



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų

Baigiamasis magistro studijų projektas

Edvinas Kazlauskas

Projekto autorius

prof. dr. Rimvydas Kaminskas

Vadovas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų

Baigiamasis magistro studijų projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Edvinas Kazlauskas

Projekto autorius

prof. dr. Rimvydas Kaminskas

Vadovas

doc. dr. Zenonas Valančius

Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Edvinas Kazlauskas

Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų

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.

Edvinas Kazlauskas

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

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

Suderinta:
Silikatų technologijos katedra
Katedros vedėjas
prof. dr. R. Šiaučiūnas

Dekano potvarkis Nr. V25-02-10, 2022 gegužės 16 d. 2022 m. kovo mėn. 4 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – suprojektuoti papildomosios cementinės medžiagos iš pramonės atliekų gamybos cechą.

Darbo uždaviniai:

1. ištirti smektitinio molio atliekos ir panaudoto naftos krekingo katalizatoriaus priedo įtaką portlandcemenčio hidratacijai ir kietėjimui;
2. suprojektuoti 130 tūkst. t/metus našumo tinkamų savybių priedo portlandcemenčiui gamybos liniją;
3. atlikti pasirinkto priedo gamybos statybinius, technologinius ir finansinius–ekonominius skaičiavimus;
4. atlikti projekto aplinkosauginį bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanų 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

prof. dr. Rimvydas Kaminskas

2022–03–03

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Edvinas Kazlauskas
(studento vardas, pavardė)

2022–03–03

(parašas, data)

Kazlauskas Edvinas. Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Rimvydas Kaminskas; Kauno Technologijos Universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: papildomoji cementinė medžiaga, smektitinio molio atlieka, naftos krekingo katalizatorius

Kaunas, 2022. 73 p.

Santrauka

Šio magistro baigiamojo darbo tikslas yra suprojektuoti papildomosios cementinės medžiagos iš pramonės atliekų gamybos cechą, kurio gamybos apimtis yra 130000 tonų per metus. Papildomosios cementinės medžiagos gamybos žaliavos yra smektitinio molio atlieka, susidaranti aliejaus balinimo metu ir panaudotas naftos krekingo katalizatorius iš Lietuvos ir Lenkijos naftos perdirbimo gamyklų.

Atliekant tyrimus, smektinis molis buvo termiškai aktyvuotas 1 h, 600 °C temperatūroje, o panaudotas katalizinio krekingo katalizatorius papildomai apdorotas nebuvo. Buvo nustatytas bandinių dalelių dydžio pasiskirstymas, pucolaninis aktyvumas ir amorfinės fazės kiekis. Cemento bandiniai buvo formuojami maišant skirtingus kiekius abiejų atliekų ir pakeičiant 15 % portlandcemenčio masės paruoštais priedais. Buvo atlikta skirtingą trukmę kietėjusių bandinių hidraulinio aktyvumo, mikrokalorimetrinė, RSDA, DSK ir termogravimetrinė analizės, taip pat nustatytas bandinių stipris gniuždant. Tyrimais nustatyta, kad priedas iš katalizatorius ir smektitinio molio atliekų mišinio kompleksiskai pagreitina ankstyvąją cemento hidrataciją, o portlandcementis su 70 % panaudoto katalizatoriaus ir 30 % smektitinio molio atliekų mišinio priedu pasižymi geriausiomis savybėmis. Šiuo priedu galima pakeisti iki 20 % portlandcemenčio, todėl šios sudėties priedas buvo pasirinktas gamybos projektavimui. Technologinėje dalyje buvo parinktas gamybos būdas, aprašyta ir parinkta technologinė schema, apskaičiuotos gamybos apimtys ir medžiagų balansas. Parinkti / apskaičiuoti technologiniai įrenginiai.

Baigiamajame darbe yra įvertinti statybiniai sprendimai. Grafinėje dalyje pateikiama principinė technologinė schema, gamybinių patalpų planas ir įrenginių išdėstymas, gamybinių patalpų skersinis pjūvis ir teritorijos planas. Atlikti ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai, aplinkosauginis vertinimas, apžvelgta darbuotojų sauga ir sveikata.

Kazlauskas Edvinas. Manufacture of Supplementary Cementitious Material from Industrial Waste. Master 's Final Degree Project / supervisor prof. dr. Rimvydas Kaminskas; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: Supplementary Cementous Material, Smectite Clay Waste, Oil Cracking Catalyst

Kaunas, 2022. 73 p.

Summary

The purpose of this Master's Final Degree project is to design plant which will produce 130000 tonnes per year of supplementary cementitious material from industry wastes. Supplementary Cementous material is made from waste of smectite clay which forms during oil bleaching process and used oil-cracking catalyst which was collected from Lithuanian and Polish oil refineries.

During research, smectite clay was thermally activated 1 h at 600 °C temperature while oil-cracking catalyst was not treated. The particle size distribution, pozzolanic activity and amorphous phase content of the samples were determined. The samples of cement were formed by mixing different amounts of both wastes and replacing 15 % of Portland cement with prepared additives. There were performed hydraulic activity, microcalorimetric, RSDA, DSK and thermogravimetric analyzes as well as compressive strength with samples which had different concrete time. Studies have shown that the additive from the mixture of catalyst and smectite clay waste accelerates the early hydration of the cement, and Portland cement with the addition of 70% used catalyst and 30% smectite clay waste mixture has the best properties. Up to 20 % of Portland cement can replace with this additive, therefore the additive of this composition was chosen for production design. The production method, technological scheme was described and selected and production volumes and material balance were calculated in the technological part. There was selected / calculated technological equipment.

In the Master's final project there are evaluated construction solutions. The graphic part presents the principal technological scheme, the plan of the production facility, the layout of the equipment, the cross-section of the production facility and the plan of the territory. There are performed economic and financial calculations, environmental assessment, safety and health of workers.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	11
Santrumpų sąrašas	12
Įvadas	13
1. Literatūros apžvalga	14
1.1.Portlandcementis	14
1.1.1.Portlandcemenčio cheminė sudėtis.....	14
1.1.2.Portlandcemenčio mineralinė sudėtis.....	14
1.2.Papildomosios cementinės medžiagos	15
1.3.Pucolaninės medžiagos.....	15
1.4.Pucolaninė reakcija.....	16
1.5.Molis.....	17
1.6.Termiškai aktyvuotas molis.....	17
1.7.Aliejaus balinimo procesas.....	18
1.8.SMA susidarymas.....	18
1.9.Naftos krekingo katalizatoriaus atliekos susidarymas.....	18
1.10. Cemento hidratacija.....	19
1.11. Priedų įtaka cemento akmenų savybėms.....	19
2. Tiriamaji dalis	21
2.1.Medžiagos ir metodai	21
2.1.1. Medžiagos.....	21
2.1.2. Metodai.....	22
2.2.Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas	23
3. Inžinerinė dalis	33
3.1.Technologinė dalis	33
3.1.1. Gamybos būdo parinkimas.....	33
3.1.2. Technologinės schemos parinkimas ir aprašymas.....	33
3.1.3. Gamybos apimtys ir medžiagų balansas.....	34
3.1.4. Įrenginių parinkimas ir jų apskaičiavimas.....	36
3.2.Statybiniai sprendimai	43
3.2.1. Bendrieji duomenys.....	43
3.2.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara.....	43
3.2.3. Bendrųjų statinio inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.....	43
3.2.4. Orientacinės statinio naujos statybos kainos apskaičiavimas.....	44
3.3.Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai	45
3.3.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai.....	45
3.3.2. Ilgalaikio turto vertė.....	45
3.3.3. Trumpalaikio turto vertė.....	45
3.3.4. Produkcijos gamybos apimtis.....	46
3.3.5. Gamybos kaštai.....	46
3.3.6. Veiklos kaštai.....	52
3.3.7. Finansinės ir investicinės sąnaudos.....	53
3.3.8. Gaminio kainos skaičiavimas.....	53
3.3.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	54
3.3.10. Investicijų efektyvumo įvertinimas.....	56
3.3.11. Finansinių ir ekonominių skaičiavimų išvados.....	58
3.4.Aplinkosauginis vertinimas	59
3.4.1. Bendrieji duomenys.....	59
3.4.2. Atliekos.....	60
3.4.3. Aplinkos oro tarša.....	60
3.4.4. Naudojamas vanduo ir susidaranti nuotekos.....	61

3.4.5. Išvados.....	61
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	63
4.1. Projektuojamojo objekto charakteristika	63
4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	63
4.3. Saugi gamyba	65
4.4. Darbo higiena	66
4.5. Gaisrinė sauga	67
Išvados	69
Literatūros sąrašas	70

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Portlandcemenčio cheminė sudėtis.....	14
2 lentelė. Cheminė portlandcemenčio, SMA ir FCC sudėtis	21
3 lentelė. Portlandcemenčio, sumaišyto su priedais normali konsistencija ir rišimosi trukmė.....	25
4 lentelė. Termogravimetrinės analizės rezultatai po 7 ir 28 parų hidratacijos	31
5 lentelė. Darbo režimo duomenys.....	35
6 lentelė. Žaliavų sąnaudų kiekis sandėliavimo skyriuje	35
7 lentelė. Reikalingas SMA kiekis prieš degimą	35
8 lentelė. Reikalingas žaliavos kiekis sumaišymo skyriuje	36
9 lentelė. Reikalingas žaliavos kiekis paruošimo skyriuje.....	36
10 lentelė. Bunkerio techninės charakteristikos.....	37
11 lentelė. Bunkerio techninės charakteristikos.....	38
12 lentelė. Kaušinio elevatoriaus techninės charakteristikos.....	40
13 lentelė. Galios traukos įtaiso techninės charakteristikos.....	40
14 lentelė. Aušintuvo techninės charakteristikos	41
15 lentelė. Maišyklės techninės charakteristikos	41
16 lentelė. Granuliatoriaus techninės charakteristikos.....	41
17 lentelė. Sukamosios krosnies techninės charakteristikos	42
18 lentelė. Bendrieji techniniai statinio rodikliai	43
19 lentelė. Orientacinė naujo statinio darbų kaina	44
20 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai.....	45
21 lentelė. Technologinių įrengimų vertė	45
22 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis	46
23 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas.....	46
24 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	47
25 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	48
26 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai.....	48
27 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui.....	49
28 lentelė. Tiesioginės išlaidos dujoms.....	49
29 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	49
30 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	50
31 lentelė. Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui	50
32 lentelė. Netiesioginės išlaidos patalpų apšvietimui.....	50
33 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	51
34 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata	51
35 lentelė. Gamybos kaštai	52
36 lentelė. Veiklos kaštai	53
37 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas.....	53
38 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas	53
39 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas	54
40 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita.....	55
41 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita.....	56
42 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS).....	57
43 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai	57
44 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas.....	57

45 lentelė. Projekto balansas	58
46 lentelė. Duomenys apie produkciją	59
47 lentelė. Kuro ir energijos suvartojimas	59
48 lentelė. Energijos gamyba	59
49 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavą	60
50 lentelė. Žaliavų saugojimas	60
51 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas	60
52 lentelė. Aplinkos oro taršos šaltiniai	61
53 lentelė. Tarša į aplinkos orą	61
54 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencijos priemonės	61
55 lentelė. Duomenys apie nuotekų šaltinius ir/arba išleistuvus.....	61
56 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [58, 61, 62, 63, 64, 66, 67].	64
57 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai	64
58 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorija pagal sprogimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas.....	65
59 lentelė. Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės [64]	66
60 lentelė. Mažiausios apšvietos ribinės vertės darbo vietų patalpų viduje.....	67
61 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga.....	67

Paveikslų sąrašas

1 pav. Pucolaninių medžiagų klasifikacija [8]	16
2 pav. FCC (1) ir SMA (2) rentgeno spindulių difrakcijos kreivės. Žymenys: F – faujazitas; Mu – mulitas, M – montmorilonitas; S – silicio oksidas; A – albitas; C – kalcio aliuminio silikatas.....	22
3 pav. Grynų medžiagų dalelių dydžio pasiskirstymas (a – SMA; b – FCC).....	24
4 pav. FCC ir SMA pucolaninis aktyvumas ir amorfinės fazės.....	25
5 pav. Bandinių su 15% skirtingų priedų hidraulinis aktyvumas.....	26
6 pav. Bandinių hidratacijos šilumos srautas (a), šilumos kiekis (b).....	27
7 pav. Portlandcemenčio tešlos su skirtingai priedo santykiais, stipris gniuždant.....	28
8 pav. Portlandcemenčio bandinių RSDA kreivės po 28 parų hidratacijos su 15 % skirtingų priedų. 1 – K (0 % priedo) , 2 – 3F7S, 3 – 5F5S, 4 – 7F3S, 5 – F. Žymenys: E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); CH – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); CS – nehidratuoti kalcio silikatai (C3S, C2S); Mg – periklazas (MgO); Y – jugavaralitas ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$).....	29
9 pav. Bandinių DSK kreivės po 28 hidratacijos dienų	30
10 pav. Surišto portlandito kiekis bandiniuose po 28 hidratacijos parų	31
11 pav. Cemento skiedinio mėginių su 7F3S priedu stipris gniuždant.....	32
12 pav. Principinė technologinė schema	34
13 pav. Bunkerio schema	37
14 pav. Lūžio taškas	58
15 pav. Evakuacijos planas	68

Santrumpų sąrašas

CAH – įvairūs kalcio hidridai
CEM I – portlandcementis be priedų
CH – portlanditas
CO₂ – anglies dioksidas
CSH – įvairūs kalcio hidrosilikatai
DSK – diferencinė skenuojamoji kalorimetrija
FCC – krekingo katalizatorius
GEV – grynoji esamoji vertė
IRR – vidinė pelno (gražos) norma
MIRR – modifikuota vidinė pelno norma
PAV – poveikio aplinkai vertinimas
PCM – papildomosios cementinės medžiagos
PI – pelningumo indeksas
RSDA – rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė
SAZ – sanitarinė apsaugos zona
SMA – smektitinio molio atlieka
VTA – vienalaikė terminė analizė
V/C – vandens ir cemento santykis

Įvadas

Šiuolaikinio pasaulio didžiausias iššūkis yra klimato šiltėjimas, susijęs su milžinišku šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio išmetimu į atmosferą. Cemento pramonė yra viena iš daugiausiai aplinką CO₂ dujomis teršiančių pramonės šakų. Gaminant vieną toną portlandcemenčio į aplinką išskiriama 0,75–0,95 t CO₂. Palyginti su kitomis pramonės šakomis, tai atitinka vidutinį CO₂ emisijų lygį, tačiau šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija cemento pramonėje yra rimta problema, nes pasaulyje pagaminama itin daug cemento, o iš cemento gaminamas betonas yra antra pagal kiekį (po vandens) suvartojama medžiaga.

Cemento pramonėje buvo nustatytos dvi pagrindinės kryptys, galinčios žymiai sumažinti su cemento/betono gamyba ir naudojimu susijusį CO₂ emisijų lygį:

- Didesnis mažai CO₂ išskiriančių priedų (papildomųjų cementinių medžiagų arba PCM) naudojimas kaip dalinis portlandcemenčio klinkerio pakaitalas;
- Efektyvesnis portlandcemenčio klinkerio panaudojimas skiediniuose ir betonuose.

Bet koks cemento klinkerio dalies pakeitimas cemento gamybos metu įgalina sumažinti aplinkos taršą ir gamybos kaštus. Ypač efektyvu, kai cemente dalis klinkerio pakeičiama kitų pramonės šakų generuojamomis atliekomis. Šiame darbe bus tiriama galimybė panaudoti smektitinio molio atliekas, susidarancios aliejaus balinimo metu ir naftos krekingo katalizatorius atliekos mišinį kaip papildomąją cementinę medžiagą portlandcemenčiui bei projektuojamas šios medžiagos gamybos cechas.

Darbo tikslas – suprojektuoti papildomosios cementinės medžiagos iš pramonės atliekų gamybos cechą.

Darbo uždaviniai:

1. ištirti smektitinio molio atliekos ir panaudoto naftos krekingo katalizatoriaus priedo įtaką portlandcemenčio hidratacijai ir kietėjimui;
2. suprojektuoti 130 tūkst. t/metus našumo tinkamų savybių priedo portlandcemenčiui gamybos liniją;
3. atlikti pasirinkto priedo gamybos statybinius, technologinius ir finansinius–ekonominius skaičiavimus;
4. atlikti projekto aplinkosauginį bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Portlandcementis

Portlandcementis yra tradicinė ir plačiausiai naudojama cemento rūšis statybos pramonėje. Didėjančios portlandcemenčio gamybai reikalingos energijos sąnaudos, būtinybė suprasti betono kietėjimo mechanizmus, taip pat būtinybė optimizuoti portlandcemenčio naudojimą aukštos kokybės betone, pabrėžia tai, kad šios svarbios statybinės medžiagos naudojimo supratimas yra būtinas tinkamai pramonės veiklai [1].

1.1.1. Portlandcemenčio cheminė sudėtis

Portlandcementis pagal apibrėžimą yra cementinė medžiaga, gaunama kalkes ar kitas kalcio oksido turinčias medžiagas kruopščiai sumaišius su molingomis, silicio dioksido, aliuminio oksido ir / ar geležies oksido turinčiomis medžiagomis. Vėliau mišinys yra degamas ir susidaręs klinkeris sumalamas. Cemento rišimosi trukmei reguliuoti, malant klinkerį įdedami keli procentai gipso. Portlandcementis daugiausiai susideda iš kalcio oksido (CaO), silicio dioksido (SiO₂), aliuminio oksido (Al₂O₃) ir geležies oksido (Fe₂O₃). Bendras keturių oksidų kiekis sudaro apie 90 % cemento masės ir paprastai jie yra vadinami pagrindiniais oksidais. Likusią 10 % cemento masę sudaro magnio oksidas (MgO), šarminiai oksidai (Na₂O ir K₂O), titano oksidas (TiO₂), fosforo pentoksidas (P₂O₅) ir gipsas, kurie apibrėžiami, kaip smulkios sudedamosios dalys. Tobulėjant cemento pramonei, portlandcemenčio sudėtis laipsniškai keitėsi. Šį pokytį daugiausia atspindėjo kalcio oksido kiekio didėjimas ir nedidelis silicio dioksido kiekio mažėjimas. Specifinė cemento sudėtis priklauso nuo naudojimo tipo ir nuo konkrečios jo gamyboje naudojamų žaliavų sudėties, tačiau pagrindinė cemento sudėtis procentais yra pateikiama 1 lentelėje [2].

1 lentelė. Portlandcemenčio cheminė sudėtis

Oksidas	Sudėtis, %
CaO	60–67
SiO ₂	17–25
Al ₂ O ₃	3–8
Fe ₂ O ₃	0,5–6,0
MgO	0,1–5,5
Na ₂ O + K ₂ O	0,5–1,3
TiO ₂	0,1–0,4
P ₂ O ₅	0,1–0,2
SO ₃	1–3

1.1.2. Portlandcemenčio mineralinė sudėtis

Įprastai, portlandcemenčio įkrova yra degama iki maždaug 1450 °C temperatūros. Cheminė komponentų sudėtis koreguojama taip, kad susidarytų keturi mineralai, kurie gali reaguoti su vandeniu:

- trikalcio silikatas SiO₂ · 3CaO;
- dikalcio silikatas SiO₂ · 2CaO;
- trikalcio aluminatas Al₂O₃ · 3CaO;
- tetrakalcio aliumoferitas 4CaO · Al₂O₃ · Fe₂O₃.

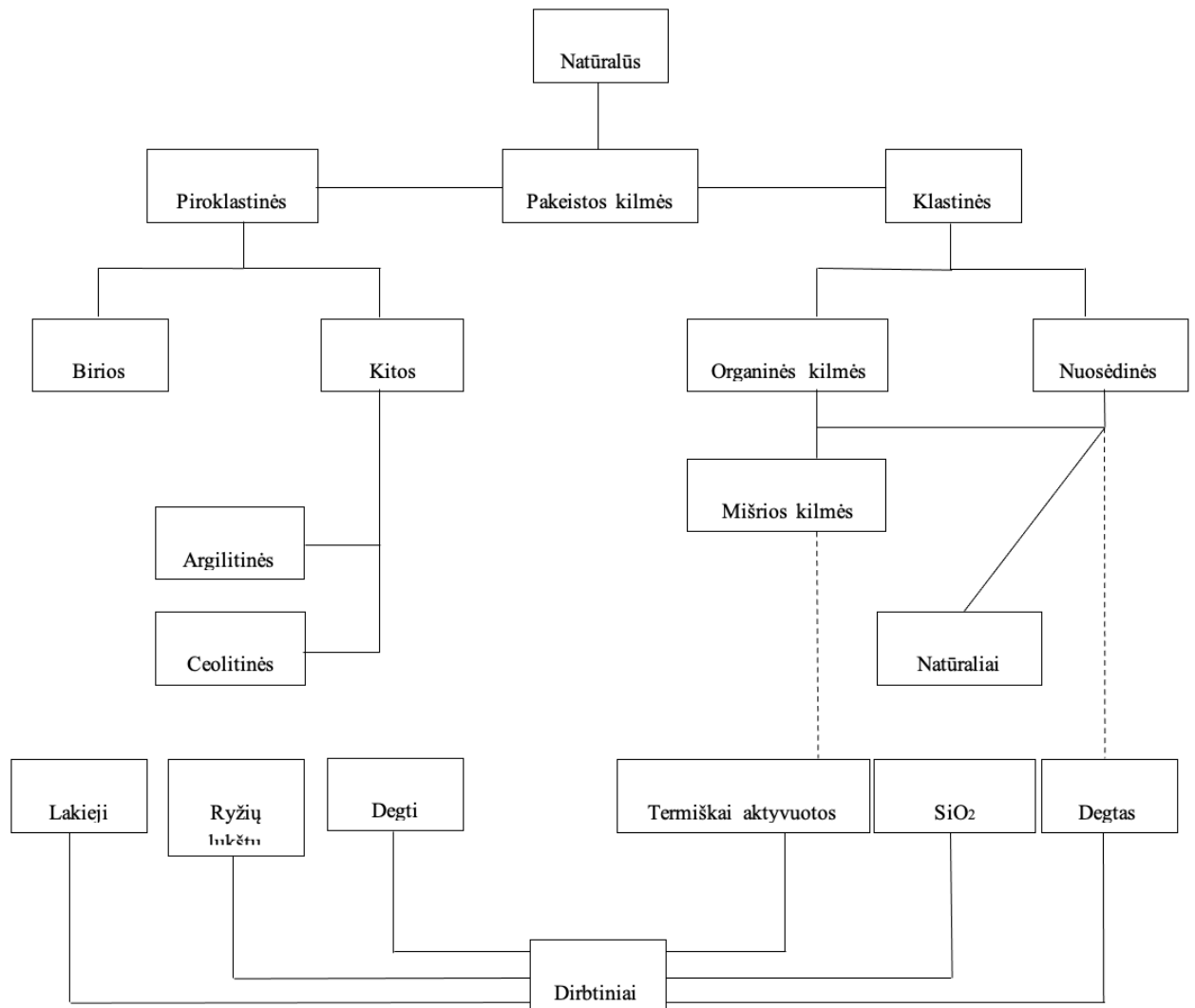
Pirmieji du mineralai sudaro portlandcemenčio silikatinę dalį, o trikalcio aluminatas ir tetrakalcio aliumoferitas – aliuminatinę dalį, dar vadinamą intersticine dalimi, nes degimo zonoje ši klinkerio dalis lydosi ir joje ištirpsta silikatai. Kai kurie iš šių mineralų gali kristalizuotis skirtingomis kristalografinėmis formomis, priklausomai nuo priemaišų, esančių jų kristalinėje struktūroje. Pavyzdžiui, grynas trikalcio aluminatas kristalizuojasi kubinėje singonijoje: šiuo atveju tai yra labai reaktyvus mineralas, tačiau tuo pat metu yra lengva kontroliuoti labai greitą jo hidrataciją. Kai tam tikras šarmų kiekis patenka į trikalcio aluminato gardelę, jis kristalizuojasi į ortorombinę ar net monoklininę singonijoje. Priklausomai nuo šarmų kiekio, jis yra mažiau reaktyvus nei kubinis trikalcio aluminatas, tačiau jo reaktyvumą nėra taip lengva kontroliuoti. Įprastai, klinkeryje trikalcio aluminatas kristalizuojasi, kaip kubinių ir ortorombinių formų mišinys [3].

1.2. Papildomosios cementinės medžiagos

Papildomosios cementinės medžiagos (PCM) yra medžiagos, kurių sudėtyje yra silicio, aliuminio-silicio arba kalcio–silicio oksidų, ir naudojamos kaip dalinis cemento klinkerio pakaitalas cementuose arba kaip dalinis portlandcemenčio pakaitalas betono mišiniuose. Daugelis medžiagų, šiuo metu naudojamų kaip PCM, yra kitų pramonės šakų šalutiniai produktai, pavyzdžiui, pelenai iš anglimi kūrenamų elektrinių. Kai kurie iš jų yra natūralūs mineralai, kurių gamybos energijos sąnaudos yra daug mažesnės nei naudojamos portlandcemenčio gamyboje [4]. Šiandien papildomosios cementinės medžiagos (PCM) plačiai naudojamos betone arba maišytuose cementuose, kartais pridedamos atskirai į betono maišytuvą. Naudojant tokias medžiagas labai sumažėja CO₂ emisija vienai tonai cementinių medžiagų pagaminti, taip pat yra priemonė panaudoti pramoninių gamybos procesų atliekas [5]. Papildomosios cementinės medžiagos yra skirstomos į inertines, pucolanines ir latentines hidraulines. Pucolaninės ir latentinės hidraulinės medžiagos toliau skirstomos į mažiau reaktyvias ir reaktyvesnes [6].

