



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Priedo portlandcemenčiui iš degto kaolino ir opokos gamyba

Baigiamasis magistro projektas

Žilvinas Karsokas

Projekto autorius

Doc. dr. Irmantas Barauskas

Vadovas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Priedo portlandcemenčiui iš degto kaolino ir opokos gamyba

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Žilvinas Karsokas

Projekto autorius

Doc. dr. Irmantas Barauskas

Vadovas

Prof. dr. Rimvydas Kaminskas

Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Žilvinas Karsokas

Priedo portlandcemenčiui iš degto kaolino ir opokos gamyba

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Žilvinas Karsokas

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. dr. K. Baltakys

Dekano potvarkis Nr. Nr. V25-02-10
2022 gegužės 16 d.

Suderinta:
Silikatų technologijos katedra
Katedros vedėjas
Prof. dr. R. Šiaučiūnas
2022 vasario 16 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema Priedo portlandcemenčiui gamyba išdegto kaolinito ir opokos

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – suprojektuoti 100 tūkst. t/metus našumo cechą skirtą gaminti portlandcemenčio priedą iš opokos ir degto kaolino

Darbo uždaviniai:

- nustatyti priedo iš opokos ir degto kaolino įtaką portlandcemenčio hidratacijai ir kietėjimui;
- suprojektuoti 100 tūkst. t/metus našumo portlandcemenčio priedo gamybos cechą;
- atlikti portlandcemenčio priedo gamybos statybinius, technologinius ir finansinius-ekonominius skaičiavimus;
- atlikti projekto aplinkosauginį bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanu 2021 m. vasario 24 d. potvarkiu Nr. V25-02-03 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovas

Doc. Irmantas Barauskas

2022-02-16

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Žilvinas Karsokas

(studento vardas, pavardė)

2022-02-16

(parašas, data)

Karsokas Žilvinas. Priedo portlandcemenčiui gamyba iš degto kaolino ir opokos. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. Irmantas Barauskas; Kauno technologijos universitetas, Chemnės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: opoka, kaolinitas, portlandcementis

Kaunas, 2022. 78 p.

Santrauka

Šio magistro baigiamojo darbo tikslas suprojektuoti priedo portlandcemenčiui iš opokos ir degto kaolino gamybos cechą, kurio gamybos našumas yra 100 tūkstančių tonų per metus. Darbe naudojamos pagrindinės žaliavos yra opoka, kuri gaunama iš Stoniškių karjero ir kaolinas, kuris importuojamas iš Čekijos respublikos. Žaliavos darbui pasirinktos, siekiant iširti dar netirtas medžiagas mišiniuose su portlandcemenčiu.

Pirmojoje tiriamojo darbo dalyje buvo nustatytas priedų sudarytų iš opokos ir išdegto 600 °C kaolino (metakaolino), sumaišytų skirtingais kiekiais, pucolaninis aktyvumas. Toliau atlikti, hidratuotų cemento bandinių po 2, 7, 28 parų, stiprio gniuždant bandymai, Rezultatų palyginimui buvo naudojami gryno portlandcemenčio bandiniai.

Antroje tiriamojo darbo dalyje buvo atliktas hidratuotų cemento bandinių su priedais, RSDA ir VTA tyrimas. RSDA tyrimo metu buvo nustatyti junginiai, sudarantys tiriamus bandinius, o VTA tyrimo metu buvo palygintas susidariusių naujadarų (kalcio hidrosilikatų) kiekis, bei išanalizuota pucolaninės reakcijos eiga. Iš tyrimo rezultatų nustatyta, kad geriausias savybes portlandcemenčiui suteikia priedas, kurio sudėtis 70 % opokos, 30 % degto kaolino.

Inžinerinėje dalyje parenkamas gamybos būdas, aprašoma suprojektuota technologinė linija, parenkami gamybai reikalingi įrenginiai bei apskaičiuojami jų parametrai. Apskaičiuojamas reikiamas žaliavų kiekis gamybos apimčiai pasiekti, įvertinus gamybos nuostolius kiekviename gamybos etape.

Baigiamajame darbe atliktas aplinkosauginis vertinimas, apžvelgta darbuotojų sauga ir sveikata, atlikti ekonominiai finansiniai skaičiavimai bei apibūdinama statybinė projekto dalis. Grafinėje dalyje pateikiamas gamybinių statinių teritorijos planas, patalpų bei įrenginių išdėstymas, principinė technologinė schema, dalies technologinės linijos skersinis ir išilginis pjūvis.

Karsokas Žilvinas. Production of additive for Portland cement from calcinated kaolin and opoka
Master's Final Degree Project / supervisor doc. Irmantas Barauskas; Faculty of Chemical technology,
Kaunas University of Technology.

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

Keywords: opoka, kaolinite, Portland cement

Kaunas, 2022. m 78 p.

Summary

The aim of this master's thesis is to design a workshop for the production of an additive for Portland cement, from opoka and calcinated kaolin with a production capacity of 100 thousand tons per year. The main raw materials used in the production of the additive are opoka, which is obtained from Stoniškės quarry and kaolin, which is imported from the Czech Republic. The raw materials used in this master's thesis were selected to investigate, as of yet, untested substances in mixtures with Portland cement.

During the first research stage, the pozzolanic activity of additives consisting of opoka and kaolin calcinated at 600 °C (metakaolin), mixed at different amounts was determined. Compressive strength tests were performed on hydrated cement samples after 2, 7, 28 days. To compare compressive strength results, samples of pure Portland cement were used.

During the second research stage, hydrated cement samples were analyzed using X-ray diffraction and simultaneous thermal analysis. During the X-ray diffraction analysis the compounds forming the test samples were determined. During the simultaneous thermal analysis the amount of formed calcium hydrosilicate crystals was compared between separate additives and the course of the pozzolanic reaction was analyzed. The results of the research stage show that the best properties of Portland cement are provided by an additive containing 70 % opoka and 30 % calcinated kaolin.

In the engineering stage the production method of the selected additive is selected, the designed technological line is described, the equipment required for production is selected and their parameters are calculated. The amount of raw materials needed to reach the production quota of 100 thousand tons is calculated by estimating the production losses at each stage of production.

In the final stage, an environmental assessment is performed on the workshop, the safety and health of employees is reviewed, economic and financial calculations are done and the construction part of the project is described. The graphic part presents the plan of the territory of the workshop buildings, the layout of the premises and equipment, the principal technological plan and the cross section of the workshop layout with equipment.

Turinys

Lentelių sąrašas.....	9
Paveikslų sąrašas.....	11
Santrumpų ir terminų sąrašas.....	12
Įvadas	13
1. Literatūros apžvalga	14
1.1. Cementas	14
1.2. Papildomosios cementinės medžiagos	15
1.3. Uolienos naudojamos cemento gamybai	16
1.3.1. Opoka	17
1.3.2. Kaolinitas	18
1.3.3. Termiškai apdorotas kaolinitas	18
2. Tiriamoji dalis	20
2.1. Tiriamojo darbo metodika ir naudotos žaliavos.....	20
2.1.1. Darbe naudotos medžiagos ir jų savybės.....	20
2.2. Tiriamojo darbo metodika	22
2.3. Tyrimų rezultatai ir jų analizė.....	25
2.3.1. Priedų pucolaninis aktyvumo įvertinimas	25
2.4. Priedo įtaka portlandcemenčio hidratacijai	26
3. Inžinerinė dalis	35
3.1. Technologiniai sprendimai	35
3.1.1. Žaliavų ir produkto charakteristikos bei reikalavimai.....	35
3.1.2. Gamybos būdas bei vieta	35
3.1.3. Technologinė schema	36
3.1.4. Priedo Portlandcemenčiui gamybos technologinio proceso aprašymas.....	37
3.2. Gamybos apimtys ir žaliavų balanso skaičiavimai	38
3.2.1. Gamybos nuostolių skaičiavimas	39
3.3. Gamybai reikalingi įrenginiai ir jų skaičiavimai	41
3.3.1. Kaušinis elevatorius	41
3.3.2. Bunkerių skaičiavimai	42
3.3.3. Sandėliavimo aruodas.....	43
3.3.4. Valcinis trupintuvas.....	44
3.3.5. Būgninė džiovykla.....	44
3.3.6. Rutulinis malūnas	45
3.3.7. Sukamoji krosnis	45
3.4. Statybiniai sprendimai	45
3.4.1. Bendri duomenys	45
3.4.2. Sklypo planas	46
3.4.3. Projektuojamo pastato sprendimai	46
3.4.4. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara.....	46
3.4.5. Darbuotojų higienos sprendimai	47
3.5. Aplinkosauginis vertinimas	47
3.5.1. Naudojamų žaliavų ir gamybos cecho duomenys.....	47
3.5.2. Fizikinė tarša.....	48
3.5.3. Atliekų tvarkymas	48

3.5.4. Nuotekų teršalų balansas	49
3.5.5. Oro tarša	49
3.5.6. Aplinkosauginio vertinimo išvados.....	51
3.6. Ekonominiai sprendimai.....	51
3.6.1. Projektavimo ir diegimo aplinkos analizė	51
3.6.2. Ilgalaiškės turto vertės skaičiavimai	51
3.6.3. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai.....	53
3.6.4. Trumpalaikio turto vertė.....	53
3.6.5. Produkcijos gamybos apimtys	54
3.6.6. Gamybos kaštai.....	54
3.6.7. Veiklos kaštų skaičiavimas.....	61
3.6.8. Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos.....	61
3.6.9. Gaminių kainos apskaičiavimas.....	61
3.6.10. Projekto grynujų pinigų srautų ir pelno apskaičiavimas	62
3.6.11. Investicijų atsipirkimo skaičiavimai.....	63
3.6.12. Finansinių skaičiavimų išvados	65
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	66
4.1. Projekto charakteristikos	66
4.2. Profesinės rizikos vertinimas	66
4.3. Saugi gamyba.....	69
4.4. Darbo higiena.....	69
4.5. Gaisrinė sauga.....	71
4.6. Žaibolaidžio parinkimas	73
Išvados.....	75
Literatūros sąrašas.....	76

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Pagrindiniai baigiamojo projekto stiliai ir jų aprašymai	20
2 lentelė. Portlandcemenčio cheminė sudėtis	20
3 lentelė. Stoniškių karjero opokos cheminė sudėtis	20
4 lentelė. Kaolino mineralinė sudėtis	21
5 lentelė. Kaolino cheminė sudėtis	21
6 lentelė. Priedų sudėtis	22
7 lentelė. Pucolaninio aktyvumo nustatymas	25
8 lentelė. Rišamosios medžiagos ir vandens santykis normaliai tirštai cemento tešlai paruošti	26
9 lentelė. Duomenys skaičiavimams	38
10 lentelė. Cecho darbo režimas	38
11 lentelė. Priedo portlandcemenčiui sandėlio medžiagų balansas	39
12 lentelė. Kaolino degimo medžiagų balansas	39
13 lentelė. Opokos džiovavimo medžiagų balansas	40
14 lentelė. Žaliavų balansas	40
15 lentelė. Valcinio trupintuvo specifikacija	44
16 lentelė. Būgninės džiovytės specifikacija	44
17 lentelė. Rutulinio malūno specifikacija	45
18 lentelė. Sukamosios krosnies specifikacija	45
19 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	46
20 lentelė. sunaudojamų žaliavų ir produkto gamybos kiekiai	47
21 lentelė. Fizikinės taršos analizė	48
22 lentelė. Atliekos, jų kiekiai ir tvarkymo būdai	49
23 lentelė. Nuotekų teršalų balansas	49
24 lentelė. Taršos šaltinių duomenys	50
25 lentelė. Tarša į aplinkos orą	50
26 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai	50
27 lentelė. Technologinių įrengimų vertė	52
28 lentelė. Orientacine projektuojamų pastatų kaina	52
29 lentelė. Ilgalaikio turto vertė	53
30 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai	53
31 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis	54
32 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas	54
33 lentelė. Pagrindinių medžiagų poreikio ir išlaidų planas	55
34 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	56
35 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai (variklių darbui)	57
36 lentelė. Tiesioginės išlaidos šilumos energijai	57
37 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	57
38 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	58
39 lentelė. Netiesioginės išlaidos patalpų šildymui	58
40 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui	58
41 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)	59
42 lentelė. Netiesioginių gamybos kaštų išlaidų sąmata	59
43 lentelė. Gamybos kaštai	60
44 lentelė. Veiklos sąnaudos	61

45 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas.....	61
46 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas.....	61
47 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas.....	62
48 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, Eur.....	62
49 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita.....	63
50 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynujų pinigų srautai (GPS).....	64
51 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai.....	64
52 lentelė. Lūžio taško skaičiavimai.....	64
53 lentelė. Projekto balansas.....	65
54 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekio dydis.....	67
55 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai.....	68
56 lentelė. Patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų.....	68
57 lentelė. Gamybos cecho patalpų šiluminės aplinkos norminės vertės.....	70
58 lentelė. Apšvietimo vertės patalpų viduje.....	71
59 lentelė. Gamybos ceche esančių cheminių medžiagų vertės.....	71
60 lentelė. Gaisro klasės ir jų gesinimo priemonės.....	72

Paveikslų sąrašas

1 pav. Kaolino rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė.....	21
2 pav. Kaolino vienalaikės terminės analizės kreivės.....	22
3 pav. Priedo mišinių pucolaninis aktyvumas.....	25
4 pav. 2, 7 ir 28 parų hidratuoto cemento bandinių stipris gniuždant.....	26
5 pav. Cemento bandinių sumaišytų su 1, 2, 3 ir 4 priedu hidratacijos po 2 dienų RSDA analizių kreivės: 1 – 1 priedas, 2 – 2 priedas, 3 – 3 priedas, 4 – 4 priedas. Žymenys: C – kalcitas (CaCO_3); M – magnio oksidas (MgO); Q – kvarcas (SiO_2); E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); P – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); K – monokarboaliuminatas ($\text{CH}_2\text{2Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_2\text{0}$).....	28
6 pav. Cemento bandinių sumaišytų su 1, 2, 3 ir 4 priedu hidratacijos po 7 dienų RSDA analizių kreivės: 1 – 1 priedas, 2 – 2 priedas, 3 – 3 priedas, 4 – 4 priedas. Žymenys: C – kalcitas (CaCO_3); M – magnio oksidas (MgO); Q – kvarcas (SiO_2); E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); P – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); K – monokarboaliuminatas ($\text{CH}_2\text{2Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_2\text{0}$).....	29
7 pav. Cemento bandinių sumaišytų su 1, 2, 3 ir 4 priedu hidratacijos po 28 dienų RSDA analizių kreivės: 1 – 1 priedas, 2 – 2 priedas, 3 – 3 priedas, 4 – 4 priedas. Žymenys: C – kalcitas (CaCO_3); M – magnio oksidas (MgO); Q – kvarcas (SiO_2); E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); P – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); K – monokarboaliuminatas ($\text{CH}_2\text{2Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_2\text{0}$).....	30
8 pav. Cemento bandinių hidratuotų 7 paras, DSK analizių kreivės.....	31
9 pav. Cemento bandinių hidratuotų 28 paras, DSK analizių kreivės.....	32
10 pav. Cemento bandinių masės nuostolių kitimas 90-200 °C temperatūros intervale.....	32
11 pav. Cemento bandinių masės nuostolių kitimas 440-480 °C temperatūros intervale.....	33
12 pav. Cemento bandinių masės nuostolių kitimas 600-780 °C temperatūros intervale.....	33
13 pav. Principinė gamybos technologinė schema.....	36
14 pav. Lūžio taškas.....	65
15 pav. Vertikalaus strypo žaibo ėmiklio apsaugos zona: A – žaibo ėmiklio viršūnė; B – atskaitos plokštuma; OC – apsaugos zonos spindulys; h_1 – žaibo ėmiklio strypo aukštis virš apsaugos zonos atskaitos plokštumos; a – apsauginis kampas.....	73
16 pav. Dviejų strypų žaibo ėmiklių apsaugos zona: A – žaibo ėmiklio viršūnė; B – atskaitos plokštuma; OC – apsaugos zonos spindulys; h_1 – žaibo ėmiklio strypo aukštis virš apsaugos zonos atskaitos plokštumos; a – apsauginis kampas.....	73
17 pav. Dviejų strypų žaibo ėmiklių apsaugos.....	74

Santrumpų ir terminų sąrašas

RSDA – rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė

VTA – vienalaikė terminė analizė

DSK – Diferencinė skenuojamoji kalorimetrija

TGA – termogravimetrinė analizė

V/C – vandens ir cemento santykis

CEM I – portlandcementis be priedų

SAZ – sanitarinės apsaugos zona

PCM – Papildomosios cementinės medžiagos

Įvadas

Sparčiai plėtojantis ekonomikai ir didėjant gyventojų skaičiui bei gerėjant gyvenimo kokybei, daugelis pasaulio šalių išgyvena problemas, susijusias su greita urbanizacija, gamtinių išteklių panaudojimu ir jų trūkumu. Statybos sektorius, kaip pagrindinis sektorius, tenkinantis būstų, viešosios bei komercinės paskirties pastatų poreikius, yra didžiausias cemento bei cemento pagrindu gaminamų medžiagų vartotojas. Iš visų pasaulyje išgaunamų iškasenų, trečdalis yra sunaudojama cementui ar medžiagoms su juo gaminti. Tačiau cemento pramonė sunaudoja ypač daug energijos išteklių ir yra atsakinga už 5–7 % viso pasaulio CO₂ teršalų. Šiuo metu, cemento ir jo pagrindu gaminamų medžiagų poreikis pasaulyje auga didžiuliais tempais. Siekiant sumažinti cemento pramonės sukuriamą aplinkos taršą ir cemento savikainą yra atliekami įvairiausi tyrimai ieškant pakaitalo cemento klinkeriui.

Vienos iš medžiagų, galinčios iš dalies pakeisti cemento klinkerį yra „papildomosios cementinės medžiagos“ (PCM). Lietuvoje randama opoka – natūrali uoliena, kurioje vyrauja amorfinis (opalinis) SiO₂, pasižymintis aktyviomis hidraulinėmis savybėmis. Taip pat prie opokos pridedamas degtas kaolinas (metakaolinas) cemento savybėms pagerinti. Kaolinitas – vyraujantis kaolinitinių molių mineralas, priklausantis nuosėdinių uolienu grupėi, susidaręs dūlant ir išsiplaunant pašaliniais jonams iš įvairių feldšpatinių bei granitinių uolienu.

Šiame darbe bus tiriama galimybė panaudoti opokos bei degto kaolino mišinį, kaip pucolaninį priedą portlandcemenčiui, kartu suprojektuojant gamybos cechą šiam priedui gaminti.

Darbo tikslas – suprojektuoti 100 tūkst. t/metus našumo cechą skirtą gaminti portlandcemenčio priedą iš opokos ir degto kaolino.

Darbo uždaviniai:

1. nustatyti priedo iš opokos ir degto kaolino įtaką portlandcemenčio hidratacijai ir kietėjimui;
2. suprojektuoti 100 tūkst. t/metus našumo portlandcemenčio priedo gamybos cechą;
3. atlikti portlandcemenčio priedo gamybos statybinius, technologinius ir finansinius-ekonominius skaičiavimus;
4. atlikti projekto aplinkosauginį bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą

1. Literatūros apžvalga

1.1. Cementas

Cementas – populiariausioji Žemėje hidraulinė rišamoji medžiaga naudojama statybos pramonėje, kuri savaime rišasi, kietėja ir gali surišti smulkius bei stambius užpildus (įvairaus dydžio smėlius ir žvyrus) į dirbtinį akmenį. Cementas yra gaunamas portlandcemenčio klinkerį sumaišant su įvairiais priedais, kurie keičia cemento chemines bei mechanines savybes. Vienas iš dažniausiai naudojamų cementų statybos sektoriuje yra portlandcementis (CEM I), gaunamas portlandcemenčio klinkerį smulkiai sumalus ir sumaišius su gipso priedu (iki 5 %). Pramonėje portlandcemenčio klinkeris yra gaunamas degant iki sukepimo reikiamu tikslumu sudozuotą vienalytį žaliavų mišinį į sukamąją krosnį [1]. Portlandcemenčio žaliavos įkrova dažniausiai būna sudaryta iš kalcio karbonatinių ir aliumosilikatinių uolienuų bei įvairių papildomų priedų, skirtų padidinti kurio nors trūkstamo oksido kiekį. Žaliavų mišinio medžiagos paprastai yra išreiškiamos oksidais. Pagrindiniai oksidai sudarantys portlandcemenčio klinkerį yra 63–66 % CaO, 21–24 % SiO₂, 4–8 % Al₂O₃, 2–4 % Fe₂O₃, be šių oksidų, cemente taip pat yra įvairus kiekis kitų oksidų, kaip SO₃, MgO, Cr₂O₃, P₂O₅ ir kt., kurie įvairiai sąlygoja portlandcemenčio klinkerio ir kartu cemento savybes. Prieš įkrovos degimą sukamojoje krosnyje, žaliavų mišinys, miltelių, šlamo ar tešlos pavidalu, yra gerai susmulkinamas ir sumaišomas (homogenizuojamas), tai atliekama siekiant gauti geriausios kokybės klinkerį.

Klinkerio degimo metu, lengvai lydūs mineralai esantys įkrovoje sudaro šiuos didelio baziškumo kalcio silikatus – dikalcio silikatas (C₂S), trikalčio silikatas (C₃S), trikalčio aluminatas (C₃A) ir braunmileritas (C₄AF). Portlandcemenčio klinkeryje, kalcio silikatų (C₂S ir C₃S) kiekis privalo būti ne mažesnis, kaip 66 %, kitą klinkerio dalį sudaro aliuminio ir geležies turintys mineralai bei priemaišos. Klinkerio sudėtyje CaO/SiO₂ masių santykis negali būti mažesnis kaip 2,0, o magnio oksido MgO kiekis negali būti didesnis 5,0 % nuo bendros masės.

Pagal Europos standartą „EN 197-1:2011: Composition, specifications and conformity criteria for common cements“ (Sudėtis, specifikacijos ir keliami atitikties kriterijai įprastiems cementams) [2], cementai yra skirstomi į 27 įprastus, 7 sulfatams atsparius, 3 mažo ankstyvo stiprumo šlakinius cementus ir 2 sulfatams atsparius mažo ankstyvojo stiprumo šlakinius cementus.

Įprasti cementai pagal EN 197-1:2011 standartą yra išskiriami į 5 pagrindinius tipus:

- CEM I – portlandcementis, kuriame į klinkerį įmaišoma iki 5 % priedo;
- CEM II – sudėtinis portlandcementis, kuriame klinkerio kiekis svyruoja nuo 94–65 % . Šiame cemente, kaip priedai gali būti pelenai, mikrodulkės, aukštakrosnių šlakas, pucolanai, klintis arba jo mišiniai ir degtas skalūnas;
- CEM III – šlakinis cementas, kuriame klinkerio kiekis svyruoja nuo 64–5 %, o aukštakrosnių šlako nuo 35–95 %;
- CEM IV – pucolaninis cementas, kuriame klinkerio kiekis svyruoja nuo 65–9 %, o pucolanų nuo 11–55 %;
- CEM V – sudėtinis cementas, kuriame klinkerio kiekis svyruoja nuo 64–20 %, o priedo, kuris gali būti sudarytas iš gamtinių ir degtų gamtinių pucolanų, bei silicinių pelenų, svyruoja nuo 18–49 %.

Cemento gamybos procesas yra vienas iš energetiškai imliausių procesų ir patenka į pramoninės veiklos metu išmetančių CO₂ šaltinių sąrašą, kur cemento pramonė atsakinga už 5–7 % viso pasaulio išmetamo CO₂ kiekio. Ši CO₂ emisija susidaro iš dviejų pagrindinių procesų:

- degant didelį kiekį iškastinio kuro, kuris sudaro apie 40 % viso išmetamo CO₂;
- CaCO₃ skilimo į CaO ir CO₂ proceso, nes klintis yra vienas pagrindinių įkrovos komponentų. Skilimo metu susidaręs CO₂ sudaro apie 60 % viso išmetamo CO₂.

Nuolat augant žmonijos poreikiams, cemento pagrindu pagamintų medžiagų paklausa pasaulyje ir toliau stabiliai augs, bet naudojant įprastas cemento gamybos technologijas reikš žymiai padidėjusią CO₂ emisiją, prisidedančią prie spartėjančios klimato kaitos. Klimato kaitai išvengti cemento pramonėje yra išskiriamos dvi pagrindinės kryptys, galinčios ne tik sumažinti CO₂ emisijas, bet ir cemento savikainą:

- didinti Portlandcemenčio klinkerio pakeitimo mažai CO₂ išskiriančiomis medžiagomis (papildomosiomis cementinėmis medžiagomis) kiekį;
- veiksmingiau naudoti portlandcemenčio klinkerį skiediniuose ir betonuose.

Šiuo metu viena iš sparčiausiai augančių risamųjų medžiagų tyrimo kryptių yra alternatyviųjų cementų kūrimas. Labai tikėtina, kad ateityje šie cementai pakeis portlandcemenčio klinkerį, bet šiuo metu šių cementų žaliavos yra brangesnės nei įprasto portlandcemenčio klinkerio [1]. Dabartinėje situacijoje populiari ir efektyvi CO₂ emisijos mažinimo strategija yra portlandcemenčio klinkerio pakeitimas kitomis medžiagomis. Praeityje šios medžiagos buvo vadinamos mineraliniais priedais, pucolaniniais priedais ir t. t., o pastaruosiu metu jos vadinamos apibendrintai – papildomosiomis cementinėmis medžiagomis (PCM).

1.2. Papildomosios cementinės medžiagos

Papildomosios cementinės medžiagos (PCM) – medžiagos galinčios pakeisti dalį portlandcemenčio klinkerio cimente. Papildomosios cementinės medžiagos savo sudėtyje turi didelius kiekius silicio (opoka, SiO₂ mikrodulkės), aliuminio (kaolinitiniai moliai, degtas kaolinas) ir pasyžymi dideliu pucolaniniu aktyvumu (išskyrus lauko špatus). Šios medžiagos yra skirstomos į dvi pagrindines grupes [1]:

- Natūralios (PCM) – medžiagos, kurios yra randamos natūraliai, vulkaniškai aktyviuose zonose (išskyrus klintį). Šios medžiagos skirstomos į vulkaninės kilmės (nepakitusios ir pakitusios piroklastinės medžiagos, stikliškoji pemza su pelenais, tufai) arba nuosėdinės kilmės (cheminės nuosėdinės uolienos, diatomitinė žemė, hidroterminis silicinis tufas, klastinės nuosėdinės uolienos, natūraliai apdegti moliai ir kitos uolienos).
- Dirbtinės (PCM) – didžioji dauguma dirbtinių papildomųjų cementinių medžiagų yra kitų pramonės šakų atliekos. Šios medžiagos skirstomos į šiuo metu cemento pramonėje naudojamas (aukštakrosnių šlakas, lakieji pelenai, SiO₂ mikrodulkės, organinių medžiagų pelenai, degtas molis) ir dar tiriamas (dugno pelenai, komunalinių atliekų pelenai, stiklo atliekos, naftos krekingo katalizatorių atliekos, kitų gamybų šlakai).

Iš papildomųjų cementinių medžiagų galima išskirti mineralinius priedus, dar kitaip vadinamus pucolanais arba hidrauliniiais priedais. tai medžiagos, turinčios savo sudėtyje didelį kiekį amorfinio SiO₂, kurio medžiagos sudėtyje yra daugiau kaip 50 %. Šios medžiagos sumaišytos su vandeniu savaiame nekietėja, bet sumaltos ir sumaišytos su Portlandcemenčio klinkeriu ir vandeniu, kambario temperatūroje reaguoja su išsiskiriančiu iš Portlandcemenčio klinkerio kalcio hidroksidu Ca(OH)₂

sudarydami stiprinančius cemento akmenį netirpius kalcio hidrosilikatus. Būtent šios medžiagos pagerina cemento akmens granulimetrinę sudėtį, stiprumą bei tankį.

