimo kelio ir laiko. Elektros traumą gali sukelti tiek aukštos, tiek žemos įtampos srovė.

Ižeminti arba įnulinti būtina:

1. visus 400 V ir aukštesnės įtampos kintamosios srovės bei 440 V ir aukštesnės įtampos nuolatinės srovės įrenginius;
2. aukštesnės kaip 50 V įtampos kintamosios ir aukštesnės kaip 75 V įtampos nuolatinės srovės įrenginius pavojingose ir labai pavojingose patalpose, taip pat lauke esančius įrenginius.

3.6.5. Darbo higiena

Darbų sunkumo kategorijos nustatymas

Remiantis higienos normomis HN 69:2003 nustatoma kristalinių amonio dihidrofosfato gamybos ceche darbų sunkumo kategorija yra IIb [24].

Priemonės šiluminei aplinkai sudaryti

Siekiant užtikrinti nustatytą šiluminę aplinką šiltuoju metų laiku naudojami oro kondicionieriai, skirti aušinti patalpų orą, įrengta ventiliacija su oro ištraukimu. Bei šviežio oro tiekimu. Šaltuoju metų laiku patalpų šildymui naudojama jau pagaminta energetiniame ceche šiluminė energija bei nuo technologinių procesų išsiskirianti šiluma. Vykstant neutralizacijos reakcijai reaktoriuje, į aplinką išsiskiria dalis šilumos, taip pat dalis šilumos nuostolių susidaro medžiagas šildant reaktoriaus ir kristalatoriaus cirkuliaciniuose kontūruose, taip pat džiovinant produktą.

Regos darbų kategorija ir kristalinių trašų gamybos cecho patalpų norminė apšvieta

Rekomenduojamos dirbtinės apšvietos ribinės vertės leidžia gerai matyti darbo objektą ir užtikrina gerą darbuotojo savijautą [25].

Trašų gamybos ceche yra taikomas natūralus šoninis apšvietimas, bei dirbtinis apšvietimas. Skirtingiems darbams ir patalpoms apšvietos kokybė gali būti skirtinga. Automatiniams procesams užtenka 20 lx apšvietos, o pultinėje, reikalaujama 200 – 300 lx apšvieta. Trašų gamybos cechasis būna stabdomas planiniam įrengimų patikrinimui, todėl šiai operacijai būtina 500 arba 1000 lx apšvieta (tikslūs arba labai tikslūs regos darbai). Daugumos darbo patalpų dirbtinis apšvietimas yra blankus, nes apšvieta yra mažesnė kaip 200 lx, todėl darbo vietose, kuriose nuolat dirbama, rekomenduojama mažiausia apšvietos ribinė vertė yra 200 lx nepriklausomai nuo mažo regos darbų sudėtingumo [25].

Detalesnė informacija apie apšvietos kokybės klases tam tikrose patalpose ar veiklos tipui pateikta 37 lentelėje.

37 lentelė. Rekomenduojamos apšvietos vertės

Patalpos, darbo ar veiklos tipas	Apšvietos ribinės vertės, lx
Judėjimo keliai, koridoriai	50 – 100 – 150
Laiptai	100 – 150 – 200
Drabužinės, tualetai	100 150 – 200
Sandėliai	100 – 150 200
Automatiniai procesai	50 – 100 – 150
Gamybos įrengimai, nereikalaujantys nuolatinės priežiūros	100 – 150 – 200
Bendros gamybos patalpos	200 – 300 – 500
Pultinė	300 – 500 – 750
Tikrinimas	500 – 750 – 1000

Cheminių medžiagų ribinių dydžių nustatymas

Naudojantis higienos normomis HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ nustatomi ilgalaikio ir trumpalaikio poveikio ribiniai dydžiai [26], surašomi į 38 lentelę.

38 lentelė. Trumpalaikio ir ilgalaikio poveikio medžiagų ribiniai dydžiai

Cheminė medžiaga		Ribinis dydis					
		Ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD)		Trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRD)		Neviršytinas ribinis dydis (NRD)	
Pavadinimas	CAS Nr.	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
Amoniakas (bevandenis)	7664-41-7	14	20	36	50	-	-
Fosforo rūgštis, orto-	7664-38-2	1	-	2	-	-	-
Azoto rūgštis	7697-37-2	-	-	2,6	1	-	-
Amonio dihidrofosfatas	netaikoma	-	-	-	-	-	-

Amoniakas yra toksiškas įkvėpus, prarijus, susilietus su oda. Gali sukelti nudegimus. Patekę ant odos, skysto amoniako lašai gali sukelti cheminį ir šalčio nudegimą. Amoniako garai dirgina drėgną odos paviršių. Patekę į akis, skysto amoniako lašai gali sukelti negrįžtamą akių pažeidimą, kurio pasekmės gali pasireikšti po kelių parų. Amoniako garai dirgina akių gleivinę ir sukelia ašarojimą. Prarijus, skystas amoniakas sukelia stiprų virškinimo trakto nudegimą. Įkvėpus, priklausomai nuo trukmės ir koncentracijos, amoniako garai gali sudirginti viršutinius kvėpavimo takus ir plaučius, sukelti stiprų plaučių nudegimą, kuris gali būti mirtinas. Plaučių edema gali išsivystyti per 48 valandas nuo įkvėpimo [27].