1.3. Pucolaninės medžiagos

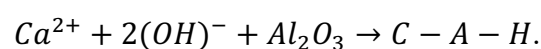
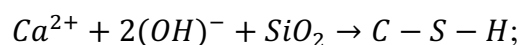
Šiuolaikinėje betono pramonėje dažniausiai naudojamas mineralinis priedas yra pucolanas. Pucolanas apibrėžiamas, kaip silicio ar silicio aliumininės medžiagos, kurios pačios turi mažai ar visai neturi rišamųjų savybių, tačiau smulkiai sumaltos įprastoje temperatūroje chemiškai reaguoja su kalcio hidroksidu, sudarydamos junginius, turinčius cementinių savybių [7]. Pucolaninės medžiagos skirstomos į natūralias ir dirbtines. Natūralioms medžiagoms nereikia jokio papildomo apdorojimo, išskyrus susmulkinimą. Dirbtinės pucolaninės medžiagos susidaro dėl cheminių ar struktūrinių medžiagų modifikacijų, kurios iš pradžių neturėjo pucolaninių savybių arba jos buvo silpnos. Skirtumas tarp natūralių ir dirbtinių pucolaninių medžiagų nėra tiksliai apibrėžtas, nes yra medžiagų, kuriose, be įprastų pucolaninių sudedamųjų dalių, taip pat yra įvairus kiekis molio mineralų, kurie tik kaitinant įgauna aiškių pucolaninių savybių. Siūloma pucolaninių medžiagų klasifikacija pateikiama 1 pav. [8].



1 pav. Pucolaninių medžiagų klasifikacija [8]

1.4. Pucolaninė reakcija

Cheminė reakcija tarp silicio ar silicio ir aliuminio oksidų, esančių pucolane su kalcio hidroksidu yra vadinama pucolanine reakcija [7]. Pucolaninės reakcijos įvyksta per ilgą laiko tarpą. Didelio paviršiaus ploto aliuminio ir silicio turintys mineralai yra pucolano dalys, kurios, esant vandeniui ir šarmui, sudaro cementines medžiagas, susidedančias iš kalcio silikatų ir aliuminio hidratų. Bet kurie ištirpę Ca^{2+} jonai reaguoja su bet kuriuo ištirpusiu SiO_2 ir Al_2O_3 , esančiu ant pucolano dalelių, sudarydami hidratuotus C–S–H ir C–A–H, kurie suriša kvarco daleles.



Pucolaninė reakcijos metu sunaudojama dalis cemento akmenyje esančio vandens. Tai yra teigiamas požymis, kadangi kietėjant medžiaga tampa tankesnė ir mažiau jautri tūrio susitraukimui.

1.5. Molis

Molis ir kiti žemės plutos komponentai daugiausiai susideda iš įvairių mineralų rūšių, kurios apibrėžiamos, kaip natūraliai randamos neorganinės, vienalytės kietos medžiagos, turinčios apibrėžtą cheminę sudėtį ir fiksuotą, tvarkingą erdvinę struktūrą. Molis susidaro dėl ilgalaikio atmosferos poveikio, erozijos ir uolienu įrimo virš žemės paviršiaus. Molio mineralai yra labai stabilūs paviršiaus aplinkoje ir atsparūs cheminiam atmosferos poveikiui [9]. Molio mineralai – tai smulkiadispersiai hidroaliumosilikatai, kurie sumaišyti su vandeniu tampa plastiški. Visi jie sudaryti iš elektriškai neutralių plokštelės formos aliumosilikatinių sluoksnių, kurie lengvai gali slysti vienas kito atžvilgiu. Visi molio mineralai yra antriniai geologiniai dariniai, t.y. jie susidarė vandeniui ir ore esančiam CO₂ veikiant aliumosilikatines uolienas [10]. Molio mineralus galima suskirstyti į septynias grupes [11]:

1. kaolinitiniai;
2. pirofilitiniai;
3. smektitiniai;
4. vermikulitiniai;
5. žerutiniai;
6. chloritiniai;
7. tarp sluoksningi molio mineralai.

1.6. Termiškai aktyvuotas molis

Molio mineralų terminė aktyvacija vyksta 500–900 °C temperatūroje, kai skyla molio mineralai. Jos metu iš oktaedrinių sluoksnių pasišalina vanduo ir jie suyra į netvarkingą metastabilią būseną, kuri yra reaktyvi. Termiškai aktyvavus molį, padidėja jo geopolimerinis reaktyvumas, dėl ko padidėja galutinio produkto stipris gniuždant [15]. Temperatūra, kuriai esant vyksta pokyčiai, labai skiriasi įvairiose molio mineralų grupėse ir netgi tarp skirtingų tam tikros grupės mineralų. Ši temperatūra taip pat priklauso nuo dalelių dydžio ir degimo režimo. Galima išskirti keturis pagrindinius temperatūrų diapazonus, kuriuose vyksta reikšmingi molio mineralų struktūrų pokyčiai:

1. Temperatūros intervalas, kai molis iš dalies užšąla molio (žemesnė nei –5°C): šiame temperatūros intervale dalis vandens virsta ledu. Tačiau net esant –60°C temperatūrai, nemažas kiekis vandens lieka skystos arba pusiau skystos būsenos, sudarydamas plėvelę, skiriančią mineralų paviršių nuo ledo.
2. Temperatūros intervalas, kai yra aukštesnė temperatūra už dehidratacijos temperatūrą, bet žemesnė už dehidroksilinimo temperatūrą: kai temperatūra pakyla nuo aplinkos iki dehidroksilinimo pradžios temperatūros, molio mineralai netenka adsorbuoto vandens. Dėl to keičiasi porų dydis ir iš esmės pakinta molio mineralinių paviršių ir tarp sluoksnių erdvių rūgštingumas.
3. Temperatūros intervalas, kuomet temperatūra yra aukštesnė už dehidroksilinimo temperatūrą, bet žemesnė už tą, dėl kurios visiškai suyra struktūra: šiame temperatūrų diapazone vykstantys pokyčiai skiriasi skirtingoms molio mineralų grupėms. Dehidroksilinimas sunaikina trioktaedrinių 2:1 tipo mineralų sluoksnio struktūrą, o jų dioktaedrinių atitikmenų struktūra išsaugoma. Kaolinito grupės mineralai tampa amorfiniai, nors kai kurios struktūros ypatybės išsaugomos.
4. Temperatūros intervalas, kuriame kristalizuojasi naujos fazės: dehidroksilintos molio mineralinės medžiagos, kurios netampa amorfiniais junginiais, tačiau gali tapti tokiais toliau kaitinant, kol kristalizuojasi aukštatemperatūros fazės. Kai kristalizuojasi naujos fazės, molio mineralai

praranda savo originalumą, nors produktų kristalografinė orientacija dažnai yra susijusi su pradinės medžiagos orientacija.

Molio mineralai gali būti degami įvairiais būdais: be jokių priemaišų ar išankstinio apdorojimo; prieš degant iš anksto apdorojama ir sumaišoma su įvairiais reagentais, pavyzdžiui, aktyvinama rūgštimi arba po išankstinio pakaitinimo ir išankstinio apdorojimo, sumaišoma su įvairiais reagentais ir dar kartą pakaitinama. Atsižvelgiant į didelę pradinių medžiagų įvairovę ir daugybę kintamųjų, susijusių su degimo režimu, molio mineralų terminiam aktyvavimui yra daugybė variantų, kurie pasirenkami norint sukurti pageidaujamas savybes arba užkirsti kelią nepageidaujamų savybių atsiradimui [16].

1.7. Aliejaus balinimo procesas

Aliejaus balinimo procesas atliekamas siekiant pašalinti riebalams nepageidaujamą spalvą suteikiančius komponentus ir pašalinti oksidaciją sukeliančius pigmentus, tokius, kaip chlorofilai bei suskaidyti oksidacijos metu susidariusius peroksidus į mažesnės molekulinės masės karbonilo junginius, kuriuos vėliau galima pašalinti dezodoruojant. Balinimo metu taip pat pašalinamos kitos priemaišos, pavyzdžiui, muilai ir metalo jonai. Paprastai balinimas atliekamas su natūraliu, sieros arba druskos rūgštimi aktyvintu bentonitu ar montmorilonitu ir kiek mažesniu kiekiu aktyvintos anglies. Balinimo procesui moliu didžiausios įtakos turi dalelių dydis. Kuo mažesnės dalelės, tuo geriau vyksta balinimo procesas, bet esant per mažoms dalelėms, padidėja aliejaus sulaikymas, o tai sukelia filtravimo problemų. Panaudotas balinamasis molis nėra laikomas pavojinga atlieka. Jame yra nuo 5 % iki 40 % riebalų. Šių medžiagų savybės yra tokios, kad jos savaime gali užsidegti kontaktuojant su oru. Savaiminį užsidegimą sukelia šilumos perteklius, susidarantis oksiduojant organines medžiagas. Panaudotas molis taip pat, kelia grėsmę aplinkai, nes gali įvykti riebalų turintis nuotėkis į gruntinius vandenius, kai jis yra išmetamas į sąvartynus [17].

1.8. SMA susidarymas

Balinamąjį molį daugiausia sudaro smektitas – aliumosilikato mineralas. Gerai žinoma, kad natūralios būklės bentonitai turi ribotą sorbavimo gebą. Ši gebėjimą labai sustiprina apdorojimas stipriomis rūgštimis [18]. Šio apdorojimo metu iš molio išplaunamos organinės medžiagos ir priemaišos, taip pat pašalinama dalis aliuminio (Al^{3+}) jonų, kas sukelia krūvio trūkumą molio gardelėje [20]. Šis apdorojimas pakeičia molio struktūrą, cheminę sudėtį ir fizines savybes, kartu padidindamas adsorbcijos pajėgumas [18]. Aliejaus balinimo proceso metu molis ir aliejus yra sumaišomi ir kaitinami kartu 15–30 minučių apie 100 °C temperatūroje, o po to vakuumu nufiltruojami ir atskiriami. Proceso pabaigoje yra gaunamos dvi fazės: aliejus ir smektitinio molio atlieka (SMA) [19].

1.9. Naftos krekingo katalizatoriaus atliekos susidarymas

Nafta yra sudėtingas angliavandenilių junginių mišinys, kuriame yra nedideli kiekiai azoto, deguonies ir sieros junginių, taip pat nedideli kiekiai metalų turinčių junginių. Krekingo metu vyksta termokataliziniai naftos angliavandenilių kitimai, kurių metu iš didesnės molekulinės masės naftos produktų yra gaunami mažesnės molekulinės masės produktai ir cheminės sintezės žaliava [21]. Krekingo procesas vykdomas 450–530 °C temperatūroje, atmosferiniame slėgyje ir jo metu vyksta didelės molekulinės masės angliavandenilių skilimas, izomerizacija ir cikloalkanų dehidrinimas iki arenų. Šiais laikais krekingo procese naudojami katalizatoriai yra sudėtingos sistemos sudarytos iš 10–25 % ceolito Y be katijonitų, kurie tolygiai pasiskirstę amorfiniame aliumosilikate [22]. Po

panaudojimo katalizatorių sudarančios medžiagos gali būti panaudojamos cementinėse sistemose ir veikti kaip mikroužpildai, kurie padidina sukietėjusios cemento tešlos stiprumą ir gali sudaryti tankesnę bei homogeniškesnę mikrostruktūrą sąlyčio su užpildu zonoje. Nustatyta, kad naftos krekinge panaudotas katalizatorius gali sukelti pucolaninę reakciją, reaguoti su kalcio hidroksidu cementinėje sistemoje ir pagreitinti cemento hidrataciją [23].

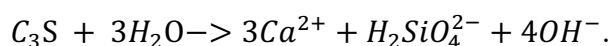
1.10. Cemento hidratacija

Cemento hidrataciją sudaro susijusių cheminių procesų rinkinys, kurio greitį nulemia proceso pobūdis ir sistemos būseną tuo metu. Šie procesai patenka į vieną iš šių kategorijų:

- tirpimas / disociacija apima molekulių prisijungimą prie kietos medžiagos, besiliečiančios su vandeniu;
- difuzija apibūdina tirpalo komponentų pernešimą per cemento tešlos porų tūrį arba išilgai adsorbcinio sluoksnio kietųjų dalelių paviršių;
- augimas apima paviršiaus sutvirtinimą, molekulių įtraukimą į kristalinę ar amorfinę struktūrą;
- branduolių susidarymas inicijuoja heterogenišką kietųjų dalelių nusodinimą ant kietų paviršių arba homogeniškai tirpale;
- kompleksacija apima reakcijas tarp paprastųjų jonų, suformuojant jonų kompleksus arba adsorbuotus molekulinis kompleksus ant kietųjų paviršių;
- adsorbija apima jonų ar kitų molekulinį vienetų kaupimąsi sąsajoje, pvz. kietos dalelės paviršius skystyje.

Šie procesai gali veikti nuosekliai, lygiagrečiai arba kitokiu deriniu. Hidratacijos eiga yra suskirstyta į 3 etapus, kurie yra apibrėžti taškais hidratacijos greičio ir laiko diagramoje, tačiau šių etapų pradžia ir pabaigą nustatyti yra sunku. Toliau pateikiami 3 etapai [13].

1. Pradinė reakcija. Jai yra būdingos greitos reakcijos tarp (C_3S) ir vandens, kurios prasideda iškart po sudrėkinimo ir joms būdingas didelis šilumos išsiskyrimas. Šios reakcijos metu padidėja kalcio (Ca) ir silicio (Si) koncentracija mišinyje. Šios reakcijos lygtis (1) yra:



2. Pagreitėjimo periodas. Šiam periodui yra būdingas nevienalyčių C–S–H branduolių augimas ir susidarymas ant alito ir kitų mineralų paviršiaus. Hidratacijos greitis šiame etape priklauso nuo susidariusio C–S–H kiekio.
3. Lėtėjimo periodas. Šio hidratacijos etapo greitis labiausiai priklauso nuo difuzijos proceso. Taip yra svarbūs keli kiti veiksniai: mažų dalelių sureagavimas, paliekant reaguoti tik dideles daleles, vietos trūkumas ir vandens trūkumas. Praktikoje vandens trūkumas yra vienas iš svarbiausių faktorių, nes bendras hidratų tūris yra šiek tiek mažesnis už bendrą cemento ir vandens tūrį. Dėl šio bendro tūrio sumažėjimo, vadinamo cheminiu, po sukietėjimo susidaro dujomis užpildytas poringumas ir sumažėja vidinė santykinė drėgmė, o tai sumažina hidratacijos greitį.

1.11. Priedų įtaka cemento akmens savybėms

Cemento pramonėje vienas veiksmingiausių ir labiausiai pripažintų sprendimų yra sudėtinių portlandcemenčių, turinčių mažesnę klinkerio kiekį, kūrimas, gamybos ir panaudojimo plėtra bei aktyvių mineralinių priedų, vadinamų papildomomis cementinėmis medžiagomis pridėjimas. Pastaruoju metu ypač didelis dėmesys skiriamas kitų pramonės šakų atliekoms panaudoti (pvz., PCM). Daugelis iš jų, tokios kaip metalurginiai šlakai, mikrosilika, lakieji anglies pelenai, ryžių lukštų pelenai ir kitos yra gerai ištirtos ir plačiai naudojamos cemento pramonėje [24–31]. Šiuo metu

į portlandcemenčio sudėtį dažniausiai yra pridedama apie 20 % įvairių priedų. Normaliojo cemento vidutinis tankis yra apie 2270 kg/m³, gniuždymo stipris 45,5–57,3 MPa, vandens absorbcija – 1 %, o minkštėjimo koeficientas yra 0,92. Remiantis tyrimų duomenimis, į cemento mišinį pridėjus 5–10 % priedų, cemento stiprumas gniuždant atitinkamai padidėja 23,9 ir 9,9 %. Toliau didinant priedo kiekį mišinyje, cemento stipris gniuždant nekinta arba mažėja. Vandens absorbcija ir minkštėjimo koeficientas, esant 5–20 % priedo mišinyje, didėja, o kuomet mišinyje yra 15–20 % priedo, minkštėjimo koeficientas pradeda mažėti, tačiau parametrai netampa mažesni nei už cemento be priedo parametrus [12].

Išvados

Apibendrinant literatūros duomenis galima pažymėti, kad sprendžiant ekologines ir ekonomines problemas cemento pramonėje labai svarbu panaudoti kuo didesnę kiekį kitose pramonės šakose susidarančių atliekų. Atskiruose gamybos procesuose susidarančių atliekų dažnai nepakanka, kad būtų galima šiomis medžiagomis pakeisti ženklų cemento klinkerio dalį. Todėl svarbu ištirti galimybę šias atliekas derinti tarpusavyje, nustatant galimas jų sumaišymo proporcijas, įtaką cemento hidratacijos bei kietėjimo procesui ir taip sumažinant didesnę naudojamo cemento klinkerio dalį. Todėl šio darbo tikslas – ištirti naftos krekingo procese susidarančios atliekos – panaudoto katalizatoriaus ir aliejaus valymo procese susidarančios atliekos – panaudoto smektitinio molio kompleksinio priedo įtaką cemento hidratacijai bei kietėjimui ir suprojektuoti šio priedo gamybos liniją.

2. Tiriemoji dalis

2.1. Medžiagos ir metodai

2.1.1. Medžiagos

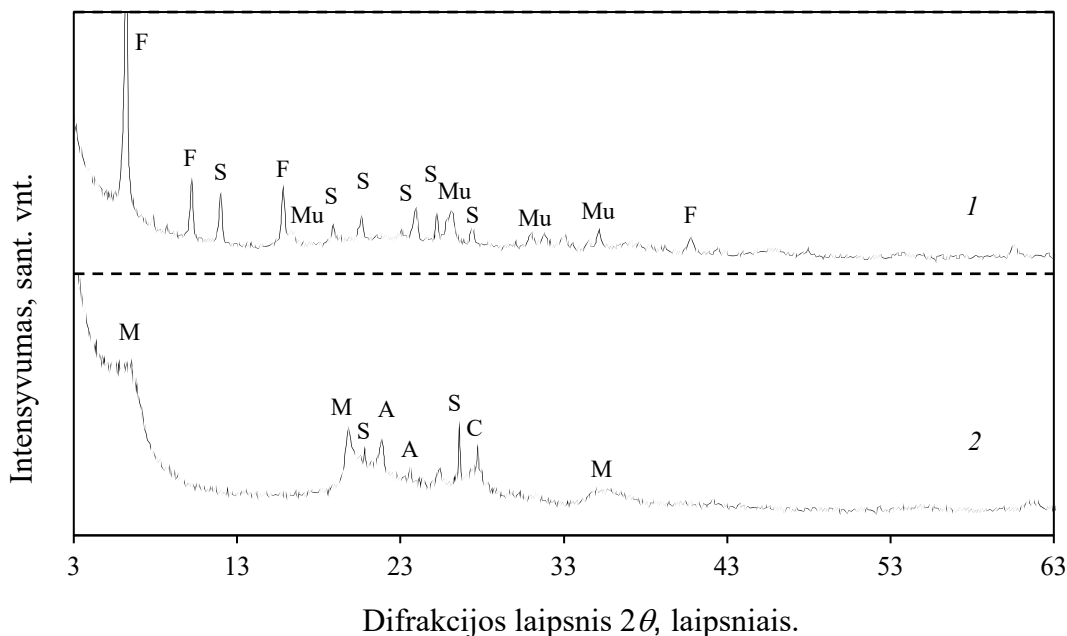
Šiame darbe buvo naudojamas portlandcementis CEM I 42.5 R, smektitinio molio atlieka (SMA), gauta pramoninio maistinio aliejaus gamybos metu ir panaudotas naftos pramonės katalizinio krekingo katalizatorius (FCC). Cheminė portlandcemenčio, SMA ir FCC sudėtis yra pateikiama 2 lentelėje. Mineralinė portlandcemenčio sudėtis yra: 52,97 % $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 19,61 % $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 9,16 % $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, 9,74 % $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, 5,37 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Drėgmės kiekis smektitinio molio atliekoje buvo 9,02 %.

2 lentelė. Cheminė portlandcemenčio, SMA ir FCC sudėtis

Medžiaga	SMA	FCC	CEM I
	Komponento kiekis, %		
SiO ₂	53,20	47,70	19,52
Al ₂ O ₃	8,37	45,30	5,03
Fe ₂ O ₃	3,13	1,16	3,05
CaO	0,88	0,33	61,39
MgO	1,64	1,13	3,93
K ₂ O	0,49	0,07	1,06
Na ₂ O	0,24	0,20	0,12
SO ₃	1,54	1,28	2,5
P ₂ O ₅	–	0,20	–
TiO ₂	–	1,85	–
BaO	–	0,03	–
NiO	–	0,02	–
Kiti	0,11	0,12	3,4
Kaitinimo nuostoliai	30,40	1,61	–
Savitasis paviršiaus plotas, m ² /kg	350	330	350

Panaudotas katalizinio krekingo katalizatorius papildomai nebuvo apdorotas ir naudotas toks, koks gautas iš gamyklos. Pagal RSDA analizės duomenis (2 pav., kreivė 1), FCC sudarytas iš ceolito – faujazito ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,7\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), (PDF Nr. 74–2198) kartu su silicio oksido (PDF Nr. 45–112) ir mulito ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) (PDF Nr. 79–1275) priemaišomis. FCC RSDA analizės kreivėje taip pat matomas platus bukis ties 18–29° difrakcijos kampu, kuris priskiriamas amorfinėms medžiagoms. Remiantis ankstesniu darbu [38], smektinis molis buvo termiškai aktyvuotas 1 h, 600 °C temperatūroje. Pagrindinis terminio apdorojimo tikslas yra pašalinti organinių medžiagų priemaišas (aliejaus likučius) iš SMA mėginio. 600 °C degto SMA RSDA analizės kreivėje (2 pav., kreivė 2) identifiukuotas nesuirusio montmorilonito likutis ($(\text{Na},\text{Ca})_{0,3}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (PDF Nr. 3–10), kartu su albitu ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) (PDF Nr. 1–739), silicio oksido (PDF Nr. 45–112) ir kalcio aliuminio silikato ($\text{Al}_3\text{Ca}_{0,5}\text{Si}_3\text{O}_{11}$) (PDF Nr. 46–744) priemaišomis. Yra svarbu paminėti, jog SMA RSDA kreivėje, taip pat, kaip ir FCC atveju, ties 18–29° kampu, aiškiai matomas difrakcijos bukis, būdingas

amorfiniams junginiams. Šie amorfiniai junginiai susidaro sieros rūgštimi aktyvuojant smektitinį molį, prieš naudojant smektitinį molį aliejaus valymui [37].



2 pav. FCC (1) ir SMA (2) rentgeno spindulių difrakcijos kreivės. Žymenys: F – faujazitas; Mu – mulitas, M – montmorilonitas; S – silicio oksidas; A – albitas; C – kalcio aliuminio silikatas.

2.1.2. Metodai

Smektitinio molio atliekos degimas

SMA milteliai buvo sumaišyti su vandeniu santykiu 1:1 ir buvo suformuotos ~0.8 cm granulės. Gautos granulės džiovintos 8 valandas 90 °C temperatūroje ir kalcinuotos 1 valandą 600 °C temperatūroje. Degtos granulės buvo malamos vibraciniame diskiniame malūne, kol savitasis paviršiaus plotas tampa 350 m²/kg.

Vandens sąnaudos (norint gauti normalią konsistenciją) ir cemento tešlos rišimosi trukmė buvo nustatyti pagal EN 196–3 [39].

Gniuždymo bandymas. Buvo suformuoti šeši cemento kubeliai (30×30×30) kiekvienai kompozicijai. Bandiniai, pirmas 24 valandas buvo laikomi formose, o vėliau perkelti ir laikomi vandenyje 7 ir 28 paras, 20±1 °C temperatūroje. Cemento skiedinio bandiniai (40×40×160 mm) suformuoti pagal EN 196–1 (cemento ir smėlio santykis 1:3, vandens ir cemento santykis 1:2) [39]. Praėjus numatytai hidratacijos trukmei, cemento bandiniai instrumentinei analizei atlikti, buvo susmulkinti, praplauti izopropanoliu ir rankiniu būdu sutrinti agato grūstuvėje. Apdoroti milteliai buvo džiovinami 40 °C temperatūroje 6 valandas, o vėliau sudėti į uždaras pakuotes.

Mikrokolorimetrinės (šilumos ir šilumos srauto) analizės duomenys buvo išmatuoti, naudojant TAM AIR III kalorimetrą, su paklaida 0,03 W/g. Hidratacijos šiluma buvo normalizuota pagal gramą portlandcemenčio.

Vienalaikė terminė analizė (VTA) atlikta naudojant Netzsch STA 409 PC Luxx analizatorių. Temperatūros intervalas – 30 °C÷1000 °C, temperatūros kėlimo pagreitis – 10 °C/min.

RSDA duomenys gauti, naudojant D8 difraktometrą su Bragg-Brentano geometrija su detektoriaus žingsniu 0,02° ir 2θ kampu – 3–70°. RSDA analizė buvo papildyta Rietveldo analize. Tam, į bandinį buvo pridėta 10 % masės ZnO, kaip vidinis etalonas, kiekybiniam amorfinės fazės nustatymui. Kiekybinė analizė atlikta naudojant Topas programinę įrangą.

Savitasis paviršiaus plotas buvo išmatuotas automatinio *Blaine* prietaisu.

Junginių hidraulinis aktyvumas nustatytas pagal EN 196–5:2011 [41].

Pucolaninis aktyvumas buvo išmatuotas pagal standartą *NF P18–513* [42]. Pagal šį metodą, surišto CaO kiekis nustatomas po 16 valandų reakcijos tarp pucolaninio priedo ir CaO temperatūroje 85±5 °C ir apskaičiuotas pagal formulę:

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

Čia: V_1 – nutrituoto 0,1 N HCl kiekis, skirtas bandiniui be pucolaninio priedo; V_2 – 0,1 N HCl kiekis, skirtas bandiniui su priedu.