Papildomosios cementinės medžiagos cemento yra naudojamos ne tik norint sutaupyti portlancemenčio klinkerį, bet ir pagerinti arba praplėsti, pakeisti cemento savybes. Naudojant tinkamus kiekius priedų, galima pagerinti cemento akmens ilgaamžiškumą, pagreitinti arba sulėtinti rišimosi trukmę, sumažinti arba padidinti vandens ir cemento (V/C) santykį, kuris tiesiogiai lemia cemento akmens poringumą ir atsparumą cheminiam irimui, pagerinti atsparumą šalčiui, sumažinti pralaidumą vandeniui ir daug daugiau. Šiuo metu cemento pramonėje Portlandcemenčio klinkerio yra pakeičiama iki 20 % nuo rišiklio masės. Tačiau ekologiniams rodikliams pagerinti yra atliekami įvairūs tyrimai, bandant pakeisti didesnę Portlandcemenčio klinkerio kiekį. Manoma, kad pasiekus 40 % Portlandcemenčio klinkerio pakeitimo (PCM) laipsnį, būtų galima išvengti iki 400 mln. tonų CO₂ išmetimo į aplinką per metus [1].

1.3. Uolienos naudojamos cemento gamybai

Cemento pramonėje yra naudojami ir tiriami įvairūs priedai, tiek natūralūs tiek dirbtiniai, kuriais siekiama sumažinti cemento kainą, išmetamo CO₂ kiekį, bei siekiama pagerinti cemento savybes. Dirbtiniai priedai yra ypač populiarūs dėl jų mažos kainos, nes dažniausiai jie yra kitų pramonės šakų atliekos. Šių atliekų yra ribotas kiekis, kurio neužtenka visai cemento pramonei. Išspręsti šią problemą, cemento pramonė, kartu su mokslo institutais pradėjo įvairius uolienų ir mineralų tyrimus. Tyrimais siekiama surasti geriausias kombinacijas tarp priedų ir cemento klinkerio. Kombinacijas, kurios užtikrintų gera cemento kokybę, žemus gamybos, žaliavų išgavimo bei paruošimo kaštus.

Uolienomis vadinamos mineralų agregatų, sudarytų iš vieno arba keleto mineralų, sankaupos užimančios didelę Žemės plutos dalį [3]. Žemėje egzistuoja daugiau nei 1000 uolienų rūšių, kurios susideda iš įvairių komponentų. Šis didelis uolienų skaičius sukelia nemenkas problemas siekiant išanalizuoti uolienas ir įvertinti, ar jos tinkamos cemento pramonėje. Uolienų atpažinimui supaprastinti, jos yra skirstomos pagal šiuos parametrus:

- mineralinę ir cheminę sudėtį – uolienose komponentų masės sudėtis procentais įvairiai svyruoja, todėl analizei paprastinti, uolienų komponentai yra priskiriami, kaip pagrindiniai arba antraeiliai. Pagrindiniai mineralai susidaro kartu su uolienos formavimusi ir išlieka beveik nepakitę, o antraeiliai susidaro po uolienos susiformavimo;
- struktūra – priklauso nuo uolienos sandaros, ją suformuoja mineralų kristalų dydis ir forma;
- slūgsojimo formą – erdvinę uolienų padėtis, forma ir tarpusavio santykis Žemės plutoje [4]
- genezę.

Pagal genezę uolienos yra skirstomos į šias grupes [3]:

- magminės uolienos – susidaro magmai vėstant ir kristalizuojantis Žemės gilumoje arba stingstant paviršiuje. Magminės uolienos yra sudarytos iš aukštatemperatūrių junginių, kurie skirstomi pagal mineralinę (ultramafitai, čarnokitoidai, karbonatitai ir kt.) ir cheminę sudėtis (bazinės, rūgštinės, vidutinės ir t. t.);
- nuosėdinės uolienos – susidaro iš uolienų irimo produktų ir organizmų liekanų. Šios uolienos tipiskai susidaro esant įprastai temperatūrai bei slėgiui, dažniausiai vandens aplinkoje (buvusiose jūrose, ežeruose);

- metamorfinės uolienos – susidaro dideliame gylyje iš pirminių nuosėdinių ir magminių uolienu dėl pakitusių aplinkos sąlygų (metamorfizmo), kaip temperatūra, slėgis, agresyvių dujų išsiskyrimas iš magmos ir t. t.

Uolienu išskirstymas pagal nurodytus kriterijus leidžia ne tik palengvinti uolienu analize, bet ir jų galimą ar negalimą pritaikymą, naudojimą cemento, ar kitose pramonės šakose

1.3.1. Opoka

Opoka – natūrali pucolaninė medžiaga, priklausanti nuosėdinių uolienu grupei, susidariusi vėlyvajame kreidos periode iš smulkių jūrų organizmų liekanų [5]. Opokos klodai yra randami giliuose geologiniuose sluoksniuose, Šiaurės jūroje, Lenkijoje, Lietuvoje ir Ukrainoje. Opokos telkiniai taip pat randami ir Rusijoje. Lengvai prieinami opokos telkiniai yra rasti pietryčių Lenkijoje bei pietvakarių Lietuvoje.

Vienintelis Lietuvoje opokos telkinys buvo išžvalgytas daugiau nei prieš 40 metų, pietvakarinėje Lietuvos dalyje, Šilutės rajone, prie Stoniškių. Stoniškių opokos telkinys susideda iš dviejų gretimų klotų, kurių opokos išteklius sudėjus kartu yra daugiau kaip 30 mln. tonų. Telkinių eksploatavimas buvo vykdomas iki 1994 metų, kai dėl bendro statybinių medžiagų poreikio nuosmukio eksploatavimas buvo sustabdytas ir telkiniai apleisti [5].

Opokos sudėtį daugiausia, sudaro amorfinis smėlis (5 %–62 %) ir smulkiai disperguotas CaCO_3 (25–48 %), šių sudedamųjų dalių kiekis priklauso nuo uolienos formavimosi periodo. Jei opokoje vyrauja didesnis kiekis CaCO_3 , ji gali būti vadinama karbonatinė opoka arba sunkiosios klasės opoka. Opokos tankis dėl cheminės sudėties svyruoja įvairiai, bet dažniausiai priimama, kaip 1340 kg/m^3 . Opokoje taip pat nedideliais kiekiais, randama magnio, kalio, natrio, mangano, fosforo, titano, aliuminio ir geležies oksidų ar druskų. Priklausomai nuo sudedamųjų dalių kiekių, opokos spalva gali kisti nuo šviesiai pilkos iki kreminės ar net baltos [6].

Praeityje opoka dėl savo gerų mechaninių savybių ir didelės šiluminės varžos buvo naudojama kelių ir pastatų statyboje, keramikoje ir cemente, taip pat dėl gerų absorbcinių savybių opoka buvo aktyviai naudojama vandens ir nuotekų procesuose, siekiant pašalinti fosforą, magnį ir geležį [6]. Cemente opoka naudojama, dėl savo aktyvių hidraulinių savybių. Smulkiai sutrinta opoka sumaišyta su cementu ir vandeniui, pradeda reaguoti su ištirpusiais kalcio hidroksidais išsiskiriančiais iš tirpstančio Portlandcemenčio klinkerio Ca(OH)_2 ir formuoja stiprumą suteikiančius netirpius kalcio hidrosilikatus ir kalcio hidroaluminatus [2]. Cemento gamyboje opokos priedo dedama 10–15 %, bet šiuo metu vykdomi įvairūs tyrimai siekiant padidinti priedo kiekius cemente, taip taupant portlandcemenčio klinkerį.

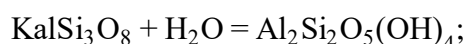
Vystantis technologijoms ir siekiant geresnių ekologinių rodiklių įvairiose pramonės srityse, opokos naudojimas ir vėl pradeda augti. Šiuo metu yra atliekami įvairūs tyrimai siekiant patobulinti esamus opokos panaudojimo būdus (nuotekų valyme, portlandcemytyje) bei rasti naujas opokos panaudojimo vietas:

- naujo tipo hibridinis mineralinis užpildas polimeriniams kompozitams [7];
- keraminių plytų gamyba iš opokos ir jai panašių medžiagų [13];
- 1.13 nm tobermorito sintezė iš karbonatinės opokos [14].

1.3.2. Kaolinitas

Kaolinitas ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – vyraujantis kaolinitinių molių mineralas, priklausantis nuosėdinių uolienu grupėi, susidaręs dūlant ir išsiplaunant pašaliniais jonams iš įvairių feldšpatinių bei granitinių uolienu. Kaolinito pavadinimas kilęs iš „Kauling“ kalno pavadinimo Kinijoje, kur pirmą kartą 1700 m. Jėzuitų misionierius išsiuntė kaolinitinio molio bandinius į Europą [8]. Kaolinito ir kaolino (kaolino vardas suteikiamas moliams su dideliu kaolinito kiekiu), klodai yra randami Kinijoje, pietvakarių Britanijoje, Saksonijoje (Vokietija), Bohemijoje (Čekijos Respublika), Sakartvele ir Jungtinėse Amerikos Valstijose. Lietuvoje kaolinito, ar kaolinitinio molių klodų aptikta nebuvo.

Kaolinas formuojasi vietovėse, kur klimatai yra drėgni ir šilti. Šiose vietovėse uolienu erozijos greičiai yra lėti, tai suteikia pakankamai laiko pašaliniais jonams išsiplauti iš feldšpatinių ir mažai geležies turinčių granitinių uolienu. Kaolino telkiniai slūgsantys savo susidarymo vietose vadinami pirminiais telkiniais, bet yra atvejų, kai vėjas, kartu su vandeniu, juos perneša į kitas vietas, šie telkiniai vadinami antriniais arba nuosėdiniais. Kaolinito susidarymo metu vyksta cheminė reakcija tarp uolienu ir vandens:



Kaolinito cheminę sudėtį sudaro 39,5 % Al_2O_3 , 46,5 % SiO_2 ir 14 % H_2O . Gryno kaolinito spalva – balta, kietumas pagal Moso skalę – 1, tankis siekia 2540–2600 kg/m^3 [9]. Kaolinito ir kaolinitinių molių pagrindis savybės yra didelis atsparumas ugniai (1770 °C), mažas plastiškumas ir rišlumas. Dėl šių savybių kaolinitas ir jo atmainos ypač naudojamos ugniai atsparių medžiagų, keramikos (fajano, porceliano) gamyboje, taip pat popieriaus, gumos, parfumerijos, medicinos pramonėse bei chemijos pramonėje gaminant aliuminio sulfatą, bei kitose srityse.

1.3.3. Termiškai apdorotas kaolinitas

Termiškai apdorotas (degtas) kaolinitas ir kaolinitiniai moliai yra plačiai naudojami, kaip puolaniniai priedai cemento. Kaolinitas ir jo moliai tapo labai svarbūs cemento pramonėj, dėl didelio puolaninio aktyvumo, plataus paplitimo gamtoje, bei, sąlyginai, žemos jų degimo temperatūros (~600 °C). Šios kaolinito savybės užtikrina ne tik geras cemento savybes, bet ir žemą kainą.

Laboratoriniais tyrimais, buvo nustatyta, kad 550 °C temperatūroje kaolinitas praranda chemiškai surištą vandenį ir netenka savo struktūros [9], o pasiekus 600 °C temperatūra, kaolinitas rekombinuojasi ir pereina į aktyvia amorfinę formą – metakaolinitą. Manoma, kad didelis metakaolinito puolaninis aktyvumas pasireiškia, dėl aliuminio kristalų persikristalizavimo iš oktaedrinės struktūros į tetraedrinę, kur šių aliuminio tetraedrų kiekis sąlygoja kaolinito puolaninį aktyvumą, bei kaolinito vidinį poringumą [10].

Atlikti tyrimai rodo, kad kaolininės medžiagos sumaišytos su cementu gali pagerinti jo savybes [11]. Šiuo metu, siekiant sumažinti cemento pramonės išmetamus CO_2 kiekius, susidomėjimas kaoliniu stipriai auga, dėl galimos ekologinės, bei finansinės naudos.

Apibendrinant literatūros duomenis, galima teigti, kad šiuo metu yra daromi įvairūs tyrimai siekiant sumažinti cemento pramonės išmetamo CO₂ kiekį į aplinką, nepadidinant cemento kainos, ar suprastinant jo savybes. Tačiau, nors ir yra sukurti alternatyvūs cementai, kurie išsprendžia CO₂ problema, šiandienai šių cementų žaliavos yra brangesnės, nei portlandcemenčio ir kol kas ekonomiškai neperspektyvios. CO₂ problemai sumažinti, yra plečiamas PCM naudojimas ir daromi įvairūs tyrimai siekiant atrasti naujas PCM, kurios užtikrintų geras cemento akmens eksploatacines savybes.

Daugiau nei prieš 45 metus Lietuvoje Opoka buvo aktyviai naudojama, kaip aktyvus hidraulinis priedas cemente, bet dėl ekonominių priežasčių ir bendro statybinių medžiagų poreikių nuosmukio, opokos naudojimas buvo sustabdytas. Dabartinėje situacijoje, labai daug dėmesio yra skiriama kaolinui ir kaolinitiniams moliams, kaip priedams cemente, bet šių medžiagų naudojimas mišinyje kartu su opoka, cemente tirtas nebuvo. Todėl šio darbo tikslas yra ištirti galimybę, naudoti kaolino ir opokos mišinį, kaip priedą portlandcemenčiui ir suprojektuoti šio priedo gamybos cechą, kurio našumas 100 tūkst. t/metus.

2. Tiriamoji dalis

2.1. Tiriamojo darbo metodika ir naudotos žaliavos

2.1.1. Darbe naudotos medžiagos ir jų savybės

Portlandcementis (CEM I) 42,5 R, AB „Akmenės cementas“, Lietuva. Mineralinė sudėtis pateikta 1 lentelėje, cheminė sudėtis pateikta 2 lentelėje:

1 lentelė. Portlandcemenčio mineralinė sudėtis

Mineralas	Masė, %
Trikalčio silikatas	52,97
Dikalčio silikatas	19,61
Trikalčio aluminatas	9,16
Braunmilleritas	9,74
Gipsas	5,37

2 lentelė. Portlandcemenčio cheminė sudėtis

Komponentas	Masė, %
CaO	61,39
SiO ₂	19,52
Al ₂ O ₃	5,03
Fe ₂ O ₃	3,05
MgO	3,93
K ₂ O	1,06
Na ₂ O ₃	0,12
SO ₃	2,5
Savitasis paviršius m ² /kg	430

Stoniškių karjero opoka. Cheminė sudėtis pateikta 3 lentelėje:

3 lentelė. Stoniškių karjero opokos cheminė sudėtis

Komponentas	Masė, %
CaO	55,4
SiO ₂	12,4
Al ₂ O ₃	3,88
Fe ₂ O ₃	3,4
MgO	2,9
K ₂ O	1,15
Na ₂ O ₃	0,26
Savitasis paviršius m ² /kg	350

Kaolinas, kilmės šalis Čekija. Mineralinė sudėtis pateikta 4 lentelėje, cheminė sudėtis pateikta 5 lentelėje:

4 lentelė. Kaolino mineralinė sudėtis

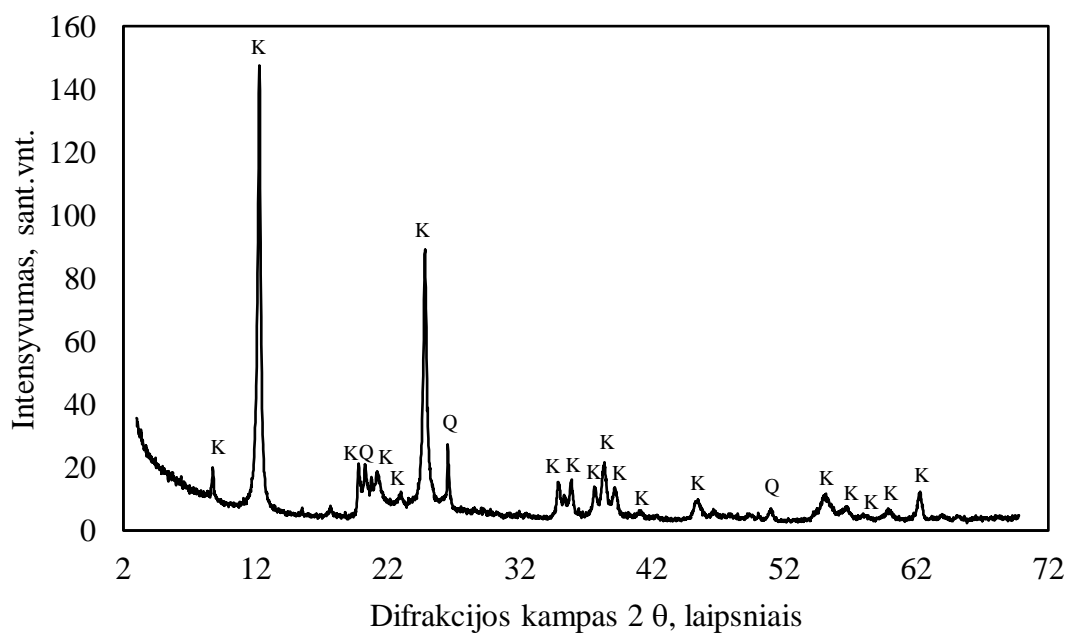
Komponentas	Masė, %
Kaolinitas	69
Kvarcas	15,5
Žėrutis	14,1
Likusieji (Priemaišos)	1,4

5 lentelė. Kaolino cheminė sudėtis

Komponentas	Masė, %
Lakiosios organinės išlakos	10,3 ± 1,0
SiO ₂	55,7 ± 3,0
Al ₂ O ₃	30,5 ± 2,0
TiO ₂	0,95 ± 0,2
Fe ₂ O ₃	0,46 ± 0,1
CaO	0,06 ± 0,02
MgO	0,16 ± 0,02
Na ₂ O ₃	0,07 ± 0,02
K ₂ O	1,18 ± 0,2
Cu	Max. 0,001
Fe	Max. 0,05
Mn	Max. 0,002

Portlandcemenčio pakeitimas kaolinu yra tirtas, bet pakeitimas kaolino mišinio su opoka nėra. Norint sužinoti kaolino sudėtį ir degimo temperatūrą atliekama RSDA ir VTA analizės.

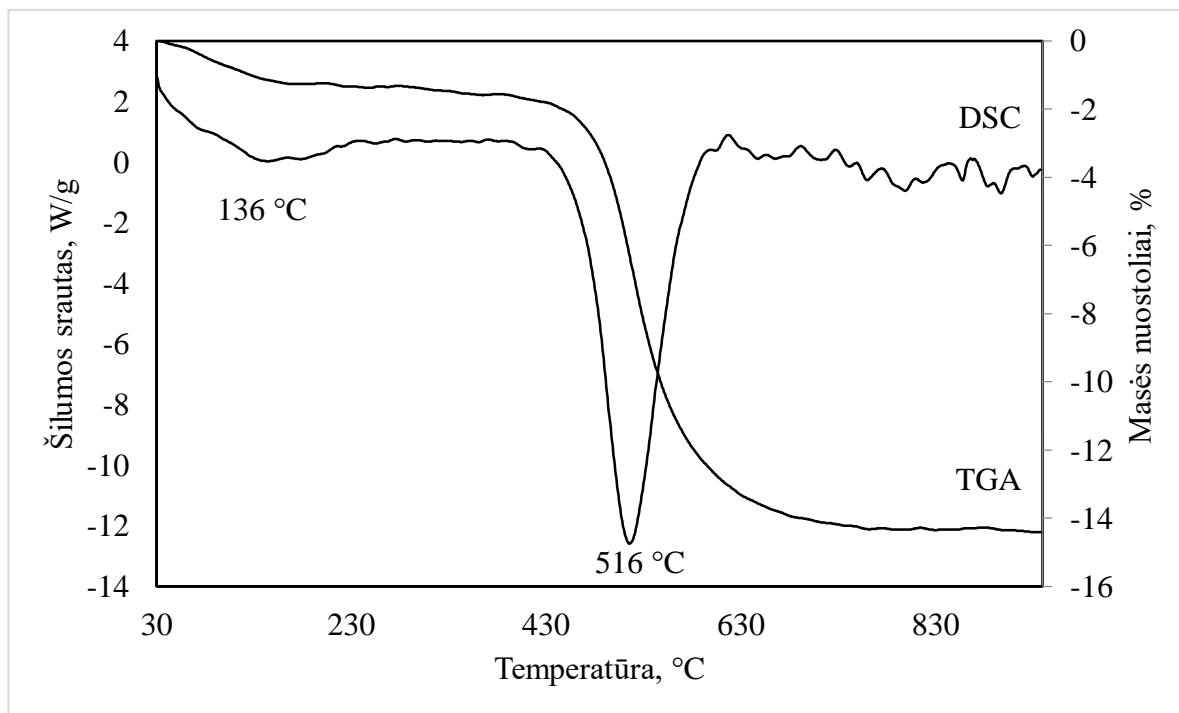
Atlikus RSDA analizę nustatyta (1 pav.), kad kaolino sudėtyje yra kaolinito (K) ir kvarco (Q).



1 Pav. Kaolino rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė.

Atlikus kaolino vienalaikę teminę analizę (2 pav.) nustatyta, kad 136 °C temperatūroje pastebimas nežymus endoterminis virsmas yra susijęs su laisvojo vandens pasišalinimu, toliau 516 °C temperatūroje pastebimas žymus endoterminis virsmas susijęs su tarpfluoksninio (kristalinio) ir chemiškai sujungto vandens pasišalinimu. Atlikus analizę, bendras bandinio masės sumažėjimas siekia 14,4 %.

Pastebėtina, kad ties 600 °C temperatūra galutinai baigiasi žymus endoterminis virsmas. Dėl šios priežasties, pasirinkta kaolino degimo temperatūra yra 600 °C.



2 pav. Kaolino vienalaikės terminės analizės kreivės

2.2. Tiriamojo darbo metodika

Metakaolino paruošimas priedui

Kaolinas yra išdžiovinamas iki pastovios masės ir sumalamas malūne. Toliau, kaolinas sudrėkinamas vandeniu iki standžios tešlos konsistencijos. Iš gautos tešlos formuojamos granulės iki 1 cm dydžio ir džiovinamos džiovykloje 24 h, 80 °C temperatūroje. Išdžiovinto kaolino granulės termiškai apdorojamos krosnyje 600 °C temperatūroje 1 h, keliant temperatūra 10 °C/min greičiu. Išdegtos kaolino granulės yra sutrupinamos žiauniniu trupintuvu ir malamos vibraciniame malūne 45 sek., 850 aps/min dažniu. Sumaltas produktas yra suberiamas į drėgmei ir orui nepralaidžius indus.

Portlandcemenčio ir priedo mišinio paruošimas bei bandinių gniuždymas

Tyrime 50 % Portlandcemenčio (CEM I) yra pakeičiama aktyviu priedu, sudarytu iš degto kaolino ir opokos. Priedo, sudėtys pateiktos 6 lentelėje.

6 lentelė. Priedu sudėtis

1 Priedas	2 Priedas	3 Priedas	4 Priedas
60 % Degto kaolino – 40 % Opokos	50 % Degto kaolino – 50 % Opokos	40 % Degto kaolino – 60 % Opokos	30 % Degto kaolino – 70 % Opokos

Priedo mišiniai buvo paruošti taip: išdžiovinta ir sumalta opoka yra sumaišoma trimatyje maišytuve, kartu su paruoštu degtu kaolinu. Tyrimui atlikti, suformuojami 3 cm (30x30x30 mm) dydžio bandiniai iš Portlandcemečio (CEM I) ir priedo mišinių, bandiniai, taip pat, suformuojami iš gryno Portlandcemenčio (CEM I), kurie bus naudojami, kaip etalonai rezultatams palyginti. Bandinių mišiniai, sumaišyti su vandeniu, vibravimo būdu suklojami į metalines kubines formas. Suformuoti bandiniai laikomi formose ir kietinami 24 h, 90–100 % santykinėje drėgmėje ir 18–22 °C temperatūroje. Praėjus 24 h, bandiniai išformuojami, sumerkiami į distiliuotą vandenį ir paliekami hidruotis 2, 7 ir 28 paras. Pasibaigus bandinių hidratacijos laikui, kubeliai sugniuždomi naudojant ELE International 250 kN *automatic Cement Compression Machine*, EL39-1501/01 Autotest 250. Gniuždymo bandymas atliktas, bandinius gniuždant 0,8 mm/s greičiu. Sugniuždyti bandiniai papildomai sutrupinami žiauniniame trupintuve ir sutrinami agatinėje grūstuvėje, bandinius užpylus acetonu. Sutrinti bandiniai džiovinami 24 h 80 °C temperatūroje, o išdžiūvę sudedami į sandarius indus.

Atlikus hidratuotų cemento bandinių RSDA analizę ir aptarus gautus rezultatus, toliau atliekamas vienalaikės terminės analizės (VTA) tyrimas. Hidratuotų bandinių paruošimas VTA analizei išlieka toks pat, kaip ir prieš RSDA tyrimą. VTA tyrimą sudaro du atskiri tyrimai:

TGA – termogravimetrinė analizė – tyrimas, kurio metu matuojama ir užrašoma kaitinamos medžiagos masės priklausomybė nuo temperatūros ar laiko, esant tam tikram temperatūros režimui specifinėje dujų aplinkoje [15].

DSK – diferencinė skenuojamoji kalorimetrija – tyrimas, kurio metu matuojama energija, reikalinga tiriamojo ir etaloninio bandinio temperatūroms suvienodinti, esant tam tikram temperatūros režimui specifinėje dujų aplinkoje.

Pucolaninio aktyvumo nustatymas

Remiantis Prancūzišku NF P 18-513 [12] standartu, atliekamas modifikuotas *Chapelle* pucolaninio aktyvumo nustatymo bandymas. Šis bandymas leidžia nustatyti surišto Ca(OH)₂ kiekį mg, sunaudojus 1 g priedo.

Tyrimui naudojama 0,1 N HCl ir 0,1 % fenolftaleino, ištirpinto 50 % alkoholyje, indikatorius.

Tyrimo eiga: 1 g tiriamosios medžiagos suberiama į iki 90 °C pašildytą Erlenmejerio kolbą, įpilama 250 ml. distiliuoto vandens ir suberiama 2 g CaO. Į kolbą suberiami magneto elementai ir tirpalas pradedamas maišyti magnetine maišykle. Tirpalas 85±5 °C temperatūroje maišomas 16 val., po to atvėsinaamas iki kambario temperatūros. Į atvėsusį tirpalą supilama 250 ml. šviežiai paruošto sacharozės tirpalo (60 g sacharozės ištirpintos 250 ml. distiliuoto vandens) ir maišoma dar 15 min. Tada nufiltruojama apie 200 ml tirpalo, iš kurio kalibruota pipete paimama 25 ml tirpalo. Toks pat procesas atliekamas ir bandiniui be priedo [1].

Nurodytu būdu paimti 25 ml tirpalo titruojami 0,1 N HCl, naudojant 0,1 % fenolftaleino indikatorių. Pucolaniniu priedu surišto Ca(OH)₂ kiekis, mg apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\text{Surišto Ca(OH)}_2 \text{ kiekis, mg/g pucolano} = 2 \times \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times \frac{74}{56} \times 1000;$$

Čia: V_1 – nutitruto 0,1 N HCl tūris bandiniui (kontroliniam) be priedo; V_2 – nutitruto 0,1 N HCl tūris bandiniui su priedu.

Rentgeno difrakcinė analizė

Sugniuždyti ir sutrinti, hidratuoti, cemento bandiniai naudojami rentgeno spindulių difrakcinei analizei (RSDA) atlikti. RSDA analizė atliekama norint nustatyti hidratacijos metu susidariusius naujus junginius. Analizė, taip pat atliekama norint sekti hidratacijos eiga. Tam pasiekti analize kartojama po 2,7 ir 28 parų hidratacijos laikotarpio, o gautus rezultatus palyginant tarpusavyje.