Patekusi ant odos koncentruota orto fosforo rūgštis sukelia blogai gyjančias žaizdas, įkvėpus gali sukelti kosulį, dusulį, ėsdina kvėpavimo takus. Patekusi į akis, rūgštis smarkiai pažeidžia akis, nudegina, sukelia riziką apakti. Nurijus kyla stemplės ir skrandžio perforacijos pavojus, spazmai [28].

Azoto rūgštis ėsdina kvėpavimo takus, smarkiai nudegina odą, sukelia blogai gyjančias žaizdas pažeidžia akis, yra rizika apakti. Nurijus kyla stemplės ir skrandžio perforacijos pavojus, spazmai [29].

Amonio dihidrofosfatas gali sukelti virškinamojo trakto dirginimą, pykinimą, vėmimą ir viduriavimą [30].

Asmeninių apsauginių priemonių parinkimas

Asmeninės apsauginės priemonės kristalinių trąšų gamybos ceche yra privalomos visiems darbuotojams. Privalomas šalmų nešiojimas, darbo rūbai, apsauginiai akiniai, odinės darbo pirštinės, batai su sustiprinta priekine dalimi bei neslidžiu padu. Valant džiovyklą būtina dėvėti apsaugines kaukes, apsaugančias nuo dulkių, taip pat nuo triukšmo apsaugančias ausines bei kitą anksčiau nurodyta darbo apranga.

Vertinant įrenginių keliamą triukšmą vadovaujamosi darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatais [31]. Nurodomos kasdieninio triukšmo (ekspozicijos) lygio ($L_{EX, 8h}$) tokios norminės vertės:

3. ribinė ekspozicijos vertė $L_{EX, 8h} = 87$ dBA;
4. viršutinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti $L_{EX, 8h} = 85$ dBA;
5. apatinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti $L_{EX, 8h} = 87$ dBA;

Kai triukšmą keliantis įrenginys dirba ne visą pamainą, per darbo dieną susidarančio triukšmo lygis $L_{EX, 8h}$ apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$L_{EX, 8h} = L_{Aeq} + 10 \lg \frac{T_x}{T_p}$$

Čia: L_{Aeq} – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį T_x , dBA; T_x – pamainos laikas, kai dirbama esant tokio lygio triukšmui, h ; T_p – bendroji darbo pamainos trukmė, h ($T_p = 8$ val.)

Kasdienio triukšmo lygis dBA apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$L_{EX, 8h} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_p} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 L_{Aeqj}} \right]$$

Čia L_{Aeq} – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį t_i , kurio metu matuotas (nustatytas) darbuotoją veikiantis triukšmas dBA; i – laikotarpių skaičius. Laikotarpių t_i bendroji suminė vertė neviršija T_p .

Darbo vietos triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys pateikti 39 lentelėje.

39 lentelė. Darbo vietos triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys

Operacijos pavadinimas ir nr.	Ekvivalentus garso lygis operacijos metu L_{Aeqi} , dBA	Bendroji operacijos trukmė per pamainą t_i , Val:min	Kasdienio operacijos triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė, $L_{EX, 8hi}$, dBA
1. Veikiantis dekanteris	105 Db (A)	12	106,76
2. Veikianti centrifuga	95 Db (A)	12	96,76
3 Veikianti džiovykla	105 Db (A)	12	106,76
4. Darbas pneumatiniu kūju	100	2	93,98
Bendroji kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė $L_{EX, 8h}$			109,98

Pneumatiniu kūju dirbantis darbuotojas privalo dėvėti ausines apsaugančias nuo triukšmo. Ausinės turi būti suderinamos su šalmu. Pneumatinis kūjis naudojamas džiovyklai išvalyti, todėl kitos operacijos (netirpių nuosėdų atskyrimas dekanteriu, kristalų atskyrimas centrifuga ir produkto džiovinimas) nevyksta, todėl ir nesukelia triukšmo. Pulte dirbantys operatoriai nuo įrenginių triukšmo yra apsaugoti atskira darbui erdve: daugiasluoksnės sienos gerai sugeria triukšmą. Ceche dirbantys

darbininkai privalo nešioti ausines, apsaugančias nuo triukšmo kai dirbama šalia veikiančio dekanterio, centrifugos ar džiovyklos, kitu atveju triukšmo lygis pavojaus nekelia.