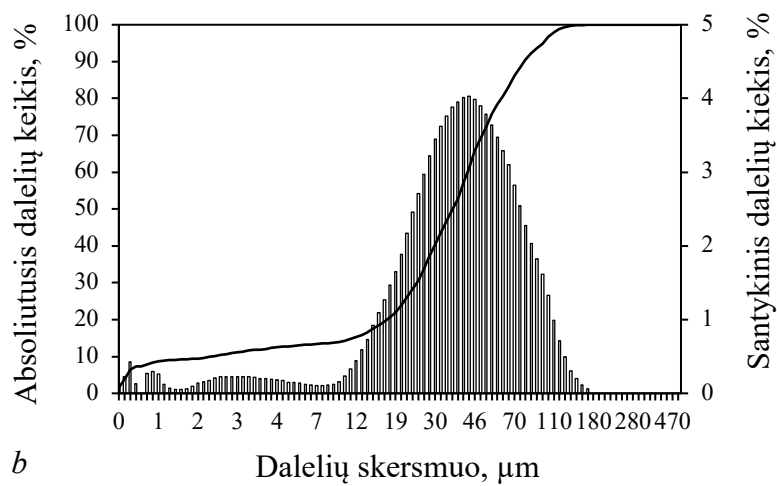
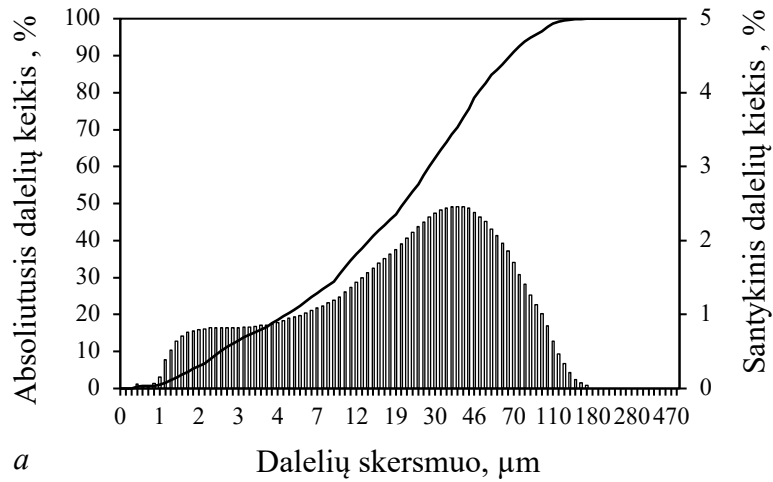
Surišto portlandito kiekis hidratuotuose cemento mėginiuose buvo apskaičiuotas remiantis masės nuostoliais portlandito skilimo metu, pagal šią lygtį:

$$\text{Surišto kalcio hidroksido \%} = \frac{[(CH)_C \cdot C\%] - (CH)_I}{(CH)_C \cdot C\%} \cdot 100$$

Čia: $(CH)_C$ – portlandito masės nuostoliai grynojo cemento akmenyje; $(CH)_I$ – portlandito masės nuostoliai akmenyje su priedais; $C\%$ - cemento dalis (vieneto dalimis), esanti bandinyje su priedais.

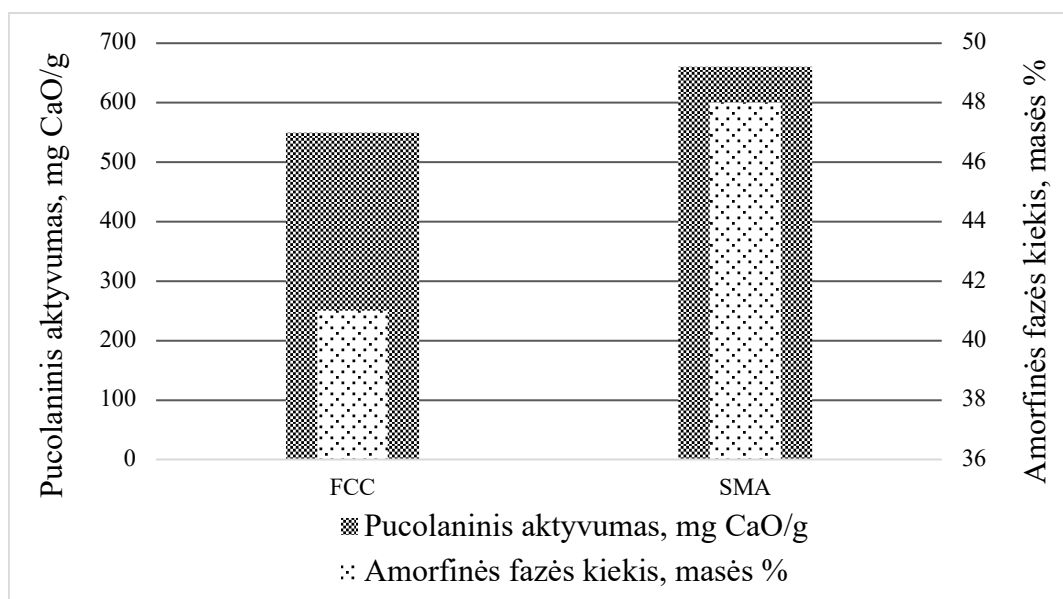
2.2. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Pirmoje šio tyrimo dalyje, buvo nustatytas bandinių dalelių dydžio pasiskirstymas, pucolaninis aktyvumas ir amorfinės fazės kiekis. Dalelių dydžio pasiskirstymo analizės duomenys (3 pav.) rodo, jog vidutinis SMA dalelių skersmuo yra 30,64 μm ir 90 % dalelių skersmenys yra mažesnis nei 72,03 μm (d), o vidutinis FCC dalelių skersmuo yra 42,69 μm ir 90 % dalelių skersmenys yra mažesni nei 83,03 μm.



3 pav. Grynų medžiagų dalelių dydžio pasiskirstymas (a – SMA; b – FCC)

Nustatyto pucolaninio aktyvumo duomenys (4 pav.) rodo, jog SMA aktyvumas (660 mg CaO/g) yra didesnis už FCC (550 mg CaO/g) ir tai yra susiję su amorfinės fazės kiekiu bandiniuose. Remiantis duomenimis pateiktais 4 pav., smektitinio molio atliekos amorfinės fazės kiekis, nustatytas RSDA/Rietveldo analizės metodais, taip pat yra didesnis (48 %), nei FCC (41 %).



4 pav. FCC ir SMA pucolaninis aktyvumas ir amorfinės fazės

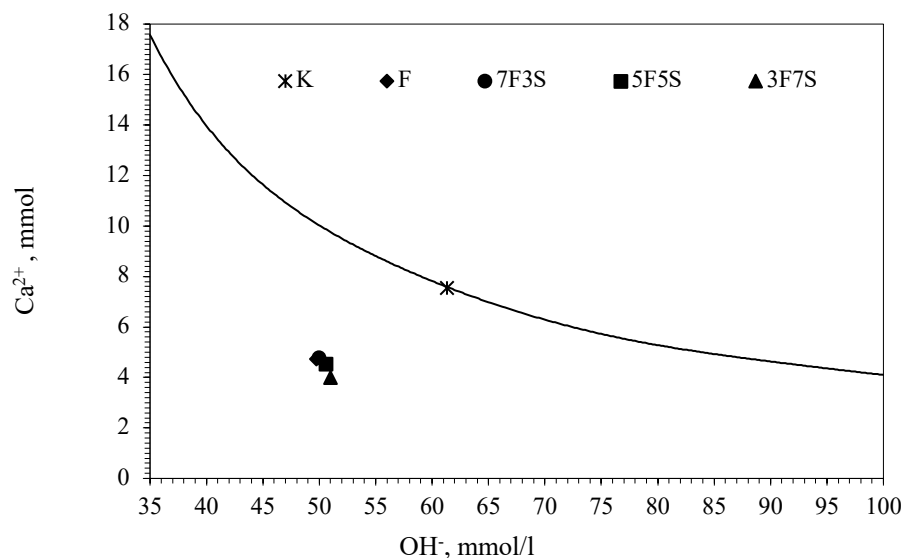
Cemento bandiniai buvo formuojami maišant skirtingus kiekius abiejų atliekų ir pakeičiant 15 % portlandcemenčio masės paruoštais priedais. Cemento bandinių sumaišymo santykiai ir fizikinės savybės yra pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. Portlandcemenčio, sumaišyto su priedais normali konsistencija ir rišimosi trukmė

Komponento kiekis, %			Santrumpa	Normali konsistencija V/C, %	Rišimosi trukmė, min	
CEM I	FCC	SMA			pradžia	pabaiga
100	–	–	K	0.27	95	145
85	4.5	10.5	3F7S	0.315	80	115
85	7.5	7.5	5F5S	0.310	82	122
85	10.5	4.5	7F3S	0.305	85	130
85	15	–	F	0.295	85	135

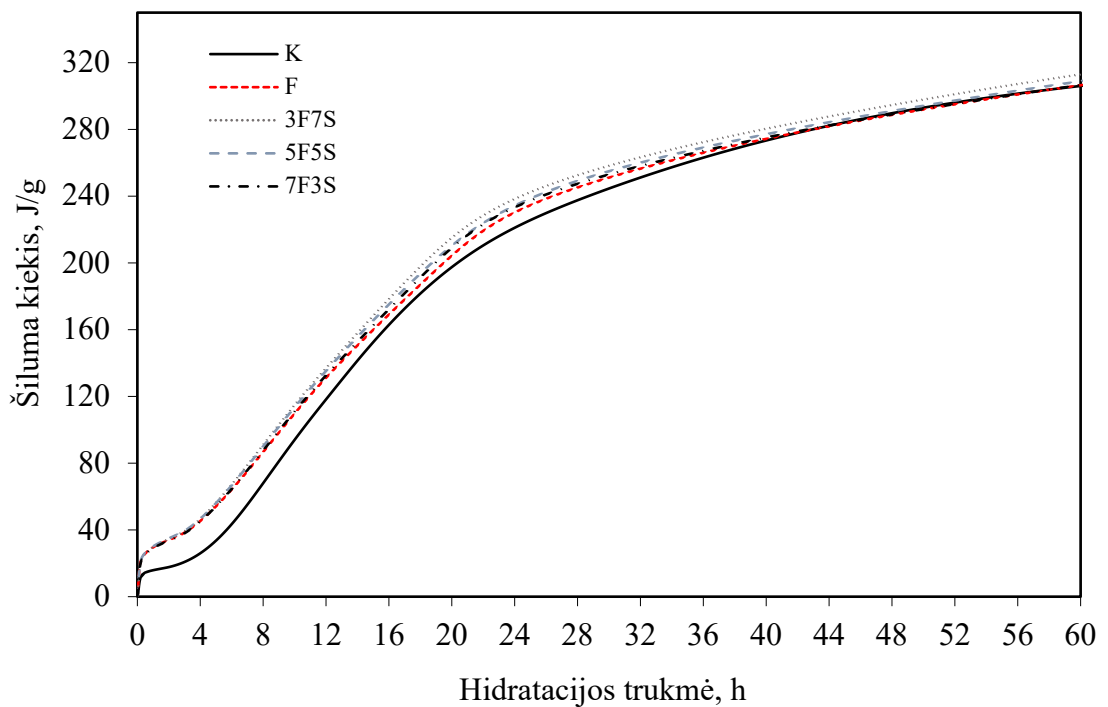
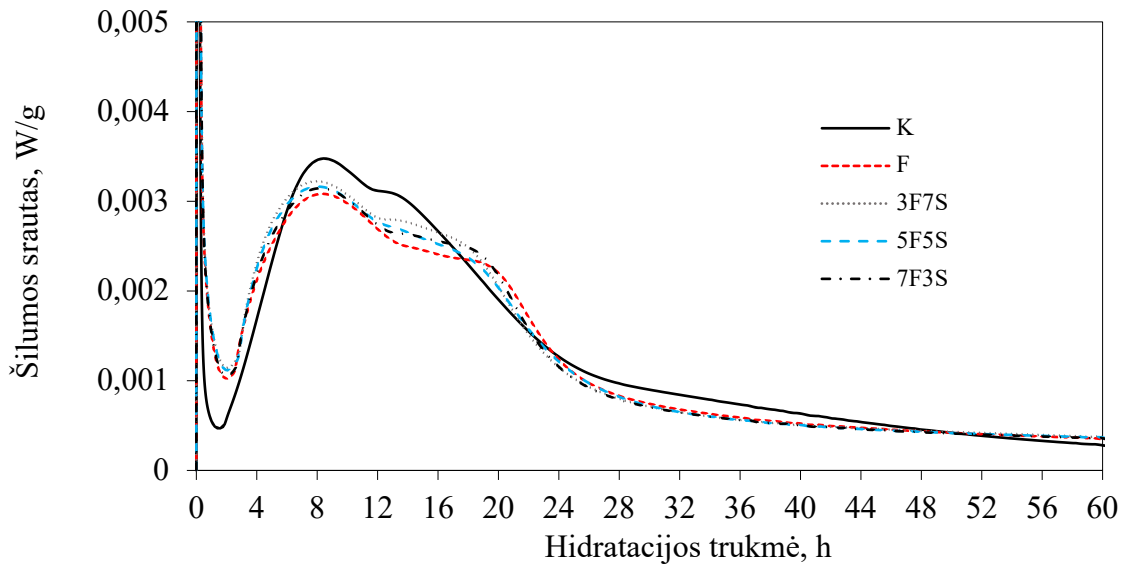
Kaip pateikta 3 lentelėje, vandens sąnaudos normaliai tirštai tešlai gauti bandiniuose su priedais yra didesnis, nei vandens sąnaudos gryno cemento bandinyje. Vandens sąnaudos didėja, didėjant SMA santykiui priedų mišinyje. Ši tendencija susijusi su degto molio savybe intensyviai sugerti vandenį [43]. Iš kitos pusės, FCC taip pat lemia didesnes vandens sąnaudas, norint gauti normalią cemento mišinio konsistenciją [45]. Visų bandinių su priedu rišimosi trukmė yra nežymiai trumpesnė, nei gryno portlandcemenčio bandinio ir ši rišimosi trukmė trumpėja, didėjant SMA santykiui priedų mišinyje. Trumpesnė rišimosi trukmė yra susijusi su SMA sudėtyje esančiais sulfatais ($SO_3 - 1,54\%$ masės).

Hidraulinio aktyvumo analizės duomenys (5 pav.) rodo, kad pakeičiant 15 % portlandcemenčio su kiekvienu tirtu priedu, taškai vaizduojantys OH^- ir Ca^{2+} koncentracijas, yra žemiau už CaO prisotinimo kreivę. Tai reiškia, kad visi tirti mėginiai, nepaisant sumaišymo proporcijų, atitinka hidraulinio aktyvumo bandymo reikalavimus.



5 pav. Bandinių su 15% skirtingų priedų hidraulinis aktyvumas

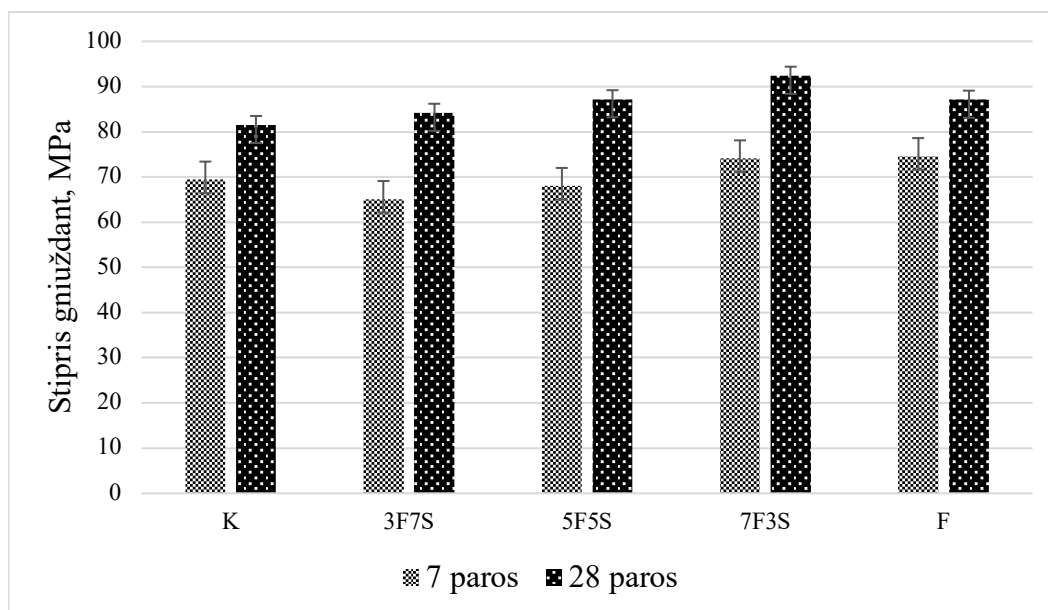
Mikrokalorimetrinės analizės rezultatai (6 pav.) parodo, kad tirti priedai iš atliekų, suaktyvina pirminę portlandcemenčio hidrataciją. Bandiniuose su priedais, indukcinis periodas prasideda vėliau (po 2 val. 4 min.) negu gryno cemento bandiniuose (po 1 val. 23 min.) ir trunka šiek tiek trumpiau (5 pav., a). Taip pat, bandiniai su priedais indukcijos metu, išskiria dvigubai daugiau šilumos (30–35 J/g) nei gryno cemento bandinyje (14,5–18 J/g). Antroji šilumos išsiskyrimo smailė, susijusi su kalcio silikatų hidratacija, yra intensyvesnė bandiniuose su portlandcemenčio etalonu, bet bandiniuose su 3F7S – 7F3S priedais, ši smailė yra pasiekama anksčiau (8 val. 5 min – 8 val. 12 min), negu bandiniuose be priedų ar bandiniuose tik su FCC (bandinys F) priedu (8 val. 50 min).



6 pav. Bandinių hidratacijos šilumos srautas (a), šilumos kiekis (b)

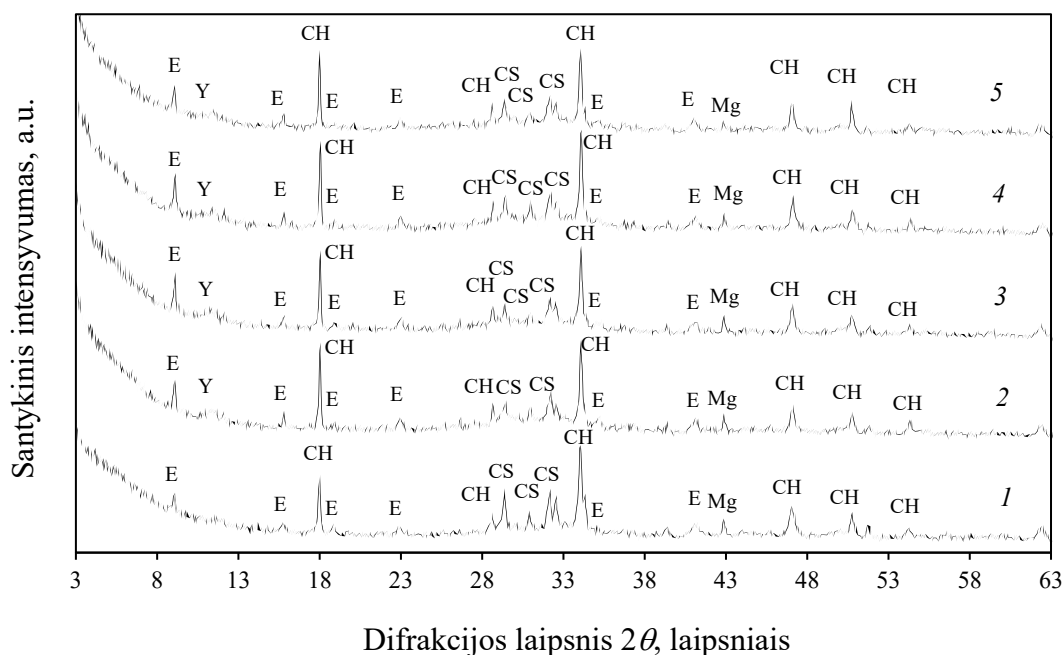
Ryškus šilumos srauto kreivių skirtumas yra matomas aluminatų turinčių junginių reakcijos su gipsu diapazone, kuriai būdingas šilumos išsiskyrimo petys antroje šilumos išsiskyrimo smailėje. Šio peties intensyvumas gryno cemento bandiniuose pradeda mažėti po 13 val. 30 min nuo bandymo pradžios, tuo tarpu bandiniuose su tik FCC priedu, minėtos reakcijos trunka iki 19 val. 50 min. Bandiniuose su priedų mišiniu (7F3S–3F7S), šilumos išsiskyrimo trukmė šioje stadijoje sumažėja padidinus SMA santykį priedų mišinyje atitinkamai nuo 18 h 55 min iki 17 h 50 min. Taip pat svarbu paminėti, kad didesnė hidratacijos šiluma (267–272 J/g) buvo išmatuota (6 pav., b) visuose mėginiuose su priedais, lyginant su grynu portlandcemenčiu (262 J/g) iki 60 valandų trukmės. Hidratacijos šiluma padidėja padidinus SMA santykį priedų mišinyje, o didžiausia šiluma išsiskiria 3F7S mėginyje. Apibendrinant šio tyrimo etapo rezultatus, galima teigti, kad kompleksinis priedas pagreitina ankstyvąją cemento

hidrataciją, tačiau atskiri priedo komponentai hidratacijos procesą veikia skirtingai. SMA priedas skatina kalcio silikatų hidrataciją, o FCC priedas aktyvina aluminatų reakciją su gipsu. Cemento tešlos gniuždymo stiprio rezultatai, esant skirtingai hidratacijos trukmei ir priedui apibendrinti 7 pav.



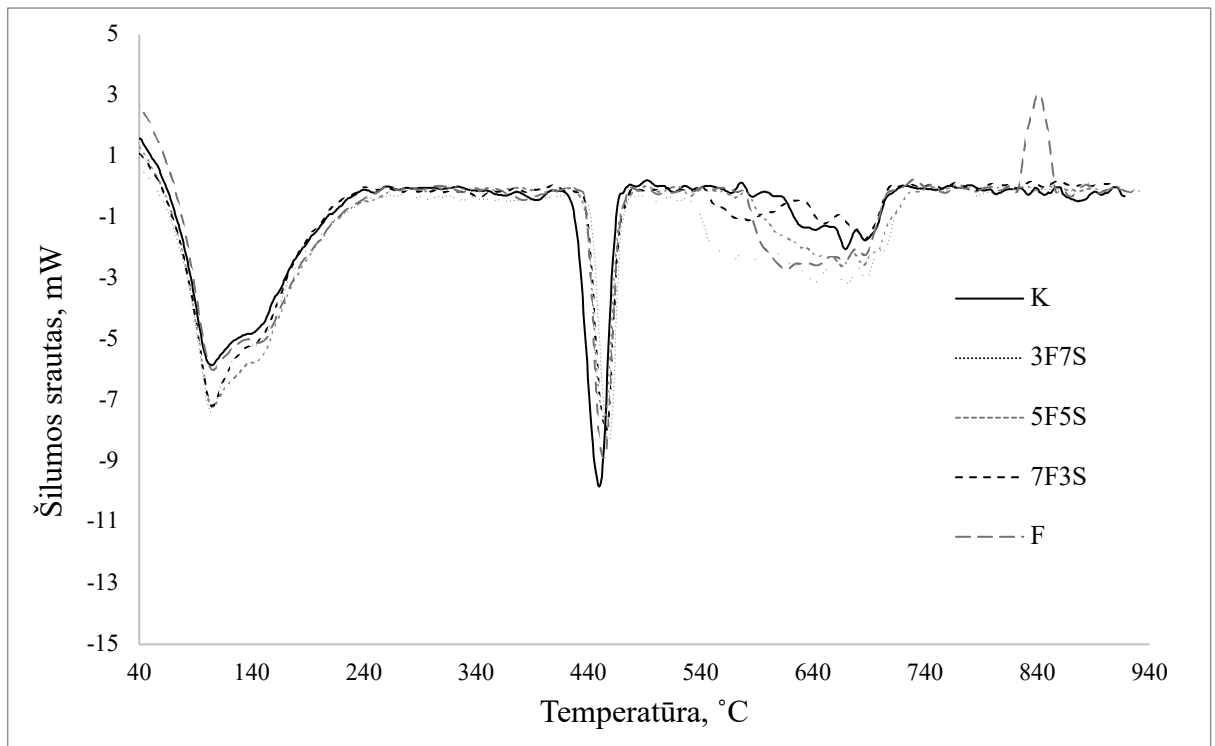
7 pav. Portlandcemenčio tešlos su skirtingai priedo santykiais, stipris gniuždant

Po 7 kietinimo parų, didžiausiu stipriu gniuždant pasižymėjo bandiniai su didžiausiu FCC priedo kiekiu – F ir 7F3S. Kuomet padidėjo SMA santykis priedų mišinyje, bandinių stipris gniuždant tapo mažesnis nei gryno cemento. Po 28 parų, visų bandinių su priedais stipris gniuždant tapo didesnis, nei gryno cemento bandinio (81,5 MPa). Bandinių F ir 5F5S stipris gniuždant buvo beveik vienodas (87,1 ir 87,2 MPa), didžiausias stipris gniuždant buvo 7F3S bandinio (92,4 MPa). Taigi, esant trumpesnei hidratacijos trukmei (iki 7 dienų), didesnę stiprį gniuždant turėjo bandiniai, kuriose buvo didesnis FCC komponento kiekis, tačiau kuomet hidratacijos trukmė pailgėja iki 28 dienų, SMA komponentas, bandiniams, kuriose yra sudėtinis priedas, suteikia didesnę stiprį gniuždant. Šį teiginį įrodo gniuždymo stiprio augimo dinamika. Lyginant 7 ir 28 paras hidratuotų bandinių gniuždymo stiprio rezultatus galima pastebėti, kad šis portlandcemenčio mėginio parametras padidėja 17,4 %, o mėginio su vien FCC priedu – 17,6 %, tuo tarpu mėginių su didesniu SMA kiekiu (5F5S ir 3F7S) atitinkamai 28,2 % ir 24,7 %. Bandinių, hidratuotų 28 dienas RSDA analizės duomenys yra pateikti 8 pav.



