



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

# **Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žėrutinio molio**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Klaidas Laskevičius**

Projekto autorius

**Prof. dr. Rimvydas Kaminskas**

Vadovas

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

## **Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žėrutinio molio**

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

---

**Klaidas Laskevičius**

Projekto autorius

**Prof. dr. Rimvydas Kaminskas**

Vadovas

**Doc. dr. Irmantas Barauskas**

Recenzentas

**Konsultantai:**

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Statybiniai sprendimai

Prof. dr. Irena Pekarskienė

Ekonominiai skaičiavimai

Prof. dr. Gintaras Denafas

Aplinkosauginis vertinimas

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Darbuotojų sauga ir sveikata

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

Klaidas Laskevičius

## **Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žėrutinio molio**

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;
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalintas iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Klaidas Laskevičius

*Patvirtinta elektroniniu būdu*



## Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:  
Cheminės technologijos fakulteto dekanas  
prof. K. Baltakys

Dekano potvarkis Nr. ST18-F-02-03  
2021 m. 04 mėn. 15 d.

Suderinta:  
Silikatų technologijos katedra  
Katedros vedėjas  
Prof. R. Šiaučiūnas  
2021 m. balandžio mėn. 14 d.

### Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žėrutinio molio

Darbo tikslas ir uždaviniai

**Darbo tikslas** – suprojektuoti modifikuoto žėrutinio molio priedo portlandcemenčiui gamybos cechą.

**Darbo uždaviniai:**

- ištirti smektitinio molio atlieka modifikuoto žėrutinio molio priedo įtaką portlandcemenčio hidratacijai ir kietėjimui;
- suprojektuoti 130 tūkst. t/metus našumo tinkamų savybių priedo portlandcemenčiui gamybos liniją;
- atlikti modifikuoto žėrutinio molio priedo gamybos statybinius, technologinius ir finansinius-ekonominius skaičiavimus;
- atlikti projekto aplinkosauginį bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą;

Reikalavimai ir sąlygos

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

Vadovas

Prof. Rimvydas Kaminskas

2021-02-10

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Klaidas Laskevičius

(studento vardas, pavardė)

2021-02-10

(parašas, data)

Laskevičius Klaidas. Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žerutinio molio. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. Rimvydas Kaminskas; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: žerutinis molis, smektitinio molio atlieka, portlandcementis.

Kaunas, 2021. 73 p.

## Santrauka

Šio magistro baigiamojo darbo tikslas yra suprojektuoti priedo portlandcemenčiui iš modifikuoto žerutinio molio gamybos cechą, kurio gamybos apimtis yra 130 tūkstančių tonų per metus. Priedo žaliavos yra Šaltiškių karjero molis, pasirenkamas dėl patogios geografinės padėties ir tinkamų savybių, ir smektitinio molio atlieka, susidaranti maistinio aliejaus balinimo proceso metu.

Atliekant tiriamąją dalį buvo nustatytos Šaltiškių molio (ŠM), smektitinio molio atliekos (SMA) ir jų mišinio savybės. Trijų skirtingų procentinių koncentracijų mišiniai buvo išdegti 600 °C, 700 °C ir 800 °C temperatūrose. ŠM ir SMA mišinys sumaišomas numatytu santykiu, prie žerutinio molio pridodant 10 %, 30 % ir 50 % smektitinio molio atliekos. Ištirtas išdegtų mišinių pucolaninis aktyvumas, atlikta rentgeno difrakcinė analizė ir viena laikė terminė analizė. Atlikus tyrimus pasirinktas mišinys iš 70 % ŠM ir 30 % SMA.