Rentgeno difrakcinės analizės atliktos naudojantis *BRUKER AXS D8* rentgeno spindulių difraktometru. Tyrimuose naudotos spinduliuotės tipas, bei įrenginio parametrai: CuK_α spinduliuotė, Ni filtras, detektoriaus judėjimo žingsnis $0,02^\circ$, anodinė įtampa $U_a = 40 \text{ kV}$, srovės stipris $I = 40 \text{ mA}$, Skenavimo greitis $6^\circ/\text{min}^{-1}$, matavimo kampas $2\theta = 3\text{--}70^\circ$.

Vienalaikė terminė analizė

Vienalaikės terminės analizės tyrimai atlikti naudojantis *Netzsch STA 409 PC Luxx* vienalaikiu terminiu analizatoriumi. Tyrime naudoto prietaiso parametrai: temepatūros intervalas $30\text{--}950^\circ\text{C}$, temperatūros kėlimo greitis $15^\circ\text{C}/\text{min}$, kaip etalonas naudojamas Pt/Rh tiglis, inertinė medžiaga Al_2O_3 , naudojama atmosfera – oras. Matavimų tikslumas $\pm 3^\circ\text{C}$. Bandinio masės nuostoliai nustatomi iš termogravimetrinės analizės (TG) kreivių.

Atlikus hidratuotų cemento bandinių RSDA analizę ir aptarus gautus rezultatus, toliau atliekamas vienalaikės terminės analizės (VTA) tyrimas. Hidratuotų bandinių paruošimas VTA analizei išlieka toks pat, kaip ir prieš RSDA tyrimą. VTA tyrimą sudaro du atskiri tyrimai:

TGA – termogravimetrinė analizė – tyrimas, kurio metu matuojama ir užrašoma kaitinamos medžiagos masės priklausomybė nuo temperatūros ar laiko, esant tam tikram temperatūros režimui specifinėje dujų aplinkoje [15].

DSK – diferencinė skenuojamoji kalorimetrija – tyrimas, kurio metu matuojama energija, reikalinga tiriamojo ir etaloninio bandinio temperatūroms suvienodinti, esant tam tikram temperatūros režimui specifinėje dujų aplinkoje.

VTA analizė, sugniuždytiems cemento bandiniams, atliekama norint nustatyti pucolaninės reakcijos eiga ir palyginti rezultatus gautus RSDA tyrimo metu.

Vandens sąnaudos normaliai tešlai paruošti

Bandymas atliekamas remiantis „LST EN 196-3:2017: Methods of testing cement – Part 3: Determination of setting time and soundness“ standartu. Šis bandymas leidžia nustatyti vandens kiekį, reikalinga normalios konsistencijos tešlai paruošti.

Bandymui atlikti pasveriamas $500 \pm 1 \text{ g}$ portlandcemenčio, sumaišytu su tiriamo priedu. Į Portlandcemenčio mišinį įpilama 100 ml vandens. Vandeniui užpildytas mišinys nuolat maišomas, keičiant maišymo kryptis 3 minutes. Po 3 minučių maišymo, mišinio tešla užpildomas *Viko* prietaiso žiedas ir išlyginamas žiedo paviršius. Užpildytas ir išlygintas žiedas dedamas po *Viko* prietaise esančiu smigimo strypeliu. Strypelis nuleidžiamas prie išlygintos tešlos paviršiaus ir užfiksuojamas. Strypelis yra atpalaiduojamas ir leidžiamas laisvai smigti į tešla, o po 30 s strypelis yra vėl užfiksuojamas ir užrašomas smigimo gylis. Bandymas kartojamas didinant vandens kiekį iki tol, kol pasiekiamas $10 \pm 1 \text{ mm}$ smigimo gylis. Pasiekus nurodyta smigimo gylį užrašomas sunaudotas vandens kiekis ir apskaičiuojamas vandens ir rišamosios medžiagos (V/R) santykis.

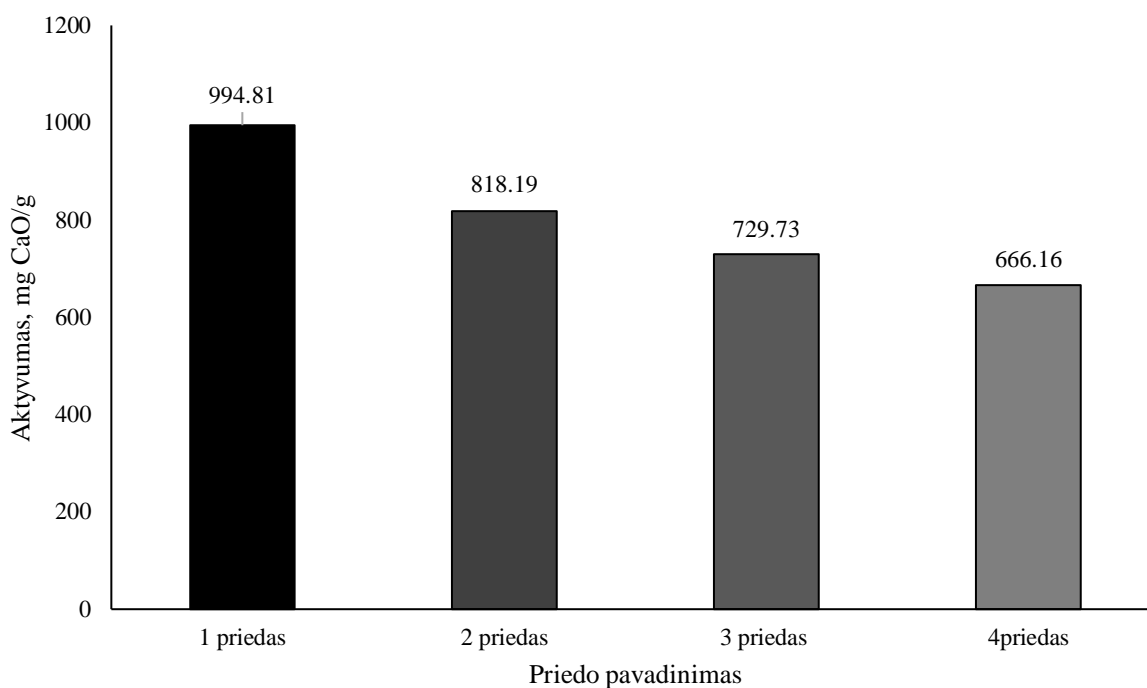
2.3. Tyrimų rezultatai ir jų analizė

2.3.1. Priedų pucolaninis aktyvumo įvertinimas

Siekiant įvertinti skirtingų priedo mišinių įtaka portlandcemenčio hidratacijai, pirmiausia atliekamas, šių mišinių, pucolaninio aktyvumo nustatymas pagal NF P 18-513 standartą. Tyrimo atlikimo metodika pateikta 2.2 skyriuje. Nutitruoti HCl kiekiais pateikiami 7 lentelėje. Priedų pucolaniniams aktyvumas pateiktas 3 pav..

7 lentelė. Pucolaninio aktyvumo nustatymas

Priedai	Priedų sudėtis, %	Nutitruoti HCl 0,1 N kiekiai, ml			
		1 titravimas	2 titravimas	3 titravimas	Vidurkis
1 priedas	60 Degto kaolino 40 Opokos	18,65	18,85	18,75	18,75
2 priedas	50 Degto kaolino 50 Opokos	21,0	21,1	20,9	21,0
3 priedas	40 Degto kaolino 60 Opokos	21,9	21,9	22,1	21,97
4 priedas	30 Degto kaolino70 Opokos	22,8	22,7	22,75	22,75



3 pav. Priedo mišinių pucolaninis aktyvumas

Iš 7 lentelėje ir 3 paveikslėlyje pateiktų duomenų matyti, kad didėjant degto kaolino kiekiui mišinyje, pucolaninis aktyvumas žymiai padidėja. Didžiausiu pucolaniniu aktyvumu pasižymėjo priedo mišinys sudarytas iš 60 % degto kaolino ir 40 % opokos ir siekė 994 mg CaO/g vetę.

Sekančiame tyrimų etape, buvo formuojami bandiniai iš portlandcemenčio (CEM I) ir portlandcemenčio su priedais., nustatinėjamas jų stipris gniuždant.

2.4. Priedo įtaka portlandcemenčio hidratacijai

Gniuždymo stiprio nustatymo tyrimui atlikti, buvo paruošti bandiniai sudaryti iš 50 % portlandcemenčio (CEM I) ir 50 % priedo mišinio iš degto kaolino ir opokos. Visi bandiniai formuojami kubelio formos, kurių matmenys – 30x30x30 mm. Tyrimo rezultatams palyginimui buvo formuojami etaloniniai (kontroliniai) bandiniai - kubeliai iš įprastinio portlandcemenčio (CEM I).

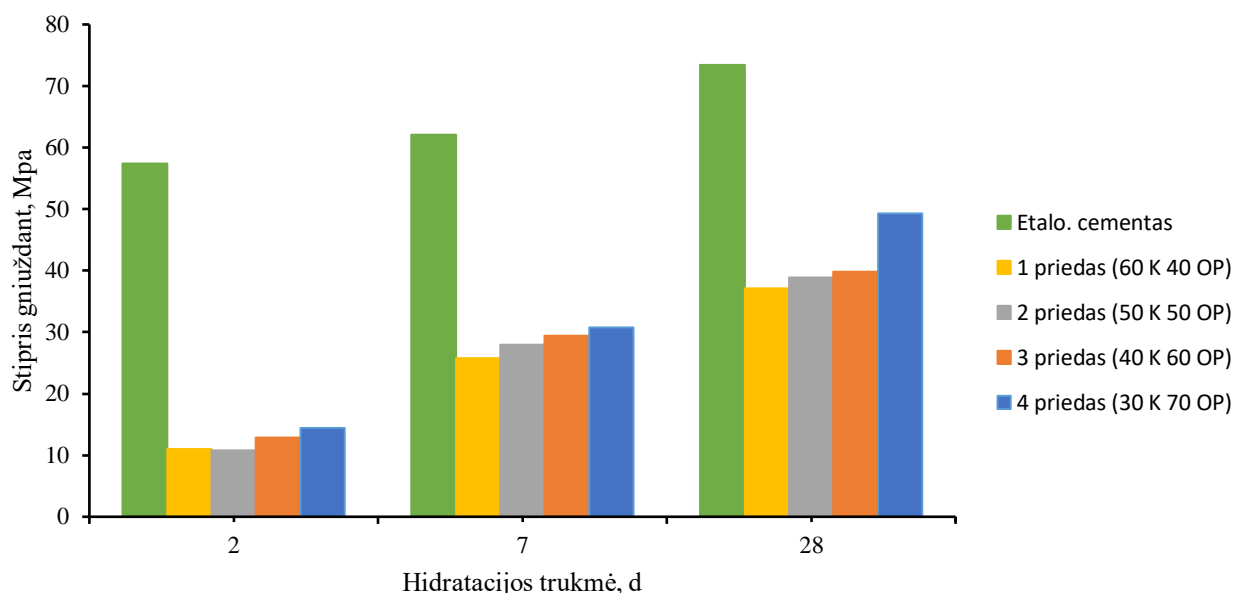
Pirma nustatomas rišamosios medžiagos (cemento arba cemento su priedu) ir vandens santykis V/C. Šis santykis parodo reikalinga vandens kiekį normalaus tirštumo cemento tešlai gauti. V/C rezultatai pateikiami 8 lentelėje.

8 lentelė. Rišamosios medžiagos ir vandens santykis normaliai tirštai cemento tešlai paruošti

Bandinio žymuo	Bandinio sudėtis	C/V
Etal.	CEM I	0,275
1 priedas	CEM I + 50% (60 degto aolino 40 opokos)	0,355
2 priedas	CEM I + 50% (50 degto kaolino 50 opokos)	0,340
3 priedas	CEM I + 50% (40 degto kaolino 60 opokos)	0,325
4 priedas	CEM I + 50% (30 degto kaolino 70 opokos)	0,310

Iš 8 lentelėje pateiktų rezultatų matyti, kad vandens sąnaudos didėja ruošiant bandinius, kurių priedas turi didesnę degto kaolino kiekį.

Stipris gniuždamas buvo nustatinėjamas po 2, 7 ir 28 parų hidratacijos, rezultatai pateikiami 4 paveikslėlyje.



4 pav. 2, 7 ir 28 parų hidratuoto cemento bandinių stipris gniuždamas

Iš stiprio gniuždant rezultatų (4 pav.) matyti, kad bandiniai su priedu, turinčio daugiausiai opokos ir mažiausiai degto kaolino, (30 K 70 OP) pasižymėjo didžiausiu stipriu gniuždant viso tyrimo laikotarpiu (iki 28 parų). Mažiausio stiprio gniuždant bandiniai yra sudaryti iš daugiausiai degto kaolino (60 K 70 OP) turinčių priedų. Pastebėta, kad vykstant bandinių hidratacijai, visi bandiniai stiprėja iki 28 parų. Po 28 parų hidratacijos, didžiausias stiprio padidėjimas matomas 4 bandinio (30K 70 OP) – net 21,1 %, lyginant su kitais priedais. Tikėtina, kad sumaišius portlandcementį su opokos turinčiu priedu padidėja kristalizacijos centrų skaičius, kurie paspartina C_3S hidrataciją, taip suteikiant bandiniams didesnę stiprį gniuždant. Svarbu pažymėti, kad nors bandinio sudaryto iš 30 % degto kaolino ir 70 % opokos stipris po 28 parų padidėjo labiausiai, tačiau nuo etaloninio portlandcemenčio (CEM I) skiriasi 32,8 %. Daugiau degto kaolino turintys bandiniai tarpusavyje stipriu skiriasi nežymiai, o nuo etaloninio cemento, per 47 %. Matome, kad po tirtos hidratacijos trukmės didesniu stipriu gniuždant pasižymėjo bandiniai, kurių nustatytas pucolaninis aktyvumas yra mažesnis, todėl galima teigti, kad iki 28 parų bandinių su priedais stiprumines savybes labiau lemia ne pucolaninė reakcija, o kristalizacijos centrų skaičiaus padidėjimas.

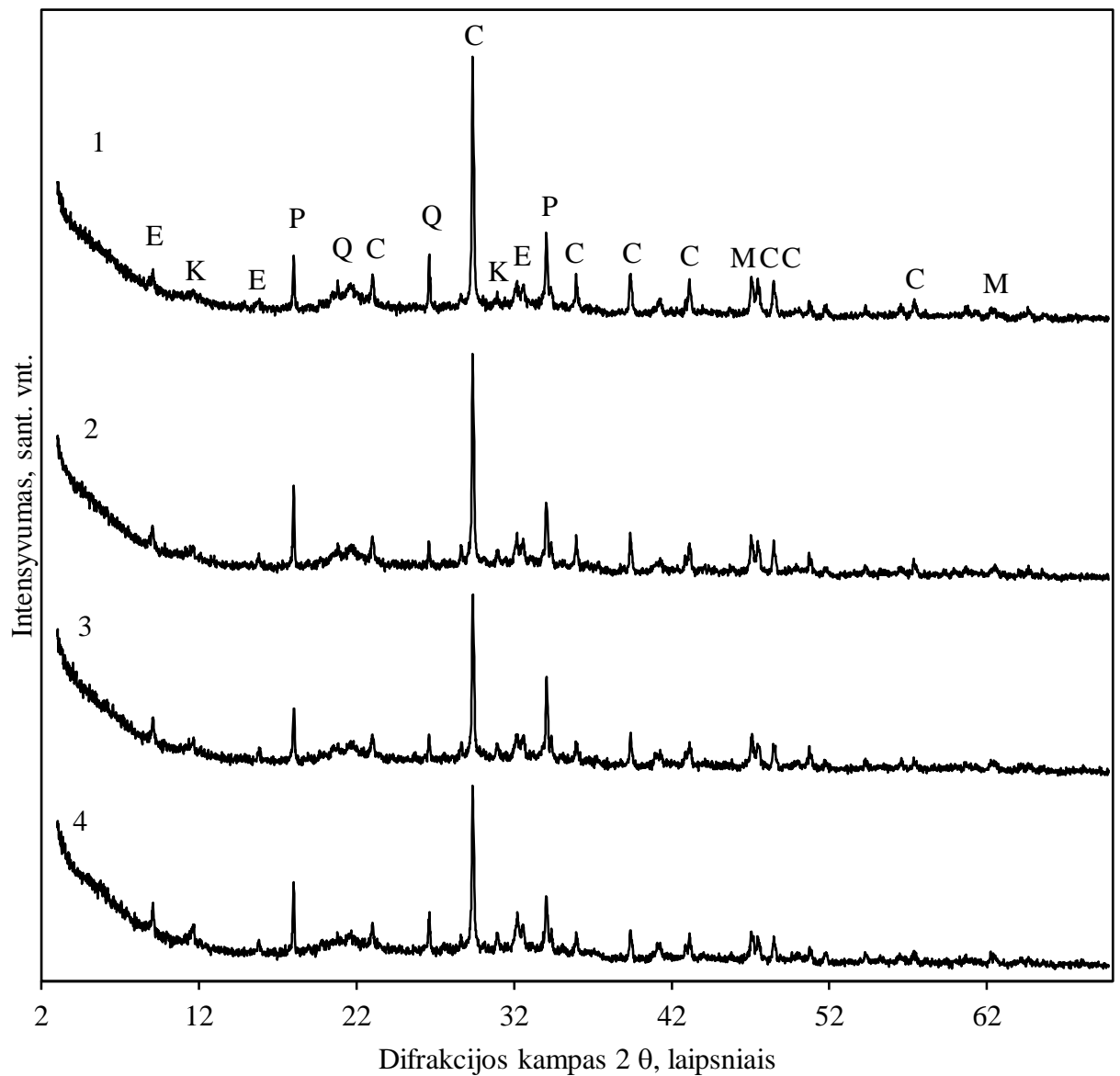
RADA tyrimas atliekamas norint išanalizuoti junginius, susidariusius hidratacijos metu.

Atlikus 2, 7 ir 28 parų hidratuotų cemento bandinių RSDA analizes, buvo nustatyta, kad sugniuždytus cemento bandinius sudaro šie junginiai:

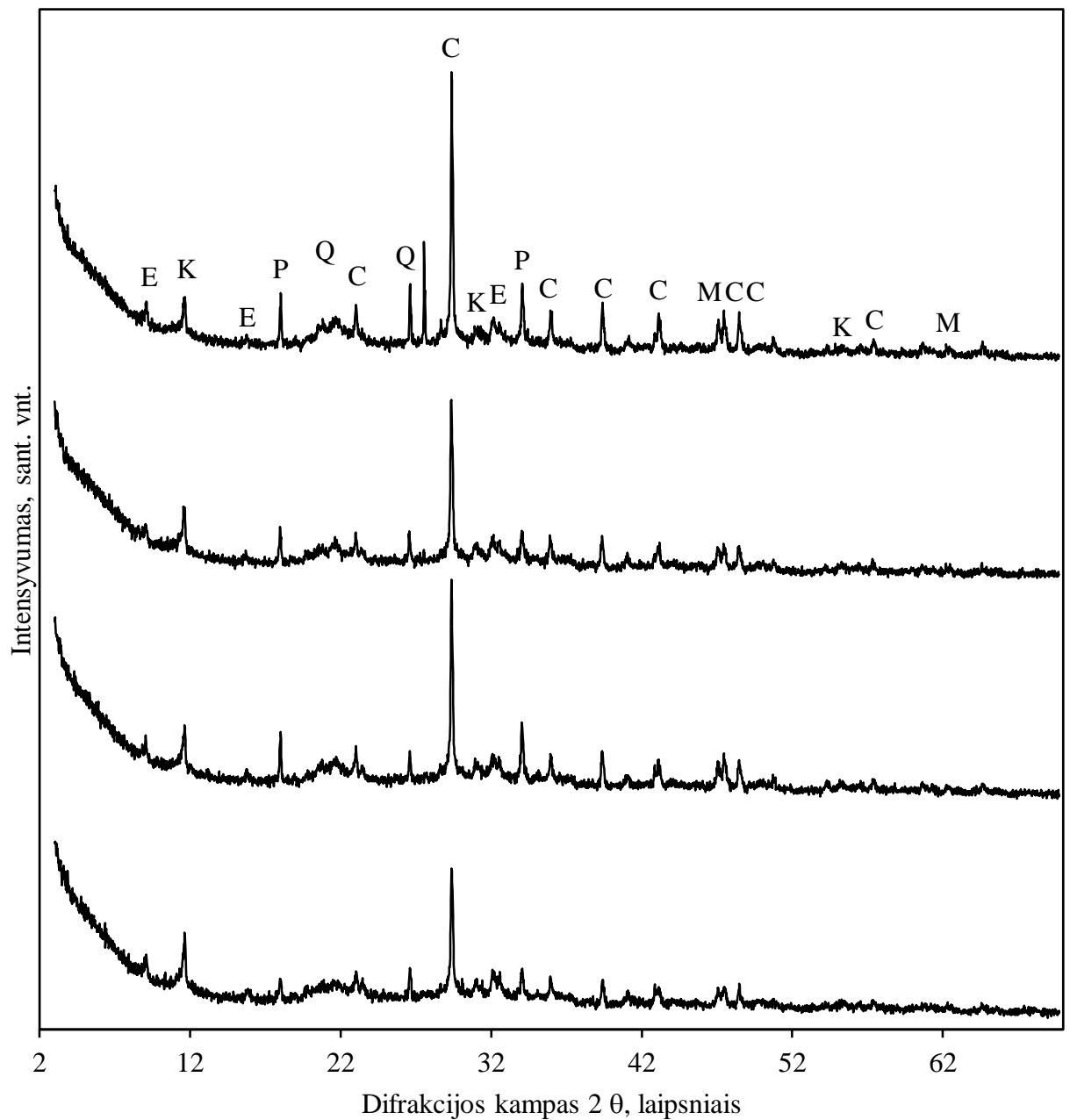
- C – kalcitas ($CaCO_3$);
- M- magnio oksidas (MgO);
- Q – kvarcas (SiO_2);
- K – monokarboaluminatas ($CH_{22}Al_2Ca_4O_{20}$);
- E – etringitas ($Ca_6(Al(OH)_6)_2(SO_4)_3 \cdot 26H_2O$);
- P – portlanditas ($Ca(OH)_2$).

Visuose ištirtuose cemento bandiniuose, smailių skirtumai tarpusavyje nėra labai žymūs. Didžiausiais smailių skirtumas yra pastebimas kalcito ($CaCO_3$) smailėse, kur daugiau opokos turintys bandiniai turi didesnio intensyvumo smailes. Pastebėtina, kad portlandito ($Ca(OH)_2$) kreivės nėra užfiksuotos bandiniuose po 28 parų. Portlandito kreivių nebuvimas bandiniuose parodo, kad vyksta pucolaninė reakcija. Visuose bandiniuose, yra identifikuojamas naujas junginys – monokarboaluminatas.

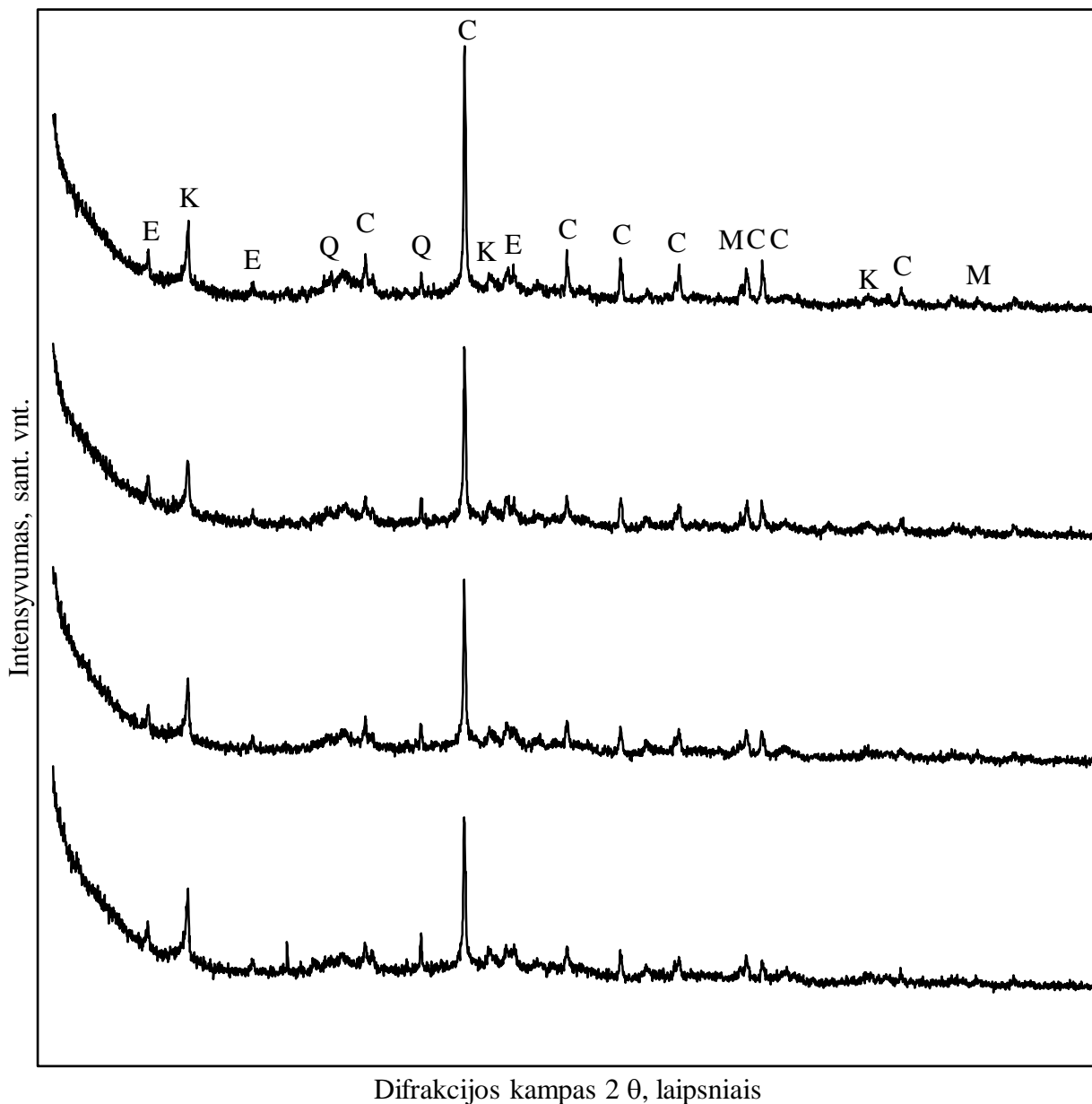
Monokarboaluminatais vadinama cemento fazė, susidaranti iš hidratuotų kalcio aluminatų į kurios yra įsiterpęs tam tikras kiekis CO_3^{2-} jonų. Monokarboaluminatai susidaro CO_3^{2-} jonams terpiantis į aluminatines fazes, jų hidratacijos metu, dažniausiai hidratuojant C_3A . Priklausomai nuo įsiterpusio CO_3^{2-} kiekio į AFm fazę, gali susidaryti C-AFm (monokarboaluminato) arba AFt (etringito) fazės. Tuo pačiu į AFm fazę gali laisvai terptis ir kiti jonai, kaip – OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , taip susidarant kitoms AFm fazėms [16].



5 pav. Cemento bandinių sumaišytų su 1, 2, 3 ir 4 priedu hidratacijos po 2 dienų RSDA analizių kreivės: 1 – 1 priedas, 2 – 2 priedas, 3 – 3 priedas, 4 – 4 priedas. Žymenys: C – kalcitas (CaCO_3); M- magnio oksidas (MgO); Q – kvarcas (SiO_2); E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); P – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); K – monokarboaliuminatas ($\text{CH}_2\text{Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_{20}$).