8 pav. Portlandcemenčio bandinių RSDA kreivės po 28 parų hidratacijos su 15 % skirtingų priedų. 1 – K (0 % priedo), 2 – 3F7S, 3 – 5F5S, 4 – 7F3S, 5 – F. Žymenys: E – etringitas ($\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$); CH – portlanditas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); CS – nehidratuoti kalcio silikatai (C_3S , C_2S); Mg – periklazas (MgO); Y – jugavarylitas ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Si}_6\text{O}_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$)

Remiantis RSDA analizės duomenimis nustatyta, kad po 28 parų hidratacijos visų mėginių kreivėse identifikuotas portlanditas (PDF Nr. 1–1079). Etringitas (PDF Nr. 2–59) taip pat buvo nustatytas visuose mėginiuose, tačiau šio junginio pagrindinės smailės intensyvumas rodo, kad mažiausias smailės intensyvumas buvo aptiktas portlandcemenčio mėginyje. Be šių dviejų cemento hidratų, visose RSDA kreivėse taip pat buvo identifikuotos nehidratuotų kalcio silikatų (C_3S PDF Nr. 1–1024; C_2S PDF Nr. 1–1012) smailės. Be to, bandinių su priedais RSDA kreivėse nerasta faujazitui būdingų smailių, o tai rodo, kad šis ceolitas nėra inertiškas ir dalyvauja hidratacijos reakcijose. Svarbu paminėti, kad naujas junginys su ceolito struktūra buvo identifikuotas visuose cemento su priedu kreivėse. Šį kalcio aliuminio silikato hidratą – jugavarylitą ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Si}_6\text{O}_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$) (PDF Nr. 39–1372) taip pat identifikavo ir kiti autoriai [43], kai, kaip PCM buvo naudojamas klinoptilolito pagrindu pagamintas ceolitas. Šie autoriai teigia, kad C–S–H kristalohidratai gali sudaryti jugavarylitą, kuomet kaip cemento priedas buvo naudojamas ceolitas.



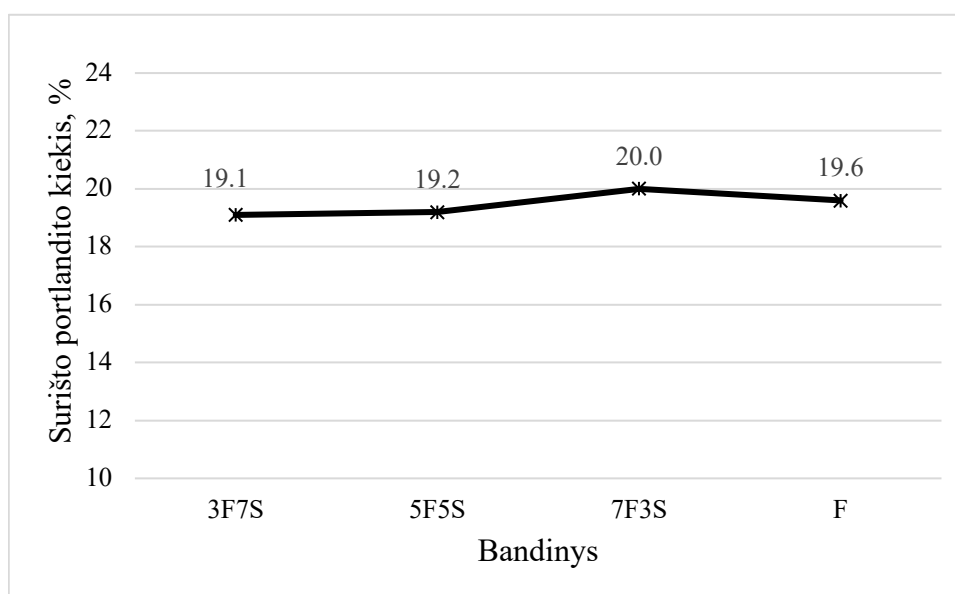
9 pav. Bandinių DSK kreivės po 28 hidratacijos dienų

Bandinių po 28 hidratacijos parų DSK analizės duomenys yra pateikti 8 pav., o termogravimetrinės analizės duomenys apibendrinti 3 lentelėje. Visos DSK kreivės parodo tris endotermines smailes ties 90–270 °C, ~450 °C ir 570–750 °C. Pirmoji smailė yra susijusi su kalcio hidrosilikatų (CSH), kalcio hidroaluminatų hidratų ir etringito skilimu, smailė esanti 450 °C rodo portlandito skilimą, o trečioji susijusi su karbonatų, susidarančių karbonizuojant mėginį, skilimu [33]. Be to, mėginio vien tik su FCC priedu, DSK kreivė rodo egzoterminę smailę 842 °C temperatūroje. Ši smailė būdinga pusiau kristalinių kalcio hidrosilikatų su mažesniu CaO / SiO₂ santykiu (C–S–H(I)) perkristalizavimui į volastonitą [45–46]. Šis reiškinys paaiškina faktą, kad mėginiai vien tik su FCC parodė didesnę stiprų gniuždant ankstyvuojančiu hidratacijos periodu, nes kalcio hidrosilikatai su mažesniu C/S santykiu suteikia didesnę stiprų gniuždant [47]. Ilgėjant hidratacijos trukmei, pradeda reaguoti aktyvesnis komponentas (SMA) ir šis poveikis tampa mažiau pastebimas. Nors visų mėginių DSK kreivės yra gana panašios, be jau aptartos smailės, matomas ir pirmosios smailės profilio skirtumas (90–270 °C). Šioje smailėje 145 °C temperatūroje matomas petys gali būti siejamas su kristalinės CSH dalies, kalcio hidroaluminato, kalcio hidrosilikatų arba karboaluminatų skilimu [48]. Šios peties intensyvumas didėja, didėjant FCC komponento kiekiui priedų mišinyje, nes susidaro didelis šių junginių kiekis. Be to, RSDA metodu buvo nustatytas kalcio aliuminio silikato hidratas (jugavaralitas), kuriam taip pat būdinga laipsniška dehidratacija 70–300 ir 450 °C temperatūroje [49] ir šios smailės sutampa su pagrindinių cemento hidratų smailėmis.

4 lentelė. Termogravimetrinės analizės rezultatai po 7 ir 28 parų hidratacijos

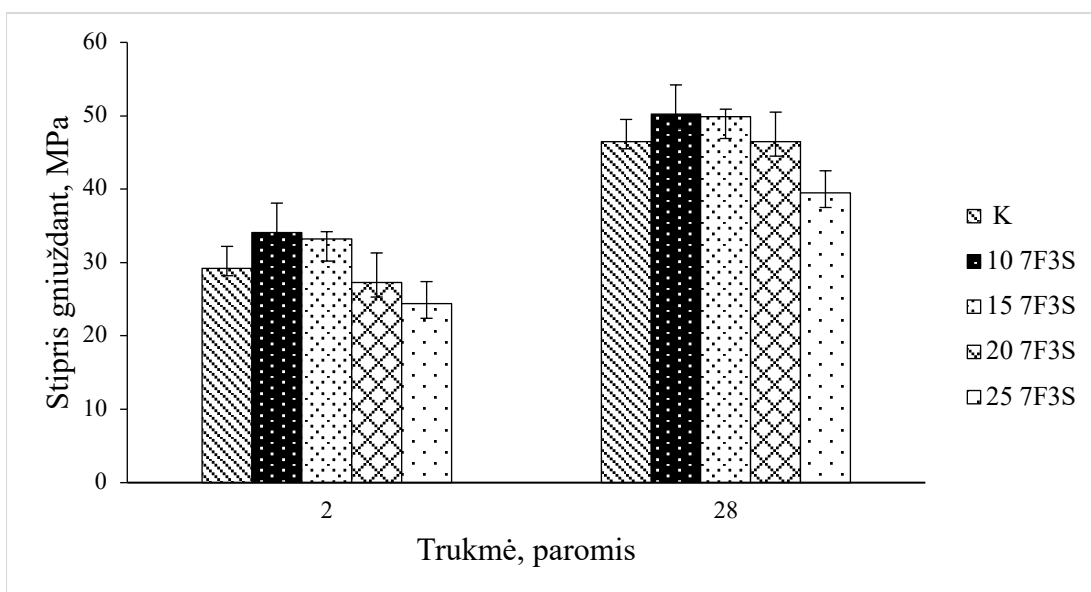
Bandiniai	Trukmė, paromis					
	7			28		
	Temperatūrų intervalas, °C					
	90-270	~450	570-750	90-270	~450	570-750
	Masės nuostoliai, %					
K	8.92	2.72	3.61	9.42	2.95	3.83
3F7S	8.86	1.98	2.41	10.85	2.03	2.83
5F5S	9.08	2.01	2.56	10.94	2.02	2.72
7F3S	10.01	2.06	2.58	11.12	2.00	2.59
F	9.95	2.06	2.60	11.06	2.01	2.62

Termogravimetrinės analizės duomenys (4 lentelė) parodo, kad po 7 hidratacijos parų, didžiausi masės nuostoliai dėl portlandito skilimo fiksuojami portlandcemenčio bandinyje. Portlandcemenčio mėginiuose su priedais portlandito skilimo masės nuostoliai mažėja, didėjant SMA komponento kiekiui priede. Priešinga tendencija pastebima kitų cemento hidratų skilimo srityje (90–270 °C temperatūra). Mažiausi masės nuostoliai nustatyti gryno portlandcemenčio ir 3F7S mėginiuose ir masės nuostoliai pradeda didėti, didėjant FCC komponento kiekiui priede. Po 28 parų, visuose mėginiuose su priedais, 90–270 °C temperatūroje masės nuostoliai didesni, nei gryno cemento bandinyje. Tai patvirtina, jog šiuose bandiniuose susiformavo daugiau hidratų (CSH, CA(S)H, Aft), kas lėmė didesnę bandinių stiprį gniuždant (7 pav.). Svarbu paminėti, jog palyginus rezultatus po 7 ir 28 parų kietėjimo, tik F ir 7F3S bandiniai parodė portlandito skilimo masės nuostolių sumažėjimą. Tai parodo, kad šiuose mėginiuose pucolaninė reakcija yra intensyviausia. Šį teiginį patvirtina surišto CH kiekio skaičiavimai (pagal metodikoje pateiktą formulę). Po 28 hidratacijos parų (10 pav.) didžiausias sujungto į junginius portlandito kiekis užfiksuotas 7F3S ir F bandiniuose.



10 pav. Surišto portlandito kiekis bandiniuose po 28 hidratacijos parų

Kaip matyti iš visų pateiktų rezultatų, 7F3S bandinys pasižymėjo geriausiomis savybėmis. Todėl buvo įvertintas šio priedo turinčių bandinių standartinis portlandcemenčio stipris gniuždant (11 pav.).



11 pav. Cemento skiedinio mėginių su 7F3S priedu stipris gniuždant

Standartiniai (EN 196–1) cemento skiedinio atsparumo gniuždymui bandymai patvirtino, kad dviejų tirtų atliekų mišinys yra tinkamas priedas portlandcemenčiui. Jau po dviejų hidratacijos parų bandinių, kuriuose yra 10 ir 15 % kompleksinio priedo 7F3S, gniuždymo stipris yra didesnis nei gryno portlandcemenčio bandinio. Po 28 parų, šių bandinių stipris gniuždant (atitinkamai 50,2 ir 49,9 MPa) išlieka didesnis, lyginant su kontroliniu mėginiu, o bandinio su 20 % 7F3S priedo gniuždymo stipris yra toks pat kaip ir gryno cemento bandinio (46,5 MPa).

Išvados

1. Nustatyta, kad priedas iš katalizatoriaus ir smektitinio molio atliekų mišinio kompleksiskai pagreitina ankstyvąją cemento hidrataciją. Smektitinio molio komponentas skatina kalcio silikatų hidrataciją, o katalizatoriaus komponentas aktyvina aluminatinių junginių hidratacijos reakcijas.
2. Panaši kompleksinė tendencija nustatyta vertinant bandinių stiprį gniuždant: trumpesniu hidratacijos laikotarpiu didesnę cemento bandinių gniuždymo stiprį suteikia katalizatoriaus komponentas, o hidratacijos trukmei pailgėjus iki 28 dienų – smektitinio molio komponentas.
3. Nustatyta, kad portlandcementis su 70 % panaudoto katalizatoriaus ir 30 % smektitinio molio atliekų mišinio priedu pasižymi geriausiomis savybėmis. Šiuo priedu galima pakeisti iki 20 % portlandcemenčio, todėl šios sudėties priedas buvo pasirinktas gamybos projektavimui.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Technologinė dalis

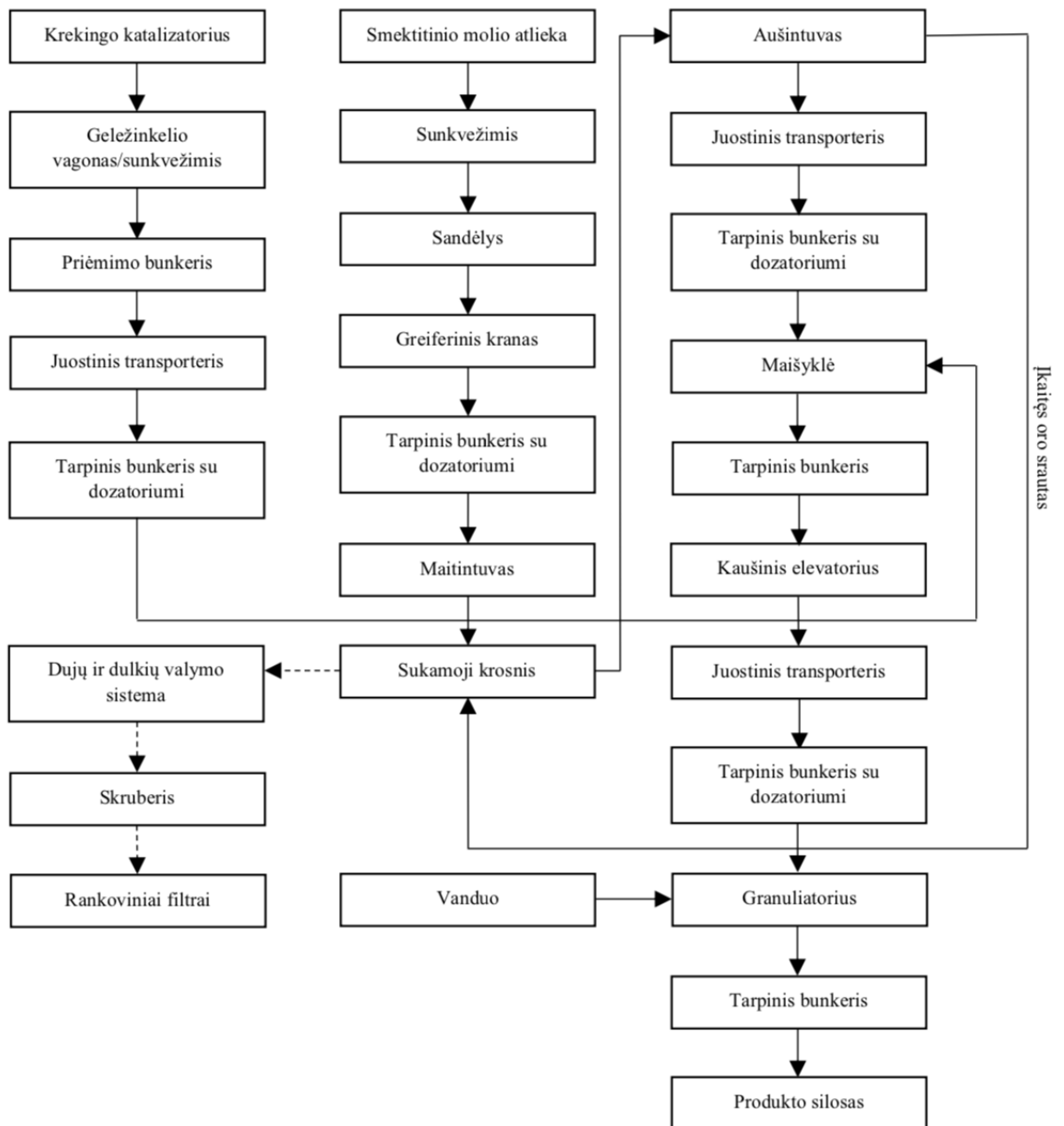
3.1.1. Gamybos būdo parinkimas

Planuojama gaminti papildomąją cementinę medžiagą, iš pramonės atliekų. Bus naudojama termiškai aktyvuota smektitinio molio atlieka ir panaudotas naftos krekingo katalizatorius. Vieną mėnesį, žiemos metu gamyba bus stabdoma, skiriant laiko įrengimų profilaktinei apžiūrai ir remontui, todėl projektuojamas gamybos cechas pilnu pajėgumu dirbs 11 mėnesių per metus. Kadangi gamybos procesas yra nepertraukiamas, darbuotojai dirbs trimis pamainomis po 8 valandas pamainoje. Pagal projekte numatytas gamybos apimtis, gamyba vyks darbo režimu, kuris pateiktas 5 lentelėje.

3.1.2. Technologinės schemos parinkimas ir aprašymas

Papildomosios cementinės medžiagos (PCM) gamybai naudojama smektitinio molio atlieka (SMA) yra transportuojama dengtais savivarčiais iš maistinio aliejaus gamyklų Baltijos jūros regione. Atvežta medžiaga išverčiama į SMA priėmimo bunkerį, iš kurio yra tiekiami tarpiniai bunkeriai su dozatoriumi. Tuomet SMA patenka į maitintuvą, kuris tiekia įkrovą į sukamąją krosnį. Įkrova sukamojoje krosnyje dega 60 min. 600 °C temperatūroje. Sukamojoje krosnyje atidirbusios dujos patenka į dujų ir dulkių valymo sistemą, kur atskiriamos dulkės. Iš dulkių filtravimo sistemos dujos patenka į skruberį, kur užpurškiamas kalkių ir vandens mišinys, kuris lašelių paviršiuje adsorbuoja dujinius komponentus. Vanduo išgarinamas, o sieros junginiai pašalinami iš skruberio. Dujos iš skruberio tiekiamos į rankovinius filtrus ir išvalytos patenka į aplinką. Išdegta SMA išbyra į aušintuvą, kur ventiliatoriais aplinkos oru atvėsinama nuo 400 °C iki 35–45 °C temperatūros. Aušintuve įkaitęs oro srautas nukreipiamas į krosnį, o atvėsinta medžiaga juostiniu transporteriu yra tiekiami tarpiniai bunkeriai su dozatoriumi, iš kurio SMA patenka į maišyklę.

Panaudotas naftos krekingo katalizatorius iš Lietuvos ir Lenkijos naftos perdirbimo gamyklų yra atvežamas krovininėmis mašinomis didmaišiuose ir iškraunamas į priėmimo bunkerį. Iš priėmimo bunkerio žaliava juostiniu transporteriu yra tiekiami tarpiniai bunkeriai su dozatoriumi, iš kurio krekingo katalizatorius yra dozuojamas į maišyklę ir sumaišomas su SMA. Sumaišytos medžiagos patenka į tarpinį bunkerį, iš kurio juostiniu transporteriu ir kaušiniu elevatoriumi tiekiamos tarpiniai bunkeriai su dozatoriumi, iš kurio medžiagos patenka į granuliatorių. Į granuliatorių taip pat tiekiamas vanduo granulėms suformuoti. Suformuotos granulės iš granulatoriaus patenka į tarpinį bunkerį iš kurio juostiniu transporteriu tiekiamos į produkto silosą. Iš produkto siloso granuluotas priedas parduodamas vartotojui. Principinė technologinė schema yra pateikta 12 pav.



12 pav. Principinė technologinė schema

3.1.3. Gamybos apimtys ir medžiagų balansas

3.1.3.1. Gamybos cecho darbo režimas

Papildomosios cementinės medžiagos gamykla dirbs visus metus, planuojama gaminti – 130000 tonų. Sukamosios krosnies darbinis apkrovimas – 57403,1 t/metus. Sukamosios krosnies našumas 7,3 t/h. Esant tokiam sukamosios krosnies našumui, gamyba vyks darbo režimu, nurodytu 5 lentelėje.

5 lentelė. Darbo režimo duomenys

Darbo dienų skaičius metuose	334
Mėnesių skaičius metuose	11
Savaitių skaičius metuose	48
Valandų skaičius metuose	8016
Pamainų skaičius per parą	3
Darbo trukmė valandomis pamainoje	8
Darbo dienų skaičius savaitėje	7

Darbo režimo duomenys apskaičiuoti pagal sukamosios krosnies našumą, kuris yra 480 t/parą. Esant tokiam našumui, gamyba vyks 11 mėnesių per metus, o 1 mėnuo bus skiriamas įrenginių aptarnavimui ir remontui. Gamybos procesas nepertraukiamas, darbuotojai dirbs 8 valandas per pamainą.

3.1.3.2. Gamybos nuostolių atskiruose gamybos vietose skaičiavimas

Produkto silosuose susidaro 1 % nuostolių, todėl reikalingas produkto kiekis per metus:

Viso: $130000 \cdot 1,01 = 131300$ t/metus;

SMA: $131300 \cdot 0,30 = 39390$ t/metus;

FCC: $131000 \cdot 0,70 = 91910$ t/metus.

6 lentelė. Žaliavų sąnaudų kiekis sandėliavimo skyriuje

Eil. Nr.	Priedas	Sąnaudos per				
		metus, t	mėnesį, t	parą, t	pamainą, t	valandą, t
1.	SMA	39390	3580,5	119,4	39,8	4,9
2.	FCC	91910	8355,5	278,5	92,8	11,6
Viso:		131300	11936	397,9	132,6	16,5

Degimo proceso metu išdega dalis medžiagų, esančių SMA sudėtyje. FCC nėra degamas, todėl šiam priedui nuostoliai nėra skaičiuojami. Pagal vienalaikės terminės analizės tyrimus buvo nustatyta, kad 600 °C temperatūroje SMA netenka 31,38 % masės dalies. Pagamintos papildomosios cementinės medžiagos kiekis, patenkantis į produkto silosus yra 131300 t, o priedo sudėtyje yra 30 % SMA, todėl prieš degimą SMA kiekis turi būti:

SMA: $131300 \cdot \frac{100}{100-31,38} \cdot 0,30 = 57403,1$ t/metus.

7 lentelė. Reikalingas SMA kiekis prieš degimą

Eil. Nr.	Priedas	Sąnaudos per				
		metus, t	mėnesį, t	parą, t	pamainą, t	valandą, t
1.	SMA	57403,1	5218,5	173,9	57,9	7,3

Mišinio formavimo skyriuje susidaro 1 % medžiagų nuostolių. Medžiagų kiekis prieš pasiekiant formavimo skyrių turi būti:

$$\text{SMA: } 57403,1 \cdot \frac{100}{100-1} = 57982,9 \text{ t/metus;}$$

$$\text{FCC: } 91910 \cdot \frac{100}{100-1} = 92838,4 \text{ t/metus.}$$

8 lentelė. Reikalingas žaliavos kiekis sumaišymo skyriuje

Eil. Nr.	Priedas	Sąnaudos per				
		metus, t	mėnesį, t	parą, t	pamainą, t	valandą, t
1.	SMA	57982,9	5271,2	175,7	58,6	7,3
2.	FCC	92838,4	8439,9	281,3	93,8	11,7
Viso:		150821,3	13711,1	457,0	152,4	19,0

Žaliavų paruošimo skyriuje SMA paruošimo nuostoliai yra 1 %, o FCC paruošimo nuostoliai yra mažesni – 0,5 %, kadangi šios žaliavos paruošimo procesas yra trumpesnis. Galutinis žaliavų kiekis turi būti:

$$\text{SMA: } 57982,9 \cdot \frac{100}{100-1} = 58568,6 \text{ t/metus;}$$

$$\text{FCC: } 92838,4 \cdot \frac{100}{100-0,5} = 93304,9 \text{ t/metus.}$$

9 lentelė. Reikalingas žaliavos kiekis paruošimo skyriuje

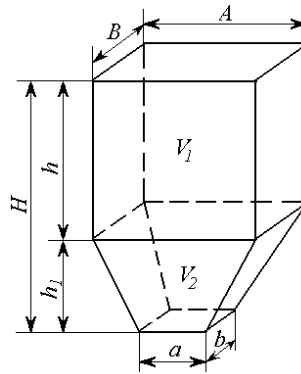
Eil. Nr.	Priedas	Sąnaudos per				
		metus, t	mėnesį, t	parą, t	pamainą, t	valandą, t
1.	SMA	58568,6	5324,4	177,5	59,2	7,4
2.	FCC	93304,9	8482,3	282,7	94,2	11,8
Viso:		151873,5	13806,7	460,2	153,4	19,2

3.1.4. Įrenginių parinkimas ir jų apskaičiavimas

Pagal parinktą technologinę schemą parenkami žaliavų paruošimo įrenginiai. Įrenginių tipas parenkamas pagal medžiagų fizikines – mechanines savybes, apskaičiuojamas reikalingas įrenginių skaičius ir pasirinktų įrenginių išnaudojimo laipsnis, palyginti su maksimaliu galimu įrenginių našumu.

3.1.4.1. Bunkeris

Bunkeriai yra metalinės arba gelžbetoninės talpyklos birioms medžiagoms laikyti. Bunkerių viršutinė dalis vadinama korpusu, o smailėjanti apatinė – smaigaliu. Bunkerių iškrovimo angos yra išilginio pjūvio ašyje arba nukreipiamos nuo ašies į vieną ar kitą arba į abi puses. Priklausomai nuo žaliavos byrėjimo kampo bunkerio išbyrėjimo angos daromos kvadratinės, stačiakampės arba skritulio formos nuo 300 mm iki 600 mm kraštinių ilgio, pločio arba skersmens. Geriausiai žaliavos byra pro kvadrato arba skritulio formos angas, kai bunkerio smaigalio sienelių nuolydžio kampas γ daromas 5–10° didesnis už žaliavos laisvojo byrėjimo kampą φ_l ir kai prie bunkerio smaigalio išorinių sienelių pritvirtinami vibratoriai. Medžiagos pripildytas naudingasis (faktiškasis) bunkerio tūris būna mažesnis už geometrinį bunkerio tūrį. Todėl skaičiuojant bunkerio talpą reikia jo geometrinę talpą padauginti iš bunkerio pripildymo koeficiento k_{pr} . ($k_{pr} = 0,75-0,85$), kuris priklauso nuo žaliavos byrėjimo natūralaus kampo ir jos tiekimo sąlygų.