Antrojoje tyrimo dalyje ŠM ir SMA mišinys maišomas su portlandcemenčiu, pridodant 5 %, 10 %, 15 %, 20% mišinio. Bandiniai hidratuoti 7, 28 ir 90 parų ir nustatytas bandinių stipris gniuždant. Rezultatų palyginimui buvo naudojami gryno portlandcemenčio ir portlandcemenčio su 15 % degto Šaltiškių telkinio molio priedu bandiniai. Taip pat atlikta rentgeno difrakcinė analizė, viena laikė terminė analizė. Nustatyta, kad modifikuoto žerutinio molio priedu galima pakeisti iki 15 % portlandcemenčio klinkerio, nepabloginant portlandcemenčio savybių. Ši sudėtis pasirinkta gamybos cecho projektavimui.

Technologinėje dalyje parenkamas gamybos būdas, aprašoma technologinė linija, parenkami technologiniai įrengimai, apskaičiuojami įrenginių parametrai, nustatomas darbo režimas. Apskaičiuojamas žaliavų poreikis kiekviename gamybos etape, įvertinami nuostoliai ir nustatomas galutinis žaliavų poreikis.

Baigiamajame darbe apžvelgta darbuotojų sauga ir sveikata, atlikti ekonominiai skaičiavimai, įvardijami statybiniai sprendimai, grafinėje dalyje pateikiamas statybos teritorijos planas, gamybinių patalpų planas ir įrengimų išdėstymas, principinė technologinė schema, dalies technologinės linijos skersinis ir išilginis pjūviai.

Laskevičius Klaidas. Production of Additive for Ordinary Portland Cement from Modified Mica Clay Master's Final Degree Project / supervisor prof. Rimvydas Kaminskas; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: Mica clay, Smectite clay waste, Portland cement,

Kaunas, 2021. 73 p.

### **Summary**

The aim of this master's thesis is to design an additive for Portland cement from a modified mica clay production workshop with a production volume of 130 thousand tons per year. The raw materials of the additive are Šaltiškiai quarry clay, selected for its convenient geographical location and suitable properties, and smectite clay waste performance, which is formed during the process of edible oil bleaching.

During the first research part, the properties of Šaltiškiai clay (ŠM), smectite clay waste (SMA) and their mixture were determined. At 600 ° C, 700 ° C and 800 ° C, mixtures of different concentrations were dispensed. The intended ratio of the ŠM and SMA mixture is mixed by adding 10%, 30% and 50% smectite clay waste to the mica clay. The pozzolanic activity of the mixtures, X-ray diffraction analysis of the waste, and simultaneous thermal analysis were investigated. After the tests, a mixture with 30% smectite clay waste was selected.

In the second part of the study, a mixture of ŠM and SMA are mixed with Portland cement, adding 5%, 10%, 15%, 20% of the mixture. Hydration of the samples for 7, 28, 90 days is performed, the compressive strength of the samples is determined. The study also requires pure Portland cement and Portland cement mixed with 15% of ŠM. X-ray diffraction analysis and simultaneous thermal analysis are also performed. It has been revealed that the addition of modified mica clay can replace 15% of Portland cement clinker without deteriorating the properties of Portland cement. This composition is chosen for the design of the production manufactory.

In the technological part, the production method is selected, the technological line of the description is selected, technological devices are selected, the parameters of the devices are calculated, and the operating mode is determined. The demand for raw materials at each stage of production is calculated, the amount lost in process is determined and the final demand for raw materials is calculated.