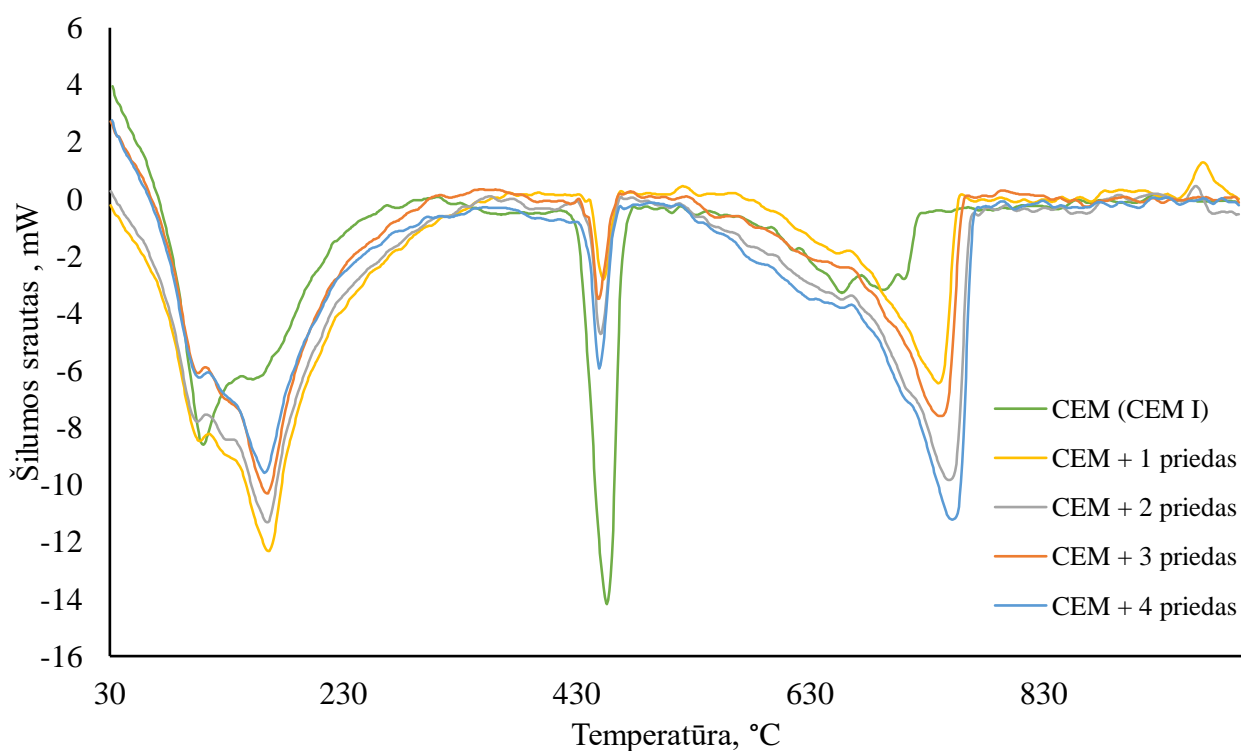
6 pav. Cemento bandinių sumaišytų su 1, 2, 3 ir 4 priedu hidratacijos po 7 dienų RSDA analizių kreivės: 1 – 1 priedas, 2 – 2 priedas, 3 – 3 priedas, 4 – 4 priedas. Žymenys: C – kalcitas (CaCO_3); M- magnio oksidas (MgO); Q – kvarcas (SiO_2); E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); P – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); K – monokarboaliuminatas ($\text{CH}_2\text{2Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_{20}$).



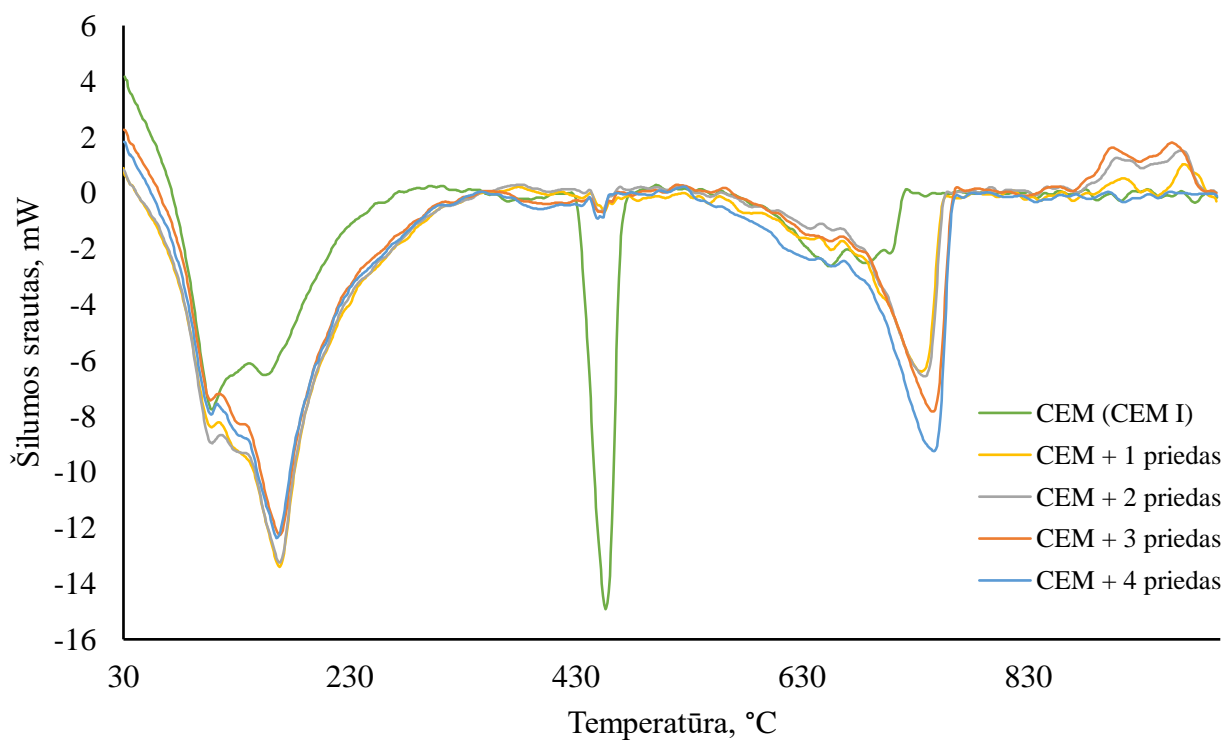
7 pav. Cemento bandinių sumaišytų su 1, 2, 3 ir 4 priedu hidratacijos po 28 dienų RSDA analizių kreivės: 1 – 1 priedas, 2 – 2 priedas, 3 – 3 priedas, 4 – 4 priedas. Žymenys: C – kalцитas (CaCO_3); M- magnio oksidas (MgO); Q – kvarcas (SiO_2); E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); P – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); K – monokarboaliuminatas ($\text{CH}_2\text{2Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_{20}$).

Atlikus 2, 28 parų, hidratuotų cemento bandinių, VTA analizę, visuose bandiniuose užfiksuotos trys endoterminės smailės DSK kreivėse (8-9 pav.). Pirmoji endoterminė smailė užfiksuota 90-200 °C temperatūroje yra susijusi su kalcio hidrosilikatų dehidratacija. Antroji endoterminė smailė užfiksuota 440-480 °C temperatūroje yra susijusi su Portlandito ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) skilimu. Trečioji endoterminė kreivė pastebima 600-780 °C temperatūros intervale, yra susijusi kalcito (CaCO_3) skilimu [15].

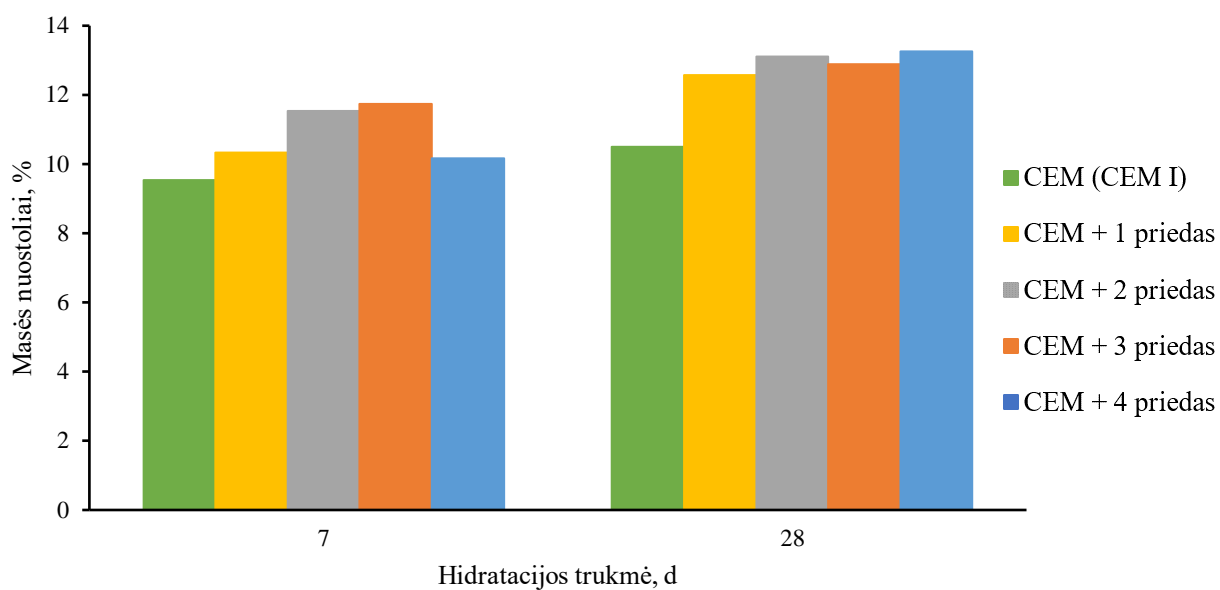
Palyginus DSK grafikus pastebima, kad po 7 ir 28 parų 440-480 °C temperatūros zonoje suskilęs portlandito ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) kiekis stipriai sumažėja ir yra beveik nepastebimas. Portlandito ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) nebuvimas bandinyje įrodo pucolaninės reakcijos vyksmą. Lyginant tuos pačius DSK grafikus 90-200 °C temperatūros zonoje pastebimas žymus dehidracijos smailių dydžių skirtumas, tarp etaloninio cemento ir cemento su priedais, bei šių smailių vieta grafikuose. Smailių dydis siejamas su pucolanine reakcija ir monokarboaluminatų susidarymu. Palyginus DSK kreives 600-780 °C temperatūros intervale pastebimas aiškus skirtumas tarp bandinių su priedais ir etaloninio cemento, kur visi bandiniai su priedais turi opokos, kuri įnešą didesnę kiekį kalcito (CaCO_3) į sistemą. Lyginant 7 ir 28 parų 600-780 °C temperatūros intervalus pastebimas aiškus kalcito (CaCO_3) sumažėjimas. Šis sumažėjimas galėtų būti siejamas su CO_3^{2-} jonų terpmusi į aluminatines fazes sudarant monokarboaluminatus.



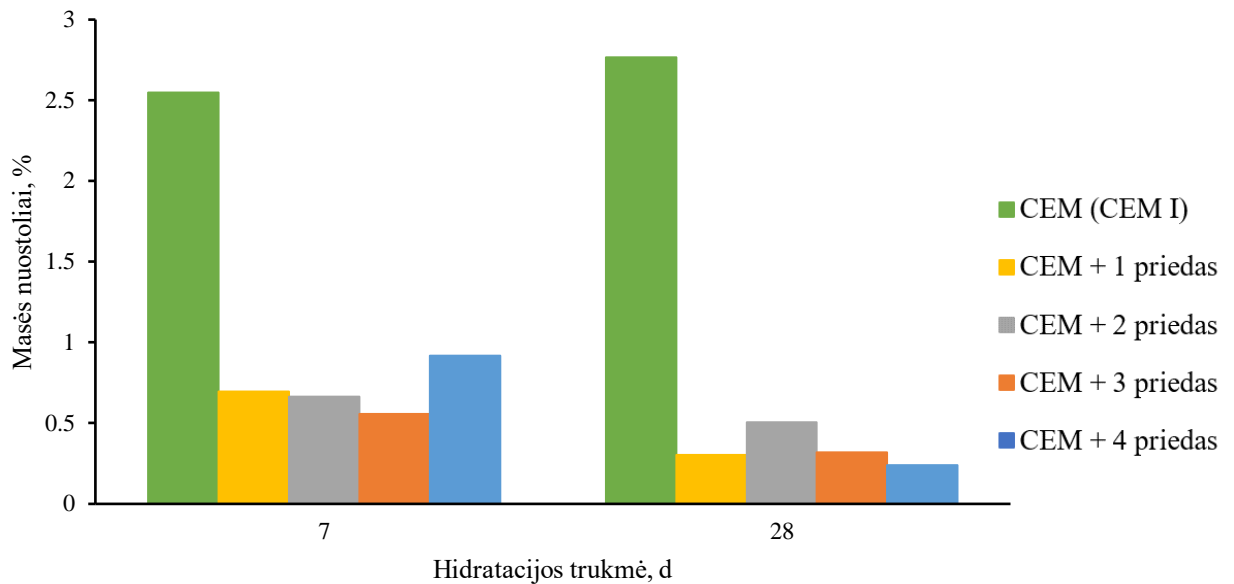
8 pav. Cemento bandinių hidratuotų 7 paras, DSK analizių kreivės



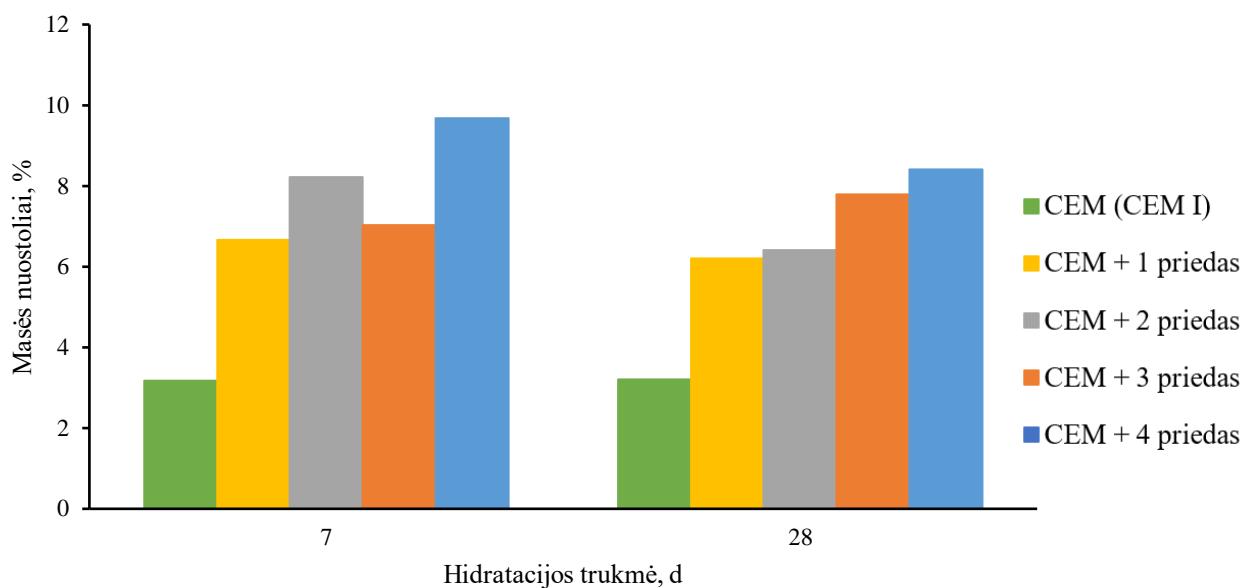
9 pav. Cemento bandinių hidratuotų 28 paras, DSK analizių kreivės



10 pav. Cemento bandinių masės nuostolių kitimas 90-200 °C temperatūros intervale



11 pav. Cemento bandinių masės nuostolių kitimas 440-480 °C temperatūros intervale



12 pav. Cemento bandinių masės nuostolių kitimas 600-780 °C temperatūros intervale

Iš masės nuostolių grafikų matyti, kad 90 – 200 °C temperatūros intervale (10 pav.) masės nuostoliai, ilgėjant hidratacijos trukmei nuo 7 iki 28 parų, didėja, tai parodo naujų kalcio hidrosilikatų, įskaitant ir monokarboaliuminatų susidarymą. Palyginus šiuos duomenis tarpusavyje, kartu su etaloniniu cementu, matoma, kad naujų naujadarų kiekis yra žymiai didesnis cementuose su priedais. Šie naujadarai padidina cemento bandinių stiprumą, tai matoma stiprio gniuždant grafike (4 pav.), kur cementas su 4 priedu, turintis didžiausia kiekį naujadarų, yra stipriausias gniuždant tarp cementų su priedais.

Pucolaninė reakcija, vyksta visuose bandiniuose, kaip matyti iš 440 – 480 °C temperatūros masės nuostolių grafikų (11 pav.). Praėjus 28 parų hidratacijos laikotarpiui portlandito (Ca(OH)_2) kiekis bandiniuose su priedu yra žymiai sumažėjęs lyginant su duomenimis po 7 parų hidratacijos. Įvertinus stiprio gniuždant duomenis, tikėtina, kad iki 28 parų bandinių su priedais stiprumines savybes labiau lemia ne pucolaninė reakcija, o kristalizacijos centrų skaičiaus padidėjimas.

2.4.1. Tiriamosios dalies išvados

Pirmoje tyrimų dalyje, buvo nustatytas priedų sudarytų iš opokos ir termiškai apdoroto kaolino (metakaolino), sumaišytų skirtingais santykiais, pucolaninis aktyvumas. Didžiausiais pucolaninis aktyvumas nustatytas 1 priedo (7 lentelė, 3 pav.). Toliau atliktas hidratuotų cemento bandinių, sumaišytų su 50 % priedo, stiprio gniuždant bandymas. Iš bandymų rezultatų matyti (4 pav.), kad cemento bandiniai sumaišyti su 4 priedu (su daugiausia opokos) buvo stipriausi lyginant bandinius su priedais tarpusavyje. Lyginant etaloninio cemento ir cemento sumaišytu su 4 priedu stiprius, cementas su 4 priedu, po 28 parų hidratacijos laikotarpio yra 32,8 % silpnesnis.

Įrodyta, kad nors visuose bandiniuose su priedais vyksta pucolaninė reakcija, tačiau iki 28 parų bandinių su priedais stiprumines savybes labiau lemia ne pucolaninė reakcija, o kristalizacijos centrų skaičiaus padidėjimas.

Todėl, toliau pateikiami inžineriniai-technologiniai sprendimai gaminti priedą portlandcemenčiui, kai jis sudarytas iš 30 % degto kaolino ir 70 % opokos.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Technologiniai sprendimai

3.1.1. Žaliavų ir produkto charakteristikos bei reikalavimai

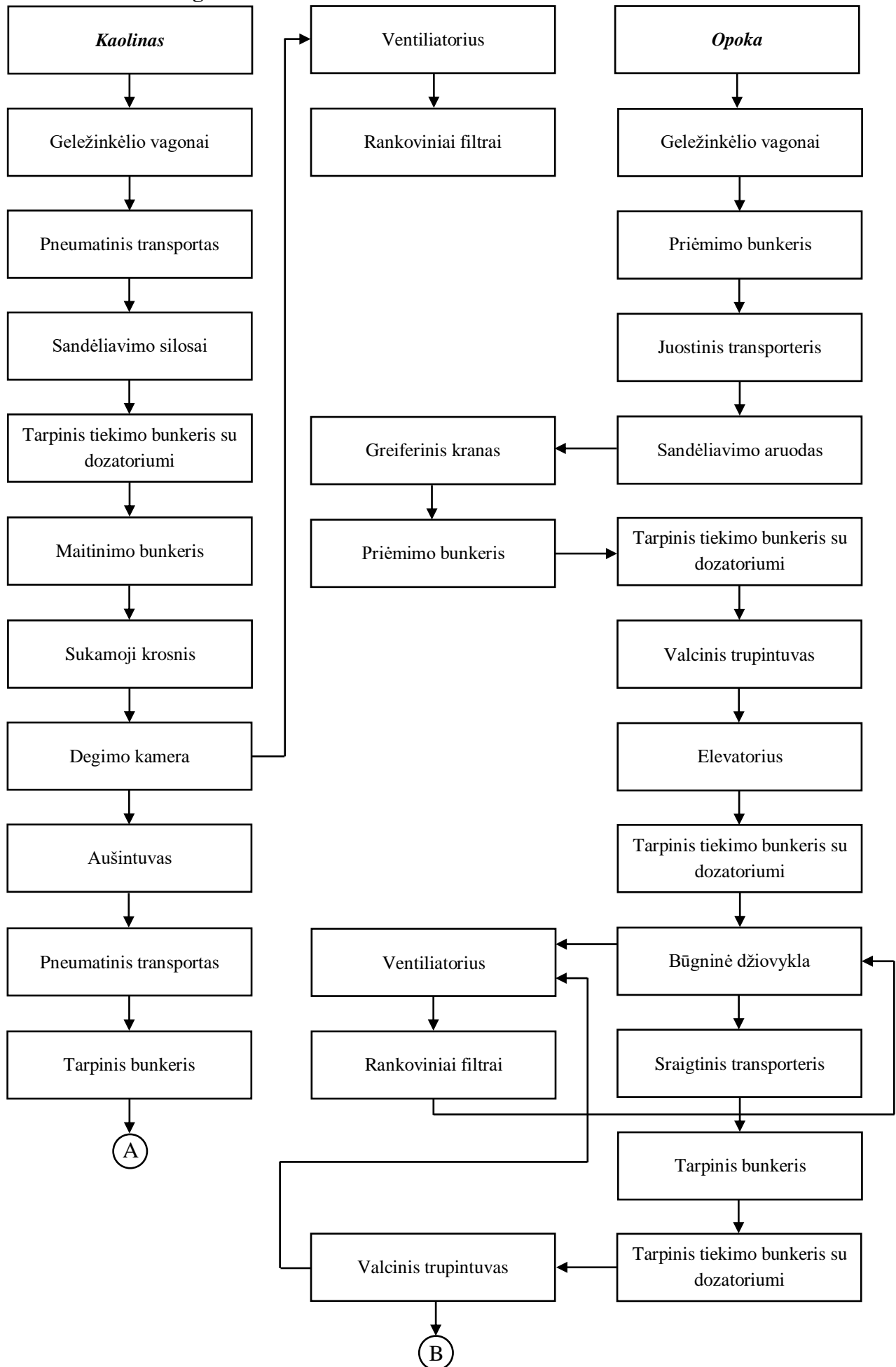
Kaolino charakteristikos - kaolianas yra tiekiamas iš Čekijos, frakcija 2 – 10 μm, drėgmė iki 1 %, piltinis tankis 400 – 600 kg/m³, tankis 2650 kg/m³, mineralinė bei cheminė sudėtys pateiktos 4 ir 5 lentelėse. Bendras kaolinito kiekis kaoline turi būti bent 65 %, bendras priemaišų kiekis negali viršyti 3 %.

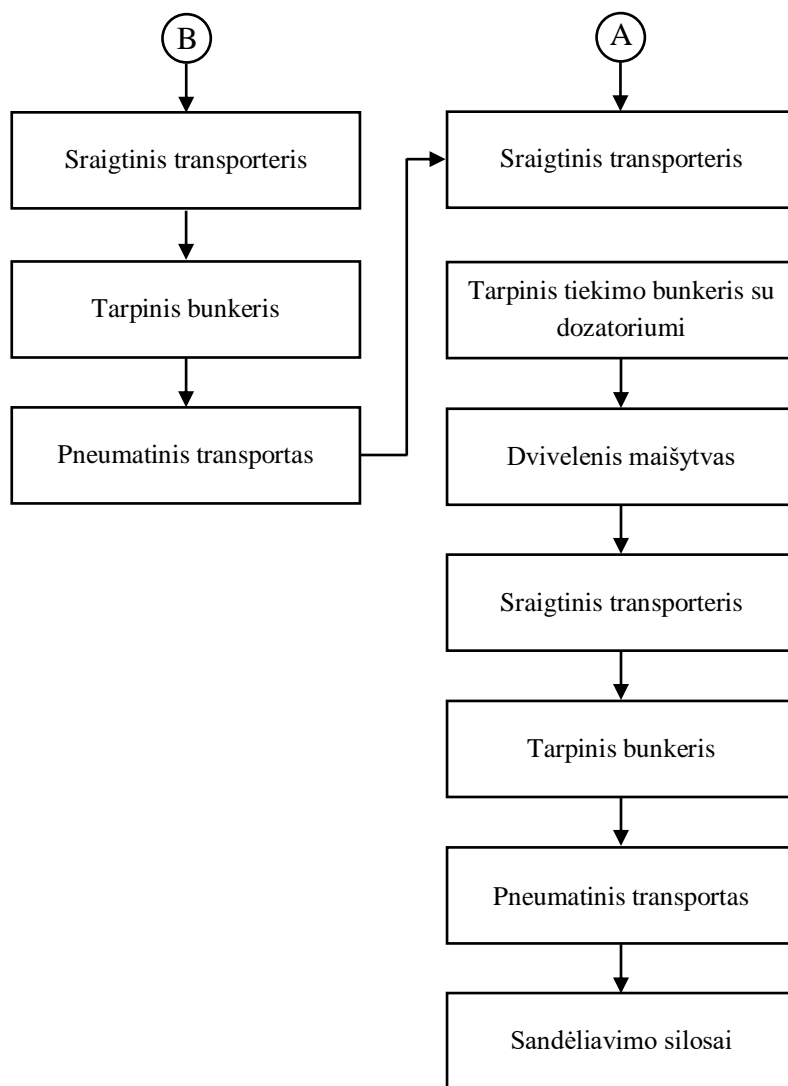
Opokos charakteristikos – opoka yra tiekiamas iš Stoniškių karjero, frakcija 9 – 15 cm, drėgmė iki 6 %, tankis 1340 kg/m³, cheminė sudėtis pateikta 3 lentelėje, bendras priemaišų kiekis negali viršyti 3 %.

3.1.2. Gamybos būdas bei vieta

Projektuojamas priedo portlandcemenčiui, panaudojant opoka ir degtą kaoliną, gamybos cechas, įkuriamas Kauno šiaurės rytiniame pakraštyje – Palemone. Vietovėje įkuriamas naujas sudėtinio cemento priedo gamybos cechas. Gamybos cecho teritorija užima 2.8 ha plotą, teritorijoje keliai yra išasfaltuoti. Gamybos cechas užima strategiška gera vieta, jo teritorija ribojasi su Palemono geležinkelio krovinių stotimi, kur cechas turi privačia geležinkelio vėžės atšaka atvesta iki pačio gamybos echo, taip pat cecho teritorija yra netoli automagistralės (~ 1,2 km). Gamybos cechas turi visas svarbiausias komunikacijas – dujas, vandentiekį, elektra ir telekomunikacijas. Cechui turint ypač gera susisiekimą, dėl kurio žaliavų ir produkcijos transportavimo išlaidos bus pigesnės, suteikiant, projektuojamai įmonei, konkurencinį pranašumą. Planuojamas naujo cecho našumas – 100000 tūkst. t/metus. Sklype bus projektuojamas naujas gamybinis pastatas.

3.1.3. Technologinė schema





13 pav. Principinė gamybos technologinė schema

3.1.4. Priedo Portlandcemenčiui gamybos technologinio proceso aprašymas

Priedo Portlandcemenčiui gamyboje naudojama opoka ir kaolinas. Kaolinas kartu su opoka atvežami į cechą geležinkelio bėgiais vagonuose.

Toliau kaolinas, kurio drėgmė iki 1 %, pneumatiniu transportu, transportuojamas į silosus, kur jis yra sandėliuojamas. Priedo gamybai reikalingas kiekis kaolino, pneumatiniu transportu transportuojamas iš silosų į dozavimo bunkerį, kuris tiekia pasverta kiekį kaolino maitinimo bunkeriu, iš kurio kaolinas tolygiai tiekiamas sukamajai krosniai termiškai apdoroti 600 °C temperatūroje, 60 min. Degtas kaolinas (metakaolinas), po sukamosios krosnies, išbyra iš degimo kameros į aušintuvą, kur jis atvėsta, nuo 400 °C iki 40 °C temperatūros, o susidariusios dulkės degimo metu, ventiliatoriais surenkamos filtruose. Po kaolino degimo, karštos dujos yra utilizuojamos ir nukreipiamos į būgninę džiovyklą opokai džiovinti. Ataušęs metakaolinas, pneumatiniu transportu, tiekiamas į tarpinius bunkerius, kur jis laikomas. Prireikus metakaolino, priedo gamybai, jis, pneumatiniu transportu transportuojamas iki dozavimo bunkerių, esančių prieš dvivelenį maišytuvą.