13 pav. Bunkerio schema

Pagal numatytą gamybos technologiją, pasirenkame technines charakteristikas, kurios pateiktos 10 lentelėje.

10 lentelė. Bunkerio techninės charakteristikos

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Sandėliavimo trukmė	n	h	1
Sausų žaliavų piltinis tankis	ρ_p	kg/m ³	1600
Žaliavų byrėjimo kampas	φ	°	45
Išbyrėjimo koeficientas	k_1	–	0,25
Bunkerio pripildymo koeficientas	k_{prip}	–	0,85
Bunkerio viršutinės dalies kraštinės ilgis	A, B	m	2,5
Bunkerio viršutinės dalies aukštis	h	m	2

Reikalingas molių mišinio tūris bunkeryje (paliekamas rezervas):

$$m = 20 \text{ t};$$

$$\rho = 1,6 \text{ t/m}^3;$$

$$N = \frac{m}{\rho} = \frac{20}{1,6} = 12,5 \text{ m}^3.$$

Reikalinga bunkerio talpa V_r :

$$V_r = \frac{N}{k_{prip}} = \frac{12,5}{0,85} = 14,7 \text{ m}^3;$$

Čia: N – vienam užpildymui reikalingas medžiagos kiekis, m³; k_{prip} – bunkerio pripildymo koeficientas ($k_{prip} = 0,85$).

Mažiausi kvadrato arba skritulio formos iškrovimo angos matmenys, įvertinant angos geometrinę formą ir didžiausių išbyrančių gabaliukų arba dalelių dydį d_{max} , apskaičiuojami:

$$a = \frac{k \cdot (d_{max} + 80) \cdot tg\varphi}{1000} = \frac{4 \cdot (1 + 80) \cdot tg45}{1000} = 0,324 \text{ m};$$

Čia: a – kvadrato formos išbyrėjimo angos kraštinė, m; d_{\max} – didžiausių medžiagos gabaliukų skersmuo, mm; φ – medžiagos laisvo byrėjimo kampas; k – koeficientas (rūšiuotoms žaliavoms – nuo 2 iki 6, o nerūšiuotoms – nuo 2 iki 4).

Miltelių ir grūdelių pavidalo medžiagų iškrovimo angos plotas turi būti ne mažesnis kaip $0,09 \text{ m}^2$. Jeigu pagal apskaičiuotus matmenis angos plotas gaunamas mažesnis, kvadrato formos išbyrėjimo angos kraštinė parenkama lygi $0,3 \text{ m}$. Patikrinama, ar apskaičiuotos kraštinės matmenys tenkina sąlygą:

$$F_a = a^2 = 0,324^2 = 0,105 \text{ m}^2;$$

$0,105 > 0,09$, todėl apskaičiuotos kraštinės matmenys sąlygą tenkina.

Atsižvelgiant į parinktus bunkerio matmenis ir talpą V_r apskaičiuojamas bunkerio smaigalio aukštis h_1 :

$$h_1 = \frac{A-a}{2} \cdot \operatorname{tg} \gamma;$$

Čia: γ – bunkerio smaigalio sienelių nuolydžio kampas, kuris yra daromas $5\text{--}10^\circ$ didesnis už žaliavos laisvo byrėjimo kampą φ :

$$\gamma = \varphi + 10^\circ = 45^\circ + 10^\circ = 55^\circ;$$

$$h_1 = \frac{2,5-0,324}{2} \cdot \operatorname{tg} 55 = 1,55 \text{ m};$$

Projektuojamo bunkerio talpą V sudaro dviejų bunkerio dalių talpų suma:

$$V = V_1 + V_2;$$

$$V_1 = A \cdot B \cdot h = 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2 = 12,5 \text{ m}^3;$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot h_1 \cdot (a^2 + a \cdot A + A^2) = \frac{1}{3} \cdot 1,55 \cdot (0,105 + 0,324 \cdot 2,5 + 2,5^2) = 3,7 \text{ m}^3;$$

$$V = V_1 + V_2 = 12,5 + 3,7 = 16,2 \text{ m}^3;$$

11 lentelė. Bunkerio techninės charakteristikos

Korpusas V_1	Ilgis A , m	2,5
	Plotis B , m	2,5
	Aukštis h , m	2
Korpusas V_2	Ilgis A , m	0,324
	Plotis B , m	0,324
	Aukštis h_1 , m	1,55
Reikalinga bunkerio talpa, m^3		14,7
Apskaičiuota bunkerio talpa, m^3		16,2

Apskaičiavus bunkerio talpą būtina patikrinti, ar iš suprojektuoto bunkerio išbyrančios medžiagos kiekis atitinka gamybos našumą, t.y. ar nėra per mažas. Iš bunkerio išbyrančios medžiagos kiekis (našumas) Q_v , priklauso nuo iškrovimo angos ploto F_a ir medžiagos byrėjimo greičio v :

$$Q_v = F_a \cdot v$$

Medžiagos normalaus byrėjimo greitis v apskaičiuojamas:

$$v = 5,65 \cdot k_1 \cdot \sqrt{R}$$

Čia: k_1 – išbyrėjimo koeficientas, kurio vertės priklauso nuo birių medžiagų takumo ir granulimetrinės sudėties ($k_1 = 0,2-0,26$ nelabai birioms miltelių ar dulkių pavidalo medžiagoms); R – hidraulinis išbyrėjimo angos spindulys

Hidraulinis išbyrėjimo angos spindulys:

$$R = \frac{F_a}{P}$$

Čia: P – išbyrėjimo angos perimetras, m;

Išbyrėjimo angos perimetras:

$$P = 4 \cdot a = 4 \cdot 0,324 = 1,296 \text{ m}$$

Tuomet hidraulinis išbyrėjimo angos spindulys yra:

$$R = \frac{F_a}{P} = \frac{0,105}{1,296} = 0,081 \text{ m}$$

Medžiagos normalaus byrėjimo greitis:

$$v = 5,65 \cdot k_1 \cdot \sqrt{R} = 5,65 \cdot 0,25 \cdot \sqrt{0,081} = 0,402 \text{ m/s}$$

Iš bunkerio išbyrančios medžiagos kiekis (našumas):

$$Q_v = F_a \cdot v = 0,105 \cdot 0,402 = 0,042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \frac{N}{3600 \cdot \rho_p} = \frac{33820}{3600 \cdot 1600} = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$$

Apskaičiuotas iš bunkerio išbyrančios medžiagos kiekis yra didesnis už reikalingą medžiagos išbyrėjimo našumą, todėl bunkerio parametrai parinkti tinkamai.

3.1.4.2. Kaušinis elevatorius

Kaušiniais elevatoriais transportuojamos biriosios arba gabalinės medžiagos vertikalčiai arba didesniu negu 70° polinkio kampu. Kaušiniu elevatoriumi žaliavos transportuojamos vertikalčiai į 25 m aukštį. Skaičiavimai atliekami greitaeigiam elevatoriui su sekliaisiais kaušais. Kaušinio elevatoriaus našumo G_h skaičiavimams reikalingos charakteristikos yra pateiktos 12 lentelėje.

12 lentelė. Kaušinio elevatoriaus techninės charakteristikos

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Kaušo tūris	a	dm ³	9
Žingsnis tarp kaušų	s	m	1
Kaušų pripildymo koeficientas	ψ	–	0,8
Kaušų judėjimo greitis	w	m/s	1,2
Bunkerio pripildymo koeficientas	k _{prip}	–	0,85
Bunkerio viršutinės dalies kraštinės ilgis	A, B	m	2,5
Bunkerio viršutinės dalies aukštis	h	m	2

Kaušinio elevatoriaus našumas apskaičiuojamas:

$$G_h = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{a}{s} \cdot w \cdot \psi \cdot \rho_p = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{1} \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1600 = 49,76 \text{ t/h}$$

Čia: a – kaušo tūris, dm³ (pasirenkame iš intervalo 0,8–15, a = 9 dm³); s – žingsnis tarp kaušų, m (s = 1); w – kaušų judėjimo greitis, m/s (pasirenkama iš intervalo 1–2,5, w = 1,2 m/s); ψ – kaušų pripildymo koeficientas (pasirenkame iš intervalo 0,5–0,9, ψ = 0,8); ρ – transportuojamos medžiagos piltinis tankis, kg/m³.

Galios traukos įtaise skaičiavimams reikalingos charakteristikos yra pateiktos 13 lentelėje.

13 lentelė. Galios traukos įtaiso techninės charakteristikos

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Transportavimo aukštis	H	M	25
Bendras pasipriešinimo judėjimui koeficientas	ω _c	–	0,07
Elevatoriaus polinkio į horizontą kampas	β	°	70
Koeficientas, įvertinantis elevatoriaus juostos ir kaušų tipą	A	–	1,5
Koeficientas, apibūdinantis energijos sąnaudas kaušams pripildyti	k	–	0,65
Koeficientas įvertinantis elevatoriaus tipą	k _T	–	0,45

Reikalinga galia traukos įtaise N_k apskaičiuojama:

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

$$q_t = k_T \cdot G_h = 0,45 \cdot 49,76 = 22,392 \text{ kg/m}$$

$$N_k = 0,0267 \cdot 49,76 \cdot 25 \cdot \left(1 + 0,07 \cdot ctg70^\circ + 22,392 \cdot (7,4 \cdot 0,07 \cdot ctg70^\circ + 1,5) \cdot \frac{1,2}{49,76} + \frac{0,65 \cdot 1,2^2}{25} \right) = 35,29 \text{ kW}$$

Elektros variklio galia N_v apskaičiuojama:

$$N_v = 1,25 \cdot \frac{N_k}{\eta} = 1,25 \cdot \frac{35,29}{0,8} = 55,14 \text{ kW}$$

Parenkamas 60 kW galingumo variklis.

3.1.4.3. Aušintuvas

Parinktas aušintuvas – AGICO. Aušintuvo parametrai yra pateikti 14 lentelėje.

14 lentelė. Aušintuvo techninės charakteristikos

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	t/h	15–20
Aušintuvo išmatavimai			
Diametras	D	m	2,5
Ilgis	L	m	25
Variklio galingumas	N	kW	55
Pasvyrimas	–	%	3–5
Svoris	m	t	110

3.1.4.4. Maišyklė

Parinkta automatinė sauso maišymo maišyklė – BHSW3000. Maišyklės parametrai yra pateikti 15 lentelėje

15 lentelė. Maišyklės techninės charakteristikos

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	t/h	15–25
Tūris	V	m ³	3
Plotas	S	m ²	60–80
Variklio galingumas	N	kW	80–110
Aukštis	H	m	9,5

3.1.4.5. Granuliatorius

Parinktas būgninis granuliatorius – TDZGZ–3210. Granuliatoriaus parametrai yra pateikti 16 lentelėje.

16 lentelė. Granuliatoriaus techninės charakteristikos

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	t/h	15–30
Variklio galingumas	N	kW	37
Apsisukimo greitis	n	aps/min	9,5
Granuliatoriaus išmatavimai:			
diametras	D	mm	3200
ilgis	L	mm	10000

3.1.4.6. Sukamoji krosnis

Parinktos sukamosios krosnies techninės charakteristikos yra pateiktos 17 lentelėje.

17 lentelė. Sukamosios krosnies techninės charakteristikos

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	t/h	8
Krosnies išmatavimai: diametras	D	mm	2500
ilgis	L	mm	28500
Sukimosi greitis	n	aps/min	0,5/2
Variklio galingumas	N	kW	40
Svoris	m	t	6
Futeruotės medžiaga	šamotinės ir chrommagnezitinės plytos (220 mm.)		

3.2. Statybiniai sprendimai

3.2.1. Bendrieji duomenys

Projektuojama įmonė, kurios pagrindinė veikla yra papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramoninių atliekų, planuojama statyti Ventos mieste, Akmenės rajone, esančioje teritorijoje, kurioje anksčiau veikianti įmonė gamino mineralinius klinties produktus. Gamyklos teritorija užima 18 ha. Gamyklos teritorijoje jau yra įvestos visos reikiamos komunikacijos – vandentiekis, elektros tinklai, gamtinės dujos. Taip pat teritorijoje yra nutiestas geležinkelis, kuriuo yra galimybė atvežti žaliavas. Naujajame ceche planuojama pagaminti 130000 tonų cemento priedo per metus. Bendrieji techniniai statinio rodikliai yra pateikti 18 lentelėje.

18 lentelė. Bendrieji techniniai statinio rodikliai

Eil. nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1.	I. Sklypas		
	1.1 sklypo plotas	ha	18
	1.2 statinio užimtas žemės plotas	m ²	4764
	1.3 apželdintas žemės plotas (žalasis plotas)	m ²	72000
	1.4 automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	100
	1.5 sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	1000
2.	II. Pastatai		
	2.1 paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		
	2.2 bendrasis plotas:	m ²	4764
	2.2.1 pagrindinis plotas	m ²	4521,97
	2.2.2 pagalbinis	m ²	242,34
	2.3 pastato tūris	m ³	95280
	2.4 aukštų skaičius	vnt.	1
	2.5 pastato aukštis	m	20
	2.6 pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m ²	I

3.2.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara

Projektuojamo pastato aukštis nuo nulinės alt. iki laikančių konstrukcijų yra 18 m. Numatomi sanitariniai mazgai, darbuotojų rūbinė ir virtuvė. Sienos – daugiasluoksnių plokščių su PIR užpildu, vidinės sienos karkasinės, gipso kartono plokštės. Grindys – betoninės, su išlyginamąja danga ir kietikliu. Lauko vartai apšiltinti, varstomi, su sandarikliais. Langai – plastikinių profilių, trijų stiklų, nevarstomi. Pamatai – gelžbetoniniai, kolonos – surenkamo gelžbetonio. Denginio laikančios konstrukcijos – plieninės santvaros, sijos, ryšiai.

3.2.3. Bendrųjų statinio inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Gaminamo produkto žaliavos – smektitinio molio atlieka ir krekingo katalizatorius atvežami dengtais savivarčiais sunkvežimiais ir išverčiamos į bunkerius.

Pastato fasadas orientuotas į šiaurę. Pastato ilgis L = 128 m, plotis B = 37,14 m, aukštis H = 20m. Pastato statybai naudojamos plieninės konstrukcijos, kraštinės ir vidurinės kolonos, perdangos ir

dengimo plokštės. Pastato kolonų tinklelio išmatavimai 6 x 6 m., su esamais padidintais tarpais pastato viduje, gamybiniam naudingajam plotui padidinti.

Sanitarinio buitinio darbuotojų aptarnavimo ir maitinimo sprendiniai: Personalui esamos sanitarinės ir higienos patalpos, suprojektuotos pagal 2003–04–24 LR Vyriausybės nutarimo Nr. 501 „Dėl buities, sanitarinių ir higienos patalpų įrengimo reikalavimus“: Vienas unitazas skiriamas 18 vyrų arba 12 moterų; vienas pisuaras skiriamas 18 vyrų; viena rankų praustuvė skiriama 48 vyrams arba moterims; moterų tualete įrengiamas higieninis dušas. 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 m², o viso kambario plotas didesnis kaip 22 m².

Stogas: stogo konstrukcija susideda iš bituminės ritininės stogo dangos apatiniame ir viršutiniame sluoksnyje, termoizoliacinės medžiagos, kietos akmens vatos plokštės, garo izoliacijos. Stogas formuojamas metalinėmis sijomis su ilginiais, profiliuotu skardos lakštu (t1) degumo klasės. Vartai: išoriniai – sekcijiniai su durimis, pakeliami su elektrine pavara ir avariniu atidarymu rankomis.

3.2.4. Orientacinės statinio naujos statybos kainos apskaičiavimas

Orientacinę statinio naujos statybos kainą apskaičiuojama pagal statinio tūrį. Bendras statytojo investicijų poreikis statinio projektui parengti ir statiniui pastatyti nustatomas apskaičiuojant suvestinę statybos kainą. Projektavimo ir inžinerinių paslaugų išlaidos priimtos 5 % nuo statybos sklypo paruošimo ir statinio statybos ir įrengimo kainos. Kitos numatomos statinio statybai reikalingos išlaidos priimtos 1 % nuo statybos sklypo paruošimo ir statinio statybos ir įrengimo, projektavimo ir inžinerinių paslaugų kainos. Rezervas priimtas 2 % nuo su statyba susijusių išlaidų kainos. Visos išlaidos statinio projektui parengti ir įgyvendinti yra pateiktos 19 lentelėje.

19 lentelė. Orientacinė naujo statinio darbų kaina

Išlaidų aprašymas	Kaina, Eur		Iš viso (su PVM)
	Statybos ir montavimo darbai	Kitos išlaidos	
1. Statybos sklypas	–	639 900	810000
2. Statybos sklypo paruošimas	–	63990	81000
3. Statinio statyba ir įrengimas	759348	–	961200
4. Projektavimo ir inžinerinės paslaugos	–	101957	129060
5. Kitos išlaidos	–	9252	11712
6. Rezervas	–	31303	39625
Iš viso:	759348	846402	2032597

3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

3.3.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Projektuojamam gamybiniam cechui bus statomos naujos gamybinės patalpos, perkami technologiniai įrenginiai. Projekto įgyvendinimui investicijos bus skiriamos iš akcininkų lėšų ir banko paskolos. Dalis projekto bus finansuojama Europos Sąjungos lėšomis. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai pateikiami 20 lentelėje.

20 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Eur	Struktūra	Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	3 187 745	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	1 858 000,19
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	98 829,97	2. Paskolos	1 858 000,19
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	2 021 997	3. Kiti finansinių lėšų šaltiniai	1 592 571,97
4. Kiti kaštai			
Viso:	5 308 571,97	Viso:	5 308 571,97

3.3.2. Ilgalaikio turto vertė

Technologinė įranga bus perkama iš gamintojų katalogų. Montavimo darbų kaina yra įskaičiuota į įrengimų kainą. Priimta, kad pagalbinių įrenginių kainą sudarys 20 % nuo pagrindinių įrenginių kainos. Visų įrenginių bus perkama po vieną vienetą. Technologinių įrengimų vertė yra pateikta 21 lentelėje.

21 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Vertė, Eur
1.	Sukamoji krosnis	1 500 000
2.	Aušintuvas	650 000
3.	Maišyklė	55 000
4.	Granuliatorius	25 000
5.	Maitintuvas	15 000
6.	Dujų ir dulkių valymo sistema	150 000
7.	Pagalbiniai įrenginiai	239 500
PVM dydis (21%)		553 245
Viso:		3 187 745

3.3.3. Trumpalaikio turto vertė

22 lentelėje yra pateiktas trumpalaikio turto poreikis 5–eriems projekto metams kartu su apyvartinių lėšų poreikiu projekto vystymo laikotarpiu.

22 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, Eur	–	1976599,44	2055656,24	2055656,24	2097720,01	2137958,77
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, Eur	–	494150	513914	513914	524430	534490
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur	–	395320	19764	0	10516	10060
4. Apyvartinės lėšos, Eur	98829,97	494150	513914	513914	524430	534490

3.3.4. Produkcijos gamybos apimtis

Pirmaisiais projekto gyvavimo metais numatomas 80 %. Brandos metais, gamybos cechas dirbs 100 % pajėgumu, o 4–aisiais ir 5–aisiais projekto gyvavimo metais, planuojamas sumažėjęs našumas dėl įrangos susidėvėjimo bei kitų nenumatytų priežasčių. Produkcijos gamybos apimties planas yra pateikiamas 23 lentelėje.

23 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtis, natūriniais vienetais
		Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)
1	0,8	104000
2	1,0	130000
3	1,0	130000
4	0,9	117000
5	0,85	110500

3.3.5. Gamybos kaštai**3.3.5.1. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas**

Pagrindinės žaliavos papildomosios cementinės medžiagos gamybai yra smektitinio molio atlieka ir panaudotas krekingo katalizatorius. Abi šios žaliavos yra pramonės atliekos, todėl jos gaunamos nemokamai, bet kainuoja jų transportavimas. Priimu, jog abiejų žaliavų transportavimas brandos stadijoje kainuos 4 Eur/t. Pirmaisiais projekto metais transportavimo kaina priimta didesnė, dėl mažesnio žaliavų kiekio. 4–ais ir 5–ais projekto metais transportavimo kaina įvertinta didesnė, dėl galimų kainų kylimo. 24 lentelėje yra pateiktos išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms projekto gyvavimo laikotarpiu.

24 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais	Medžiagos kaina, Eur/t	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t	Viso, Eur
1 metai						
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	104000					
SMA	–	0,36	4,80	37 440	1,73	179 712
FCC	–	0,84	4,80	87 360	4,03	419 328
Viso:	–	–	–	–	5,76	599 040
Brandos metai (2, 3 metai)						
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	130000					
SMA	–	0,3	4,00	39000	1,20	156 000
FCC	–	0,7	4,00	91000	2,80	364 000
Viso:	–	–	–	–	4,00	520 000
4 metai						
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	117000					
SMA	–	0,33	4,40	38610	1,45	169 884
FCC	–	0,77	4,40	90090	3,39	396 396
Viso:	–	–	–	–	4,84	566 280
5 metai						
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	110500					
SMA	–	0,345	4,60	38123	1,59	175 364
FCC	–	0,805	4,60	88953	3,70	409 182
Viso:	–	–	–	–	5,29	584 545

Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui yra skaičiuojamos pagal pagrindinių dirbančių darbuotojų kiekį. Gaminio darbo imlumas įvertinamas pagal darbuotojų kiekį, atsižvelgiant, kiek vienam darbuotojui reikės išdirbti valandų vienai tonai produkcijos pagaminti. Priimu, kad portlandcemenčio priedo gamybos ceche dirbs 40 pagrindinis darbuotojas. 25 lentelėje yra pateiktos tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.

25 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminiai	Gamybos apimtis, t	Gaminio darbo imlumas, nh	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, nh	Darbo užmokestis, Eur			Atskaitymai VSD, GF, IDIF, Eur
					Pagrindinis	Papildomas	Bendras	
1 metai								
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	104000	0,4	5,74	41600	238784	15521	254305	4501,19
Brandos metai (2, 3 metai)								
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	130000	0,4	7,17	52000	372840	24234	397074	7028,20
4 metai								
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	117000	0,4	7,88	46800	368784	23971	392755	6951,76
5 metai								
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	110500	0,4	8,25	44200	364650	23702	388352	6873,83

26 lentelėje yra pateikiamos tiesioginės išlaidos elektros energijai. Priimama, kad variklių galingumo panaudojimo koeficientas visais projekto gyvavimo metais nesikeis ir bus 0,8.

26 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

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					
350	0,8	8016	2244480	0,128	287 293
Brandos metai (2, 3 metai)					
350	0,8	8016	2244480	0,138	309 738
4 metai					
350	0,8	8016	2244480	0,148	332 183
5 metai					
350	0,8	8016	2244480	0,158	354 628

Tiesioginės išlaidos vandeniui yra pateikiamos 27 lentelėje. Vanduo yra naudojamas gaminio sumaišymui ir priimta, jog vandens reikia 5 % nuo sausų medžiagų.

27 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui

Gaminio pavadinimas	Gamybos apimtis, t	Vandens sąnaudos vienam gaminiui, m ³	Lm ³ vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui, Eur
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	130000	0,05	1,36	8840

SMA prieš sumaišymą su FCC bus degama sukamojoje krosnyje, kurios veikimui bus reikalingos gamtinės dujos. 1 tonai išdegti SMA bus reikalinga 2,77 m³ dujų. Išlaidos dujoms yra pateiktos 28 lentelėje.

28 lentelė. Tiesioginės išlaidos dujoms

Gaminys	Gamybos apimtis, t.	Dujų sunaudojimo norma, m ³ /t	Dujų kaina, Eur/m ³	Dujų poreikis, m ³	Dujų kaštai, Eur
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	91 000	2,77	0,53	252 070	133 597,10

3.3.5.2. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos tiesiogiai su gamyba nesusijusios, bet sudarančios sąlygas gamybai (cechų meistrų, viršininkų, kontrolierių, sandėlininkų, valytojų ir kitų darbuotojų darbo užmokestis), darbo medžiagų, energijos ir amortizacijos (nusidėvėjimo) išlaidos.

29 lentelėje yra pateikiamos netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui. Priimta, jog gamybiniame ceche dirbs 6 pagalbinių darbininkai ir 12 darbuotojų, nesusijusių su gamyba (cecho vadovai, specialistai, technikai).

29 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas, Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
Cecho vadovai, specialistai, technikai	12	1800	259 200	4587,84	263787,84
Pagalbiniai darbininkai	6	700	50 400	893,08	51293,08
Viso:			309600	5480,92	315080,92

Netiesioginės išlaidos vandeniui yra pateiktos 30 lentelėje. Priimta, kad 1 darbuotojas sunaudos 30 l/parą.

30 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 dirb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui, Eur
Šaltam vandeniui	30	10,02	1,36	13,62
Viso:	2655	591,18	1,36	804
Eksploatacinės išlaidos	–	–	–	80,4
Iš viso:	–	–	–	880,8

31 lentelėje yra pateiktos netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui.

31 lentelė. Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui

Projekto metai	Šiluminės energijos poreikis, Gkal	Šiluminės energijos kaina, Eur/Gkal	Išlaidos šildymui per metus, Eur	Eksploatacinės išlaidos, Eur	Viso išlaidų, Eur
1	240	29	6 960	417	7 378
2	240	30	7 200	432	7 632
3	240	30	7 200	432	7 632
4	240	31	7 440	446	7 886
5	240	31	7 440	446	7 886

Netiesioginės išlaidos patalpų apšvietimui pateikiamos 32 lentelėje.