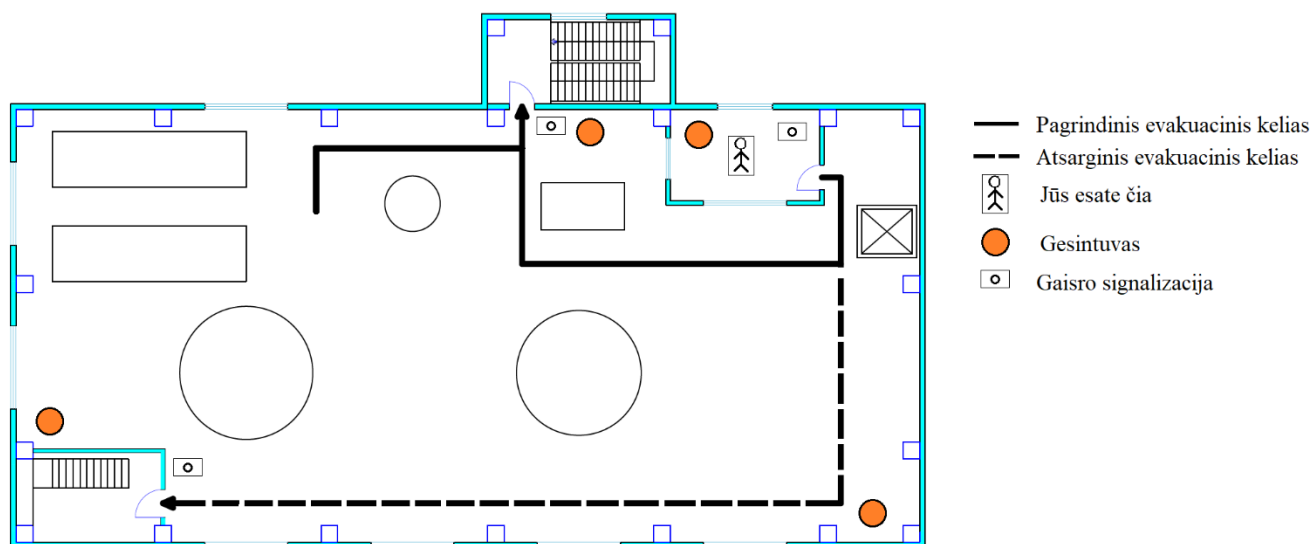
3.6.6. Gaisrinė sauga

Kristalinių trąšų gamybos cechas pastatytas iš nedegių medžiagų. Gelžbetoninės grindys yra nedegios, laikančiosios konstrukcijos yra plieninės, daugiasluoksnės sienų plokštės yra sudarytos iš plieno lakštų su mineralinės vatos užpildu, kuris neleidžia plisti gaisrui.

Patalpoje esant elektros įrenginių, nuolat turinčių įtampas, tai ne mažiau kaip 50 proc. patalpose esančių gesintuvų turi būti tinkami elektros įrenginiams gesinti neišjungus įtampas. Elektros įrenginius, turinčius įtampas (iki 1000 V), veiksmingiausia gesinti dujų ir miltelių ABC klasės gesintuvais [32].

Technologiniame procese naudojamas amoniakas, kuris yra degus bei gali sudaryti sprogią aplinką, todėl parenkami miltelių tipo gesintuvai. Vieta, kur prakiurus amoniako tiekimo vamzdžiui gali susidaryti degi ar sprogi aplinka, įrengiama stacionari gaisro gesinimo sistema. Iš viso viename aukšte nešiojamų gesintuvų turi būti mažiausiai du, parenkami keturi gesintuvai viename aukšte. Jų masė turi būti ne mažesnė nei 4 kg. Taip pat nedidelio gaisro ploto gesinimui tinkamas nedegus audeklas, kurio matmenys turi būti 0,9 – 1,8 m.

Kristalinių trąšų gamybos cecho penkto aukšto planas pavaizduotas 17 paveiksle.



17 pav. Kristalinių trąšų gamybos cecho penkto aukšto evakuacinis planas

4. Grafinė dalis

1. MAP gamybos cecho generalinis sklypo planas.
2. MAP gamybos cecho penkto aukšto planas.
3. MAP gamybos cecho pjūvis A-A.
4. MAP gamybos cecho pjūvis B-B.
5. MAP gamybos technologinė schema.

Išvados

1. Atlikta amonio fosfatų gamybos teorijos, žinomų technologinių sprendimų literatūrinė analizė. Įvertintos monoamonio fosfato gamybos technologijos tobulinimo galimybės.
2. Atliktas technologinio proceso medžiagų ir šilumų srautų vertinimas, sudarytas reaktoriaus medžiagų ir šilumų balansas. Nustatyta, kad esant 5 t/h našumui būtinų žaliavų kiekis yra: fosforo rūgšties 7626,37 kg/h (ekstrakcinės), o reikalingo amoniako kiekis yra 1020,39 kg/h.
3. Atlikus proceso modeliavimą Aspen plus aplinkoje ir parinkus optimalius parametrus, nustatyta, kad 5 t/h produkti gauti, reikalingas žaliavų kiekis bus: ortofosforo rūgšties 7417,72 kg/h (rūgštis be priemaišų), o amoniako 1043,65 kg/h.
4. Atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos situacijos analizė, kurioje vertinta profesinė rizika, elektrosauga, darbo higiena ir gaisrinė sauga. Pagal medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius gamybinėms zonoms buvo priskirtos kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų. Įvertinus gaisro grėsmes, buvo suprojektuotas gamybos cecho penkto aukšto evakuacijos planas.
5. Pateiktas modernizuojamo cecho statybinis vertinimas.
6. Atlikus modernizuojamos technologinės linijos ekonominį ir finansinį vertinimą, nustatyta, jog objektui būtinas finansavimas siekia 5927,37 tūkst. Eur. Gaunamas papildomas pelnas siekia 180,43 tūkst. Eur. Gaminio pilnoji savikaina yra 103,57 Eur/t. Planuojama, kad projektas atsipirks pardavus 60390 tonų produkto.
7. Atlikus aplinkosauginį vertinimą, galima teigti, kad pagrindinis teršalų šaltinis yra technologinis išmetimas į atmosferą, tačiau vykstant procesui ribiniai dydžiai neviršijami.