Opoka, kurios drėgmė siekia 6 %, o dydis 15 cm, yra išverčiama iš geležinkelio vagonų į priėmimo bunkerį iš kurio, ji juostiniu transporteriu gabenama į sandėliavimo aruodą. Greiferinio kranu, opoka

yra transportuojama į priėmimo bunkerį, toliau, iš jo, į bunkerį su dozatoriumi, kuris tolygiai ją tiekia valciniui trupintuvui sutrupinti. Sutrupinta opoka, kurios dalelių dydis siekia 8 mm, elevatoriumi tiekama į bunkerį su dozatoriumi, kuris tolygiai tiekia ją į būgninę džiovyklą. Opoka džiovinama 1 h, 200 °C temperatūroje. Išdžiūvusi opoka, iki 1 % drėgmės, sraigtiniu transporteriu tiekama link rutulinio malūno, susidariusios dulkės iš būgninės džiovyklos, ventiliatoriais ir filtrais, sugaunamos, o karštos dujos rekuperuojamos. Po rutulinio malūno, sumalta opoka sraigtiniu transporteriu tiekama link tarpinių bunkerių iš kurių pneumatiniu transportu, transportuojama link dozavimo bunkerių esančių prieš dvivelenį maišytuvą.

Paruošta opoka su metakaolinu, dozuojami tinkamomis proporcijomis į dvivelenį maišytuvą. Paruoštas priedas iš maišytuvo, sraigtiniu transporteriu, tiekiamas į tarpinį bunkerį iš kurio pneumatiniu transportu transportuojamos į produkto sandėliavimo silosus. Iš silosų produktas parduodamas pirkėjui. Technologinė schema pavaizduota 13 pav.

3.2. Gamybos apimtys ir žaliavų balanso skaičiavimai

Projektuojama priedo Portlandcemenčiui gamyba, kurios metinė apimtis – 100 tūkst. t/metus. Gamybos apimtis, priedo sudėtis ir gamybos nuostoliai pateikti 9 lentelėje, o projektuojamo gamybos cecho darbo režimas 10 lentelėje.

9 lentelė. Duomenys skaičiavimams

Priedo komponentų sudėtis ir charakteristikos	
Kaolinas	
Kiekis mišinyje, %	30
Drėgmė, %	iki 1
Nuostoliai degimo metu, %	12,1
Nuostoliai paruošimo metu, %	1
Nuostoliai sandėliavimo metu, %	0,5
Opoka	
Kiekis mišinyje, %	70
Drėgmė, %	iki 6
Nuostoliai paruošimo metu, %	1
Nuostoliai sandėliavimo metu, %	0,5

Cecho darbo režimas įvertinamas pagal sukamosios krosnies darbo našumą ir įrenginių profilaktinės priežiūros ir remonto laiką. Sukamosios krosnies našumas – 240 t/parą, skiriamas laikas įrenginiu priežiūrai ir remontui – 1 mėnesis (vidutiniškai 31 dienos).

10 lentelė. Cecho darbo režimas

Darbo trukmė per metus, paromis	334
Pamainų skaičius per parą, vnt	3
Pamainos trukmė, h	8
Darbo dienų skaičius savaitėje, vnt	7
Darbo mėnesių skaičius metuose, vnt	11

Cecho priedo gamybos procesas yra nepertraukiamas. Užsibrėžtoms gamybos apimtims (100 tūkst. t/metus) pasiekti, darbuotojai dirbs 11 mėnesių per metus, 7 dienas per savaitę, 8 valandų pamainomis.

3.2.1. Gamybos nuostolių skaičiavimas

Gamybos metu patiriami įvairi žaliavų nuostoliai, ar tai būtų sandėliavimo ar medžiagos apdorojimo metu. Norint sužinoti tikruosius žaliavų kiekius, reikalingus pasiekti gamybos apimtis, apskaičiuojami gamybos nuostoliai.

Sandėliavimo nuostoliai

Sandėliavimo metu susidaro 0,5 % produkto nuostolių. Todėl per metus reikalingas produkto kiekis pasiekiantis sandėliavimo silosus turi būti:

$$Produktas = 100000 \times \frac{100}{100 - 0,5} = 100502,51 \text{ t/metus};$$

Tada

$$OP_{prod} = 100502,51 \times 0,7 = 70351,76 \text{ t/metus};$$

$$K_{prod} = 100502,51 \times 0,3 = 30150,75 \text{ t/metus};$$

Čia: OP_{prod} – opokos dalies kiekis produkte, įvertinus sandėliavimo nuostolius, t/metus; K_{prod} – kaolino dalies kiekis produkte, įvertinus sandėliavimo nuostolius, t/metus.

11 lentelė. Priedo Portlandcemenčiui sandėlio medžiagų balansas

Sandėlio skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
Opoka	t	70351,76	6395,62	213,19	71,06	8,88
Kaolinas		30150,75	2740,98	91,37	30,46	3,81
Suma		100502,51	9136,59	304,55	101,52	12,69

Degimo nuostoliai

VTA analizės metu nustatyta, kad kaolinas degimo metu, 600 °C temperatūroje, paranda iki 14,1 % savo masės. Todėl per metus, sukamąja krosnį pasiekiantis kaolino kiekis turi būti:

$$K_{krosn} = 30150,75 \times \frac{100}{100 - 14,1} = 35099,83 \text{ t/metus};$$

Čia: K_{krosn} – kaolino kiekis įvertinus degimo (terminio apdorojimo) nuostolius, t/metus.

12 lentelė. Kaolino degimo medžiagų balansas

Sandėlio skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
Kaolinas	t	35099,83	3190,89	106,36	35,45	4,43

Džiovinimo nuostoliai

Priimame, kad medžiaga yra sausa, kai jos drėgmė siekia iki 1 %. Šiuo atveju, nes kaolino drėgmė siekia iki 1 %, apskaičiuojame, tik opokos džiovinimo nuostolius. Todėl per metus, džiovinimo krosnį pasiekiantis opokos kiekis turi būti:

$$OP_{Džiovis} = 6 - 1 = 5 \%;$$

Čia: $OP_{Džiovis}$ – opokos džiovinimo nuostoliai, %:

Tada

$$OP_{Džiovis.k} = 70351,76 \times \frac{100}{100 - 5} = 74054,48 \text{ t/metus};$$

Čia: $OP_{Džiovis.k}$ – opokos džiovinimo nuostoliai, t/metus.

13 lentelė. Opokos džiovinimo medžiagų balansas

Sandėlio skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
Opoka	t	74054,48	6732,23	224,41	74,80	9,35

Paruošimo nuostoliai

Priedo gamybos proceso metu, žaliavos yra transportuojamos, apdirbamos, laikomos (bunkeriuose) ir t. t. Vykstant šiems gamybos procesams pasireiškia žaliavų nuostoliai. Nuostoliams įvertinti priimame, kad patiriami nuostoliai yra 1 %. Todėl galutinis žaliavų kiekis pasiekiantis gamybos cechą turi būti:

$$OP_{Paruoš} = 74054,48 \times \frac{100}{100 - 1} = 74802,51 \text{ t/metus};$$

$$K_{Paruoš} = 35099,83 \times \frac{100}{100 - 1} = 35454,37 \text{ t/metus};$$

Čia: $OP_{Paruoš}$ – opokos paruošimo nuostoliai, t/metus; $K_{Paruoš}$ – kaolino paruošimo nuostoliai, t/metus.

Gauti duomenys suvedami į suvestinę lentelę:

14 lentelė. Žaliavų balansas

Sandėlio skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
Opoka	t	74802,51	6800,23	226,67	75,56	9,45
Kaolinas		35454,37	3223,13	107,44	35,81	4,48
Suma		110256,88	10023,35	334,11	111,37	13,92

3.3. Gamybai reikalingi įrenginiai ir jų skaičiavimai

3.3.1. Kaušinis elevatorius

Kaušiniai elevatoriai naudojami siekiant pakelti žaliavas, produktus, ar kitas medžiagas į tam tikrą aukštį. Tai atliekama siekiant taupyti vieta gamybos ceche, arba dėl įrenginio į kurį tiekiamos medžiagos matmenų, ar vietos. Kaušiniaus elevatoriais gali būti tiekiamos birios ir gabalinės medžiagos vertikaliai arba kampu.

Portlandcemenčio priedo gamybos ceche, naudojami elevatoriai yra išdėstyti 70° kampu. Skaičiuojamas elevatorius tieks termiška apdorota kaolina (metakaolina) į tarpinius bunkerius. Kaušinio elevatoriaus aukštis 20 m.

Apskaičiuojamas elevatoriaus kaušo našumas:

$$G_h = 3,6 \times 10^{-3} \times \frac{a}{s} \times w \times \psi \times \rho;$$

Čia: G_h – elevatoriaus kaušo našumas, t/h; a – kaušo tūris, dm^3 ($a = 6 \text{ dm}^3$); s – žingsnis tarp kaušų, m (priimamas, kaip 1,5 m); w – kaušų judėjimo greitis, m/s ($w = 1 \text{ m/s}$); ψ – kaušų pripildymo koeficientas (priimamas, kaip 0,75); ρ – keliamos medžiagos piltinis tankis, kg/m^3 ($\rho = 890 \text{ kg/m}^3$);

$$G_h = 3,6 \times 10^{-3} \times \frac{8}{1,5} \times 1 \times 0,75 \times 890 = 12,82 \text{ t/h.}$$

Apskaičiuojama elevatoriaus vieno išilginio metro masė ir reikalinga galia traukos įtaise:

$$q_t = k_l \times G_h;$$

Čia: q_t – elevatoriaus 1 išilginio metro masė, kg/m; k_l – koeficientas įvertinantis elevatoriaus tipą ($k = 0,45$);

$$q_t = 0,45 \times 12,82 = 5,77 \text{ kg/m;}$$

Taigi,

$$N_k = 0,0267 \times G_h \times H \times \left(1 + \omega_c \times \text{ctg}\beta + \frac{q_t \times w \times (7,4 \times \omega_c \times \text{ctg}\beta + A)}{G_h} + \frac{k \times w^2}{H} \right);$$

Čia: N_k – elevatoriaus variklio galia, kW; H – elevatoriaus aukštis, m; ω_c – bendras pasipriešinimo koeficientas ($\omega_c = 0,07$); β – elevatoriaus pasvirimo kampas, ° ($\beta = 70^\circ$); A – koeficientas įvertinantis elevatoriaus kaušų tipą ($A = 1,5$); k – koeficientas įvertinantis energijos sąnaudas kaušams pripildyti ($k = 0,4$);

$$N_k = 0,0267 \times 12,82 \times 20 \times \left(1 + 0,07 \times \text{ctg}70 + \frac{5,77 \times 1 \times (7,4 \times 0,07 \times \text{ctg}70 + 1,5)}{4,81} + \frac{0,4 \times 1^2}{20} \right) =$$

$$= 32,27 \text{ kW.}$$

Apskaičiuojama elevatoriaus variklio galia įvertinus galios atsargas ir naudingumo koeficientą:

$$N_v = \frac{1,25 \times N_k}{\eta};$$

Čia: N_v – reikalinga elektros variklio galia, kW; η – variklio naudingumo koeficientas (priimamas, kaip $\eta = 0,85$);

$$N_v = \frac{1,25 \times 32,27}{0,85} = 47,46 \text{ kW.}$$

Elevatoriaus parinkimui supaprastinti, parenkamas elevatorius su 50 kW galios varikliu.

3.3.2. Bunkerių skaičiavimai

Bunkeriai naudojami medžiagos atsargai gamyboje kaupti, bei tolygiai tiekti žaliavas įrenginiams.

Šiuo atveju Portlandcemenčio priedo gamybos ceche bus apskaičiuojamas tarpinis bunkeris, tiekiantis opoka būgninei džiovyklai. Tarpinis bunkeris, kartu su anga yra kvadrato formos.

Apskaičiuojamas reikalingas gamybai opokos tūris, m³:

$$V_{opv} = \frac{m_{op}}{\rho};$$

Čia: V_{opv} – valandai reikalingas opokos tūris; m_{op} – valandai reikalingas opokos kiekis, t/h (kiekis parenkamas didesnis rezervui sudaryti $m_{op} = 12$ t/h); ρ – opokos tankis; t/m³ ($\rho = 1,34$ t/m³).

$$V_{opv} = \frac{12}{1,34} = 8,96 \text{ m}^3.$$

Reikalinga bunkerio talpa sutrupintai opokai, m³:

$$V_r = \frac{V_{opv} \times n}{k_{prip}};$$

čia: V_{opv} – valandai reikalingas opokos kiekis, m³; n – valandų skaičius; k_{prip} – bunkerio pripildymo koeficientas ($k_{prip} = 0,8$);

$$V_r = \frac{8,96 \times 1}{0,8} = 11,2 \text{ m}^3.$$

Mažiausi kvadrato formos iškrovimo angos matmenys, įvertinant angos geometrinę formą ir dalelių dydį:

$$a = \frac{k \times (d_{max} + 80) \times \text{tg}\varphi}{1000};$$

čia: a – kvadrato formos išbyrėjimo angos kraštinė, m; d_{max} – didžiausių medžiagos gabaliukų skersmuo, mm; φ – medžiagos laisvo byrėjimo kampas (priimame 45°); k – koeficientas ($k = 4$);

$$a = \frac{4 \times (8 + 80) \times 1}{1000} = 0,352 \text{ m.}$$

Parenkami bunkerio korpuso matmenys ($A = 3$ m) ir apskaičiuojamas bunkerio smaigalio aukštis h_I :

$$h_I = \frac{A - a}{2} \times \text{tg}\gamma;$$

čia: γ – bunkerio smaigalio sienelių nuolydžio kampas, kuris yra daromas $5 - 10^\circ$ didesnis už žaliavos laisvo byrėjimo kampa φ ;

$$h_1 = \frac{2,5 - 0,352}{2} \times 1,428 = 1,53 \text{ m.}$$

Projektuojamo bunkerio talpą V sudaro dviejų bunkerio dalių (korpuso V_1 ir smaigalio V_2) talpų suma:

$$V = V_1 + V_2;$$

Stačiakampio bunkerio talpa, m^3 (priimame $h = 2$):

$$V_1 = A \times B \times h;$$

$$V_1 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ m}^3.$$

Taisyklingos keturkampės nupjautos piramidės tūris:

$$V_2 = \frac{1}{3} \times h_1 \times (a^2 + a \times A + A^2);$$

čia: a – smaigalio piramidės apatinės ir viršutinės plokštumų kraštinės;

$$V_2 = \frac{1}{3} \times 1,53 \times (0,352^2 + 0,352 \times 2,5 + 2,5^2) = 3,69 \text{ m}^3;$$

Taigi,

$$V = 8 + 3,69 = 11,69 \text{ m}^3.$$

Skaičiavimai pakartojami ir kitiems bunkeriams.

3.3.3. Sandėliavimo aruodas

Priedo portlandcemenčiui gamyboje sandėliavimo aruodas yra naudojamas opokos atsargoms laikyti. Sandėliavimo aruode laikomas opokos kiekis, gali įvykdyti 10 parų gamyba.

Sandėliuojamas žaliavos kiekis m , t:

$$m = G_{op} \times n = 226,67 \times 10 = 2266,7 \text{ t};$$

čia: G_{op} – reikiamas opokos kiekis vienos dienos gamybai įvykdyti, t; n – opokos laikymo sandėlyje trukmė paromis.

Sandėlyje laikomos opokos tūris, V , m^3 :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{2266,7 \times 1000}{1340} = 1691,57 \text{ m}^3;$$

čia: m – saugomos opokos masė, kg; ρ – opokos piltinis tankis, kg/m^3 .

Sandėlyje opokos užimtas aruodo plotas S , m^2 :

$$S = \frac{V \times K_1}{H \times K_2} = \frac{1691,57 \times 1,2}{6 \times 0,8} = 422,89 \text{ m}^2;$$

čia: H – žaliavos sandėliavimo aukštis, m; K_1 – koeficientas, įvertinantis remonto aikštelių ir bunkerių užimamą plotą (priimame 1,2); K_2 – koeficientas, įvertinantis krūvos forma (priimame 0,8).

Bendrasis sandėlio plotas S_b , m²:

$$S_b = S \times 1,2 = 422,89 \times 1,2 = 507,47 \text{ m}^2.$$

Aruodo ilgis L , m:

$$L = \frac{S}{B} = \frac{507,47}{20} = 25,37 \text{ m};$$

čia: B – aruodo plotis (priimame 20 m).

3.3.4. Valcinis trupintuvas

15 lentelė. Valcinio trupintuvo specifikacija

Modelis		WB – 46x100-M
Našumas, t/h (tarpas tarp valcų 8 mm)		60
Lėtojo veleno variklio galia, kW		37
Greitojo veleno variklio galia, kW		45
Velenų diametras, mm		1000
Svoris, t		10
Įrenginio išmatavimai, mm	Ilgis	–
	Plotis	–
	Aukštis	–

3.3.5. Būgninė džiovykla

16 lentelė. Būgninės džiovyklos specifikacija

Modelis		Φ1500×12000
Sukimosi greitis, aps/min		2 – 6
Našumas, t/h		3,5 – 9
Maksimali temperatūra, °C		800
Variklio galia, kW		15
Svoris, t		17,8
Įrenginio išmatavimai, mm	Ilgis	12000
	Plotis	1500
	Aukštis	2200

3.3.6. Rutulinis malūnas

17 lentelė. Rutulinio malūno specifikacija

Modelis	Φ1830×4500	
Sukimosi greitis, aps/min	36	
Našumas, t/h	4,5– 12	
Iškraunamų dalelių dydis, mm	0,074 – 0,4	
Variklio galia, kW	155	
Svoris, t	13,8	
Įrenginio išmatavimai, mm	Ilgis	4500
	Plotis	1830
	Aukštis	2300

3.3.7. Sukamoji krosnis

18 lentelė. Sukamosios krosnies specifikacija

Modelis	-	
Sukimosi greitis, aps/min	2	
Našumas, t/h	10	
Polinkio kampas, °	4	
Variklio galia, kW	40	
Svoris, t	6	
Futeruote sudaranti medžiaga	šamotinės ir chromomagnezitinės plytos	
Įrenginio išmatavimai, mm	Ilgis	40000
	Išorinis skersmuo	3000
	Vidinis skersmuo	2700

3.4. Statybiniai sprendimai

3.4.1. Bendri duomenys

Projektuojamos gamybinio pastato veikla – priedo portlandcemenčiui gamyba panaudojant opoka ir termiškai apdorotą kaoliną. Projektuojamas gamybos cechas randasi Kauno šiaurės rytiniame pakraštyje – Palemone. Gamyklos teritorija užima 2,9 ha plotą. Statybai buvo parinkta aikštelė lygiu reljefu. Vanduo gamybai ir kitoms reikmėms imamas iš UAB „Kauno vandenys“ vandentiekio. Gamtinės dujos šilumos energijai išgauti (degimui), kartu su elektros energija gaunama iš ESO dujotiekio ir elektros energijos tinklų.

19 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1.	Sklypas		
	Sklypo plotas	ha	2,9
	Statinių užimtas žemės plotas	m ²	3981
	Apželdintas žemės plotas (žalasis plotas)	m ²	1390
	Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	26
2.	Pastatai		
	Paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		
	Bendras plotas:	m ²	3981
	Pagrindinis	m ²	3645
	Pagalbinis	m ²	336
	Pagrindinių pastatų tūris	m ³	71657
	Aukštų skaičius	vnt.	1
	Pastato aukštis	m	20
Pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m ²	I	

3.4.2. Sklypo planas

Kadangi į projektuojama gamybos cechą yra atvežama daug žaliavos, bei išvežama daug produktų, cecho sklypas buvo pasirinktas šalia kelio ir geležinkelio siekiant sumažinti gabenamų žaliavų kaštus. Gamybos cecho teritorijoje numatyta erdvė ir keliai automobilių transportui ir krovininių automobilių apsisukimui. Šie keliai yra reikalingi darbininkų atvežimui į darbo vietas, bei patogiam avarinių tarnybų privažiavimui avarijos metu ar įvykus nelaimingam atsitikimui. Automobilių kelio plotis 4 – 6 m. Darbuotojams vaikščioti yra atžymimi 1 m pločio asfaltuoti takeliai bei reikalingos perėjos. Takeliai, esantys pakelėse, yra ne mažesniu kaip 0,8 m atstumu nuo kelio.

3.4.3. Projektuojamo pastato sprendimai

Projektuojami gamybiniai pastatai bus statomi greta geležinkelio bėgių. Pastatų ilgiai $L = 39,7$ ir $43,14$ m, plotis $B = 55,14$ ir $37,14$ m, aukštis $H = 20$ m. Pastato statybai naudojamos plieninės konstrukcijos ir perdangos su gelžbetoninėmis laikančiosiomis kolonomis, išdėstytomis pastatų kraštuose, šonuose ir viduje. Kolonos laikančios greiferinį kraną yra pastorintos, didesniems svoriams atlaikyti. Pastato kolonos išdėstytos tinkleliu, kurio išmatavimai 6×6 m., su tarpais esančiais pastato viduje (maksimalus tarpas tarp 2 kolonų – 36 m.), naudingam plotui taupyti.

3.4.4. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara

Projektuojamų pastatų aukštis nuo nulinės alt. iki laikančių konstrukcijų yra 69 m. Darbuotojų higienai palaikyti, darbo metu, pastate numatomi sanitariniai mazgai, kartu su darbuotojų rūbinėmis, virtuvėle ir poilsio kambariu. Išorinės sienos projektuojamos iš daugiasluoksnių plokščių su PIR užpildu. Darbuotojų patalpų išorinės sienos projektuojamos iš plytų, garsui sumažinti, vidinės sienos karkasinės, užpildytos garso izoliacija ir užkaltos gipso kartono plokštėmis. Pastato grindys liejamos iš betono. Grindų irimui sumažinti liejamas papildomas išlyginamasis sluoksnis, sumaišytas su

specialiu kietikliu. Lauko vartai apšiltinti, varstomi, su sandarikliais. Stoguose projektuojami, nevarstomi, stoglangiai, iš plastikinių profilių ir standartinių 3 sluoksnių stiklo paketų. Pamatai projektuojami iš gelžbetonio.

Apdaila atliekama tik darbuotojų patalpoms, gipso kartono sienas išlyginant naudojant glaistus, higienos mazgų sienas išklojant plytelėmis.

3.4.5. Darbuotojų higienos sprendimai

Darbuotojams esamos sanitarinės ir higienos patalpos, suprojektuotos pagal 2003-04-24 LR Vyriausybės nutarimo Nr. 501 „Dėl buities, sanitarinių ir higienos patalpų įrengimo reikalavimų“: Vienas unitazas skiriamas 18 vyrų arba 12 moterų; vienas pisuaras skiriamas 18 vyrų; viena rankų praustuvė skiriama 48 vyrams arba moterims; atskirai įrengiami higieniniai dušai vyrams ir moterims atskirai. Šalia esamame pastate esantys 2 sanitariniai mazgai pilnai tenkina darbuotojų poreikius. Atstumas nuo darbo vietų gamybos patalpose iki tualetų, poilsio patalpų ne didesnis kaip 75 metrai. Persirengimo patalpos, dušai, prausyklos, tualetai įrengti atskirai moterims ir vyrams. Valgymo ir poilsio kambaryje vienam darbuotojui skiriama ne mažiau kaip 1 kv. metras, o viso kambario plotas didesnis kaip 22 kv. metrai.

3.5. Aplinkosauginis vertinimas

Aplinkosauginio vertinimas atliekamas siekiant nustatyti portlandcemenčio priedo gamybos cecho ir produkcijai gaminti naudojamų žaliavų poveikį aplinkai per visą projekto gyvavimo laikotarpį. Vertinimas atliekamas remiantis atitinkamais teisiniais dokumentais iš kurių pagrindinis yra „Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatymas“.

Portlandcemenčio priedo gamybai įvykdyti (100000 t/metus) naudojamos dvi pagrindinės žaliavos – opoka ir kaolinas. Opoka yra pagrinde sudaryta iš amorfinio SiO_2 ir mažesnės dalies CaCO_3 , o kaolinas yra mišinys tarp molio mineralo – kaolinito ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), smėlio (SiO_2 kvarco), žėručio ir įvairių priemaišų. Opoka ir kaolinas yra natūraliai gamtoje randamos uolienos ir nėra nei toksiškos, nei kenksmingos žmogui ar aplinkai.

Gamybos cechas yra įkuriamas Kauno miesto šiaurės rytiniame pakraštyje – Palemono teritorijoje. Atsižvelgiant į vykstančius gamybos procesus, sanitarinės apsaugos zona (SAZ) remiantis „Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų“ įstatymų [17], yra 100 metrų.

3.5.1. Naudojamų žaliavų ir gamybos cecho duomenys

20 lentelė. Sunaudojamų žaliavų ir produkto gamybos kiekiai

Žaliavos	Kiekis per metus, t
Opoka	74802,51
Kaolinas	35454,37
Produktas	
Portlandcemenčio priedas	100000

Portlandcemenčio priedo gamyboje naudojama opoka ir kaolinas yra nepavojingi, todėl nekliamas joks specialus žaliavų saugojimo reikalavimas. Kaolinas dėl patogumo ir energijos kaštų taupymo,

saugojamas drėgmei nepralaidžiuose silosuose, o opoka sandėliuojama po stogu atskirame sandėliavimo aruode.

Gamybos cechą turi visas reikalingas, gamybai ir darbuotojams, komunikacijas. Vanduo gaunamas iš UAB „Kauno vandenys“ vamzdinių, kur įmonė, taip pat, pasirūpina ir nuotekomis. Vanduo naudojamas, tik darbuotojams aprūpinti (gėrimui, higienos reikmėms) ir gamyboje nedalyvauja.

Gamybos cecho patalpos nėra šildomos, išskyrus darbuotojų poilsio, higienos ir persirengimo kambarius. Sunaudojamas elektros energijos kiekis gamybos ceche stipriai nekinta, bet yra įtakojamas metų laiko ir gamybos apimtys.

Sukamoji krosnis naudoja gamtines dujas degimui atlikti, kurios gaunamos iš ESO tinklų. Po degimo susidariusios karštos dujos yra rekuperuojamos atgal į krosnį ir vėliau tiekiamos į būgninę džiovyklą. Rekuperuojant degimo produktus sumažinamas reikiamas energijos kiekis gamybai įvykdyti. Apskaičiuoti reikalingi energetiniai poreikiai su kainomis pateikiami 3.3.6. skyrelyje „Gamybos kaštai“.

3.5.2. Fizikinė tarša

Portlandcemenčio priedo gamybos metu, įrenginiai skleidžia triukšmą (fizikinę taršą). Remiantis higienos norma HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ [18] atliekama fizikinės taršos analizė.

21 lentelė. Fizikinės taršos analizė

Taršos šaltinis	Šaltinių skaičius	Taršos šaltinių skleidžiamas taršos lygis, db	Maksimali leistina taršos norma, pagal higienos normas, db
Sukamoji krosnis	1	70	50
Būgninė džiovykla	1	65	50
Rutulinis malūnas	1	80	50
Trupinimo valcai	1	75	50
Dvivelenis maišytuvas	1	60	50

Iš rezultatų matyti, kad įrenginiai viršija leistiną maksimalią triukšmo normą. Triukšmui sumažinti prie įrenginių montuojamos stumdamos perdangos, o darbuotojams suteikiamos asmeninės apsaugos priemonės ir skiriamos papildomos, ilgesnės pertraukos, dirbant prie aukštą triukšmą skleidžiančių įrenginių. Šie sprendimai atliekami siekiant užtikrinti komfortišką bei efektyvų darbą gamybos ceche.