In the final work, the safety and health of employees is reviewed, the economic performance is valued, construction solutions determined. Plans of construction territories for the presentation of graphic parts, plans of production premises and equipment layout, principal technological scheme, cross-sectional and longitudinal sections are present.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>11</b>
<b>Santrumpų sąrašas .....</b>	<b>13</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>14</b>
<b>1. Literatūros apžvalga .....</b>	<b>15</b>
1.1. Portlandcementis .....	15
1.2. Papildomosios cementinės medžiagos .....	15
1.3. Molis.....	16
1.4. Termiškai apdorotas molis .....	17
1.5. Smektitinio molio atlieka .....	18
<b>2. Tiriamoji dalis.....</b>	<b>19</b>
2.1. Tiriamojo darbo metodika ir naudotos medžiagos .....	19
2.1.1. Naudotos medžiagos.....	19
2.1.2. Tiriamojo darbo metodika .....	19
2.2. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas .....	21
2.2.1. Smektitinio molio atliekos savybės .....	21
2.2.2. Žėrutinio molio savybės .....	22
2.2.3. Molio mišinių pucolaninis aktyvumas.....	24
2.2.4. Modifikuoto žėrutinio molio (MŽM) priedo įtaka portlandcemenčio stipriui gniuždant. ....	28
2.2.5. Tiriamosios dalies išvados.....	37
<b>3. Inžinerinė dalis.....</b>	<b>38</b>
3.1. Technologiniai sprendimai .....	38
3.1.1. Naudojamų žaliavų ir produktų charakteristikos bei reikalavimai.....	38
3.1.2. Gamybos būdo parinkimas .....	38
3.1.3. Technologinės schemos parinkimas, jos aprašymas .....	38
3.2. Gamybos apimtys ir medžiagų balansas.....	39
3.3. Įrenginių skaičiavimas ir parinkimas.....	41
3.3.1. Bunkeris.....	41
3.3.2. Kaušinis elevatorius.....	43
3.3.3. Dantytieji valcai.....	44
3.3.4. Akmenų atrinkimo valcai .....	44
3.3.5. Skylėtieji valcai .....	45
3.3.6. Sukamoji krosnis .....	45
3.4. Aplinkosauginis vertinimas .....	45
3.4.1. Bendrieji duomenys.....	45
3.4.2. Naudojamos žaliavos ir gaunamas produktas.....	46
3.4.3. Fizikinė tarša .....	46
3.4.4. Atliekų tvarkymas .....	47
3.4.5. Nuotekų teršalų balansas .....	47
3.4.6. Oro tarša .....	48
3.4.7. Aplinkosauginio vertinimo išvados.....	48
3.5. Statybiniai sprendimai .....	48
3.5.1. Bendrieji duomenys.....	48
3.5.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara .....	49
3.5.3. Bendrųjų statinio inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.....	49

3.5.4. Orientacinis statinio naujos statybos kainos apskaičiavimas .....	49
3.6. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai .....	50
3.6.1. Projektavimo diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas 50	
3.6.2. Ilgalaikės turto vertės skaičiavimas .....	50
3.6.3. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai .....	51
3.6.4. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas .....	52
3.6.5. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos .....	52
3.6.6. Gamybos kaštai .....	53
3.6.7. Veiklos kaštai .....	57
3.6.8. Finansinės ir investicinės sąnaudos .....	58
3.6.9. Gaminių kainos skaičiavimas .....	58
3.6.10. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai .....	59
3.6.11. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai .....	60
3.6.12. Finansinių ir ekonominių skaičiavimų išvados .....	62
<b>4. Darbuotojų sauga ir sveikata .....</b>	<b>63</b>
4.1. Projektuojamo objekto charakteristika .....	63
4.2. Profesinės rizikos vertinimas .....	63
4.3. Saugi gamyba .....	65
4.4. Darbo higiena .....	66
4.5. Gaisrinė sauga .....	67
4.6. Žaibolaidžio parinkimas .....	68
<b>Išvados .....</b>	<b>71</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>72</b>



## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> Pagrindinių naudotų medžiagų cheminė sudėtis .....	19
<b>2 lentelė.</b> Cemento su skirtingais priedo kiekiais vandens ir rišamosios medžiagos santykis normaliai tirštai cemento tešlai gauti .....	29
<b>3 lentelė.</b> Darbo režimo duomenys.....	40
<b>4 lentelė.</b> Priedo sandėlio balansas.....	40
<b>5 lentelė.</b> Priedo degimo balansas .....	41
<b>6 lentelė.</b> Mišinio formavimo balansas .....	41
<b>7 lentelė.</b> Žaliavų paruošimo balansas .....	41
<b>8 lentelė.</b> Tarpinio bunkerio parametrai .....	43
<b>9 lentelė.</b> Dantytųjų valcų specifikacija .....	44
<b>10 lentelė.</b> Akmenų atrinkimo valcų specifikacija.....	45
<b>11 lentelė.</b> Skylėtųjų valcų specifikacija.....	45
<b>12 lentelė.</b> Sukamosios krosnies specifikacija .....	45
<b>13 lentelė.</b> Gaunamas produktas, sunaudojamos medžiagos .....	46
<b>14 lentelė.</b> Fizikinė tarša darbo vietoje .....	47
<b>15 lentelė.</b> Atliekos, jų tvarkymas ir kiekis.....	47
<b>16 lentelė.</b> Nuotekų teršalų balansas .....	47
<b>17 lentelė.</b> Teršalų kiekis išmetamas į aplinkos orą.....	48
<b>18 lentelė.</b> Bendrieji statinio techniniai rodikliai .....	49
<b>19 lentelė.</b> Orientacinė naujo statinio darbų kaina.....	50
<b>20 lentelė.</b> Technologinių įrengimų vertė.....	51
<b>21 lentelė.</b> Ilgalaikio turto vertė .....	51
<b>22 lentelė.</b> Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai.....	52
<b>23 lentelė.</b> Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	52
<b>24 lentelė.</b> Produkcijos gamybos apimties planavimas.....	52
<b>25 lentelė.</b> Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms .....	53
<b>26 lentelė.</b> Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui .....	54
<b>27 lentelė.</b> Tiesioginės išlaidos elektros energijai.....	54
<b>28 lentelė.</b> Tiesioginės išlaidos šiluminei energijai.....	54
<b>29 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	55
<b>30 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos vandeniui .....	55
<b>31 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui .....	55
<b>32 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos apšvietimui .....	56
<b>33 lentelė.</b> Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	56
<b>34 lentelė.</b> Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata .....	56
<b>35 lentelė.</b> Gamybos kaštai .....	57
<b>36 lentelė.</b> Veiklos sąnaudos .....	58
<b>37 lentelė.</b> Veikos sąnaudos tenkančios gaminiui.....	58
<b>38 lentelė.</b> Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas .....	58
<b>39 lentelė.</b> Gaminio kainos apskaičiavimas .....	59
<b>40 lentelė.</b> Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, Eur. ....	59
<b>41 lentelė.</b> Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita.....	60
<b>42 lentelė.</b> Projekto paprasti ir diskontuoti pinigų srautai (GPS) .....	60
<b>43 lentelė.</b> Projekto ekonominio vertinimo rodikliai .....	61

<b>44 lentelė.</b> Lūžio taško skaičiavimas.....	61
<b>45 lentelė.</b> Projekto balansas .....	62
<b>46 lentelė.</b> Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas .....	64
<b>47 lentelė.</b> Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai .....	64
<b>48 lentelė.</b> Patalpų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos .....	65
<b>49 lentelė.</b> Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės.....	67
<b>50 lentelė.</b> Darbo vietų patalpų viduje apšvietos mažiausios ribinės vertės .....	67
<b>51 lentelė.</b> Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga [9] .....	68