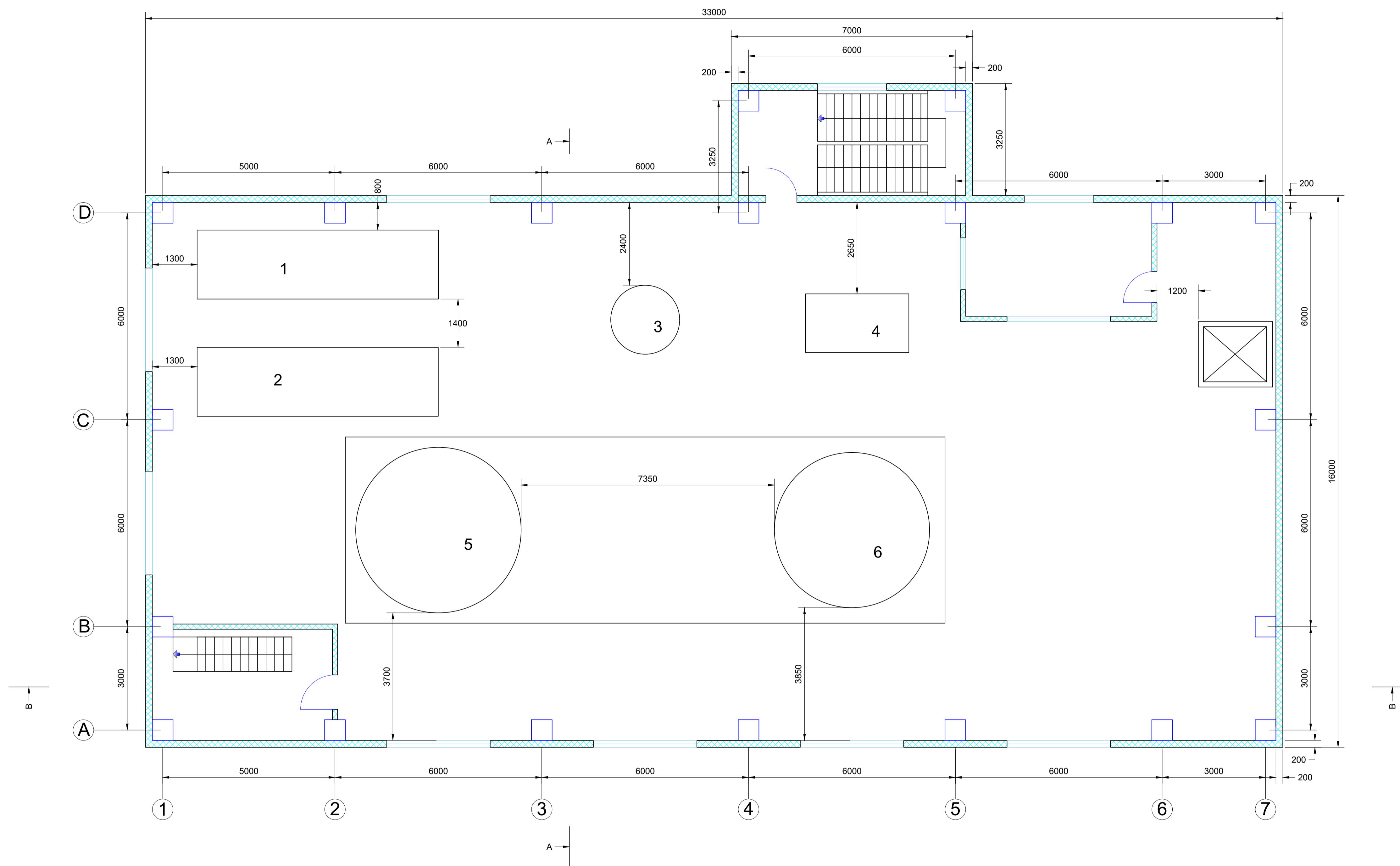
Literatūros sąrašas

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World fertilizer trends and outlook to 2020. Summary report.
2. IFA Annual Conference, Berlin, 18 – 20 June 2018, Germany, Fertilizer outlook, 2018 – 2022
3. Sviklas A.M., Paleckienė R., Šlinkšienė R. (2006). Fosforo trąšos. Kaunas.
4. Leskauskas B., Balandis A., Šinkūnas S., Vaickelionis G., Valančius Z. (2007). Chemijos inžinerija, 2 knyga. Kaunas.
5. Buchfink R., Schmidt C., Ulrich J. (2011). Fe^{3+} as an example of the effect of trivalent additives on the crystallization of inorganic compounds, here ammonium sulfate. CrystEngComm.
6. Jing L., Yagu D., Dejun F., Meijuan C., Yunhao W. (2007 October). Research on crystallization metastable zone of ammonium dihydrogen phosphate. Inorganic Chemicals Industry. China.
7. Gargouri M., Chtara C., Sharrock P., Nzihou A., Hafed El Feki. (2012). Experimental study of the purification of an industrial fertilizer (mono-ammonium phosphate) to larger scale using an experimental design. International Journal of Materials Engineering.
8. Dissanayake C. B., Chandrjith R. (2009 September). Phosphate mineral fertilizers, trace metals and human health. Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka.
9. Nielsson F. T. Manual of fertilizer processing; fertilizer science and technology series – volume 5.
10. Macionis J. 2017 m. Baigiamasis bakalauro projektas. Amonio fosfatų gamybos technologija. Kaunas.
11. Rane C. V., Ganguli A. A., Kalekudithi E., Patil R. N. Joshi J. B. Ramkrishna D. (2017 December). CFD simulation and comparison of industrial crystallizers. The Canadian Journal of Chemical engineering. Volume 92.
12. Interaktyvus: Chem process systems; prieiga per internetą:
<http://www.chemprosys.com/products/crystallizer/adiabatic-vacuum/> [Žiūrėta: 2019-04-03]
13. Nakamoto K. (1986). Infrared and Raman Spectra of inorganic and coordination compounds, 4th ed. New York.
14. Šiaučiūnas R., Baltakys K., Baltušnikas A. (2007). Silikatinių medžiagų instrumentinė analizė.
15. Кочетков В. Н. Фосфорсодержащие удобрения. Справочник. 1982. 400 с. Москва
16. Interaktyvus: Echemi, phosphoric acid price analyzer; Fosforo rūgšties kaina, prieiga per internetą: <https://www.echemi.com/productsInformation/pd20150901061-phosphoric-acid.html> [Žiūrėta 2019-04-22]
17. Interaktyvus: Alibaba, high purity anhydrous ammonia. Prieiga per internetą: https://www.alibaba.com/product-detail/High-purity-99-999-99-99999_60733065554.html?spm=a2700.7724857.normalList.36.57e06b6cASa4f1 [Žiūrėta 2019-04-22]