3.5.3. Atliekų tvarkymas

Priedo portlandcemenčiui gamybos metu neišvengiamai susidaro atliekos kurioms reikia numatyti likvidavimo arba perdirbimo būdus darbovietėje, ar už jos ribų. Remiantis Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymu įvertinami susidarančių atliekų srautai, kiekiai ir jų tvarkymo būdai. Atliekų tvarkymo duomenys pateikiami 22 lentelėje.

22 lentelė. Atliekos, jų kiekiai ir tvarkymo būdai

Technologinis procesas	Atliekos rūšis	Preliminarus atliekų kiekis per metus, t	Agregatinis būvis	Atliekų pavojingumas (0 – nepavojinga, 1 – pavojinga)	Numatomi atliekų tvarkymo būdai
Priedo portlandcemenčiui gamyba	Užteršta alyva	0,02	Skysta	1	Perduodama regeneruoti galinčiai įmonei arba teršalus šalinančiai
	Alyvuotas gruntas	1,2	Kieta	1	Perduodama teršalus šalinančiai įmonei
	Alyvuoti skudurai	0,15	Kieta	1	Perduodama teršalus šalinančiai įmonei
	Vanduo	800	Skysta	0	Vandens kanalizacija
	Gamybinis brokas	1000	kieta	0	Perdirbama gamybos ceche

3.5.4. Nuotekų teršalų balansas

Portlandcemenčio priedo gamyboje, vanduo nėra naudojamas, išskyrus vykdant įrenginių priežiūrą ar palaikant bendrą tvarką. Buitinėms reikmėms sunaudotas vanduo patenka į kanalizaciją ir yra pašalinamas. Sunaudoto vandens kiekio duomenys pateikiami 23 lentelėje.

23 lentelė. Nuotekų teršalų balansas

Nuotekų susidarymo būdai	Paros nuotekų kiekis, m ³		Vidutinis metinis nuotekų kiekis, m ³	Bendras metų nuotekų kiekis, m ³
Buičiai	Virtuvė	0,08	26,72	704,74
	Duškai/WC	2,0	668	
	Laboratorija	0,03	10,02	

3.5.5. Oro tarša

Vykstant portlandcemenčio priedo gamybai, į aplinkos orą yra išmetami teršalai galintys neigiamai paveikti aplinką. Didžiausia oro užterštumą portlandcemenčio priedo gamybos ceche, sukelia anglies dvideginis (CO₂), kuris išsiskiria degant kurą (gamtinės dujas) sukamojoje krosnyje. Iš sukamosios degimo krosnies į aplinką, taip pat patenka anglies monoksidas (CO), sieros dioksidas (SO₂), azoto oksidai (NO_x) bei kietosios dalelės.

Gamyboje naudojama žaliavos: opoka ir kaolinas yra nekenksmingos žmogaus sveikatai ir natūraliai nepasižymi dideliu dulkiškumu. Tačiau perkamas kaolinas atvyksta miltelių formoje su drėgme mažesne, nei 1 %, o opoka yra trupinama, džiovinama ir malama. Esant mažai drėgmei ir vykstant mechaniniam žaliavų apdorojimui ir transportavimui, susidaro nemažas kiekis kietųjų dalelių (dulkių). Dulkiškumui sumažinti gamybos medžiagų transportui naudojamas pneumatinis transportas ir sraigtiniai transporteriai.

Siekiant sumažinti susidarančią oro taršą gamybos ceche įrengiami filtrai. Filtrai parenkami atsižvelgiant į skleidžiamus taršos šaltinius. Teršalai ir jų kiekių duomenys pateikiami 24 lentelėje.

24 lentelė. Taršos šaltinių duomenys.

Taršos šaltiniai					Išmetamųjų dujų rodikliai			Teršalų išmetimo trukmė, val
Pavadinimas	Nr.	Koordinatės	Aukštis, m	Išmetimo angos matmenys, m	Srauto greitis, m/s	Temperatūra, °C	Tūrio debitas, Nm ³ /s	
Sukamoji krosnis	030326	-	6	2,5	-	120	14,8	24

Nustačius taršos šaltiniu ir jų fizinius duomenis, toliau 25 lentelėje pateikiami taršos dydžiai.

25 lentelė. Tarša į aplinko orą

Proceso (veiklos) pavadinimas	Taršos šaltinis		Teršalai		Numatoma tarša			
	Pavadinimas	Nr.	Pavadinimas	Kodas	Momentinis dydis			Matinė, t/m
					Vnt.	Vidut.	Maks.	
Kaolino degimas	Sukamoji krosnis	030326	CO	177	µg/m ³	5	10	0,385
			SO ₂	1753	µg/m ³	10	20	0,768
			NO _x	250	µg/m ³	15	30	1,115
			Kietosios dalelės	6493	µg/m ³	10	20	0,980

Naudojamų taršos šaltinių mažinimo prietaisai pateikti 26 lentelėje.

26 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai

Taršos šaltinio Nr.	Valymo įrenginiai		Teršalai		Prieš valymą		Po valymo		Valymo efektyvumas, %
	Pavadinimas	kodas	Pavadinimas	kodas	Vidut. Vienk.	t/metus	Vidut. Vienk.	t/metus	
Sukamoji krosnis	HEPA markės rankovinis filtras	-	Kietosios dalelės	6493	-	0,980	-	0,002	99,8

3.5.6. Aplinkosauginio vertinimo išvados

Atlikus aplinkosauginį vertinimą, portlandcemenčio priedo gamybos cechui, daroma išvada, kad gamybos ceche veikiantys technologiniai procesai turi nedidelį poveikį aplinkai ir yra pakankamai draugiški. Didžiausia žala aplinkai gaunama gamtinių dujų degimo metu sukamojoje krosnyje, kur susidarę degimo produktai yra žalingi aplinkai. Aplinkos žalai sumažinti yra įrengiami filtrai ir rekuperacinės sistemos, leidžiančios karštus degimo projektus panaudoti kitiems procesams.

3.6. Ekonominiai sprendimai

3.6.1. Projektavimo ir diegimo aplinkos analizė

Kauno miesto šiaurės rytiniame pakraštyje – Palemono teritorijoje statomas naujas Priedo portlandcemenčiui iš opokos ir degto kaolino gamybos cechas. Projekto įgyvendinimo metu, bus perkami nauji įrenginiai su nauja sukamąją krosnimi

Šiam projektui įgyvendinti reikiamos išlaidos bus skiriamos iš privačių investuotojų lėšų, o trūkstamai daliai padengti, bus imama paskola iš banko. Priimama, kad 50 % projekto kainos dengia bankas.

Nauja įranga perkama iš Danijos ir Kinijos įmonių, įvertinant gamybos našumus, galima pritaikymą prie technologinės linijos, bei efektyvų įrangos išnaudojimo laipsnį. Šie įrenginiai pasirenkami iš viešai prieinamų katalogų, kurie skelbiami pardavėjų internetinėse svetainėse, o įrenginių specifikacijos pateiktos 3.3. skyriuje.

Skaičiuojant viso projekto kainą, priimama, kad nuo pilnos pagrindinių įrenginių kainos 13 % kainos sudaro įrenginių pristatymas ir montavimas. Tuo pačiu papildomų įrengimų kainą (bunkeriai transporteriai ir t. t.) priimama, kaip 22 % nuo bendros pagrindinių, bei papildomų įrenginių kainų sumos.

Gamybai skirtos žaliavos į gamybos cechą atkeliauja geležinkeliu, o žaliavų iškrovimas vyksta privačioje geležinkelio atšakoje. Transportavimas geležinkeliu leidžia sumažinti transportavimo kaštus, bei pagreitinti žaliavų transportavimą. Kaolinas perkamas jau išdžiovinintas ir sumaltas iš Čekijoje esančių įmonių (Importuotojas UAB „Eksparas“), o opoka perkama ir atsivežama, taip pat geležinkeliu iš Stoniškių miestelio.

3.6.2. Ilgalaikės turto vertės skaičiavimai

Projektui įgyvendinti pirmiausia apskaičiuojamos reikiamų technologinių įrengimų kainos, kartu su projektuojamų pastatų kaina. Skaičiavimai atliekami apytiksliai, remiantis apytikriais sąmatinės veiklos rodikliais.

27 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Vertė, Eur.
1.	Sukamoji krosnis su aušintuvu	2200000
2.	Dvivelenis maišytuvas	75000
3.	Trupinimo valcai	140000
4.	Rutulinis malūnas	180000
5.	Greiferinis kranas	60000
6.	Dulkių ir dujų valymo sistemos	150000
7.	Sandėliavimo silosai	85000
8.	Bunkerių dozatoriai	120000
9.	Pagalbiniai įrenginiai	662200
10.	Montavimo darbai	391300
Viso		4063500
PVM dydis (21 %)		871185
Viso (su PVM)		5019685

Prie ilgalaikių turto verčių priskiriama ir projektuojamų pastatų vertė. Pastatų vertė apskaičiuojama žinant pastatų plotą ir 1 m² kaina.

28. lentelė. Orientacinė projektuojamų pastatų kainos

Paskirtis	Statinio plotas, m²	Kaina, Eur/m²	Statinio statybos kaina
Gamybos patalpos	3981	350	1393350
Sandėliavimo aruodas	508	100	50800
Viso	4489	-	1444150

Pastaba: realus gamybos patalpų plotas išlieka toks pat, nes sandėliavimo aruodas statomas gamybinių pastatų viduje.

Apskaičiuotos technologinių įrenginių vertės, kartu su orientaciniu pastatų vertėmis suvedamos į bendrą lentelę (29 lentelė).

29 lentelė. Ilgalaikio turto vertė

Įrengimo pavadinimas	Vertė, Eur.
Pastatai	1444150
Technologiniai įrenginiai	5019685
Viso	6463835

3.6.3. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Apskaičiavus reikiamų įrenginių ir pastatų vertes bei įvertinus finansavimo šaltinius, gauti duomenys yra suvedami į bendrą lentelę.

30 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Eur.	Struktūra	Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	6463835	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	3507882,69
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	551930,37		2. Paskolos: ilgalaikės, trumpalaikės
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	-	3. Lėšos, kurias įmonei laikinai skolingi tiekėjai	
4. Kiti kaštai	-		
Viso:	7015765,37	Viso:	7015765,37

3.6.4. Trumpalaikio turto vertė

Toliau apskaičiuojamas apyvartinių lėšų poreikis, pirmaisiais (0) ir tolimesniais projekto gyvavimo metais. Duomenys nurodyti 31 lentelėje.

31 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, Eur.	-	8530278.89	8979240.93	8979240.93	8530278.89	8440486.48
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, Eur	-	2132569.72	2244810.23	2244810.23	2132569.72	2110121.62
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur	-	1492798.81	112240.5117	0.00	-112240.51	-22448.102
4. Apyvartinės lėšos, Eur	639770.92	2132569.72	2244810.23	2244810.23	2132569.72	2110121.619

3.6.5. Produkcijos gamybos apimtys

Prieš paleidžiant portlandcemenčio priedo gamybos linija, įvertinamas įrenginių dėvėjimosi koeficientas įtakojantis pagaminamos produkcijos kiekį. Pirmais gamybos cecho gyvavimo metais priimta, kad įsisavinimo koeficientas yra 80 %, 2–3 metais 100 %, 4 metais 90 % ir 5 metais 85 %.

32 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtys, t
		Portlandcemenčio priedas
1	0,8	80000.00
2	1	100000
3	1	100000
4	0,9	90000.00
5	0,85	85000.00

3.6.6. Gamybos kaštai**Tiesioginiai gamybos kaštai**

Apskaičiuojant gamybos kaštus įvertinami tiesioginiai ir netiesioginiai gamybos kaštai. Tiesioginiams gamybos kaštams priskiriami pagrindinių žaliavų, darbo užmokesčio su socialiniu ir sveikatos draudimu ir technologinio proceso energijos kaštai. Pirmiausia apskaičiuojami pagrindinių žaliavų gamybos kaštai. Pagrindinės žaliavos gaminamam portlandcemenčio priedui yra kaolinas, kuris importuojamas iš Čekijos ir opoka gaunama iš pietvakarių Lietuvoje esančio Stoniškių opokos karjero. Duomenys nurodyti 33 lentelėje.

33 lentelė. Pagrindinių medžiagų poreikio ir išlaidų planas

Medžiagos (žaliavos pavadinimas)	Gamybos planas, t	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, t	Medžiagų kainas, Eur/t	Medžiagos poreikis, t	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t	Viso, Eur
1 metai						
Portlnadcemenčio priedas	80000	-	-	-	-	-
Opoka	-	0,75	12	59842,01	8,98	718104,10
Kaolinas	-	0,35	165	28365,50	58,50	4679976,64
Viso	80000	-	-	-	67,48	5398080,94
2 metai						
Portlnadcemenčio priedas	100000	-	-	-	-	-
Opoka	-	0,75	12	59842,01	8,98	897630,12
Kaolinas	-	0,35	165	28365,50	58,50	5849971,05
Viso	100000	-	-	-	67,48	6747601,17
3 metai						
Portlnadcemenčio priedas	100000	-	-	-	-	-
Opoka	-	0,75	12	59842,01	8,98	897630,12
Kaolinas	-	0,35	165	28365,50	58,50	5849971,05
Viso	100000	-	-	-	67,48	6747601,17
4 metai						
Portlnadcemenčio priedas	90000	-	-	-	-	-
Opoka	-	0,75	12,00	59842,01	8,98	807867,11
Kaolinas	-	0,35	165,00	28365,50	58,50	5264973,95
Viso	90000	-	-	-	67,48	6072841,05
5 metai						
Portlnadcemenčio priedas	85000	-	-	-	-	-
Opoka	-	0,75	12,00	59842,01	8,98	953732,00
Kaolinas	-	0,35	165,00	28365,50	58,50	4972475,39
Viso	85000	-	-	-	67,48	5926207,40

Apskaičiavus tiesiogines išlaidas pagrindinėms žaliavoms, toliau apskaičiuojamos tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui. Priimama, kad gamybos ceche dirbs 43 pagrindiniai darbuotojai, 334 dienas per metus. Atsiskaitymo su VSD GF ir IDIF koeficientas – 1,77 %.

34 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminys	Gamybos apimtis, t	Gaminio darbo imlumas, nh	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, nh	Darbo užmokestis, Eur			Atsiskaitymai su VSD, GF, IDIF, Eur
					Pagrindinis	Papildomas	Bendras	
1 metai								
Portlandce menčio priedas	80000.00	0.45	6.40	36000	230400.00	29662.28	260062.28	4603.10
2–3 metai								
Portlandce menčio priedas	100000	0.45	6.40	45000.00	288000.00	37077.84	325077.84	5753.88
4 metai								
Portlandce menčio priedas	90000.00	0.45	6.40	40500	259200.00	33370.06	292570.06	5178.49
5 metai								
Portlandce menčio priedas	85000.00	0.45	6.40	38250.00	244800.00	31516.17	276316.17	4890.80

Sekančiai įvertinamos tiesioginės išlaidos šilumos bei elektros energijai. Priimama, kad visais projekto gyvavimo metais sunaudojamas šilumos kiekis sukamajai krosniai, energijos kiekis įrenginių varikliams ir variklių galingumo išnaudojimo koeficientas, nekis ir liks pastovus. Variklių galingumo išnaudojimo koeficientas priimamas 0,8.

35 lentelė. tiesioginės išlaidos elektros energijai (variklių darbui)

Įrengimų variklių suminis aktyvinis galingumas, kW,	Variklių galingumo panaudojimo koeficientas	Įrengimų metinis efektyvus darbo laikas, h	Elektros energijos poreikis jėgai, kWh	Elektros 1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, Eur
1 metai					
375.00	0,80	6412,80	1923840,00	0,19	365529,60
2 metai					
375.00	0,80	6412,80	1923840,00	0,20	384768
3 metai					
375.00	0,80	6412,80	1923840,00	0,00	384768
4 metai					
375.00	0,80	6412,80	1923840,00	0,21	404006,40
5 metai					
375.00	0,80	6412,80	1923840,00	0,22	423244,80

36 lentelė. tiesioginės išlaidos šilumos energijai

Gaminys	Gamybos apimtis, vnt.	Energijos sunaudojimo norma, Gkal/vnt.	Energijos kaina, Eur/Gkal	Energijos poreikis, Gkal	Energijos kaštai, tūkst.Eur
1–5 metai					
Portlandcemenčio priedas	100000	0,00007	108,30	8600,00	931380,00

Netiesioginiai gamybos kaštai

Apskaičiavus tiesioginius gamybos kaštus, toliau apskaičiuojami netiesioginiai kaštai. Prie netiesioginių gamybos kaštų priskiriamos išlaidos pagalbinių darbuotojų darbo užmokesčiui, vandeniui, šildymui, apšvietimui ir įrenginių nusidėvėjimui (amortizacijai).

37 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

-	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas, Eur	Atsiskaitymai VSD, GF ir IDIF	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
Pagalbiniai darbininkai	16	730,00	140160,00	2480,83	142640,83
Cecho vadovai, specialistai, meistrai	8	1900,00	182400,00	3228,48	185628,48
Viso:	24	2630,00	322560,00	5709,31	328269,31

Vanduo gamybos ceche nėra naudojamas gamybos procese, todėl apskaičiuojamos išlaidos vandeniui įvertina tik būčiai sunaudojamus vandens kiekius. Vanduo į gamybos cechą gaunamas iš UAB „Kauno vandenys“ vamzdinių

38 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 dirb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui tūkst. Eur
Šaltas vanduo	50,00	400,80	0,57	228,46
Nuotekų valymas	50,00	400,80	0,87	348,70
Viso:	100,00	801,6	-	577,16

Portlandcemenčio gamybos ceche patalpos nėra šildomos, išskyrus papildomas darbuotojų poilsio, persirengimo ir higienos patalpas. Šildymo sezonas 6 mėnesiai (spalis – kovas).

39 lentelė. Netiesioginės išlaidos patalpų šildymui

Projekto gyvavimo metai	Šildomas plotas, m ²	1 m ² šildymo kaina per šildymo sezoną, Eur	Eksploatacinės išlaidos, Eur	Viso išlaidų, Eur
1	336,00	0,75	37,80	289,80
2	336,00	0,76	38,30	293,66
3	336,00	0,77	38,81	297,53
4	336,00	0,78	39,31	301,39
5	336,00	0,79	39,82	305,26

Gamybos cechui apšviesti bus naudojamos LED tipo lemputės, kurių apšvietimo efektyvumas 90 lm/W. Skaičiavimai atliekami įvertinant kainų pokyčius, projekto gyvavimo metais.

40 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Projekto gyvavimo metai	Patalpų plotas, m ²	Apšvietimo norma, W/m ²	Energijos kiekis patalpoms apšviesti per metus, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos apšvietimui per metus, Eur	Eksploatacinės išlaidos, Eur
1	3981,00	2,22	70843,97	0,19	13460,35	2019,05
2	3981,00	2,22	70843,97	0,20	14168,79	2125,32
3	3981,00	2,22	70843,97	0,20	14168,79	2125,32
4	3981,00	2,22	70843,97	0,21	14877,23	2231,58
5	3981,00	2,22	70843,97	0,22	15585,67	2337,85

Toliau apskaičiuojamas pastatų ir įrangos nusidėvėjimas (amortizacija). Priimama, kad Pastatų eksploatacinė trukmė 30 metų, o įrangos 20 metų. Rezultatai pateikti 41 lentelėje.

41 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, Eur metams					Likutinė vertė, Eur
			1	2	3	4	5	
Pastatai	1444150	30	41926	40529	39131	37734	36336	1248490
Darbo mašinos	5019685	20	215129	204372	193616	182859	172103	4051602
Viso:	6463835	-	257056	244902	232748	220594	208440	5300093

Pabaigus skaičiuoti netiesioginius gamybos kaštus, gauti duomenys suvedami į netiesioginių gamybos išlaidų sąmatos lentelę. Pildant sąmatos lentelę priimta, kad pastato ir patalpų remontas metams, kainuos 2 % nuo pradinės pastatų vertės, o darbo mašinų (įrenginių ir kitų prietaisų) remontas metams, kainuos 5 % nuo pradinės įrengimų kainos.

42 lentelė. Netiesioginių gamybos kaštų išlaidų sąmata

Išlaidų rūšis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	13495,20	13495,20	13495,20	13495,20	13495,20
Darbo užmokestis	262615,45	328269,31	328269,31	295442,38	279028,92
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	4603,10	5753,88	5753,88	5178,49	4890,80
Elektros energija/apšvietimas	15479,41	16294,11	16294,11	17108,82	17923,52
Vanduo	577,15	577,15	577,15	577,15	577,15
Šiluminė energija	289,80	293,66	297,53	301,39	305,26
Amortizaciniai atskaitymai	257056,29	244902,26	232748,23	22059,20	208440,16
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos:	279867,25	279867,25	279867,25	279867,25	279867,25
Įrengimų remontas	250984,25	250984,25	250984,25	250984,25	250984,25
Gamybinių cechų pastatų remontas	28883,00	28883,00	28883,00	28883,00	28883,00
Iš viso:	1113850,91	584660,04	1157169,91	1112432,13	1084395,51

Apskaičiavus tiesioginius ir netiesioginius gamybos kaštus, gauti rezultatai suvedami į suminę gamybos kaštų lentelę (43 lentelė).

43 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšis	Gamybos kaštai, Eur
Brandos stadijoje	
Pagrindinės medžiagos	6747601,17
Energija (šiluminė, elektros)	1316148,00
Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	325077,84
Atsiskaitymai VSD, GF ir IDIF	5753,88
Netiesioginiai gamybos kaštai	584660,04
Viso gamybos kaštų, Eur	8979240,93
Viso gamybos kaštų, %	100
Produkcijos gamybos planas, t	100000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	89,79
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	8530278,89
Produkcijos gamybos planas, vnt.	80000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	106,63
2–3 projekto gyvavimo metai	
Viso gamybos kaštų, Eur	8979240,93
Produkcijos gamybos planas, vnt.	100000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	89,79
Ketvirtaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	8530278,89
Produkcijos gamybos planas, vnt.	90000,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	94,78
Penktaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	8440486,48
Produkcijos gamybos planas, vnt.	85000,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	99,30

3.6.7. Veiklos kaštų skaičiavimas

Apskaičiavus bendrus gamybos kaštus, toliau apskaičiuojami veiklos kaštai. Veiklos kaštams priskiriami pagalbinių medžiagų, paslaugų, mokesčių, prekių išvežimo, reklamos ir kt. kaštai. Skaičiavimams supaprastinti priimama, kad veiklos sąnaudos sudaro 15 % gamybos kaštų

44 lentelė. Veiklos sąnaudos

Gamybos kaštai, Eur	Daugiklis	Suma, Eur
8979240,93	0,15	1346886,14

Apskaičiavus veiklos kaštus, įvertinamas veiklos sąnaudų paskirstymas vienai tonai gaminio.

45 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas

Rodikliai	Gaminys
Veiklos sąnaudos, Eur	1346886,14
Produkcijos gamybos planas, t	100000
Gaminiui tenkančio veiklos sąnaudos, Eur	13,47

3.6.8. Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos

Priimama, kad banko suteikta paskola padengia 50 % reikiamų projekto kaštų, o palūkanų norma siekia 4,80 %. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo sumos skaičiuojamos kiekvienais projekto gyvavimo metais.

46 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
Paskolos suma, Eur	3551802,96	3381316,42	2670955,82	1960595,23	1250234,64
Metinė palūkanų norma, %	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
Palūkanos, Eur	170486,54	162303,19	128205,88	94108,57	60011,26
Paskolos padengimas, Eur	710360,59	710360,59	710360,59	710360,59	710360,59

3.6.9. Gaminių kainos apskaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas, toliau apskaičiuojama gaminių kainą įvertinus pelną ir planuojamas pajamas (47 lentelė).

47 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminių gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminių pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina	Pajamos
				%	Eur/t	Eur.	Eur.
Pirmieji metai							
106,63	16,84	2,13	125,60	35,00	43,96	169,55	13564329,62
2–3 metai							
89,79	13,47	1,62	104,88	40,00	41,95	146,84	14683802,36
Ketvirtieji metai							
94,78	14,97	1,05	110,79	42,00	46,53	157,32	14159208,51
Penktieji metai							
99,30	15,85	0,71	115,85	45,00	52,13	167,98	14278706,62

3.6.10. Projekto grynąjį pinigų srautų ir pelno apskaičiavimas

Apskaičiavus visus gamybos, veiklos ir kt. kaštus, toliau apskaičiuojamas bendrasis pelnas. Bendrasis pelnas skaičiuojamas kiekvieniems projekto gyvavimo metams. Apskaičiuoti duomenys suvedami į bendra pelno – nuostolių lentelę (48 lentelė).

48 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, Eur

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimo pajamos	13564329,62	14683802,36	14683802,36	14159208,51	14278706,62
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	8530278,89	8979240,93	8979240,93	8530278,89	8440486,48
3. Bendras pelnas (nuostolis)	5034050,73	5704561,43	5704561,43	5628929,62	5838220,15
4. Veiklos sąnaudos	1346886,14	1346886,14	1346886,14	1346886,14	1346886,14
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	3687164,59	4357675,29	4357675,29	4282043,48	4491334,01
6. Finansinė ir investicinė veikla					
6.1. Pajamos	170486,54	162303,19	128205,88	94108,57	60011,26
6.2. Sąnaudos					
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	3516678,05	4195372,10	4229469,41	4187934,91	4431322,75
8. Pelno mokestis	527501,71	629305,82	634420,41	628190,24	664698,41
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	2989176,34	3566066,29	3595049,00	3559744,67	3766624,33

Toliau apskaičiuojami projekto finansinės būklės pakitimai (pinigų srautai). Gauti duomenys suvedami į bendra ataskaitą.

49 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Rodikliai	Projekto metai					
	0	1	2	3	4	5
Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
Grynasis pelnas (nuostolis)	-	2989176.341	3566066.288	3595049.001	3559744.674	3766624.334
Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	-	257056.29	244902.26	232748.23	220594.20	208440.16
Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	639770.92	1492798.81	112240.51	0.00	-112240.51	-22448.10
Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų eliminavimas	-	880847.13	872663.78	838566.47	804469.16	770371.85
Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos	-639770.92	872586.70	2826064.26	2989230.76	3088110.22	3227140.74
Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
Iš ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	6463835.00	-	-	-	-	5300093.86
Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-6463835.00	-	-	-	-	5300093.86
Bendri metiniai pinigų srautai	-7103605.92	872586.70	2826064.26	2989230.76	3088110.22	8527234.61

3.6.11. Investicijų atsipirkimo skaičiavimai

Pabaigus pagrindinius projekto skaičiavimus, atliekamas projekto diskontuoto atsipirkimo laikotarpio ir lūžio taško nustatymas. Pirmiausia nustatomas diskontuoto atsipirkimo laikotarpis. Siekiant nustatyti atsipirkimo laikotarpį, pirmiausia apskaičiuojami diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS). Rezultatai pateikiami 50 lentelėje.

50 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynujų pinigų srautai (GPS)

Projekto metai	Paprasti GPS		Diskontuoti GPS	
	metiniai GPS	bendri GPS	metiniai GPS	bendri GPS
0	-7103605.92	-7103605.92	-7,103,605.92 €	-7,103,605.92
1	872586.70	-6231019.22	826,782.92 €	-6,276,822.99
2	2826064.26	-3404954.96	2,537,159.98 €	-3,739,663.01
3	2989230.76	-415724.21	2,542,776.40 €	-1,196,886.61
4	3088110.22	2672386.01	2,488,997.34 €	1,292,110.73
5	8527234.61	11199620.62	6,512,125.51 €	7,804,236.25

Apskaičiavus diskontuotus GPS, diskontuotas atsipirkimo laikotarpis, kartu su kitais ekonominiais rodikliais (pelningumo indeksu, vidutine pelno norma ir kt.).