32 lentelė. Netiesioginės išlaidos patalpų apšvietimui

Projekto metai	Patalpų plotas	Apšvietimo norma, W/m ²	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos apšvietimui per metus, Eur	Eksploatacinės išlaidos, Eur	Viso išlaidų, Eur
1	4753	0,05	962007	0,128	123 136,90	18 470,53	141 607,43
2	4753	0,05	962007	0,138	132 756,97	19 913,54	152 670,51
3	4753	0,05	962007	0,138	132 756,97	19 913,54	152 670,51
4	4753	0,05	962007	0,148	142 377,04	21 356,56	163 733,59
5	4753	0,05	962007	0,158	151 997,11	22 799,57	174 796,67

33 lentelėje pateikta ilgalaikio turto nusidėvėjimo suma metams ir likutinė vertė. Priimta, kad pastatų normatyvinė eksploataavimo trukmė yra 30 metų, įrengimų – 20 metų.

33 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, Eur	Normatyvinė eksploatavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, Eur metams					Likutinė vertė, Eur
			1	2	3	4	5	
1. Pastatai	2 021 997	30	60 659	58 840	57 074	55 362	53 701	1 736 357
2. Sukamoji krosnis	1 500 000	20	67 500	64 463	61 562	58 791	56 146	1 191 539
3. Aušintuvas	650 000	20	29 250	27 933	26 676	25 476	24 329	516 333
4. Maišyklė	55 000	20	2475	2363	2257	2156	2059	43 689
5. Granuliatorius	25 000	20	1125	1074	1026	980	936	19 859
6. Maitintuvas	15 000	20	675	645	616	588	561	11 915
7. Dujų ir dulkių valymo sistema	150 000	20	6750	6446	6156	5879	5615	119 154
8. Pagalbiniai įrenginiai	239 500	20	10 778	10 293	9 829	9 387	8 965	190 249
Viso, Eur:			179212	172056	165196	158620	152312	3 829 096

Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata yra pateikta 34 lentelėje. 4 % nuo netiesioginių išlaidų sumos yra priskirta kitų išlaidų rūšiai.

34 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	17 971	15 600	15 600	16 988	17 536
Darbo užmokestis	309 600	309 600	309 600	309 600	309 600
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	5480,92	5480,92	5480,92	5480,92	5480,92
Elektros energija	141 607,43	141 607,43	141 607,43	141 607,43	141 607,43
Vanduo	880,80	880,80	880,80	880,80	880,80
Šiluminė energija	7 378	7 632	7 632	7 886	7 886
Amortizaciniai atskaitymai	179 212,41	172 056,13	165 196,95	158 620,10	152 312,19
Kitos išlaidos	26 485,22	26 114,29	25 839,92	25 642,53	25 412,13
Iš viso:	688 615,78	678 971,57	671 838,02	666 705,78	660 715,47

Apskaičiuoti gamybos kaštai (tiesioginės ir netiesioginės išlaidos) ir gaminio gamybinė savikaina yra pateikti 35 lentelėje.

35 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys (komponentai)	Gamybos kaštai, Eur
Brandos stadijoje	
1. Pagrindinės medžiagos	520 000
2. Energija (šiluminė, elektros, vanduo)	452 582,47
3. Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	397 074
4. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	7028,20
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	678 971,57
Viso gamybos kaštų, Eur	2 055 656,24
Viso gamybos kaštų, %.	100
Produkcijos gamybos planas, t	130 000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	15,81
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	1 976 599,44
Produkcijos gamybos planas, t	104 000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	18,99
4-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	2 097 720,01
Produkcijos gamybos planas, t	117 000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	17,92
5-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	2 137 958,77
Produkcijos gamybos planas, t	110 500
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	19,34

3.3.6. Veiklos kaštai

Į veiklos sąnaudas (kaštus) įtraukiamos:

- pagalbinių medžiagų, skirtų administracijos patalpų išlaikymui, išlaidos;
- administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir atskaitymai susiję su darbo ištekliais (VSD, GF ir IDIF);
- administracijos patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir būtinėms reikmėms energijos išlaidos;
- administracijos pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai;
- ryšių paslaugos;
- produkcijos realizavimo išlaidos, mokesčiai, rinkliavos ir kitos išlaidos.

Veiklos kaštai yra pateikiami 36 lentelėje.

36 lentelė. Veiklos kaštai

Išlaidų rūšys	Suma, Eur
1. Pardavimų sąnaudos	
• Reklama ir skelbimai	75 000
• Prekių išvežimas	150 000
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	
• Pagalbinės medžiagos	16 650
• Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	108 000
• Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	1 911,60
• Energija(šiluminė ir elektros)	13 677,90
• Amortizaciniai atskaitymai	3 546,34
• Paslaugos	10 000
• Komandiruotės	5 000
• Mokesčiai ir rinkliavos	15 878,60
Viso:	399 664,44

37 lentelėje yra pateiktos yra pateiktos veiklos sąnaudos, tenkančios gaminiui.

37 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas

Rodikliai	Viso
Gamybos kaštai, %	100
Veiklos sąnaudos, Eur.	399 664,44
Pardavimo planas, t	130 000
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	3,07

3.3.7. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Projekto finansavimui 35 % yra skolinamasi iš banko su 3,5 % metine palūkanų norma. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas yra pateikiamas 38 lentelėje.

38 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, Eur	1 858 000,19	1 486 400,15	1 114 800,11	743 200,08	371 600,04
2. Metinė palūkanų norma, proc.	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
3. Palūkanos, Eur	65 030,01	52 024,01	39 018,00	26 012,00	13 006,00
4. Paskolos padengimas, Eur	371 600,04	371 600,04	371 600,04	371 600,04	371 600,04

3.3.8. Gaminio kainos skaičiavimas

Įvertinus gaminio gamybinę savikainą, gaminiui tenkančios veiklos ir investicinės veiklos sąnaudas yra apskaičiuojama gaminio kaina kartu su planuojama gauti pelno norma. Gaminio kaina projekto gyvavimo metais yra pateikiama 39 lentelėje.

39 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas

Gaminiai	Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
					%	Eur/t	Eur
1 metai							
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	18,99	3,84	0,63	23,46	70	16,42	39,87
2 metai							
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	15,81	3,07	0,40	19,28	75	14,46	33,74
3 metai							
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	15,81	3,07	0,30	19,18	75	14,39	33,57
4 metai							
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	17,92	3,41	0,22	21,55	70	15,09	36,64
5 metai							
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	19,34	3,61	0,12	23,07	70	16,15	39,22

3.3.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų sratai

Prognostinė pelno (nuostolio) ataskaita ir projekto grynieji pinigų sratai yra pateikiami 40 lentelėje.

40 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	4 146 895,01	4 386 242,01	4 363 481,51	4 286 757,40	4 333 267,70
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	1 976 599,44	2 055 656,24	2 055 656,24	2 097 729,01	2 137 959,77
3. Bendras pelnas (nuostolis)	2 170 295,57	2 330 585,77	2 307 825,27	2 189 028,39	2 195 307,93
4. Veiklos sąnaudos	399 664,44	399 664,44	399 664,44	399 664,44	399 664,44
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	1 770 631,13	1 930 921,33	1 908 160,83	1 789 363,95	1 795 643,49
6. Finansinė ir investicinė veikla					
6.1. Pajamos					
6.2. Sąnaudos	65 030,01	52 024,06	39 018,05	26 012,00	13 006,00
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	1 705 601,12	1 878 897,32	1 869 142,82	1 763 351,95	1 782 637,49
8. Pelno mokestis	255 840,17	281 834,60	280 371,42	264 502,79	267 395,62
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	1 449 760,96	1 597 062,73	1 588 771,40	1 498 849,16	1 515 241,87

Pinigų srautai iš įmonės veiklos apskaičiuojami prie grynojo pelno pridėdant nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudas, atimant papildomas investicijas į apyvartinį kapitalą ir bei eliminavus finansinės veiklos sąnaudas (atimamos palūkanos ir paskolos padengimas). Pinigų srautų ataskaita pateikiama 41 lentelėje.

41 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Eil. Nr.	Rodikliai	Projekto metai					
		0	1	2	3	4	5
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)	–	1449760,96	1597062,73	1588771,40	1498849,16	1515241,87
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	–	179212,41	172056,12	165196,94	158620,10	152312,19
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	98829,97	395 320	19 764	0	10 516	10 060
1.4.	Finansinės veiklos sąnaudų eliminavimas*	–	436630,04	423624,04	410618,04	397612,04	384606,04
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1 + 1.2 - 1.3 - 1.4)	-98829,97	797023,43	1325730,61	1343350,30	1249341,28	1272888,33
II.	Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
2.1.	Ilgalaikio turto perleidimas (išsigijimas)	5209742	–	–	–	–	3829096,20
	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-5209742	–	–	–	–	3829096,20
III.	Bendri metiniai pinigų srautai (I+II)	-5308571	797023,43	1325730,61	1343350,30	1249341,28	5101984,53

3.3.10. Investicijų efektyvumo įvertinimas

Skaičiuojant projekto efektyvumo vertinimo rodiklius, būtina įvertinti laiko veiksnį, todėl projekto grynuosius pinigų srautus reikia diskontuoti. Grynieji pinigų srautai diskontuojami pagal vidutinius svertinius kapitalo kaštus. Priimta, kad diskonto norma yra 5,5 %. Projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS) yra pateikiami 42 lentelėje.

42 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS)

Projekto metai	Paprasti GPS		Diskontuoti GPS	
	metiniai GPS	bendri GPS	metiniai GPS	bendri GPS
0	-5308571,97	-5308571,97	-€5 308 571,97	-€5 308 571,97
1	797023,43	-4511548,54	€755 644,35	-€4 552 927,62
2	1325730,61	-3185817,93	€1 191 647,98	-€3 361 279,65
3	1343350,30	-1842467,63	€1 144 796,58	-€2 216 483,07
4	1249341,28	-593126,35	€1 009 407,40	-€1 207 075,67
5	5101984,53	4508858,18	€3 908 146,90	€2 701 071,23

Vertinant projekto ekonominį tikslumą apskaičiuojamas diskontuotas atsipirkimo laikas, grynoji esamoji vertė (GEV), vidinė pelno (gražos) norma (IRR), modifikuota vidinė pelno norma (MIRR) ir pelningumo indeksas (PI). Šie rodikliai yra pateikiami 43 lentelėje.

43 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai

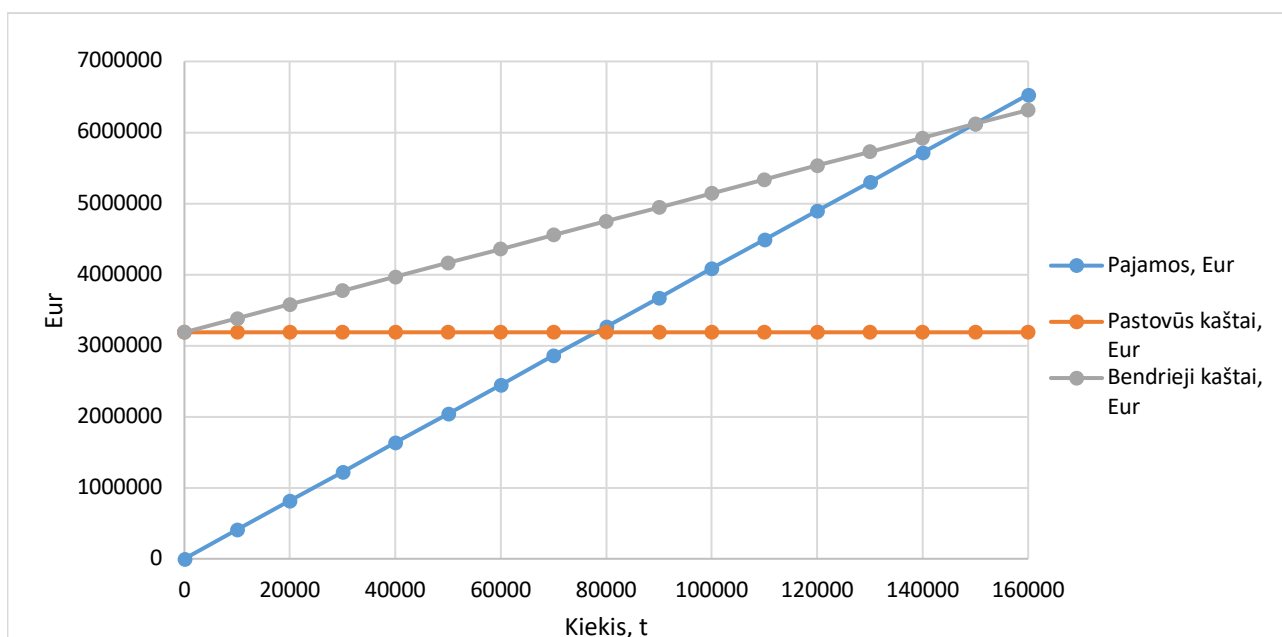
Rodikliai	Matavimo vienetai	Reikšmės
Diskontuotas atsipirkimo laikas	metai	4,82
Grynoji esamoji vertė (GEV)	Eur	2 701 071,23
Vidinė pelno (gražos) norma (IRR)	%	18
Modifikuota vidinė pelno norma (MIRR)	%	15
Pelningumo indeksas (PI)	koeficientas	1,51

Lūžio taškas, kuris parodo kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla taptų pelninga, yra pateikiamas 44 lentelėje.

44 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Gaminio pavadinimas
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui Eur	3187745
Gaminio kaina, Eur	39,87
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	18,99
Lūžio taškas, t	152640,61
Pardavimų planas, t	130000

Lūžio taško grafikas pateikiamas 14 paveikslėlyje.



14 pav. Lūžio taškas

Projekto balansas parodo kiekvienų projekto metų grynuosius pinigų srautus (GPS) ir būsimuosius GPS, t.y. sukauptus po atitinkamų metų. Projekto balansas yra pateikiamas 45 lentelėje.

45 lentelė. Projekto balansas

Projekto gyvavimo metai	0	1	2	3	4	5
0	-5 308 571,97	-5 308 571,97	-5 308 571,97	-5 308 571,97	-5 308 571,97	-5 308 571,97
1		797 023,43	797 023,43	797 023,43	797 023,43	797 023,43
2			1 325 730,61	1 325 730,61	1 325 730,61	1 325 730,61
3				1 343 350,30	1 343 350,30	1 343 350,30
4					1 249 341,28	1 249 341,28
5						5101984,53
Būsimieji GPS	-5 308 571,97	-4 511 548,54	-3 185 817,93	-1 842 467,63	-593 126,35	4 508 858,18

3.3.11. Finansinių ir ekonominių skaičiavimų išvados

Įvertinus gautus pagrindinius projektą apibūdinančius ekonominius rodiklius: investicijų atsipirkimo laiką – 4,82 metai, pelningumo indeksą – 1,51, lūžio tašką – 152640,61 tonas, galima daryti išvadą, kad projektas bus efektyvus.

3.4. Aplinkosauginis vertinimas

3.4.1. Bendrieji duomenys

Aplinkosauginio vertinimo tikslas yra nustatyti papildomosios cementinės medžiagos poveikį aplinkai visą jo gamybos ciklą. Poveikio aplinkai vertinimas (PAV) atliekamas projektuojamam cechui, kuris gamins papildomąją cementinę medžiagą iš pramonės atliekų. Gamybos cechą planuojama statyti Ventos mieste. Per metus bus pagaminama 130000 t papildomosios cementinės medžiagos, kurio gamybai bus naudojamos dvi žaliavos – smektitinio molio atlieka SMA ir krekingo katalizatorius FCC. Krekingo katalizatorius ir SMA savo sudėtyje turi įvairių organinių priemaišų, tačiau tiek SMA, tiek FCC toksiškumas ir sudėtis nėra visiškai ištirti šiame darbe.

46 lentelė. Duomenys apie produkciją

Pavadinimas	Mato vnt., t, m ³ , vnt. ir kt.	Kiekis per metus
Papildomoji cementinė medžiaga (PCM)	t	130000

Elektros energija bus naudojama gamybos įrenginiams bei pagalbinėms patalpoms. Taip pat, patalpų bei teritorijos apšvietimui. Elektros sąnaudos priklausys nuo metų laiko bei gamybos apimčių. Planuojamos elektros energijos sąnaudos per metus yra 3054080 kWh.

Gamtinės dujos bus naudojamos viso sukamosios krosnies darbo metu. Esant stabiliam gamybos procesui, kuomet reikia tik palaikyti degimo režimą, gamtinių dujų bus sunaudojama mažiau. Planuojamas gamtinių dujų sąnaudos per metus yra 360870,50 m³.

47 lentelė. Kuro ir energijos suvartojimas

Energetiniai ir technologiniai ištekliai	Matavimo vnt., t, m ³ , kWh ir kt.	Sunaudojamas kiekis per metus	Išteklių gavimo šaltiniai
Elektros energija	kWh	3054080	UAB „Ignitis“
Gamtinės dujos	m ³	360870,50	UAB „Ignitis“

Šiluminė energija susidaro dėl veikiančių įrenginių, ypač dėl sukamosios krosnies. Šiluminė energija bus panaudojama sukamosios krosnies degimui ir gamybinių patalpų šildymui.

48 lentelė. Energijos gamyba

Energijos rūšis	Planuojama pagaminti
Šiluminė energija, kWh	45811,2

Žaliavos, naudojamos gamyboje, nėra priskiriamos prie pavojingų, todėl rizikos kategorija, pavojaus nuoroda ir rizikos frazės nėra nurodomos. Papildomų saugojimo reikalavimų nėra. FCC yra pristatomas supakuotas į didmaišius, o SMA dengtais savivarčiais.

49 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavas

Žaliavos pavadinimas	Kiekis per metus, t	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		kategorija	pavojaus nuoroda	rizikos frazės
Smektitinis molio atlieka	39000	–	–	–
Krekingo katalizatorius	91000	–	–	–

50 lentelė. Žaliavų saugojimas

Eil. Nr.	Žaliavos pavadinimas	Transportavimo būdas	Kiekis, saugomas vietoje, t	Saugojimo būdas
1.	Smektitinio molio atlieka	Kelių transportu	39000	Priėmimo bunkeryje
2.	Krekingo katalizatorius	Kelių transportu	91000	Priėmimo bunkeryje

3.4.2. Atliekos

Papildomosios cementinės medžiagos gamybos metu susidarantių atliekų kiekiai ir atliekų tvarkymo būdai yra pateikiami 51 lentelėje.

51 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas

Technologinis procesas	Atliekos						Atliekų saugojimas objekte	Numatomi atliekų tvarkymo būdai	
	Pavadinimas	kiekis		Agregatinis būvis	Kodas	Pavojingumas		Laikymo sąlygos	Didžiausias kiekis, t
		t/dieną	t/metus						
Eksploatacinė įrenginių priežiūra	Tepaluotas gruntas	0,004	1,4	Kietas	–	Pavojinga	Specialiose talpyklose	0,02	D1
	Tepaluoti skudurai	0,0005	0,2	Kietas	–	Pavojinga	Specialiose talpyklose	0,0025	D1

Atliekas surenka ir sudegina pavojingų atliekų deginimo krosnyje įmonė UAB „Toksika“.

3.4.3. Aplinkos oro tarša

Didžiausia aplinkos oro taršą sukelia anglies dioksidas, susidaręs deginant gamtines dujas ir įtakodamas šiltnamio efektą. Taip pat į aplinką degimo metu iš rotacinės krosnies išsiskiria anglies monoksidas, sieros dioksidas, azoto oksidai ir smektitiniame molyje esančios kietosios dalelės, kurių sumažinimui yra įrengta dujų ir dulkių valymo sistema. Valymo sistemoje surinktos dulkės yra gražinamos atgal į gamybą. Taršą sukeliančio įrenginio fiziniai duomenys yra pateikiami 52 lentelėje.

52 lentelė. Aplinkos oro taršos šaltiniai

Taršos šaltiniai					Išmetamųjų dujų rodikliai			Teršalų išmetimo trukmė, val/m
Pavadinimas	Nr.	Koordinatės	Aukštis, m	Išmetimo angos matmenys, m	Srauto greitis, m/s	Temperatūra, °C	Tūrio debitas, Nm ³ /s	
Sukamoji krosnis	030326	–	7	2,5	–	120	15,8	8016

Teršalų kiekiai išmetami į aplinką yra pateikiami 53 lentelėje.

53 lentelė. Tarša į aplinkos orą

Proceso pavadinimas	Taršos šaltiniai		Teršalai		Numatoma tarša			Metinė, t/m
	Pavadinimas	Nr.	Pavadinimas	Kodas	Momentinis dydis			
					vnt.	vidut.	maks.	
Degimas	Sukamoji krosnis	030326	Kietosios dalelės	6493	µg/m ³	10	20	0,0004
			SO ₂	1753	µg/m ³	10	20	0,801
			CO	177	µg/m ³	5	10	0,400
			NO _x	250	µg/m ³	15	30	1,202

Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir jų valymo efektyvumas yra pateiktas 54 lentelėje.

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

Taršos šaltinio Nr.	Valymo įrenginiai		Teršalai		Prieš valymą		Po valymo		Valymo efektyvumas, %
	Pavadinimas	kodas	Pavadinimas	kodas	vidut.vienk.	t/metus	vidut.vienk.	t/metus	
030326	HEPA rankovinis filtras	–	Kietosios dalelės	6493	–	0,801	–	0,0004	99,95

3.4.4. Naudojamas vanduo ir susidaranti nuotekos

Vanduo gamybiniame procese yra naudojamas produkto granuliuojimui, todėl gamybinių nuotekų nesusidaro. Nuotekos iš administracinių ir pagalbinių patalpų šalinamos į miesto nuotekų sistemą.

55 lentelė. Duomenys apie nuotekų šaltinius ir/arba išleistuvus

Nr.	Nuotekų priimtuvai	Planuojamų išleisti nuotekų ir jų šaltinio aprašymai		Išleistuvo tipas	Išleistuvo vietos aprašymas	Didžiausias numatomas išleisti nuotekų kiekis			
		Buitinis vanduo	Vanduo iš tualetų, dušų, pagalbinių patalpų			m ³ /s	m ³ /h	m ³ /d	m ³ /m
1.	Miesto kanalizacija	Buitinis vanduo	Vanduo iš tualetų, dušų, pagalbinių patalpų	Vamzdynas	–	0,00009	0,33	8	2700

3.4.5. Išvados

Įvertinus planuojamos veiklos poveikį aplinkai galima teigti, kad didžiausią poveikį aplinkai gamybos proceso metu žaliavų išdegimas rotacinėje krosnyje. Nuotekos ir atliekos iš esmės susidaro

tik pagalbiniuose procesuose. Atsižvelgiant į visa tai ir, kad produkto gamybai yra naudojamos kitų pramonės šakų gamybinės atliekos, daroma išvada, kad planuojama vykdyti veikla yra labiau naudinga nei kenksminga aplinkai ir iš esmės atitinka žiedinės ekonomikos diegimo politiką.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

4.1. Projektuojamojo objekto charakteristika

Naujas gamybinis cechas planuojamas statyti Akmenės rajone, Ventos mieste, Statybininkų g. 9. Papildomoji cementinė medžiaga bus gaminama iš pramoninių atliekų – smektitinio molio atliekos ir panaudoto naftos krekingo katalizatoriaus. Gamybinio cecho našumas – 130000 tonų per metus. Smektitinio molio atlieka bus atvežama iš aliejaus gamyklų Baltijos jūros regione, o naftos krekingo katalizatorius iš Lietuvos ir Lenkijos naftos perdirbimo gamyklų.

Produktas ir gamybinės žaliavos nėra kenksmingos žmogaus sveikatai, tačiau gamybos proceso metu susidaro dulkės, įrengimai triukšmingi, susidaro cheminė ir fizikinė tarša. Gamybinėje linijoje bus įrengti oro valymo filtrai. Papildomosios cementinės medžiagos gamybos cecho sanitarinė apsaugos zona yra 1000 metrų [49].

Įmonėje bus įdiegta darbuotojų saugos ir sveikatos programa. Programos tikslas yra darnus įmonės vystymasis, esant geriausiai darbo aplinkai. Įmonėje bus atliekamas periodinis darbų saugos instruktavimas, darbuotojų kvalifikacijos kėlimo mokymai, nuolatinė įrengimų priežiūra ir atnaujinimas, suteikiamos visos darbui reikalingos priemonės. Įmonėje bus taikoma motyvacinė programa, skatinanti rūpintis ne tik darbu, bet ir sveikatingumu ir visuomeniškumu. Šiems tikslams įgyvendinti bus rengiami seminarai, mankštos, švenčiamos profesinės šventės ir gimtadieniai, tam tikromis dienomis darbuotojai bus vaišinami vaisiais ir supažindinami su sveikos mitybos pagrindais.

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimas atliekamas norint iširti galimą profesinę riziką darbo vietoje ir ją pašalinti. Jei rizikos pašalinti neįmanoma, reikalinga taikyti ją mažinančias prevencijos priemones. Toks vertinimas atliekamas visose darbo vietose, tiek esančiose statinyje, tiek lauke, ar laikinose darbo vietose. Rizikos vertinimo metu identifikuojami įmonėje nuolat (kasdien), periodiškai ar nereguliariai pagal atskiras užduotis atliekami darbai, gamybos procesai ar vietos, galinčios kelti pavojų darbuotojų saugai ir sveikatai [50].

Vertinant profesinę riziką pirmiausiai yra identifikuojami pavojai esantys darbo vietoje, po kurių nustatomi faktiniai dydžiai ir toliau įvertinamas rizikos dydis ir imamasi priemonių rizikai sumažinti, jeigu rizika yra nepriimtina. Kai kuriuos pavojus nustatyti pasitelkiami cheminių medžiagų saugos duomenų lapai, mašinų naudojimo instrukcijos, ataskaitos apie nelaimingus atsitikimus, sveikatos sutrikimus. Šie dokumentai gali būti tiek iš vertinamos darbo vietos, tiek ir susijusios su panašia veikla. Darbo vietoje ir aplinkoje gali pasireikšti fizinių, fizikinių, cheminių, biologinių, ergonominių, psichosocialinių veiksnių sukelti pavojai. 56 lentelėje pateikti projektuojamoje įmonėje galintys pasireikšti rizikos veiksniai jų įvertinimas ir prevencija [50].