18. Europos saugos ir sveikatos darbe agentūra. CLP – cheminių medžiagų ir mišinių klasifikavimas, ženklavimas ir pakavimas. Prieiga per internetą: <https://osha.europa.eu/lt/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures> [Žiūrėta: 2019-06-05]
19. Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymas. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.244674>

20. Įsakymas dėl sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių patvirtinimo. Prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.240497> [Žiūrėta 2019-04-08]
21. Profesinės rizikos vertinimo bendrieji nuostatai. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.435935?jfwid=nz8qn89rm> [Žiūrėta 2019-04-29]
22. Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.215253?jfwid=j1u6bxt4x> [Žiūrėta 2019-04-29]
23. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.368840> [Žiūrėta 2019-04-29]
24. Lietuvos higienos norma HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai.“ Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880?jfwid=fhhu5mggf> [Žiūrėta 2019-04-23]
25. Lietuvos higienos norma HN 98:2014 „Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai.“ Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/6377be60d58711e3b272e0e81c552d38> [Žiūrėta 2019-04-23]
26. Lietuvos higienos norma HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai" prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920> [Žiūrėta 2019-04-24]
27. Amoniako saugos duomenų lapas. Prieiga per internetą: [http://www.achema.lt/uploads/files/03_21/Amoniakas%20SDL%20LT%202017%20\(1\).pdf](http://www.achema.lt/uploads/files/03_21/Amoniakas%20SDL%20LT%202017%20(1).pdf) [Žiūrėta 2019-04-24]
28. Fosforo rūgštis 75 %, extra pure, saugos duomenų lapas. Prieiga per internetą: https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/2/SDB_2614_LT_LT.pdf [Žiūrėta 2019-04-24]
29. Nekoncentruota azoto rūgštis, saugos duomenų lapas. Prieiga per internetą: http://www.achema.lt/uploads/files/03_20/Azoto%20r.%20SDL%20LT%202017.01.12.pdf [žiūrėta 2019-04-24]
30. Amonio dihidrofosfatas, saugos duomenų lapas. Prieiga per internetą: http://www.rapsai.lt/uploads/documents/26296_msdms_map_kingisepp_lt.pdf [Žiūrėta 2019-04-24]
31. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr> [Žiūrėta 2019-04-29]
32. Bendrosios priešgaisrinės saugos taisyklės. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.250714/RSNPTbhfXL> [Žiūrėta 2019-04-29]