51 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai

Rodikliai	Apskaičiuotos reikšmės
Diskontuotas atsipirkimo laikas, metai	3.80
Grynoji esamoji vertė (GEV), Eur	7,804,236.25 €
Vidinė pelno norma (IRR)	29.88%
Modifikuota vidinė pelno norma (MIRR)	22.41%
Pelningumo indeksas (PI)	2.71

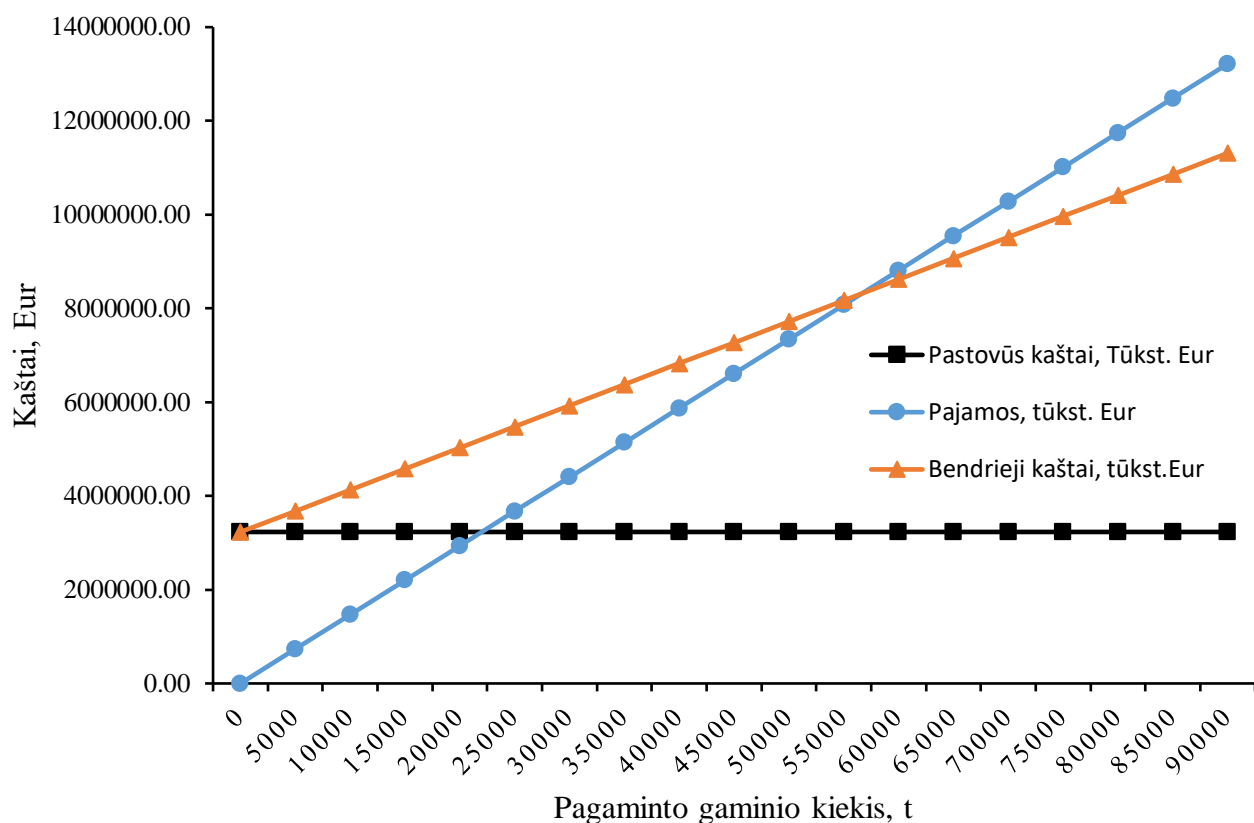
Kadangi projekto įgyvendinimas trunka 5 metus, o diskontuoto atsipirkimo laikas yra 3,8 metų, daroma išvada, kad projektas yra priimtinas.

Toliau nustatomas lūžio taškas (lūžio momentas). Šis taškas parodo, reikalinga pagaminti gaminio kiekį tonomis, nuo kurio pradamas gauti pelnas.

52 lentelė. Lūžio taško skaičiavimai

Rodikliai	Apskaičiuotos reikšmės
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui Eur	3231917.50
Gaminio kaina, Eur	146.84
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	89.79
Lūžio taškas, t	56655
Pardavimų planas, t	100000.00

Toliau braižomas lūžio taško grafikas (14 pav.), naudojantis apskaičiuotais duomenimis.



14 pav. Lūžio taškas

Nustačius lūžio tašką pateikiamas projekto balansas, kuris parodo kiekvienų projekto metų grynuosius pinigų srautus (GPS) ir būsimuosius sukauptus po atitinkamų metų.

53 lentelė. Projekto balansas

Projekto gyvavimo metai	0	1	2	3	4
0	-7103605.92	-7103605.92	-7103605.92	-7103605.92	-7103605.92
1	-	872586.70	872586.70	872586.70	872586.70
2	-	-	2826064.26	2826064.26	2826064.26
3	-	-	-	2989230.76	2989230.76
4	-	-	-	-	3088110.22
5	-	-	-	-	-

3.6.12. Finansinių skaičiavimų išvados

Atlikus visus finansinius skaičiavimus ir įvertinus pagrindinius ekonominius rodiklius, kaip lūžio tašką (56655 tonas), diskontuoto atsipirkimo laiką (3,8 metai) ir pelningumo indeksą (2,71), daroma išvada, kad projektas yra finansiškai įmanomas ir galintis būti pelningu.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

4.1. Projekto charakteristikos

Portlandcemenčio priedo gamybos cechas įkuriamas Kauno miesto šiaurės rytiniame pakraštyje – Palemone. Vietovėje įkuriamas naujas sudėtinio cemento priedo gamybos cechas, kurio teritorija apima 2,9 ha, o našumas siekia 100000 tonų per metus. Priedas portlandcemenčiui gaminamas naudojant opoką, iškastą ir atsivežtą iš Lietuvos pietvakariuose esančio Stoniškių karjero ir kaolino, importuoto iš Čekijos Respublikos (importuotojas UAB „Eksparas“).

Projektuojamame portlandcemenčio priedo gamybos ceche, gamybai naudojamos žaliavos žmogaus sveikatai nėra kenksmingos. Tačiau gamybos proceso metu atsiranda dulkėtumas, didelis triukšmas ir oro užterštumas. Darbuotojų saugumui užtikrinti įrengiami oro valymo filtrai, skirti surinkti dulkes bei degimo proceso produktus, kaip CO₂, SO₂. Naudojant oro valymo įrenginius surenkama didžioji dalis kenksmingų dalelių, bet 100 % surinkimo užtikrinti neįmanoma. Darbuotojų sveikatos pakenkimo rizikai sumažinti, darbuotojams suteikiamos darbo priemonės ir tuo pačiu priimama portlandcemenčio priedo gamybos cecho sanitarinė apsaugos zona, siekianti 100 metrų [17].

Gamybos cecho darbuotojų saugai užtikrinti darbo metu, įmonėje įdiegiama darbuotojų saugos ir sveikatos programa. Programos tikslas identifikuoti galimas profesines rizikas darbo vietovėje ir jo metu bei galimybes, šiai rizikai sumažinti arba panaikinti. Rizikos veiksniams sumažinti, nustatytu periodiškumu darbuotojams bus suteikiami instruktažai ir mokymai susidedantys iš: kvalifikacijos kėlimo, saugaus darbo, sveikatos, pirmosios pagalbos, motyvacijos ir t. t. Taip pat bus atliekamas profesinės rizikos vertinimas, o darbuotojai bus supažindinami su vertinimo rezultatais.

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimas atliekamas siekiant nustatyti esamą arba galimą riziką darbo vietoje, ar jo metu. Rizikos vertinimas atliekamas visoje sklypo teritorijoje, ne tik gamybiniuose pastatuose, neišskiriant ir laikinųjų pastatų. Atliekant rizikos vertinimą rizikos veiksniams nustatyti gali padėti naudojamų įrenginių instrukcijos. Profesinė rizika vertinama remiantis Lietuvos respublikos Profesinė rizikos vertinimo nuostatais [22], higienos normomis, kurios nurodo ribines, rizikos veiksnių poveikių dydžius, taisyklėmis, techniniais reglamentais. Profesinės rizikos veiksniai darbo vietoje gali būti:

- cheminiai;
- fizikiniai
- fiziniai
- biologiniai
- ergonominiai - psichosocialiniai;

Atlikus gamybos cecho rizikos vertinimą, nustatyti rizikos veiksniai, jeigu yra galimybė, yra pašalinami. Jei rizikos veiksnio pašalinti neįmanoma, diegiamos rizikos prevencijos priemonės, siekiant sumažinti riziką iki priimtinos. Prevencinės priemonės būna dviejų tipų [20]:

- kolektyvinės;
- asmeninės.

Vertinant rizikos veiksnius, įvertinami visų asmenų galinčių būti teritorijoje rizika sveikatai: Darbuotojų, laikinų darbuotojų, pagalbinių personalo, lankytojų ir kitų. Planuojant prevencines priemones nustatytai rizikai, ar atskiram rizikos veiksmui, pirmenybė suteikiama kolektyvinėms apsaugos priemonėms, o ne asmeninėms apsaugos priemonėms, siekiant užtikrinti visų asmenų saugą. Jei įdiegus kolektyvines apsaugos priemones, jų neužtenka užtikrinti darbuotojų ir kitų asmenų apsaugą, nuo rizikos veiksnių, tokiu atveju išduodamos asmeninės apsaugos priemonės. Asmeninės apsaugos priemonės išduodamus įvertinus asmenį veikiančias rizikas jo lankytojoje, ar darbo vietoje. Nustatyti rizikos veiksniai ir prevencijos priemonės pateikiami 54 lentelėje.

54 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekio dydis

Profesinės rizikos veiksnys	Rizikos veiksnio vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis, mat. vnt.	Rizikos veiksnio dydžio ribinė vertė, mat. vnt.	Rizikos veiksnio trukmė	Prevencinės priemonės rizikos veiksmui
Cheminiai veiksniai					
Anglies dvideginis	Degimo krosnis	-	IPRD – 9000 mg/m ³	8 valandos	Naudojami dujų valymo filtrai
Sieros dioksidas	Degimo krosnis	-	IPRD – 5 mg/m ³	Krosnies serviso/remonto metu	Naudojami dujų valymo filtrai, kvėpavimo takų, rankų, akių apsaugos priemonės bei
Dulkės	Žaliavų apdorojimo ir transportavimo įrenginiai	3 mg/m ³	IPRD – 10 mg/m ³	8 valandos	Naudojami rankoviniai filtrai, išduodami asmeniniai respiratoriai
Fizikiniai veiksniai					
Elektra/elektros įrenginiai	Elektros įrenginiai	-	-	8 valandos	Įrenginiai įžeminami, darbuotojams suteikiami apmokymai bei spec. apranga
Triukšmas	Žaliavų paruošimas, produkto gaminimas	80	87 dBA	8 valandos	Naudojami ausų kištukai, ausinės, stumdomos perdangos
Vibracija	Žaliavų paruošimas, produkto gaminimas	~0,40	≤ 1,15 m/s ²	8 valandos	rizika priimtina
Karšti paviršiai	Sukamoji krosnis	40 °C	32 °C	8 valandos	Spec. Darbo rūbai, įrengimo šiluminė izoliacija
Fiziniai veiksniai					
Judančios įrenginių dalys	Technologinio proceso įrenginiai	-	-	8 valandos	Įspėjamieji ženklai, atitvarai

Ergonominiai veiksniai					
Fizinis darbas	Darbas gamybos ceche	-	Rankomis nešamo svorio masė negali viršyti 15 kg vyrams, 10 kg moterims	8 valandos	Pagalbiniai įrenginiai, darbuotojų saugos mokymai, papildomos pertraukos

Toliau pateikiami naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai.

55 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogimo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra °C
		Apatinė	viršutinė		
Opoka	-	-	-	-	Nedegus
Kaolinas	-	-	-	-	Nedegus
Vanduo	-	-	-	-	Nedegus
Gamtinės dujos	188	5	15	537	>450

Nustačius gamybos ceche naudojamų medžiagų gaisrinio saugumo rodiklius, toliau remiantis Lietuvos Respublikos „Dėl Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų patvirtinimo“ įsakymu, nustatoma patalpų gaisrinio pavojingumo kategorija.

56 lentelė. Patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų

Objektas kuriam suteikiama pavojingumo kategorija	Požymis nulemiantis pavojingumo kategorija	Kategorija
Pastatai		
Gamybinis cechas	Pastate D _g kategorijai priskiriamų patalpų plotas viršija 25 % bendro pastato ploto	D _g
Patalpos		
Sandėliavimo aruodas	Nedegios kietos medžiagos šaltoje būsenoje	E _g
Gamybinės patalpos	Įrangoje yra laikomos karštos, išlydytos nedegios medžiagos kurios išspinduliuoja šilumą. Įrangoje naudojamos degios dujos, kaip kuras degimo procesui	D _g
Įrengimai		
Sukamoji krosnis	Įrangoje yra laikomos ir transportuojamos karštos (įkaitusios) medžiagos kurios išspinduliuoja šilumą. Įrangoje naudojamos degios dujos, kaip kuras degimo procesui	D _{gi}

4.3. Saugi gamyba

Gamybos ceche svarbu užtikrinti darbuotojų saugą darbo metu, prie visų esamų įrenginių. Šiam tikslui pasiekti visi darbuotojai privalo žinoti saugaus darbo taisykles gamybos ceche ir jų laikytis. Darbuotojams pirmą kartą įsidarbinus gamybos ceche, pirminį darbo vietos instruktažą, praveda gamybos cecho specialistas (gamybos meistras, viršininkas), o Darbuotojų saugos ir sveikatos specialistas praveda įvadinius mokymus. Gamybos ceche nustatytu periodiškumu, darbuotojams yra pravedami periodiniai instruktažai, siekiant palaikyti darbuotojų žinias ir neleisti joms būti užmirštomis. Jei darbuotojas pakeičia savo darbo vieta arba esamoje pakeičiami naudojami įrengimai, darbuotojai, per nauja, privalo būti instruktuojami saugiai gamybai užtikrinti.

Pagal nustatytus rizikos rodiklius gamybos ceche darbuotojams suteikiamos kolektyvinės ir asmeninės apsaugos priemonės. Darbuotojai privalo dėvėti, ar naudotis asmeninėmis apsaugos priemonėmis rizikoms sumažinti bei privalo jas saugoti. Asmeninėms apsaugos priemonėms pasibaigus – sugedus, darbuotojas privalo paprašyti naujos asmeninės apsaugos priemonės, kuri jam, taip pat, privalo būti išduota. Darbuotojai, taip pat, instruktuojami, kaip elgtis įvairiuose situacijose, kurios gali nutikti darbo metu pvz.: gaisras, nelaimingas atsitikimas, elektros nutekėjimas ir t. t. Siekiant užtikrinti maksimalų darbuotojų pasiruošimą, darbuotojai privalo praeiti pirmosios pagalbos kursus bei instruktažus, kaip elgtis savo darbo vietoje: nepalikti darbo vietos be priežiūros su įjungtais įrenginiais, kaip remontuoti įrenginius ir t. t.

Gamybos ceche ypač didelis dėmesys suteikiamas elektros įrenginių saugai. Darbuotojai remontuojantys elektros įrenginius privalo būti specialiai kvalifikuoti tokius darbus atlikti. Elektros įrenginių eksploatavimo patalpos skirstomos į tris grupes [21]:

- normali patalpa;
- pavojinga patalpa
- labai pavojinga patalpa.

Įvertinus portlandcemenčio priedo gamybos cecho patalpas ir jose veikiančius, elektra naudojančiu įrenginius. Gamybos cechą priskiriamas prie normalių patalpų

Siekiant apsaugoti darbuotojus bei aptarnaujantį personalą, elektros įrenginiai kurių įtampa siekia iki 1000 V yra įnulinami, o įrenginiai, kurių elektros įtampa viršija 1000 V yra įžeminami. Atliekant įrenginių patikras, jie pakartotinai patikrinami ar įrenginiai įžeminti, įnulinti. Darbuotojams pastebėjus sutrūkusius elektros laidus, neveikiančius įrenginius, keistus garsus ar kvapus iš įrenginių, privalo nedelsiant juos išjungti ir pranešti apie galima pavojų gamybos cecho specialistui, vadovui.

Darbuotojams apsaugoti elektros įrenginiai yra įnulinami tiesiant laidus po žemę (grindimis), įtaisant saugiklius prie kiekvieno įrenginio ir įstatant dangtelius prie jungiklių.

4.4. Darbo higiena

Siekiant suteikti darbuotojams, palankia ir saugia, darbo vietos aplinką yra nustatomi higienos reikalavimai. Higienos normų tikslas yra sumažinti iki minimumo, tiek kiek leidžia aplinkybės ar panaikinti iš viso cheminę ir fizikinę rizikas. Higienos normos šioms rizikos yra nustatomos pagal Lietuvos Respublikos teisės aktuose nustatytas leistinas normas, dydžius bei ribines vertes. Higienos normoms pasiekti, pagal rizikos veiksnius, pirmiausia yra diegiamos kolektyvinės apsaugos priemonės, jų neužtekus darbuotojams suteikiamos asmeninės apsaugos priemonės.

Atliekant Portlandcemenčio priedo gamybos cecho rizikos vertinimą, pastebėta, kad didžiausias rizikos veiksnys yra triukšmas, sukeltas įrenginių darbo metu. Triukšmas yra priskiriamas fizikinio tipo taršai. Ilgalaikis triukšmas gali turėti bloga ilgalaikį poveikį darbuotojo sveikatai. Jei kasdienis triukšmas viršija nustatytas higienos normas, pasekmės darbuotojui gali būti galvos skausmai, protinio darbo sulėtėjimas, blogiausiu atveju – dalinis arba visiškas apkurtimas. Pagal Lietuvos Respublikos darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatus [23]. Kasdieniai triukšmo ekspozicijos lygiai:

- Ribinė ekspozicijos vertė, 87 dBA;
- Viršutinė ekspozicijos trukmė, 85 dBA;
- Žemutinė ekspozicijos vertė, 80 dBA.

Projektuojamame portlandcemenčio priedo gamybos ceche, ilgalaikis kasdieninis triukšmas negali viršyti šių pateiktų normų, tačiau naudojant galingus įrenginius ši norma yra lengvai viršijama. Siekiant sumažinti triukšmą iki pageidaujamos normos pasitelkiamos kolektyvinės ir asmeninės apsaugos priemonės.

Didžiausia triukšmą skleidžiantys įrenginiai valcinis trupintuvas, rutulinis malūnas ir sukamoji krosnis, kurių triukšmo lygiai siekia 80 dBA. Triukšmui sumažinti naudojamas stumdomos perdangos, o darbuotojams bus suteikiami ausų kištukai ar ausinės dirbant, prie triukšmą skleidžiančių įrenginių.

Toliau įvertinama gamybos cecho šiluminė aplinka (aplinkos oro sąlygos). Šiluminė aplinka vertinama pagal žmogų veikiančius temperatūros, drėgmės ir oro judėjimo veiksnių sumą. Prie šių derinių, taip pat pridėdami gamybos proceso metu susidarantys dariniai, kaip karšti paviršiai, temperatūros spinduliavimas ir t. t.

Darbo patalpų šiluminis vertinimas su darbo sunkumo kategorija pateikiamas 57 lentelėje.

57 lentelė. Gamybos cecho patalpų šiluminės aplinkos norminės vertės

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C		Oro santykinis drėgnumas, % ne daugiau kaip	Oro judėjimo greitis m/s
		Nuolatinėse darbo vietose	Nenuolatinėse darbo vietose		
Šiltasis	Vidutinio sunkumo IIb	16-26	15-23	70	0,2-0,45
Šaltasis	Vidutinio sunkumo IIb	15-21	13-23	75	< 0,4

Įvertinus šilumina aplinka gamybos ceche toliau įvertinamas apšvietimas. Gamybos ceche naudojamas dirbtinis ir natūralus apšvietimas. Dirbtinis apšvietimas įrengimas visose gamybinėse patalpose bei darbuotojų poilsio zonoje. Atliekami darbai gamybos ceche priskiriami vidutiniškai tikslų darbų kategorijai (IV kategorija). Remiantis Lietuvos Respublikos higienos norma HN 98:2014 „Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos mažiausios ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“ įvertinamas apšvietimas portlandcemenčio priedo gamybos ceche. Darbo vietų apšvietos vertės pateikiamos 58 lentelėje.

58 lentelė. Apšvietimo vertės patalpų viduje

Darbų charakteristika	Mažiausio matuojamo objekto dydis, mm	Darbų kategorija	Mažiausia ribinė vertė, lx	Natūralus apšvietimas NAK, %	Vykdomų darbų rūšys (darbo zonos)
Vidutiniškai tikslūs	Daugiau kaip 0,5 iki 1,0	IV	300	3,0	Mašinų salė ir gamyba cemento, betono, plytų gamyklose; formavimo medžiagų ruošimo patalpa; mašinų salė; emaliavimo, valcavimo, presavimo salės / zonos, paprastų detalių formavimo metalo apdirbimo gamyboje

Toliau remiantis Lietuvos Respublikos higienos norma HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ [25] įvertinami cheminiai veiksniai gamybos ceche.

59 lentelė. Gamybos ceche esančių cheminių medžiagų vertės

Cheminė medžiaga			Nustatytas kiekis		Ribinis dydis					
					Ilgalaikio poveikio		Trumpalaikio poveikio		Neviršytinas dydis	
Eil. Nr.	Pavadinimas	CAS Nr.	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
1	Dulkės	-	3	-	10	-	-	-	-	-
2	Anglies dioksidas	124-38-9	2200	900	9000	5000	-	-	-	-
3	Sieros dioksidas	7446-09-5	-	-	5	2	-	-	13	5
4	Azoto oksidas	10102-43-9	-	-	30	25	60	50	-	-

Gamybos ceche veikiant sukamajai krosniai, į aplinką yra žmogui žalinga tarša. Saugai užtikrinti yra įrengiami filtrai galintys išvalyti sukamosios krosnies degimo produktus.

4.5. Gaisrinė sauga

Gamybos cecho gaisrinei saugai užtikrinti jo teritorijoje, lengvai pasiekiamose vietose, įrengiama vandens tiekimo sistema su čiaupais esančiais kiekvienoje patalpose, kartu su hidrantaus įrengtais gamybos cecho lauke. Taip pat gamybos ceche įrengiama speciali oro vėdinimo sistema, kuri gaisro atveju automatiškai uždaroma, neleidžiant liepsnai lengvai plėstis. Taip pat ceche įrengiami stendai su pirminėmis gesinimo priemonėmis: 6 kg gesintuvai, nedegus audiniai, kibirai, gaisrinės žarnos, laužtuvai bei kirviai. Nes gamybos ceche naudojama aukštos įtampos įrenginiai, gesintuvai parenkami milteliniai, galintys gesinti įrenginius, kurių įtampa nesiekia 1000 V.

Darbuotojų saugai gaisro metu užtikrinti, koridoriuose ir ant durų bus įrengiamos evakuacijos lentelės, gerai matomose vietose, nurodančios evakuacijos kryptį. Evakuacijos lentelės įrengiamos taip, kad esant prie evakuacijos ženklo, sekantis ženklas būtų aiškiai matomas. Kartu su evakuacijos ženklais įrengiami evakuacijos planai nurodantys kryptis ir išėjimus, kuriuos darbuotojai turėtų

naudoti gaisro atveju. Kartu su evakuacijos planais paruošiamos evakuacijos instrukcijos, su kuriomis darbuotojai yra supažindinami, per gaisrinio instruktažo metu, kurią vedą gamybos cecho vadovas ar darbuotojų saugos ir sveikatos specialistas. Gamybos ceche durys projektuojamos atsidarančios į išorę, siekiant sumažinti susigrūdimą.

Evakuacijos keliai gamybos ceche ir kitose patalpose, laikomi neužkrauti, durys laikomos neužkrautos ir neužrakintos (gamyba vyksta 3 pamainom po 8 valandas). Į įmonės teritoriją vedantys keliai yra pakankamai platūs ir tinkami priešgaisrinės ir gelbėjimo tarnyboms atvykti be sunkumų.

Gaisrai yra skirstomi į 4 keturias pagrindines grupes, priklausomai nuo gaisro šaltinio. Lentelėje, taip pat pateikiamos gaisrų gesinimo priemonės, priskirtos galimiems gaisrų tipams. Gaisro klasių ir jų gesinimo priemonės pateikiamos 59 lentelėje.

60 lentelė. Gaisro klasės ir jų gesinimo priemonės

Klasė	Gaisro	Ugnį gesinanti medžiaga					
	Charakteristika	Vanduo	Putos	Dujos	Milteliai		
					ABC tipo	BC tipo	D tipo
A	Kietųjų medžiagų gaisrai, kai degimo metu susidaro anglis	+	+	-	++	-	-
B	Skystųjų arba galinčių suskystėti kietųjų medžiagų gaisrai	-	++	+	++	++	-
C	Dujų gaisrai	-	-	+	++	++	-
D	Metalų gaisrai	-	-	-	-	-	++

Sutartiniai ženklai „++“ – veiksmingiausia gesinimo medžiaga, „+“ – veiksminga gesinimo medžiaga, „-“ – neveiksminga gesinimo medžiaga.

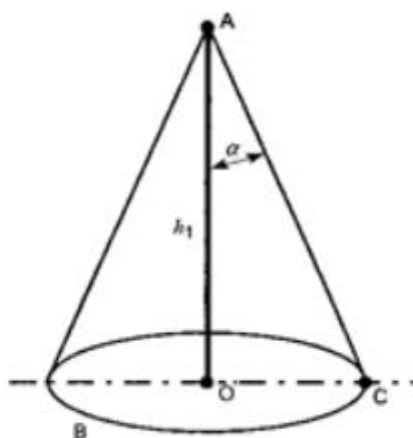
Projektuojamame portlandcemenčio gamybos ceche, gesintuvų skaičius parenkamas atsižvelgiant į patalpų dydį bei patalpų pavojingumo kategorija. Gamybos ceche D_g pažymėtoms patalpos skiriamas vienas 6 kg gesintuvas, kas 600 m² patalpos. Nustatytas bendras D_g plotas gamybos ceche yra 3145 m², vadinasi reikės 6 gesintuvų 6 kg gesintuvų.

Gamybos ceche įrengtai priešgaisrinei įrangai, kas metus bus atliekama periodinė patikra, užtikrinant, kad gesinimo priemonės veikia efektyviai ir nėra gedimų. Iš 6 lentelės matyti, kad gaisrai gali būti įvairių tipų ir jų gesinimo priemonių efektyvumai stipriai skiriasi. Norint užtikrinti gamybos cecho gaisrinį saugumą, parenkami universalūs ABC tipo milteliniai gesintuvai galintys gesinti visus nurodomus gaisrus išskyrus metalų gaisrus, kurių atsiradimas gamybos ceche yra ypač mažas.

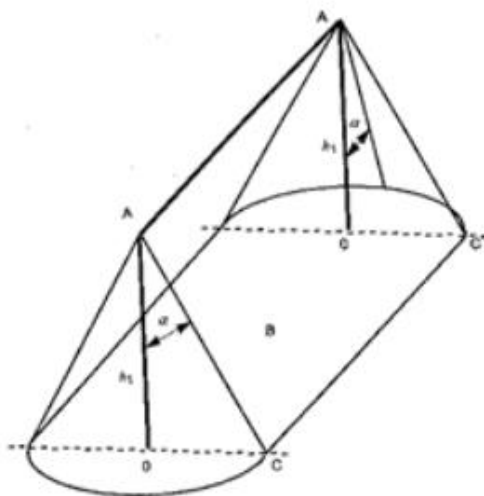
4.6. Žaibolaidžio parinkimas

Norint apsaugoti gamybos cechą nuo elektros iškvrovos žaibo metu, kuri galėtų sukelti gaisra arba sugadinti įranga, yra projektuojamas dviejų strypų žaibolaidis, galintis apsaugoti cechą nuo minėto pavojaus. Dviejų strypų žaibolaidis sudaro apsaugos zona – erdve aplink žaibolaidį, kurioje yra maža tiesioginio žaibo poveikio tikimybė ir užtikrinamas pasirinktas apsaugos patikimumas [24]. Žaibolaidžių tipai nurodyti 12 ir 13 paveikslėliuose Vieno žaibolaidžio apsaugos zona yra kūgio formos, bet sujungus 2 žaibolaidžius gaunama plataus kūgio formos (palapinės) zona, kuri apima gamybos cechą. Projektuojamo žaibolaidžio aukštis yra 20 metrai, pastato ilgis 133,1 metrai. Žaibolaidžiai įrengiami vienas nuo kito nutolę per 90 metrų, o žaibolaidžio patikimumas pasirenkamas 90 %.