56 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [50, 53, 54, 55, 56, 58, 59]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonių būtinumas
Dulkės	Degimo krosnis	3 mg/m ³	IPRD – 10 mg/m ³	8 valandos	Naudojami rankoviniai filtrai, respiratoriai
Sieros dioksidas	Degimo krosnis	–	IPRD – 5 mg/m ³	Krosnies remonto atveju	Akių, kvėpavimo takų apsaugos priemonės, pirštinės, karščiui atspari apranga
Judančios įrenginių dalys	Technologiniai įrenginiai	–	–	8 valandos	Išpėjamieji ženklai, atitvarai
Fizinis darbas	Gamybinis cechas	–	Vienkartinio rankomis keliamo svorio masė negali viršyti moterims 10 kg, vyrams 30 kg.	8 valandos	Pagalbiniai įrenginiai, periodiniai mokymai, papildomos pertraukėlės, nugaros diržai.
Elektra	Elektros įrenginiai	–	2V, 0,3mA	8 valandos	Įnulinimas, žeminimas, dielektriniai kilimėliai, specialūs batai ir rūbai
Triukšmas	Žaliavų paruošimas	75 dBA	87 dBA	8 valandos	Ausų kištukai, izoliuojančios sienelės
Šiluminis poveikis	Degimo krosnis	40 °C	32 °C	Krosnies remonto atveju	Specialūs darbo rūbai, įrengimo šiluminė izoliacija

Gaisrinio pavojingumo rodikliai yra pateikiami 57 lentelėje.

57 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė		
Gamtinės dujos	35,9 m ³	188	5	15	537	>450

Įvertinus medžiagų gaisrinį pavojingumą yra nustatomas patalpų, pastatų ir išorinių įrenginių gaisrinis pavojingumas, kuris yra pateiktas 58 lentelėje.

58 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Gamybinis pastatas	Pastate esančių patalpų, priskiriamų D _g kategorijai bendras plotas viršija 25% pastato ploto.	D _g
Gamybinė patalpa	Karštos, įkaitusios, išlydytos nedegios medžiagos; medžiagos, kurias apdorojant išspinduliuojama šiluma, išsiskiria kibirkštys ar liepsna; degios dujos, skysčiai ir kietos medžiagos, kurios naudojamos kaip kuras arba sunaikinamos deginant.	D _g
Degimo krosnis	Jei įrangoje yra (laikomos, perdirkamos ar transportuojamos) karštos, įkaitusios ar išlydytos nedegios medžiagos, kurias apdorojant išspinduliuojama šiluma, išsiskiria kibirkštys arba liepsna, taip pat degios dujos, skysčiai ir kietos medžiagos, kurios naudojamos kaip kuras arba sunaikinamos degant.	D _{gi}

4.3. Saugi gamyba

Įmonėje labai svarbu užtikrinti saugias darbo sąlygas, todėl visi darbuotojai privalo žinoti saugaus darbo taisykles ir jų laikytis. Pirminį instruktavimą darbo vietoje vykdo gamybos meistras, o įvadinį įmonės darbuotojų saugos ir sveikatos specialistas. Darbuotojų periodinis instruktavimas turi būti vykdomas ne rečiau kaip du kartus per metus, taip pat yra papildomas instruktažas, kuris privalomas pasikeitus darbo vietai ar kai pastatomas naujas įrenginys, pasikeičia teisės aktai arba darbuotojas nebuvo darbe daugiau nei 60 dienų.

Darbuotojai darbo vietoje privalo dėvėti darbdavio skirtas asmenines apsaugos priemones, taip sumažinama traumų, profesinių ligų, nelaimingų atsitikimų rizika. Darbo rūbai turi būti tvarkingi, dėvimi tinkamai, darbuotojai privalo rūpintis jiems išduotomis priemonėmis, o joms susidėvėjus paprašyti naujų.

Darbuotojai turi būti išmokyti saugių darbo metodų. Darbuotojams yra draudžiama palikti darbo vietą bei įrenginius be priežiūros, kai jie yra įjungti, į juos remtis, keisti jų dalis, ar remontuoti nesustabdžius veikimo. Taip pat negalima stovėti ar vaikščioti po keltuvais ir judančiais įrenginiais, vykdyti krovos darbus transportavimo priemonei nesustojus.

Pagal pavojingumą elektros įrenginių eksploatavimo patalpos skirstomos į tris pavojingumo grupes:

1. labai pavojinga patalpa;
2. pavojinga patalpa;
3. normali (nepavojinga) patalpa.

Atlikus gamybinio cecho įvertinimą, daroma išvada, kad jis priskiriamas prie normalių (nepavojingų) patalpų, nes neaptikta labai pavojingoms ir pavojingoms patalpoms būdingų požymių.

Elektros įrenginių remonto darbus gali atlikti tik atitinkamai kvalifikuoti asmenys. Didesnė nei 0,3 A srovė ar 2 V įtampa gali labai smarkiai ar net mirtinai sužaloti žmogų. Elektros įrenginiai, kurių įtampa iki 1000 V yra įnulinami, o nuo 1000 V įžeminami. Visada privaloma patikrinti ar įrengimas įžemintas ar įnulinatas. Apie prastai izoliuotus elektros laidus darbuotojai turi nedelsiant pranešti darbų

vadovui, nesiartinti prie pavojų keliančios vietos. Elektros varikliams įnultinti skirti laidai bus tiesiami vamzdynuose po grindų danga. Elektros įranga bus nuolat prižiūrima, elektros jungikliai bus apsaugoti dangteliais ir tvirtinami sausose vietose. Remonto atveju įrengimai bus išjungiami.

4.4. Darbo higiena

Norint suteikti darbuotojams komfortišką darbo aplinką yra nustatomi higienos reikalavimai. Tikslas yra maksimaliai, kiek leidžia galimybės, sumažinti cheminę ir fizikinę riziką. Rizikos normos yra nustatinėjamos pagal Lietuvos respublikoje leistinas normas, teisės aktuose nurodytus dydžius ir ribines vertes. Jeigu neįmanoma rizikos sumažinti kolektyvinėmis darbo priemonėmis, yra išduodamos asmeninės apsaugos priemonės.

Papildomosios cementinės medžiagos gamybos ceche pagrindinis kenksmingas veiksnys yra triukšmas, jį sukelia gamybinėse patalpose veikiančios įrenginiai, todėl jis priskiriamas mechaniniam triukšmui. Kasdienis triukšmas darbinėje aplinkoje gali turėti ilgalaikį poveikį.

Triukšmas yra priskiriamas fizikinei taršai. Ši taršos forma gali pakenkti ir fiziniam ir protiniam darbuotojo darbui. Stiprus ir ilgalaikis poveikis gali sukelti laikiną ar net visišką apkurtimą. Kasdienio triukšmo norminės vertės [54]:

- ribinė ekspozicijos vertė $L_{EX,8h} = 87$ dBA;
- viršutinė ekspozicijos vertė $L_{EX,8h} = 85$ dBA;
- apatinė ekspozicijos vertė $L_{EX,8h} = 80$ dBA.

Naujai kuriamame gamybos ceche triukšmas negali viršyti 85 dBA ribos, tam įgyvendinti bus pasitelktos ir išduotos asmeninės darbo apsaugos priemonės. Pagrindiniai triukšmo taršos sukėlėjai yra degimo krosnis (70 dBA). Darbuotojams, kurie dirbs netoliese šio įrengimo bus išduotos garsą izoliuojančios ausinės.

Šiluminė aplinka darbo patalpoje yra matuojama pagal žmogaus organizmą veikiančius oro temperatūros, drėgmės ir oro judėjimo parametrų derinius, taip pat atvirų paviršių, technologinės įrangos temperatūrą ir šiluminį spinduliavimą.

Darbai gamybiniame ceche priskiriami vidutinio sunkumo kategorijai IIb. Pagal tai yra nustatomos vertės, kurios yra pateiktos 59 lentelėje.

59 lentelė. Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės [56]

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	16–27	13–23	75	Ne daugiau kaip 0,4
Šaltasis	Vidutinio sunkumo IIb	15–21	13–23	70	0,2–0,5

Gamybos ceche bus naudojamas mišrus apšvietimas, taikomas tiek dirbtinis, tiek natūralus. Natūralios apšvietos koeficientas (NAK) yra tuo pačiu metu lauke ir tiriamoje patalpoje išmatuotų išmatuotų apšvietos verčių santykis, išreikštas procentais. Yra aštuonios regos darbų kategorijos. Gamybinės patalpos priskiriamos vidutiniškai tikslų darbų kategorijai IV. Duomenys su

mažiausiomis ribinėmis vertėmis pateikiami 60 lentelėje. Gamybinėse patalpose norminė standartinė apšvieta parenkama 300 lx [51].

60 lentelė. Mažiausios apšviestos ribinės vertės darbo vietų patalpų viduje

Regos darbų charakteristika	Mažiausio matuojamo objekto dydis, mm	Regos darbų kategorija	Mažiausia ribinė vertė, lx	Natūralus apšvietimas, %	Vykdomų darbų rūšys
Vidutiniškai tikslūs	0,5–1,0	IV	300	3,0	Mašinų salė ir cemento gamyba gamyklose; formavimo medžiagų ruošimo patalpa

4.5. Gaisrinė sauga

Gaisro plitimo apsaugai įmonės oro vėdinimo sistemoje bus įrengta speciali sistema, kuri gaisro atveju išjungia ventiliacijos sistemą ir uždaro ortakius. Du į įmonės teritoriją vedantys keliai yra platūs, tinkami atvykti priešgaisrinės gelbėjimo tarnybos transporto priemonėms. Pagal projektą visų pastatų durys atsidarys į lauką.

Koridoriuose ir ant durų bus evakuacijos kryptį nurodantys ženklai, kurių bent vienas turi būti matomas. Evakuacijos išėjimai ir keliai turi būti lengvai prieinami, neužverti, neužrakinti. Kiekvienoje patalpoje bus paruoštas evakuacijos planas ir instrukcija, bei pakabinti gerai matomoje vietoje. Įmonėje bus paruoštos bendrosios priešgaisrinės instrukcijos, su kuriomis bus supažindinti darbuotojai. Padalinio vadovas privalės atlikti įvadinį instruktazą darbuotojams darbo vietoje.

Gaisrai yra skirstomi į keturias pagrindines grupes (klases), kurios nurodomos 61 lentelėje. Taip pat lentelėje pateikiamas gesinimo medžiagų sąrašas, kurios yra skirtos kiekvienam gaisro tipui gesinti [52].

61 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga

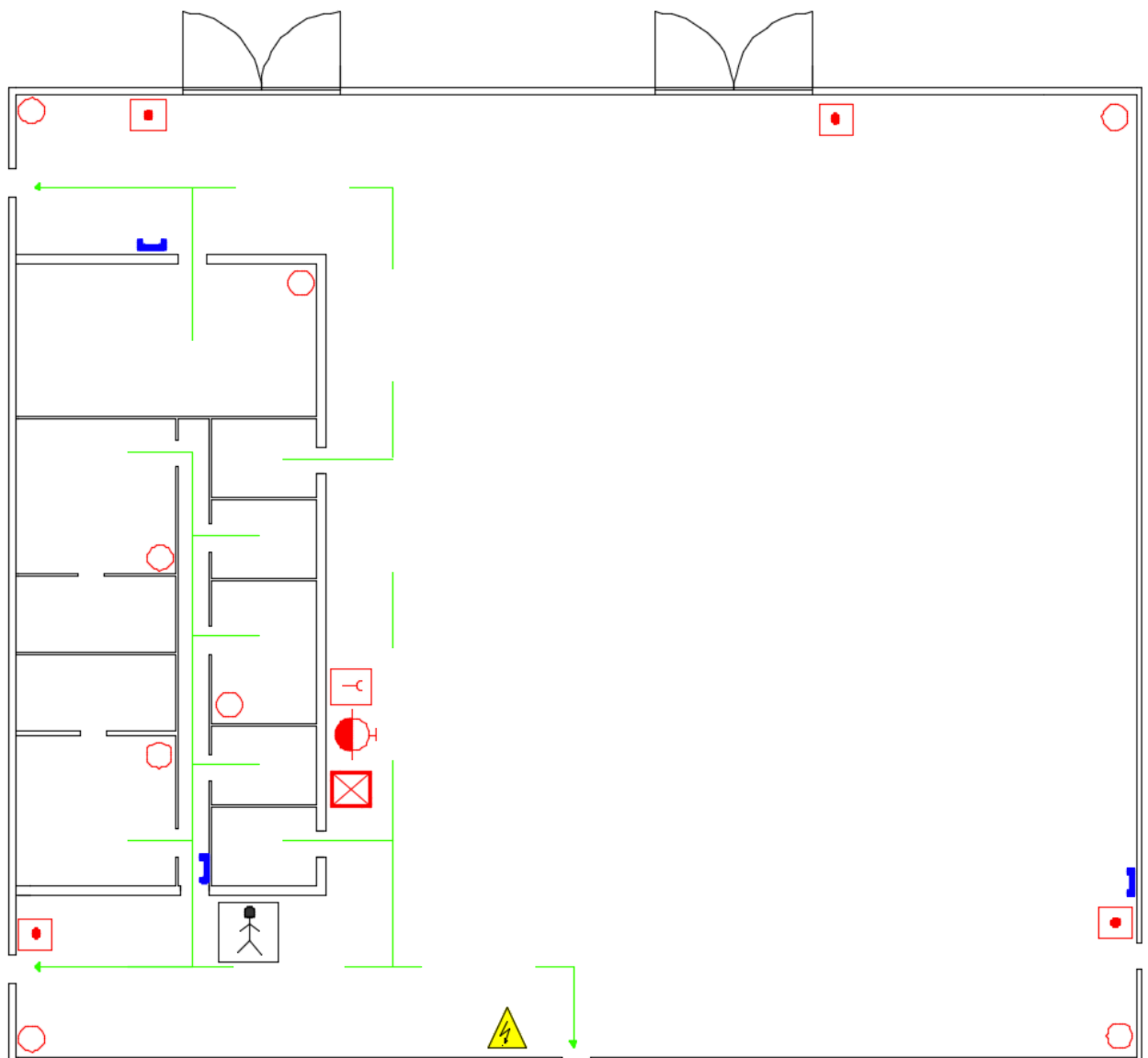
Klasė	Gaisro	Ugnį gesinanti medžiaga					
	Charakteristika	Vanduo	Putos	Dujos	Milteliai		
					ABC tipo	BC tipo	D tipo
A	Kietųjų medžiagų gaisrai, kai degimo metu susidaro anglis	+	+	-	++	-	-
B	Skystųjų arba galinčių suskystėti kietųjų medžiagų gaisrai	-	++	+	++	++	-
C	Dujų gaisrai	-	-	+	++	++	-
D	Metallų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

Sutartiniai ženklai: „++“ – veiksmingiausia, „+“ – veiksminga, „-“ – ne tokia veiksminga.

Projektuojamoje įmonėje gaisro gesinimo priemonėms bus atliekama periodinė patikra, užtikrinant, kad gesinimo priemonės būtų paruoštos naudojimui. Yra galimybė, jog gali kilti A ir C klasės gaisrai.

Efektyviausia A klasės gaisrų gesinimo priemonė yra ABC tipo milteliniai gesintuvai, tačiau gali būti naudojami ir vandens, ir putų gesintuvai. C klasės gaisrams malšinti efektyviausi yra ABC ir BC tipo milteliniai gesintuvai. Atsižvelgiant į pateiktą informaciją naudojimui pasirenkami ABC tipo milteliniai gesintuvai. Gamybiniame ceche taip pat turi būti įrengti pirminėms gaisro gesinimo priemonėms laikyti skirti standai. Standą sudaro du gesintuvai, du kibirai, smėlio dėžė, kastuvai, nedegus audeklas, du laužtuvai, du kirviai. Nedegaus audeklo matmenys turi būti 0,9–1,8 m.

Nešiojamųjų gesintuvų skaičius nustatomas pagal patalpų pavojingumo kategoriją. Gamybos cechas priskiriamas Dg kategorijai, kurios 600 m² reikalingas vienas 6 kg miltelinis gesintuvas. Bendras plotas yra 4753 m², todėl bus reikalingi 8 gesintuvai [52]. 15 paveikslėlyje yra pavaizduotas evakuacijos planas, kuris yra parengtas, pagal bendrąsias priešgaisrinės apsaugos taisykles [59].



15 pav. Evakuacijos planas

Išvados

1. Atlikus tyrimus buvo nustatyta, kad priedas iš katalizatorius ir smektitinio molio atliekų mišinio kompleksiskai pagreitina ankstyvąją cemento hidrataciją. Smektitinio molio komponentas skatina kalcio silikatų hidrataciją, o katalizatoriaus komponentas aktyvina aliuminatinių junginių hidratacijos reakcijas. Panaši kompleksinė tendencija nustatyta vertinant bandinių stiprį gniuždant: trumpesniu hidratacijos laikotarpiu didesnę cemento bandinių gniuždymo stiprį suteikia katalizatoriaus komponentas, o hidratacijos trukmei pailgėjus iki 28 dienų – smektitinio molio komponentas. Nustatyta, kad portlandcementis su 70 % panaudoto katalizatoriaus ir 30 % smektitinio molio atliekų mišinio priedu pasižymi geriausiomis savybėmis ir šiuo priedu galima pakeisti iki 20 % portlandcemenčio.
2. Suprojektuotas papildomosios cementinės medžiagos gamybos cechas, kurio našumas yra 130000 tonų per metus.
3. Atlikti technologiniai, statybiniai ir finansiniai–ekonominiai skaičiavimai, kurių metu buvo parinkti ir apskaičiuoti technologiniai įrengimai ir medžiagų balansas, apskaičiuota orientacinė naujo statinio statybos kaina. Finansinių–ekonominių skaičiavimų dalyje apskaičiuotos projekto investicijos, gamybos kaštai ir pagrindiniai projektą apibūdinantys ekonominiai rodikliai, kuriuos įvertinus buvo padaryta išvada, kad projektas bus efektyvus.
4. Atlikti projekto aplinkosauginiai ir darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimai. Aplinkosauginio vertinimo metu buvo nustatyta kad planuojama vykdyti veikla yra labiau naudinga nei kenksminga aplinkai ir iš esmės atitinka žiedinės ekonomikos diegimo politiką.

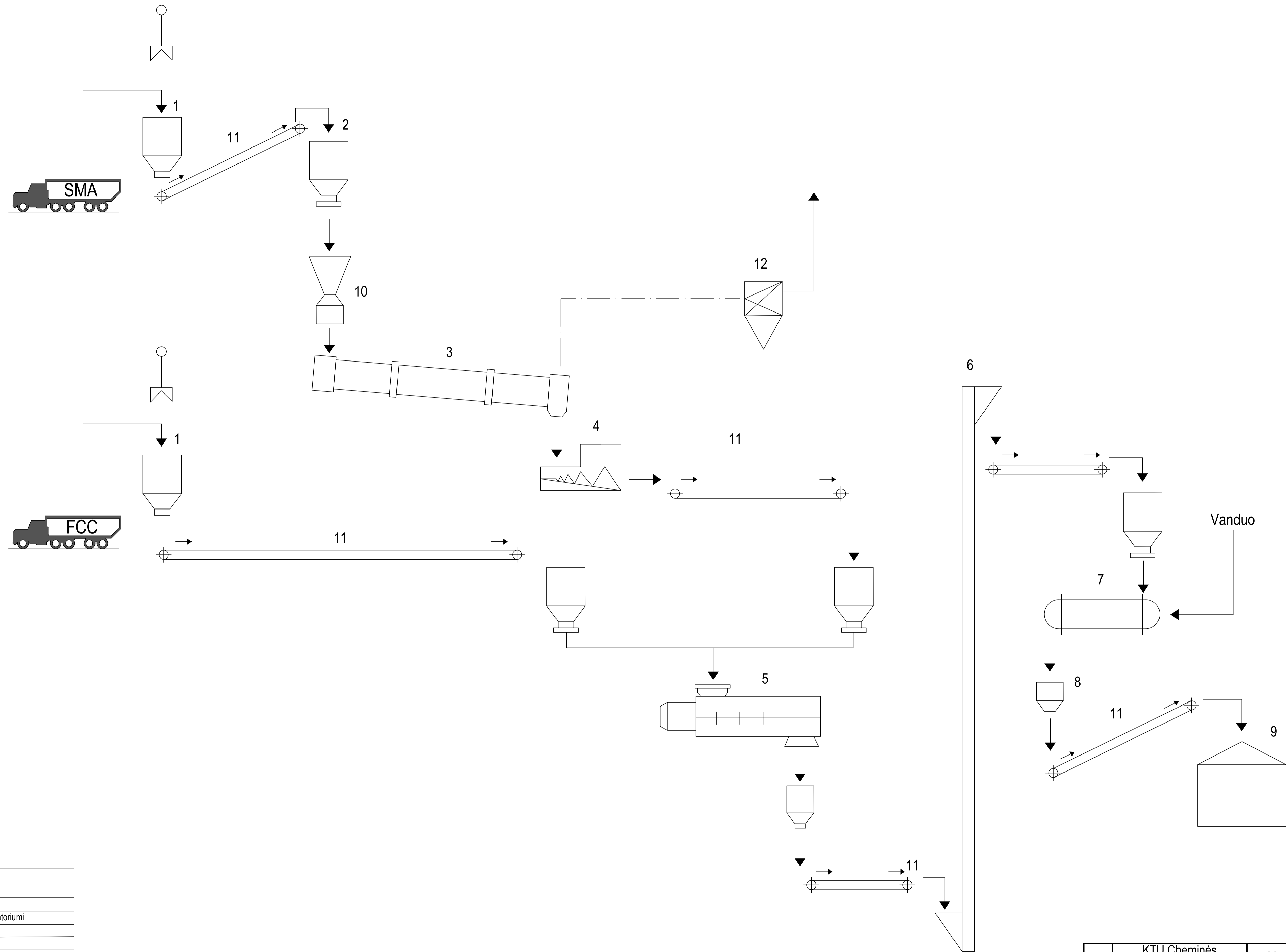
Literatūros sąrašas

1. BYE, Gerry C. Portland cement: composition, production and properties. Thomas Telford, 1999. 225 p. ISBN 0727727664.
2. SOROKA, Itzhak. Portland cement paste and concrete. Macmillan International Higher Education, 1979. 338 p. ISBN 1349039942.
3. AÏTCIN, P.-C. Portland cement. In: Science and Technology of Concrete Admixtures. Woodhead Publishing, 2016. p. 27-51. ISBN 9780081006931.
4. JUENGER, Maria CG; SNELLINGS, Ruben; BERNAL, Susan A. Supplementary cementitious materials: New sources, characterization, and performance insights. Cement and Concrete Research, 2019, 122: 257-273. ISSN 0008-8846.
5. LOTHENBACH, Barbara; SCRIVENER, Karen; HOOTON, R. D. Supplementary cementitious materials. Cement and concrete research, 2011, 41.12: 1244-1256. ISSN 0008-8846.
6. SURANENI, Prannoy, et al. New insights from reactivity testing of supplementary cementitious materials. Cement and Concrete Composites, 2019, 103: 331-338. ISSN 0958-9465.
7. DODSON, Vance H. Pozzolans and the pozzolanic reaction. In: Concrete admixtures. Springer, Boston, MA, 1990. p. 159-201. ISBN 978-1-4757-4845-1.
8. MCCARTHY, Michael John; DYER, Thomas Daniel. Pozzolanas and pozzolanic materials. Lea's Chemistry of Cement and Concrete, 2019, 363-467. ISBN 0081007736.
9. MUKHERJEE, Swapna. Classification and Composition of Clay Constituents. In: The Science of Clays. Springer, Dordrecht, 2013. p. 23-32. ISBN 978-94-007-6682-2.
10. ŠIAUČIŪNAS, Raimundas. Keraminių medžiagų cheminė technologija. Kaunas: Technologija, 2017. ISBN 978-609-02-1303-2.
11. ZHANG, Di, et al. Synthesis of clay minerals. Applied Clay Science, 2010, 50.1: 1-11. ISSN 0169-1317
12. RAKHIMOV, R. Z., et al. Effect of the addition of thermally activated heavy loam to portland cement on the properties of cement stone. Inorganic Materials: Applied Research, 2018, 9.4: 679-686. doi: 10.1134/S2075113318040330.
13. BULLARD, Jeffrey W., et al. Mechanisms of cement hydration. Cement and concrete research, 2011, 41.12: 1208-1223. ISSN: 0008-8846.
14. SARGENT, P. The development of alkali-activated mixtures for soil stabilisation. In: Handbook of alkali-activated cements, mortars and concretes. Woodhead Publishing, 2015. p. 555-604. ISBN 978-1-78242-276-1.
15. FERONE, C., et al. Thermally treated clay sediments as geopolymer source material. Applied Clay Science, 2015, 107: 195-204. ISSN 0169-1317.
16. HELLER-KALLAI, L. Thermally modified clay minerals. In: Developments in clay science. Elsevier, 2013. p. 411-433. ISSN 1572-4352.
17. TAYLOR, Dennis R. Bleaching. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 2005. ISBN 9780471678496.
18. FOLETTO, E. L., et al. Regeneration and utilization of spent bleaching clay. Latin American applied research, 2002. ISSN 32.2: 205-208.
19. KHEOK, S. C.; LIM, E. E. Mechanism of palm oil bleaching by montmorillonite clay activated at various acid concentrations. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1982, 59.3: 129-131. doi: 10.1007/BF02662259.