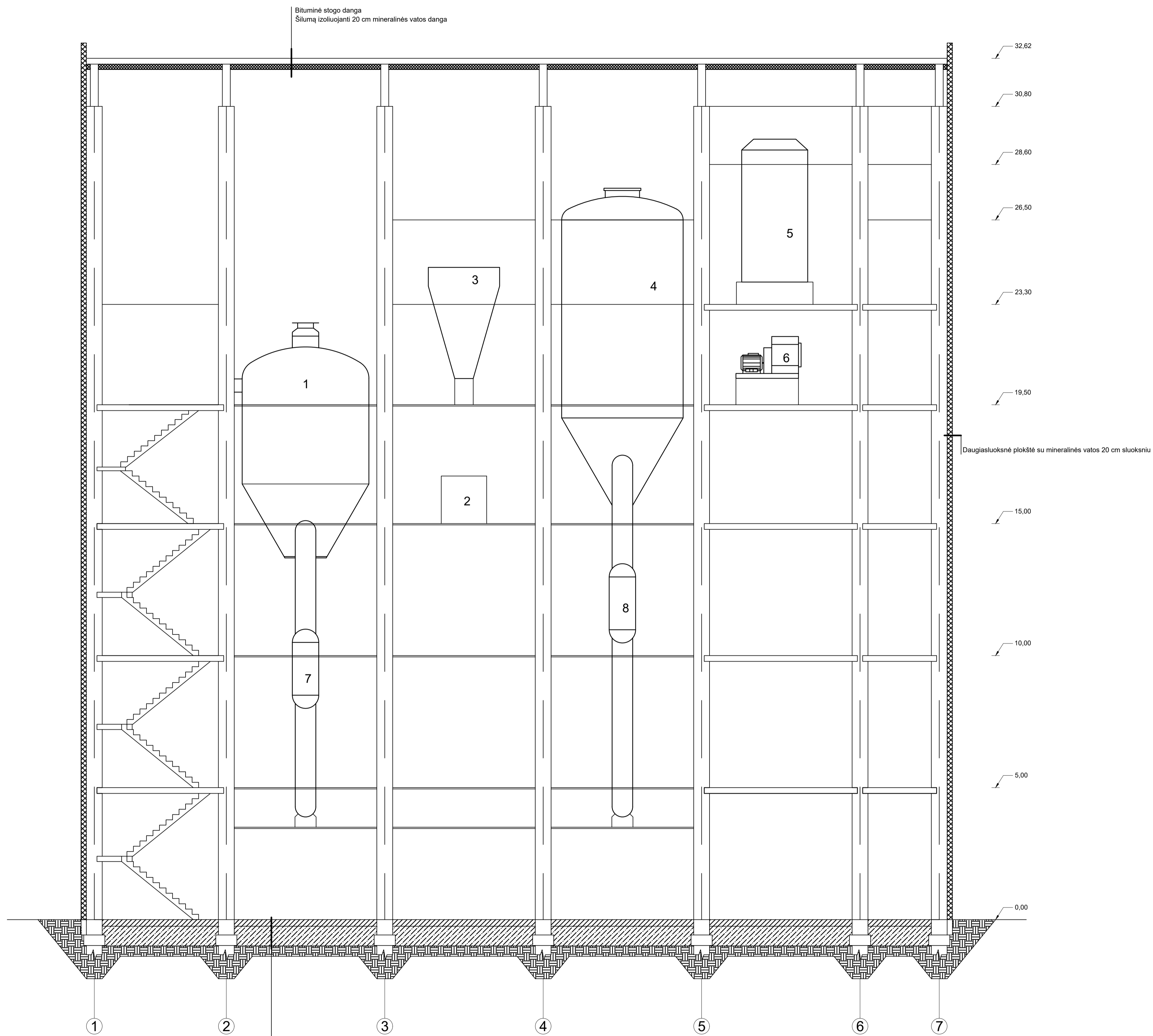
Priedai

- 1 priedas. MAP gamybos cecho generalinis sklypo planas.**
- 2 priedas. MAP gamybos cecho penkto aukšto planas.**
- 3 priedas. MAP gamybos cecho pjūvis A-A.**
- 4 priedas. MAP gamybos cecho pjūvis B-B.**
- 5 priedas. MAP gamybos technologinė schema.**



Eil. Nr.	Pavadinimas		Kiekis
1	Dekanteris		1
2	Dekanteris		1
3	Ciklonas		1
4	Centrifuga		1
5	Reaktorius		1
6	Kristalizatorius		1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-7	Konsultantė	O.Viliūnienė	MAP gamybos cecho penkto aukšto planas	
	Studentas	J.Macionis		
	Vadovė	R.Paleckienė		
	Recenzentas	A.Jaskūnas		
Pr. etapas	Fizininės ir neorganinės chemijos katedra		2019 - MBD	
SD	LT- 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Lapas	Lapų
			2	5