Toliau apskaičiuojami dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos parametrai.



15 pav. Vertikalaus strypo žaibo ėmiklio apsaugos zona: A – žaibo ėmiklio viršūnė; B – atskaitos plokštuma; OC – apsaugos zonos spindulys; h_1 – žaibo ėmiklio strypo aukštis virš apsaugos zonos atskaitos plokštumos; α – apsauginis kampas



16 pav. Dviejų strypų žaibo ėmiklių apsaugos zona: i – žaibo ėmiklio viršūnė; B – atskaitos plokštuma; OC – apsaugos zonos spindulys; h_1 – žaibo ėmiklio strypo aukštis virš apsaugos zonos atskaitos plokštumos; a – apsauginis kampas

$$h_0 = 0,90 \times h;$$

$$h_0 = 0,90 \times 40 = 36 \text{ m};$$

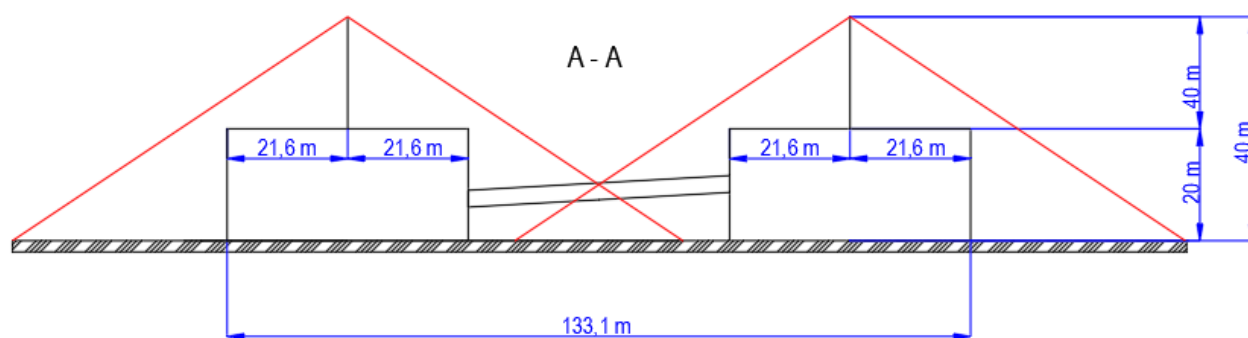
$$r_0 = 1,5 \times h;$$

$$r_0 = 1,5 \times 40 = 60 \text{ m};$$

$$r_x = 1,5 \times (h - h_x/0,90);$$

$$r_x = 1,5 \times (40 - 20/0,90) = 26,66 \text{ m}.$$

čia: h – žaibolaidžio aukštis, m; h_0 – apsaugos zonos konuso viršūnės aukštis, m; h_x – apsaugos objekto aukštis, m. r_0 – apsaugomos zonos riba aukštuje, m.



17 pav. Dviejų strypų žaibo ėmiklių apsaugos zona

Išvados

1. Nustatyta, kad didžiausias pucolaninis aktyvumas buvo priedo, kurio sudėtis 40 % opokos, 60 % degto kaolino. Tačiau, didžiausius stipriu gniuždant po 2, 7, 28 parų hidratacijos pasižymėjo bandiniai su priedu, kurio sudėtis 70 % opokos, 30 % degto kaolino.
2. Įrodyta, kad visuose bandiniuose su priedais vyksta pucolaninė reakcija, tačiau iki 28 parų jų stiprumines savybes labiau lemia ne pucolaninė reakcija, o kristalizacijos centrų skaičiaus padidėjimas.
3. Suprojektuotas portlandcemenčio iš opokos ir degto kaolino gamybos cechas, kurio našumas 100000 per metus, kartu atliktas aplinkosauginis bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimas.
4. Atlikti ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai iš kurių matyti kad, projekto investicijų atsipirkimo laikas yra 3,8 metai, pelningumo indeksas 2,71, lūžio taškas 56655 tonos. Įvertinus gautus rezultatus daroma išvada, kad projektas bus pelningas.

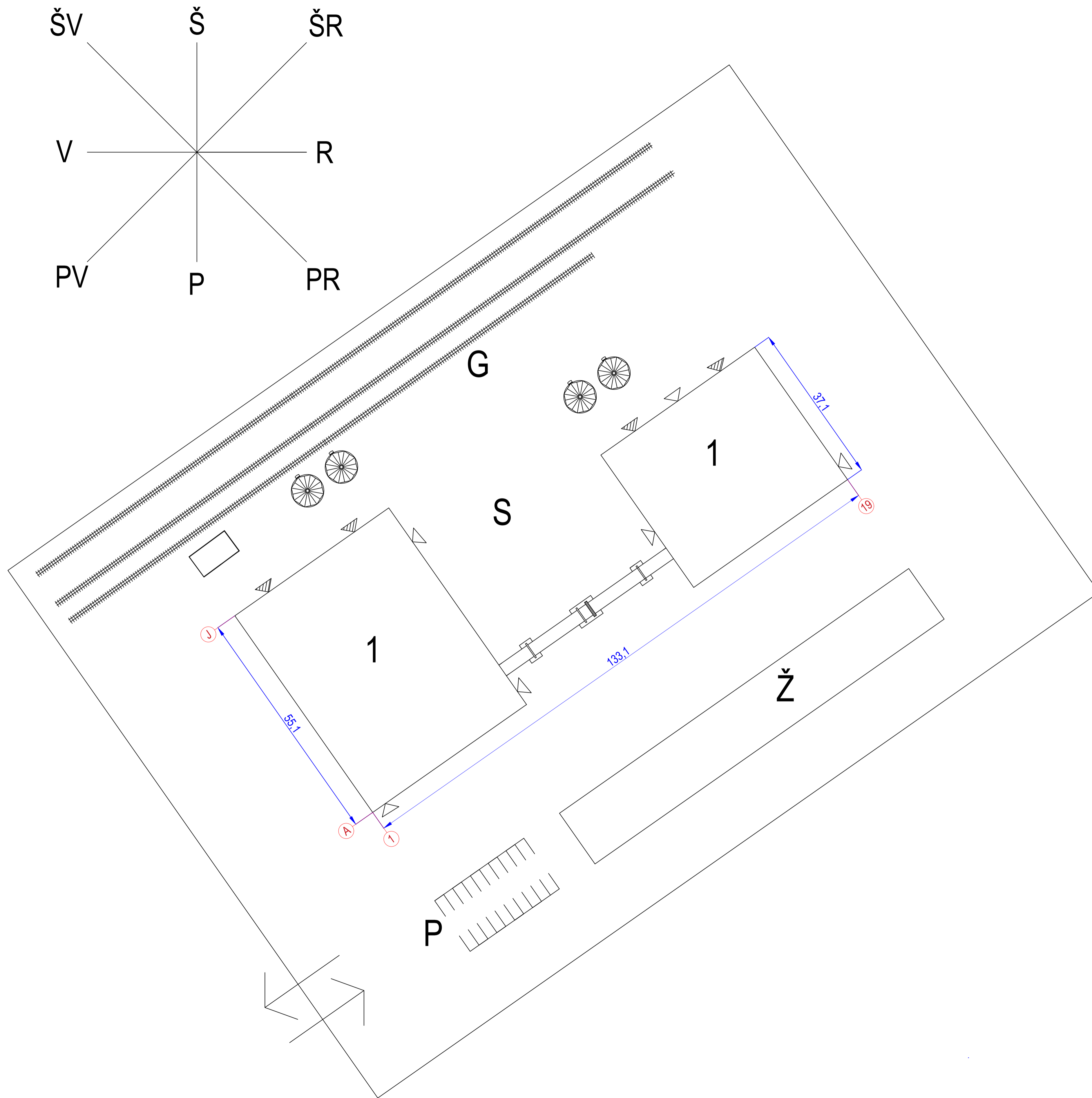
Literatūros sąrašas

1. R.; Kaminskas, K.; Baltakis, A.; Eisinas, I.; Barauskas. Cemento chemija ir technologija: vadovėlis. ISBN 978-609-02-1736-8. Kaunas: Technologija. 2021. p. 312
2. Lietuvos standartas LST EN 197-1:2001. Cementas. 1 dalis. Įprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai. Lietuvos standartizacijos departamentas. Vilnius, 2001
3. K.; Baltakis, A.; Balandis. Kristalografija, mineralogija ir petrografija: vadovėlis. ISBN 978-609-02-1565-4. Kaunas: Technologija. 2019. p. 268
4. Visuotinė Lietuvių enciklopedija. Prieiga internete: <https://www.vle.lt> [žiūrėta 2022-05-17].
5. Lietuvos geologijos tarnybos atlikta Stoniškių karjero analizė. Prieiga internete: https://lgt.lt/imiges/Pranesimai_spaudai_2014/Opoka_2014_07_07.doc [žiūrėta 2022-05-17]
6. Z.; Brogowski, G.; Renman. Characterization of Opoka as a Basis for its Use in Wastewater Treatment. ISSN 1230-1485. 2004. p. 1-20
7. R.; E.; Przekop, R.; Kozera, T.; Osiecki, A.; Kłodziński, P.; Jakubowska, K.; Dydek, P.; Marciniak, D.; Brzakałski, B.; Sztorch, M.; Jalbrzykowski, M.; Agnieszka. Opoka-Sediment Rock as New Type of Hybrid Mineral Filler for Polymer Composites. DOI: 10.3390/appliedchem1020008. 2021. p. 1-20
8. R.; C.; Selley, L.; Robin, M.; Cocks, I.; R.; Plimer. Encyclopedia of Geology. ISBN 0-12-636380-3. Oxford: Elsevier Ltd. 2005. p. 3346
9. R.; Šiučiūnas. Keraminių medžiagų cheminė technologija: vadovėlis. ISBN 978-609-02-1303-2. Kaunas: Technologija. 2017. p. 380
10. R.; Kubiliūtė. Pucolaninio priedo iš molio ir AlF_3 gamybos atliekos sintezė bei įtaka portlandcemenčio savybėms, daktaro disertacija, Kaunas 2014
11. R.; Siddique, J.; Klaus. Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete: A review. DOI:10.1016/j.clay.2008.11.007. 2009. p. 1-9
12. Prancūziškas standartas NF P18-513:2021. Addition for concrete – Metakaolin – Specifications and conformity criteria
13. Y.; A.; Bozhko, K.; A.; Lapunova, J.; Teryokhina, R.; Yashchenko. The production technology of the Ceramic Brick Soft Molding Based on Opoka-Like Rocks. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1011.79. 2020. p. 1-6
14. G.; Smalakys, R.; Šiučiūnas. The synthesis of 1.13 nm tobermorite from carbonated opoka. DOI: 10.1007/s10973-018-7418-1. 2018. p. 1-10
15. R.; Šiučiūnas, E.; Prichockienė, V.; Valančienė. Keramikos laboratoriniai darbai: mokomoji knyga. ISBN 978-609-02-1204-2. Kaunas. Technologija: 2016. p. 216
16. T.; Matschei, B.; Lothenbach, F.P.; Glasser. The AFm phase in portland cement. DOI: 10.1016/j.cemconres.2006.10.010. 2007. p. 1-13
17. Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas. 2019 m. birželio 6 d. Nr. XIII-2166. Vilnius TAR, 2019-06-19, Nr. 9862
18. Lietuvos Respublikos higienos norma HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“. 2011 m. birželio 13 d. Nr. V-604 Vilnius
19. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, NR. 126-6350
20. Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas. 2003 m. liepos 1 d. Nr. IX-1672 Vilnius
21. Z.; Valančius, D.; Nizevičienė, O.; Viliūnienė, J.; Solnyškienė, I.; Stasiulaitienė. Magistro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai. Cheminės technologijos fakulteto Chemijos inžinerijos studijų programos magistrantams. ISBN 978-609-02-1046-8. Kaunas: Technologija. 2013. p. 80

22. Lietuvos Respublikos profesinės rizikos vertinimo bendrieji nuostatai. 2012 m. spalio 25 d. Nr. A1-457/V-961 Vilnius
23. Lietuvos Respublikos apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. 2005 m. balandžio 15 f. Nr. A1-103/V-265 Vilnius
24. Lietuvos Respublikos statybos techninis reglamentas STR 2.01.06:2009 „Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo“. 2009 m. lapkričio 17 d. Nr. D1-693 Vilnius
25. Lietuvos Respublikos higienos norma HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“. 2011 m. rugsėjo 1 d. Nr. V-824/A1-389 Vilnius

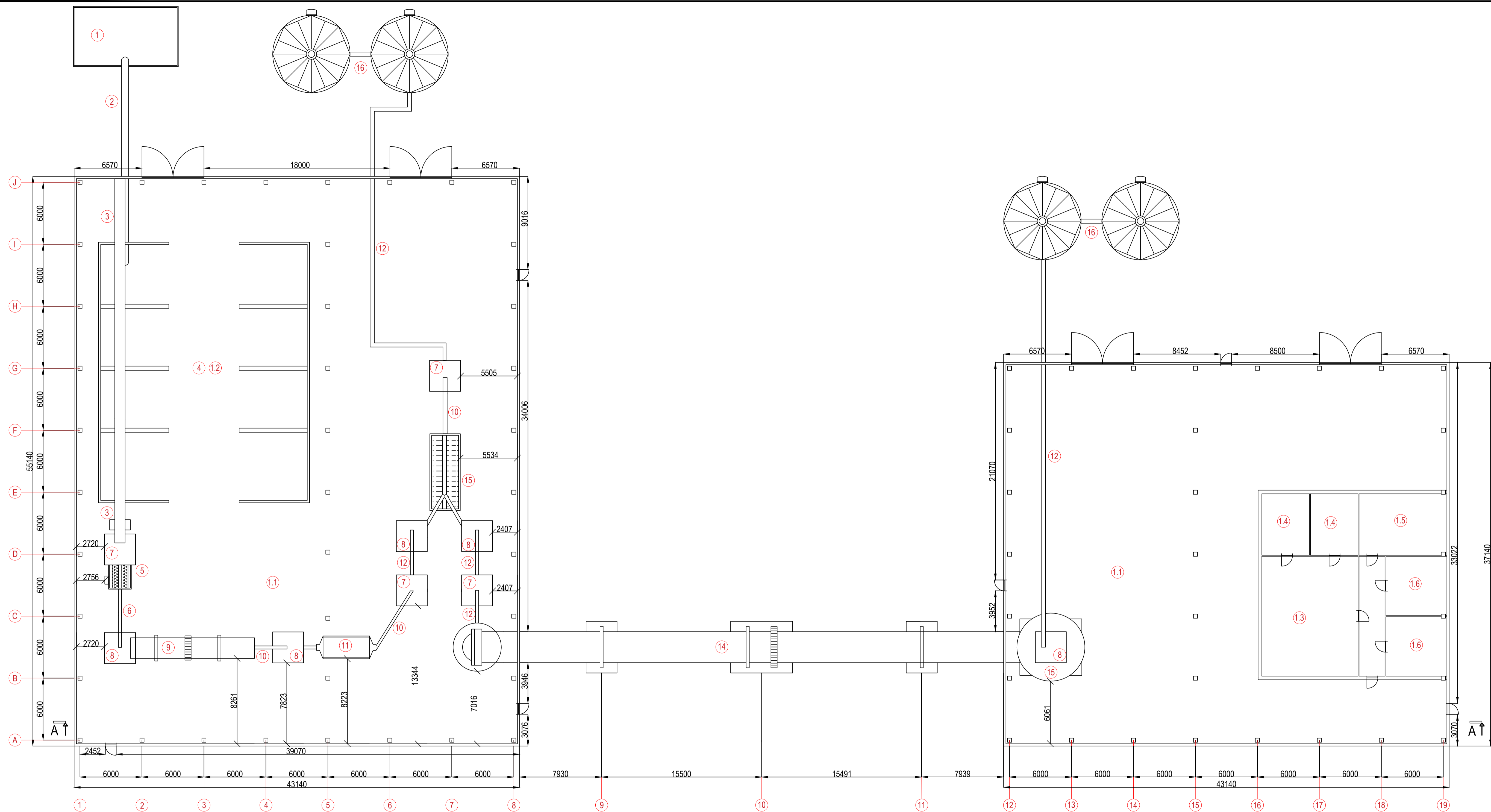
Priedai

- 1 priedas. Statinio teritorijos planas**
- 2 priedas. Gamybinių patalpų planas ir įrenginių išdėstymas**
- 3 priedas. Technologinės linijos išilginis pjūvis**
- 4 priedas. Principinė technologinė schema**



Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m2
1	Gamybos pastatai	1
2	Žaliavų ir produkto silosai	S
3	Žalioji zona	Ž
4	Geležinkelis	G
5	Stovėjimo aikštelė	P
6	Įėjimas darbuotojams	▷
7	Įvažiavimas transportui	▷

Grupė				KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas		
TMC-01	Projektavo	Ž. Karsokas	2022-05-30	Priedo portlandcementinių gamyba iš degto kaolino ir opokos				
	Vadovas	I. Barauskas	2022-05-30					
	Konsult.	O. Viliūnienė						
	Recenzent.	R. Kaminskis		Sklypo planas				Laida
								O
MBD	Silikatų technologijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2022-MBD-CTF		Lapas	Lapų	
				1	1			



Irenginių eksplikacija

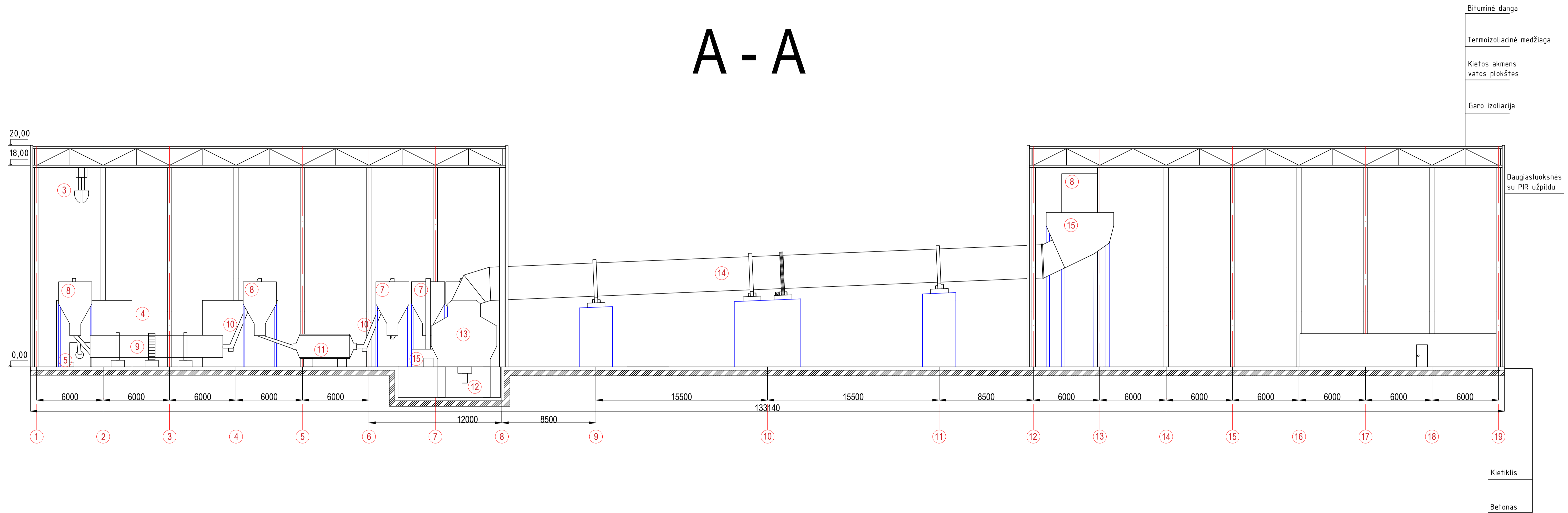
Eil. Nr.	Irenginio pavadinimas	Kiekis
1	Priėmimo bunkeris	1
2	Juostinis transporteris	1
3	Greiferinis kranas	1
4	Sandėliavimo aruodas	1
5	Valcinis trupintuvas	1
6	Elevatorius	1
7	Trapinis bunkeris	3
8	Tarpinis bunkeris su dozatoriumi	5
9	Džiovinimo krosnis	1
10	Sraigtinis transporteris	3
11	Rutulinis malūnas	1
12	Pneumatinis transportas	1
13	Aušintuvas	1
14	Sukamoji krosnis	1
15	Juostinis sraigtinis maišytuvas	1
16	Sandėliavimo silosai	1

Patalpų eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m2
1	Gamybinės patalpos	3145
2	Sandėliavimo aruodas	500
3	Virtuvė - poilsio kambarys	108
4	WC	55
5	Sandėliukas	51
6	Rūbinė	34

Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-01	Studentas	Ž. Karsokas	2022-05-30	Priedo portlandcementui gamyba iš degto kaolino ir opokos	
	Vadovas	I. Barauskas	2022-05-30	Pagrindinių įrenginių išdėstymas	
	Konsult.	O. Vilioniėnė		Laida	
	Recenzent.	R. Kaminskis		O	
MBD	Silikatų technologijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2022-MBD-CTF	Lapas Lapų 1 1

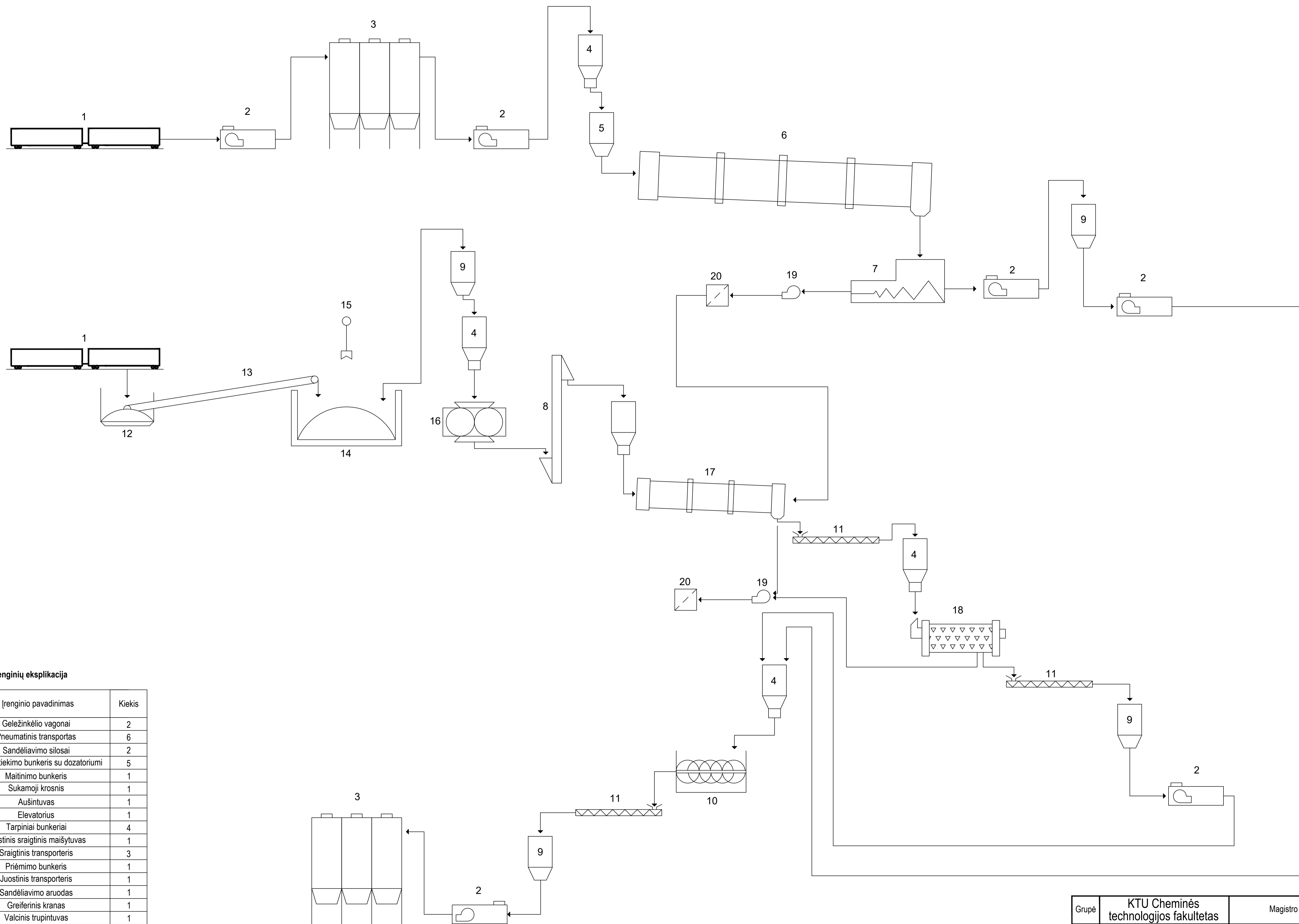
A - A



Įrenginių eksplikacija

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Kiekis
1	Priėmimo bunkeris	1
2	Juostinis transporteris	1
3	Greiferinis kranas	1
4	Sandėliavimo aruodas	1
5	Valcinis trupintuvas	1
6	Elevatorius	1
7	Trapinis bunkeris	3
8	Tarpinis bunkeris su dozatoriumi	5
9	Džiovinimo krosnis	1
10	Sraigtinis transporteris	3
11	Rutulinis malūnas	1
12	Pneumatinis transportas	1
13	Aušintuvas	1
14	Sukamoji krosnis	1
15	Juostinis sraigtinis maišytuvas	1
16	Sandėliavimo silosai	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas		
TMC-01	Projektavo	Ž. Karsokas	2022-05-30	Priedo portlandcementui gamyba iš degto kaolino ir opokos	
	Vadovas	I. Barauskas	2022-05-30		
	Konsult.	O. Viliūnienė			
	Recenzent.	R. Kaminskis		Pagrindinių įrenginių pjūvis	Laida O
MBD	Silikatų technologijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2022-MBD-CTF	Lapas Lapų 1 1



Įrenginių eksplikacija

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Kiekis
1	Geležinkelio vagonai	2
2	Pneumatinis transportas	6
3	Sandėliavimo silosai	2
4	Tarpinis tiekimo bunkeris su dozatoriumi	5
5	Maitinimo bunkeris	1
6	Sukamoji krosnis	1
7	Aušintuvas	1
8	Elevatorius	1
9	Tarpiniai bunkeriai	4
10	Juostinis sraigtinis maišytuvas	1
11	Sraigtinis transporteris	3
12	Priėmimo bunkeris	1
13	Juostinis transporteris	1
14	Sandėliavimo aruodas	1
15	Greiferinis kranas	1
16	Valcinis trupintuvas	1
17	Būgninė džiovykla	1
18	Rutulinis malūnas	1
19	Ventiliatorius	2
20	Rankoviniai filtrai	2

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
TMC-01	Studentas	Ž. Karsokas	2022-05-30	Priedo portlandcemenčiui gamyba iš degto kaolino ir opokos	
	Vadovas	I. Barauskas	2022-05-30		
	Konsult.	O. Viliūnienė		Pagrindinių įrenginių išdėstymas	
	Recenzen.	R. Kaminskis		Laida	O
	Silikatų technologijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			Lapas	Lapų
MBD	2022-MBD-CTF			1	1