20. DECROOCQ, Daniel. Catalytic cracking of heavy petroleum fractions. Editions Technip, 1984. ISBN 2710804557
21. Mickevičius V., Miknius L. Naftos chemija. Kaunas: Technologija. 2010. ISBN 978-9955-25-641-0
22. HSU, Kung-Chung, et al. Oil cracking waste catalyst as an active pozzolanic material for superplasticized mortars. *Cement and Concrete Research*, 2001. doi: 10.1016/S0008-8846(01)00693-7
23. A. Bougara, C. Lynsdale, N.B. Milestone, Reactivity and Performance of Blast Furnace Slags of Different Origin, *Cem. Concr. Comp.* 32 (2010) 319 – 324. ISSN 0958-9465
24. J.I. Escalante, L.Y. Gomez, K.K. Johal, G. Mendoza, H. Mancha, J. Mendez, Reactivity of Blast Furnace Slag in Portland Cement Blends Hydrated under Different Conditions, *Cem. Concr. Res.* 31 (2001) 1403 – 1409. doi: 10.1016/S0008-8846(01)00587-7
25. D.D.L. Chung, Review: Improving Cement-based Materials by Using Silica Fume, *J. Mater. Sci.* 37 (2002) 673 – 682. doi: 10.1023/A:1013889725971
26. B.W. Langan, K. Weng, M.A. Ward, Effect of Silica Fume and Fly Ash on Heat of Hydration of Portland Cement, *Cem. Concr. Res.* 32(7) (2002) 1045 – 1051. doi: 10.1016/S0008-8846(02)00742-1
27. Young Keun Cho, Sang Hwa Jung, Young Cheol Choi, Effects of chemical composition of fly ash on compressive strength of fly ash cement mortar, *Construction and Building Materials*, Volume 204, 2019, Pages 255-264. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.208
28. Ayse Bicer, Effect of fly ash particle size on thermal and mechanical properties of fly ash-cement composites, *Thermal Science and Engineering Progress*, Volume 8, 2018, Pages 78-82. doi: 10.1016/j.tsep.2018.07.014
29. Deepa G. Nair, K.S. Jagadish, Alex Fraaij, Reactive pozzolanas from rice husk ash: An alternative to cement for rural housing, *Cement and Concrete Research*, Volume 36, Issue 6, 2006, Pages 1062-1071. doi: 10.1016/j.cemconres.2006.03.012
30. Lingling Hu, Zhen He, Shipeng Zhang, Sustainable use of rice husk ash in cement-based materials: Environmental evaluation and performance improvement, *Journal of Cleaner Production*, Volume 264, 2020, article 121744. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121744
31. N. T. Castellanos and J. T. Agredo, Using spent fluid catalytic cracking (FCC) catalyst as pozzolanic addition – a review, *Ing. Investig.* 30 (2) 2010 35-42. ISSN 0120-5609
32. J. Paya, J. Monzo, M.V. Borrachero, S. Velazquez, Evaluation of the pozzolanic activity of fluid catalytic cracking catalyst residue (FC3R). Thermogravimetric analysis studies on FC3R-Portland cement pastes, *Cem. Concr. Res.* doi: 10.1016/S0008-8846(02)01026-8
33. H. Liang, Ch. Tseng, Y. Hsu, K, Spent FCC catalyst as a pozzolanic material for high-performance mortars., *Cem. Concr. Comp.* doi: 10.1016/S0958-9465(03)00048-9
34. WU, Jung-Hsiu; WU, Wan-Lung; HSU, Kung-Chung. The effect of waste oil-cracking catalyst on the compressive strength of cement pastes and mortars. *Cement and Concrete Research*, 2003. doi: 10.1016/S0008-8846(02)01006-2
35. S. Velázquez, J. Monzó, M.V. Borrachero, L. Soriano, J. Payá, Evaluation of the pozzolanic activity of spent FCC catalyst/fly ash mixtures in Portland cement pastes, *Therm. Act.* 632 (2016) 29-36. doi: 10.1016/j.tca.2016.03.011
36. R. Hales, Bleaching Earths. Salt of the earth, *Oils Fats Int.*, 32 (5) (2016) 26-31.

37. R. Kaminskas, R. Kubiliute, B. Prialgauskaite, Smectite clay waste as an additive for Portland cement, *Cem. Concr. Comp.* 113 (2020) 1-10. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103710
38. EN 196-3:2016. Methods of testing cement. Determination of setting times and soundness.
39. EN 196-1:2016: Methods of Testing Cement. Determination of Strength.
40. EN 196-5:2011. Methods of testing cement - part 5: pozzolanicity test for pozzolanic cement.
41. NF P18-513:2012: Metakaolin. Pozzolanic Addition for Concrete. Definitions, Specifications and Conformity Criteria, Association Française de Normalisation, La Plaine Saint-Denis.
42. Z. Li, Z. Ding, Property Improvement of Portland Cement by Incorporating with Metakaolin and Slag, *Cem. Concr. Res.* 33(4) (2003) 579 – 584. doi: 10.1016/S0008-8846(02)01025-6
43. V. Petkova, V. Stoyanov, Y. Pelovski, TG–DTG–DTA in studying white self-compacting cement mortar, *J. Therm. Anal. Calorim.* 109 (2012) 797–806. doi: 10.1007/s10973-012-2447-7
44. A. Gineika, R. Siauciunas, K. Baltakys, Synthesis of wollastonite from AlF₃-rich silica gel and its hardening in the CO₂ atmosphere. *Sci Rep* 9, 18063 (2019). doi: 10.1038/s41598-019-54219-6
45. T. Dambrauskas, K. Baltakys, A. Eisinias, Formation and thermal stability of calcium silicate hydrate substituted with Al³⁺ ions in the mixtures with CaO/SiO₂ = 1.5. *J. Therm. Anal. Calorim.* 131 (2018) 501–512. doi: 10.1007/s10973-017-6321-5
46. W. Kunther, S. Ferreira, J. Skibsted, Influence of the Ca/Si ratio on the compressive strength of cementitious calcium–silicate–hydrate binders, *J. Mater. Chem. A.* 5 (2017) 17401-17412. doi: 10.1039/C7TA06104H
47. H. El-Diadamony, A.A. Amer, T. M. Sokkary, S. El-Hoseny, Hydration and characteristics of metakaolin pozzolanic cement pastes, *HBRC Journ.* 14, (2) (2018) 150-158. doi: 10.1016/j.hbrcj.2015.05.005
48. M. Földvári, Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice, Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary, 213, Budapest, 2011. ISBN 978-963-671-288-4
49. LIETUVOS RESPUBLIKOS SPECIALIŲJŲ ŽEMĖS NAUDOJIMO SĄLYGŲ ĮSTATYMAS. 2019 m. birželio 6 d. Nr. XIII-2166, Vilnius TAR, 2019-06-19, Nr. 9862.
50. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126–6350.
51. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119.
52. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970).
53. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRO IR LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTRO ĮSAKYMAS. 2005 m. liepos 15 d. Nr. V-592/A1-210, Vilnius.
54. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
55. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Valstybės žinios, 2012, Nr. 18-816.
56. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametru norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
57. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.

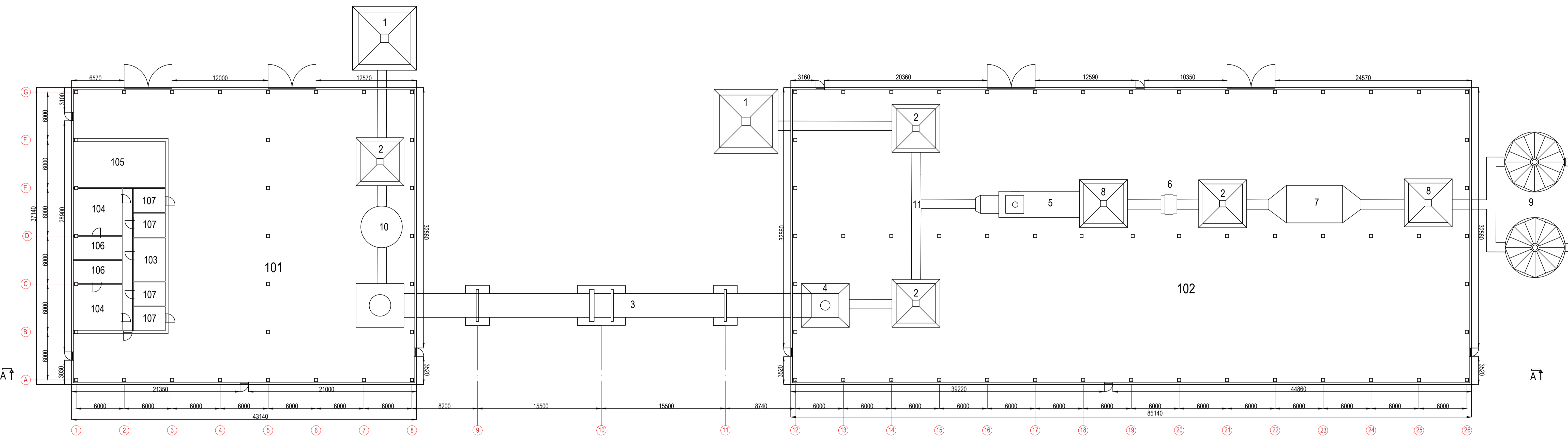
58. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
59. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2004, Nr.41-1350.



Vanduo

Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Priėmimo bunkeris
2	Tarpinis bunkeris su dozatoriumi
3	Sukamoji krosnis
4	Aušintuvas
5	Maišyklė
6	Kaušinis elevatorius
7	Granuliatorius
8	Tarpinis bunkeris
9	Produkto silosai
10	Maitintuvas
11	Juostinis transporteris
12	Dujų ir dulkių valymo sistema

Grupė				KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-0	Studentas	E. Kazlauskas	2022-06-05	Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų			
	Vadovas	R. Kaminskis	2022-06-05				
	Konsult.	O. Vilūnienė	2022-06-05				
	Recenzen.	Z. Valančius	2022-06-05				
				Technologinė schema		Laida	O
				Mastelis 1:500		Lapas	Lapų
Prėtapas				Silikatų technologijos katedra		2022-MBD-ST	
MBD				LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		1	4



Inžinerių eksplikacija

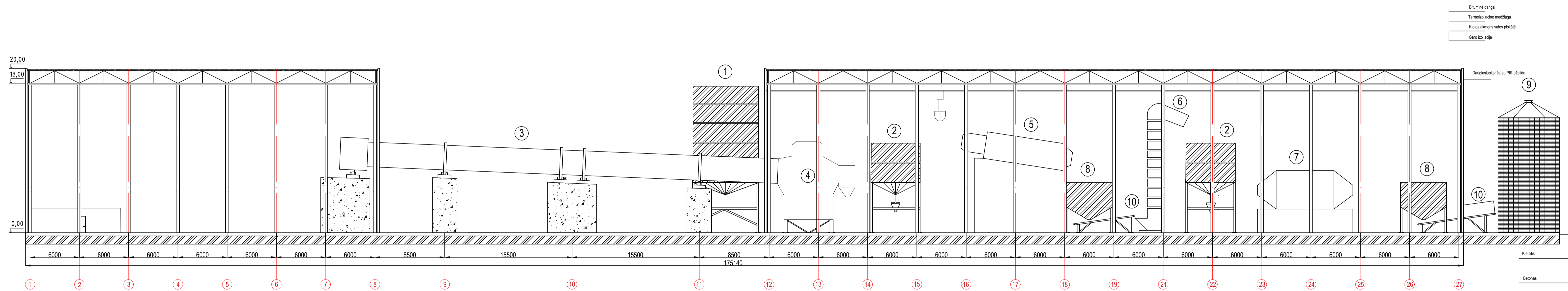
Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Priėmimo bunkeris
2	Tarpinis bunkeris su dozatoriumi
3	Sukamoji krosnis
4	Aušintuvas
5	Maišyklė
6	Kaušinis elevatorius
7	Granuliatorius
8	Tarpinis bunkeris
9	Produkto silosai
10	Maitintuvas
11	Juostinis transporteris

Patalpų eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
101	Gamybinė patalpa 1	1312,95
102	Gamybinė patalpa 2	4347,76
103	Virtuvė/poilsio kambarys	21,56
104	Rūbinė	71,98
105	Sandėliukas	65,55
106	Dušai	35,25
107	WC	48

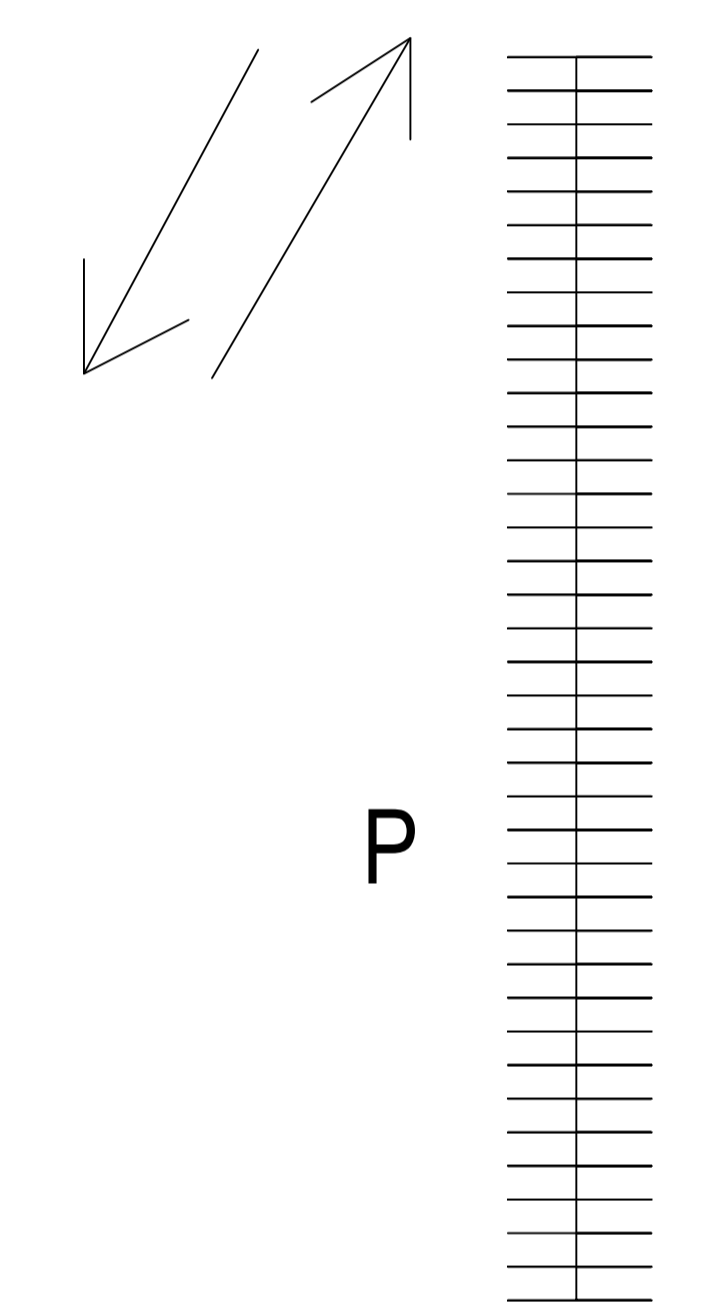
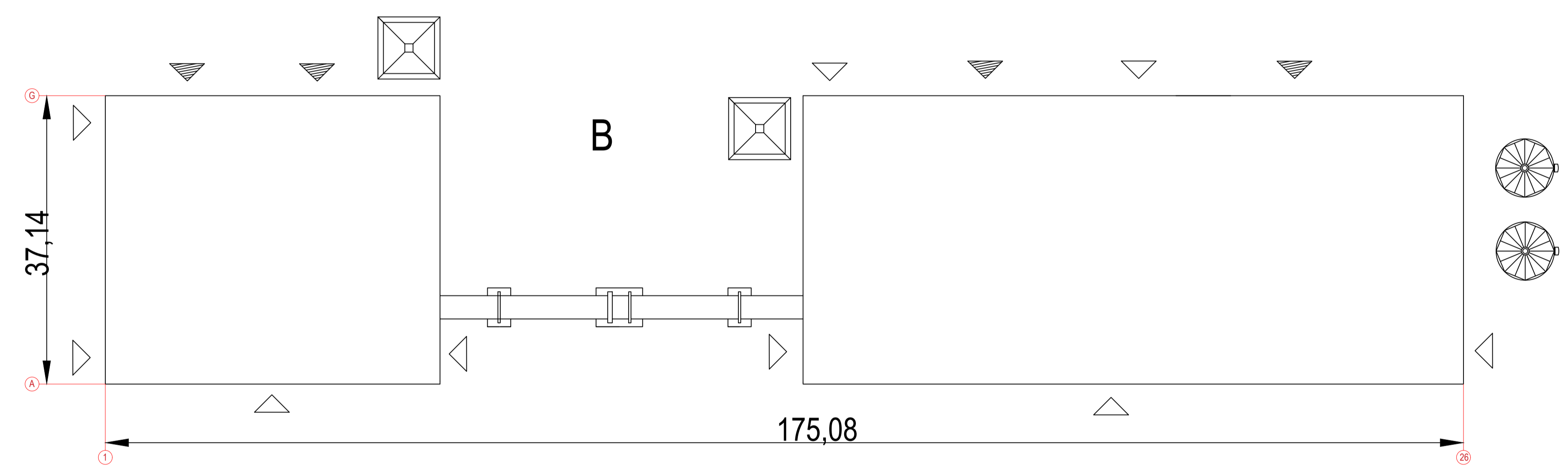
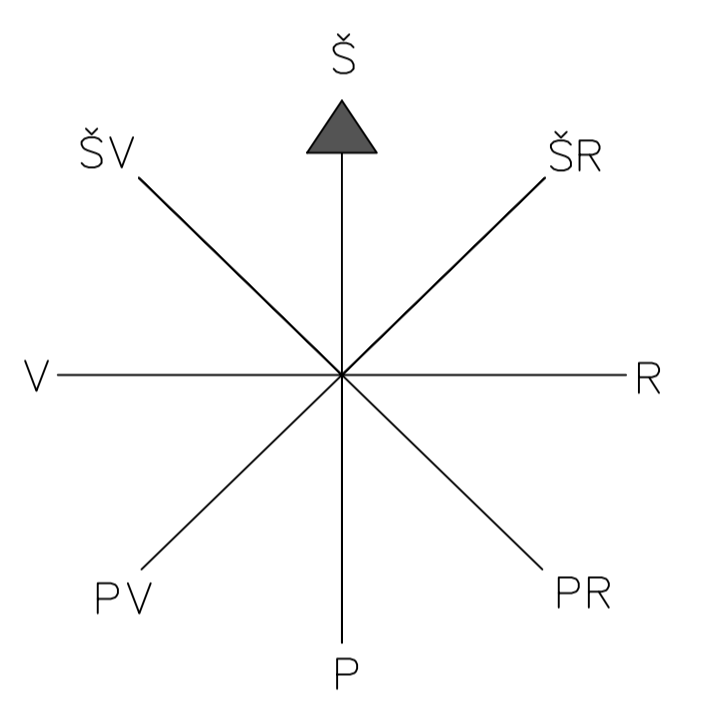
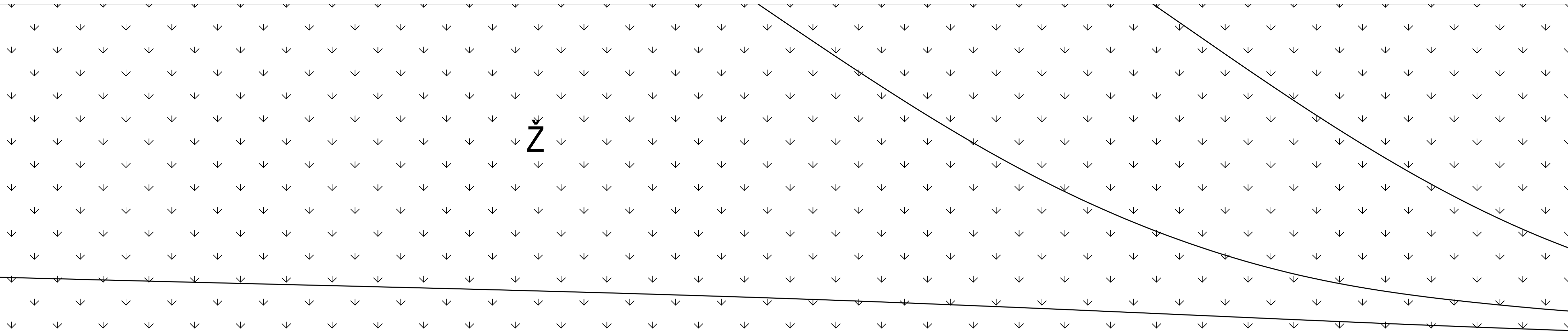
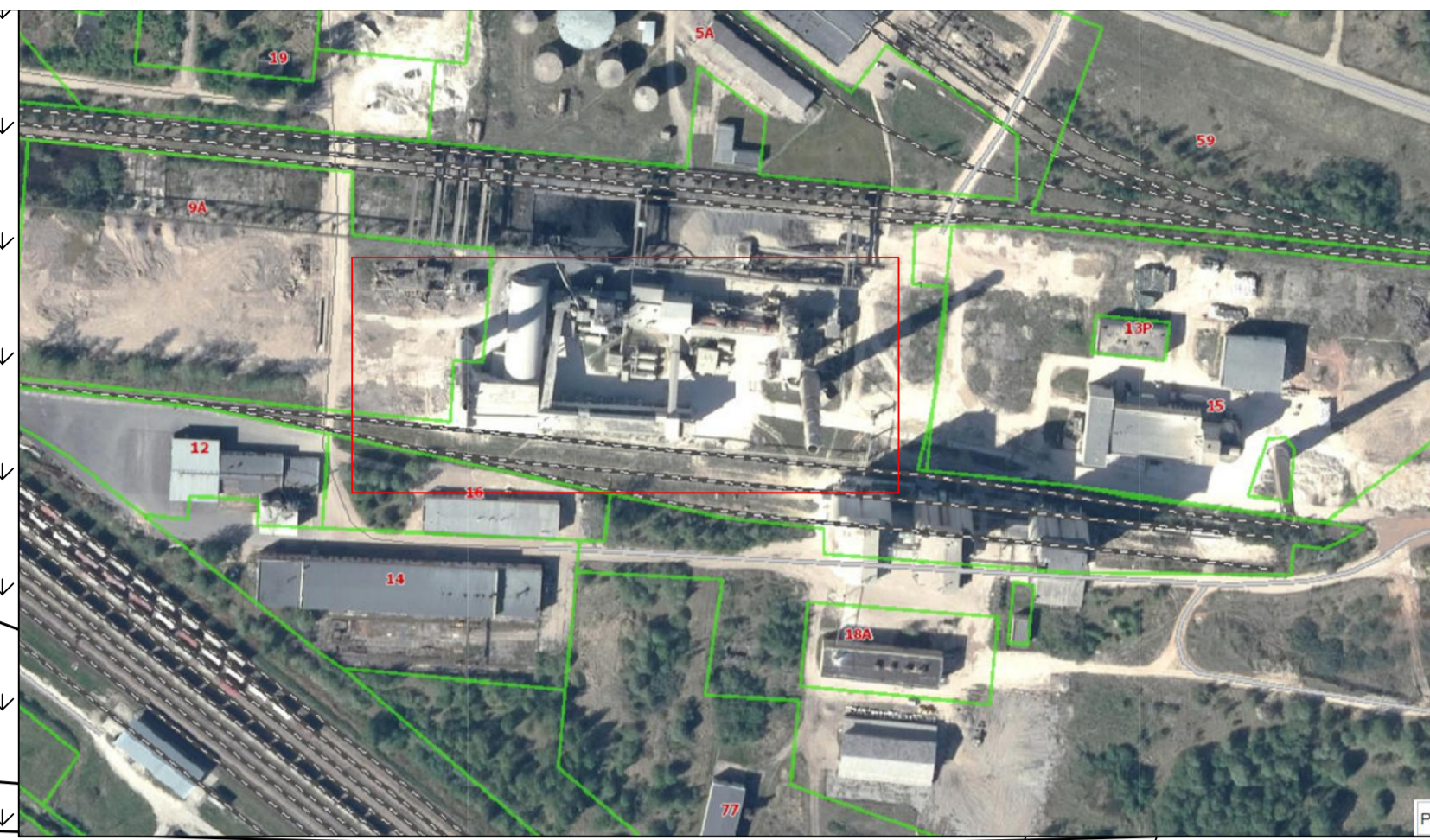
Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-0	Studentas	E. Kazlauskas	2022-06-05	Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų	
	Vadovas	R. Kaminskas	2022-06-05		
	Konsult.	O. Vilčionienė	2022-06-05		
	Recenzent.	Z. Valančius	2022-06-05	Gamybinio cecho planas	
				Mastelis 1:500	
Prėtapas	Silikatų technologijos katedra			Laida	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			O	
				2022-MBD-ST	
				Lapas	Lapų
				2	4

A - Apjūvis



Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Priėmimo bunkeris
2	Tarpinis bunkeris su dozatoriumi
3	Sukamoji krosnis
4	Aušintuvas
5	Maišyklė
6	Kaušinis elevatorius
7	Granuliuotuvė
8	Tarpinis bunkeris
9	Produkto silosai
10	Juostinis transporteris

Grupė				KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas			
TMC-0	Studentas	E. Kazlauskas	2022-06-05	Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų					
	Vadovas	R. Kaminskas	2022-06-05						
	Konsult.	O. Vilūnienė	2022-06-05						
	Recenzen.	Z. Valančius	2022-06-05	Gamybinio cecho planas					
Pr. etapas				Silikatų technologijos katedra				Lapas	Lapų
MBD				LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas				3	4
				2022-MBD-ST					



G

Sutartinis žymėjimas

Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo
1	Gamybos pastatai	1
2	Produktų silosai	S
3	Žaliavų bunkeriai	B
4	Žalioji zona	Ž
5	Geležinkelis	G
6	Stovėjimo aikštelė	P
7	Įėjimas darbuotojams	▷
8	Įvažiavimas transportui	▷

Grupė				KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-0	Studentas	E. Kazlauskas	2022-06-05	Papildomosios cementinės medžiagos gamyba iš pramonės atliekų			
	Vadovas	R. Kaminskas	2022-06-05				
	Konsult.	O. Vilūnienė	2022-06-05				
	Recenzen.	Z. Valančius	2022-06-05				
Pre. etapas		Silikatų technologijos katedra		Sklypo planas		Laida	
MBD		LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Mastelis 1:500		O	
				2022-MBD-ST		Lapas	Lapų
						4	4