Bituminė stogo danga
Šilumą izoliuojanti 20 cm mineralinės vatos danga

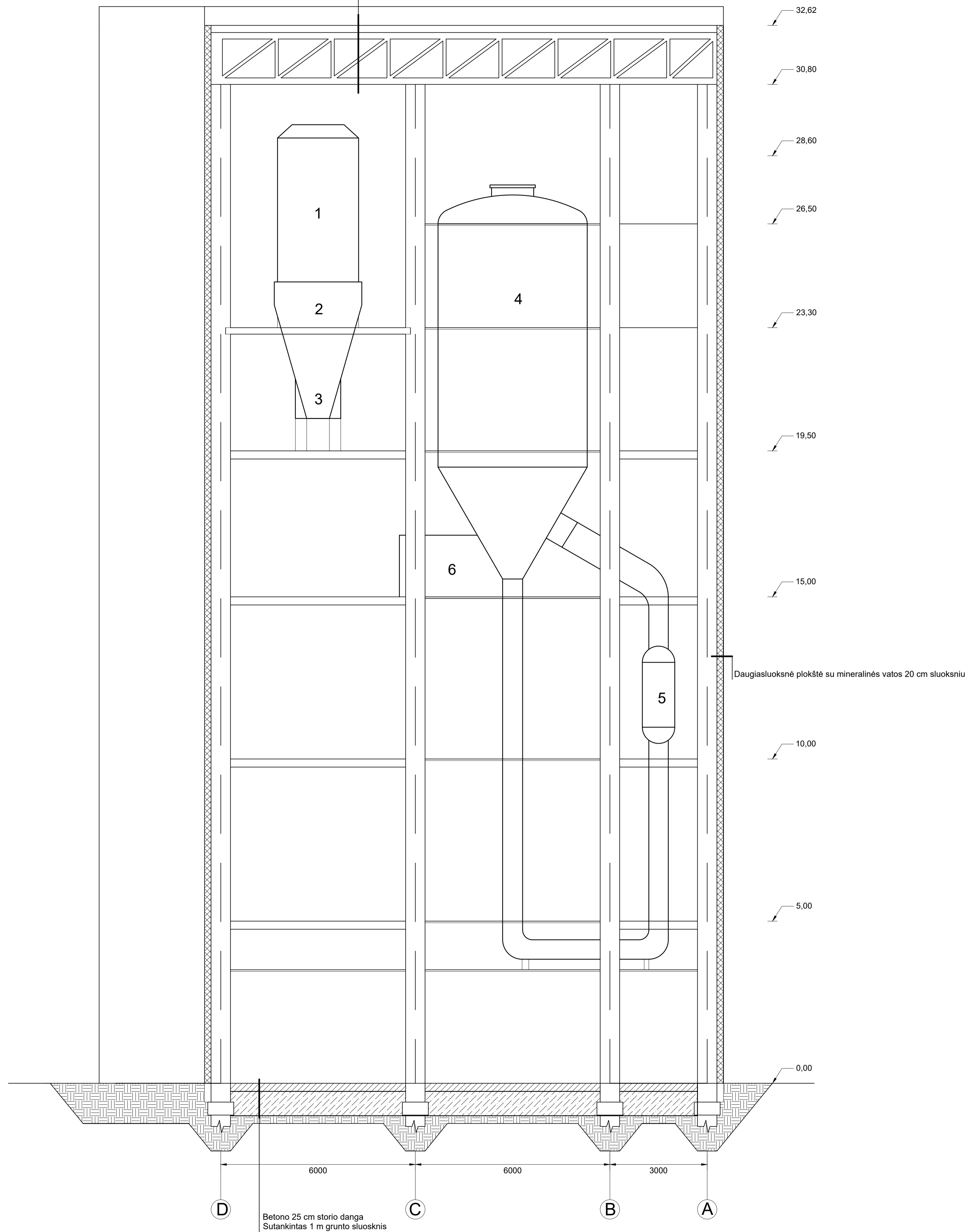
32.62
30.80
28.60
26.50
23.30
19.50
15.00
10.00
5.00
0.00

Daugiasluoksnė plokštė su mineralinės vatos 20 cm sluoksniu

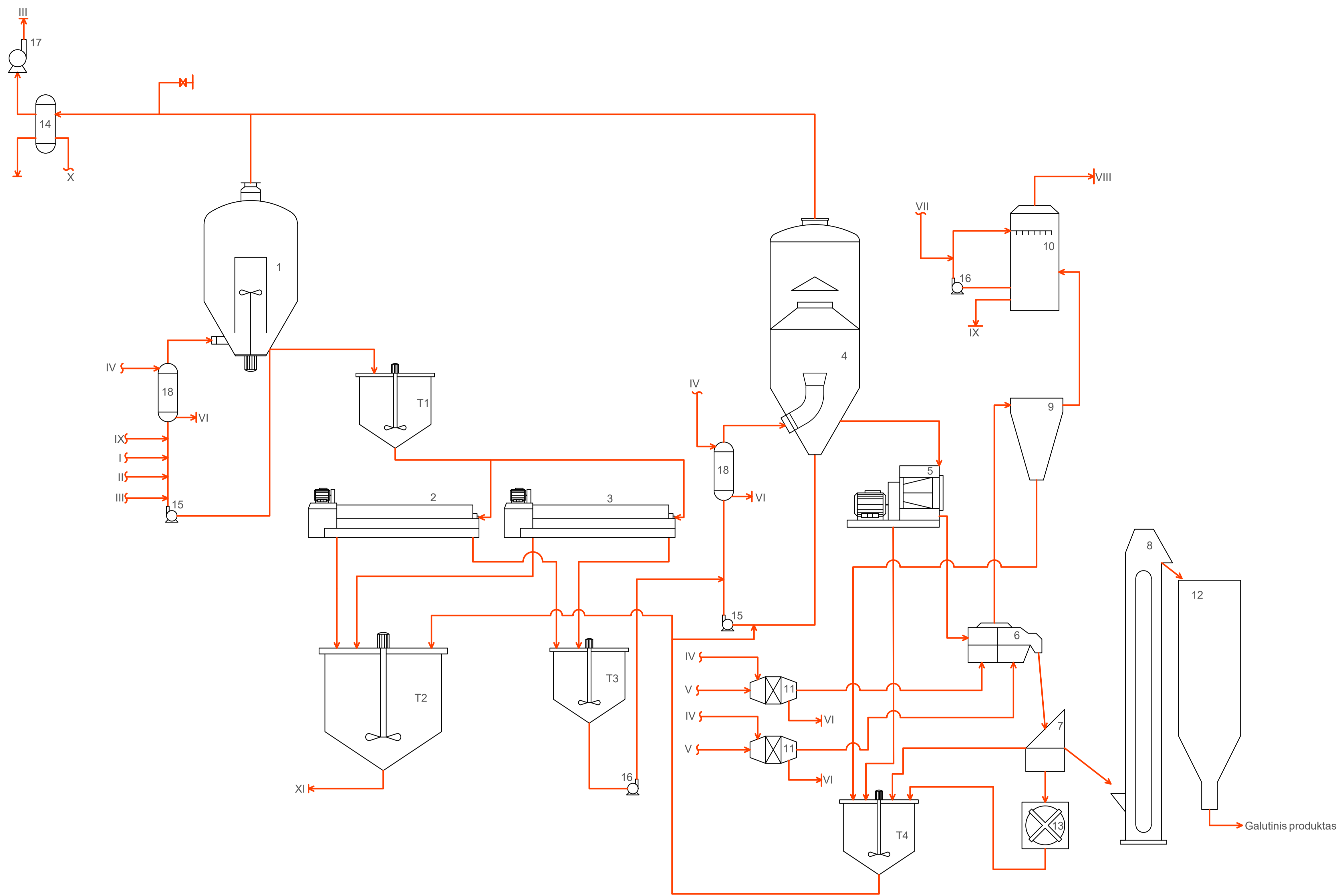
Betono 25 cm storio danga
Sulankintas 1 m grunto sluoksnis

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas		
1	Reaktorius		
2	Džiovykla		
3	Ciklonas		
4	Kristalizatorius		
5	Skruberis		
6	Centrifuga		
7	Šilumokaitis		
8	Šilumokaitis		
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 7	Recenzentas: Andrius Jaskūnas		
	Studentas: Justinas Macionis		
	Vadovė: Rasa Paleckienė		
	Konsultantė: Odeta Vilioniene		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		
SD	Radvilėnų pl. 19, korp. C, Kaunas		
		MAP gamybos cecho pjūvis B-B	Laida
			Lapai Lapų
			3 5

Bituminė stogo danga
 Šilumą izoliuojanti 20 cm mineralinės vatos danga
 Geležbetoninės konstrukcijos



Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	
1	Skruberis	
2	Ciklonas	
3	Centrifuga	
4	Kristalizatorius	
5	Šilumokaitis	
6	Džiovykla	
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
TMC - 7	Recenzentas Andrius Jaskūnas	MAP gamybos cecho pjūvis A-A
	Studentas Justinas Macionis	
	Vadovė Rasa Paleckienė	
	Konsultantė Odeta Viliūnienė	
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19, korp. C, Kaunas	LAPAS LAPŪ
SD		4 5



Eil. Nr.	Pavadinimas	
I	Amoniakas	
II	Fosforo rūgštis	
III	Proceso kondensatas	
IV	Garas	
V	Oras	
VI	Garų kondensatas	
VII	Nudruskintas vanduo	
VIII	Technologinis išmetimas į atmosferą	
IX	Panaudotas nudruskintas vanduo į reaktorių	
X	Apytakinis vanduo kondensatoriaus aušinimui	
XI	Atskirtos priemaišos į perdirbimą	
Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Reaktorius	1
2	Dekanteris	3
3	Dekanteris	1
4	Kristalizatorius	1
5	Centrifuga	1
6	Džiovykla	1
7	Sietai	1
8	Elevatorius	1
9	Ciklonas	1
10	Skruberis	1
11	Kaloriferis	2
12	Produkto saugojimo bunkeris	1
13	Malūnas	1
14	Kondensatorius	1
15	Cirkuliaciniai siurbliai	2
16	Siurblys	2
17	Vakuuminis siurblys	1
18	Šilumokaitis	2
19	T1 - T4 tarpinės talpos	4

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC-7		MAP gamybos technologinė schema	Laida
Studentas	J. Macionis		
Vadovė	R. Paleckienė		Mastelis
Recenzentas	A. Jaskūnas		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra	2019 - MBD	Lapas Lapų
SD	LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		5 5