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Smektitinio molio atliekos rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė. MM – montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ), Q – kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ); S – kalcio sulfatas ( $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ).....	21
<b>2 pav.</b> Smektitinio molio atliekos vienalaikės terminės analizės kreivės. ....	22
<b>3 pav.</b> Šaltiškių molio rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė. MM - montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); K - kaolinitas ( $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$ ), Q - kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ), I - ilitas ( $(\text{K}_{0.65}\text{Al}_{2.0}[\text{Al}_{0.65}\text{Si}_{3.35}\text{O}_{10}](\text{OH})_2)$ ), H - hematitas ( $(\text{FeO}_3)$ ), D - dolomitas ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ), C - kalcitas ( $(\text{CaCO}_3)$ ). ....	23
<b>4 pav.</b> Šaltiškių molio vienalaikės terminės analizės kreivės. ....	24
<b>5 pav.</b> Molio mišinių pucolaninis aktyvumas. ....	25
<b>6 pav.</b> Molio mišinių išdegtų 600°C RSDA analizės kreivės: 1 – su 10% priedo, 2 – su 30% priedo, 3 – su 50% priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ); M – montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); I – ilitas- $(\text{KFe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ ; C – kalcitas ( $(\text{CaCO}_3)$ ); D – dolomitas ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ).....	26
<b>7 pav.</b> Molio mišinių išdegtų 700°C RSDA analizės kreivės: 1 – su 10% priedo, 2 – su 30% priedo, 3 – su 50% priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ); MM - montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); I – ilitas- $(\text{KFe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ ; C – kalcitas ( $(\text{CaCO}_3)$ ); D – dolomitas ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ).....	27
<b>8 pav.</b> Molio mišinių išdegtų 800°C RSDA analizės kreivės: 1 – su 10% priedo, 2 – su 30% priedo, 3 – su 50% priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ); MM - montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); I – ilitas- $(\text{KFe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ ; C – kalcitas ( $(\text{CaCO}_3)$ ); D – dolomitas ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ).....	28
<b>9 pav.</b> 7, 28 ir 90 parų hidratuotų bandinių stipris gniuždant. ....	30
<b>10 pav.</b> Cemento bandinių, su skirtingu priedo kiekiu po 7 dienų hidratacijos RSDA analizės, kreivės: 1 – CEM, 2 – su 5% MŽM priedo, 3 – su 10% MŽM priedo, 4 – su 15% MŽM priedo, 5 – su 15% ŠM priedo, 6 – su 20% MŽM priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); C – kalcitas ( $(\text{CaCO}_3)$ ); E – etringitas ( $(\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O})$ ); B - braunmileritas ( $(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_5)$ ); P – portlanditas ( $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ ); A – alitas ( $(\text{C}_3\text{S})$ ); PR – periklazas ( $(\text{MgO})$ ); D – dolomitas ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ).....	31
<b>11 pav.</b> Cemento bandinių, su skirtingu priedo kiekiu po 28 dienų hidratacijos RSDA analizės, kreivės: 1 – CEM, 2 – su 5% MŽM priedo, 3 – su 10% MŽM priedo, 4 – su 15% MŽM priedo, 5 – su 15% ŠM priedo, 6 – su 20% MŽM priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); C – kalcitas ( $(\text{CaCO}_3)$ ); E – etringitas ( $(\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O})$ ); B - braunmileritas ( $(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_5)$ ); P – portlanditas ( $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ ); A – alitas ( $(\text{C}_3\text{S})$ ); PR – periklazas ( $(\text{MgO})$ ); D – dolomitas ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ).....	32
<b>12 pav.</b> Cemento bandinių, su skirtingu priedo kiekiu po 90 dienų hidratacijos RSDA analizės, kreivės: 1 – CEM, 2 – su 5% MŽM priedo, 3 – su 10% MŽM priedo, 4 – su 15% MŽM priedo, 5 – su 15% ŠM priedo, 6 – su 20% MŽM priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $(\text{SiO}_2)$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); C – kalcitas ( $(\text{CaCO}_3)$ ); E – etringitas ( $(\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O})$ ); B - braunmileritas ( $(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_5)$ ); P – portlanditas ( $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ ); A – alitas ( $(\text{C}_3\text{S})$ ); PR – periklazas ( $(\text{MgO})$ ); D – dolomitas ( $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ).....	33
<b>13 pav.</b> Bandinių, hidratuotų 7 paras, DSK analizės kreivės.....	34
<b>14 pav.</b> Bandinių, hidratuotų 28 paras, DSK analizės kreivės.....	35
<b>15 pav.</b> Bandinių, hidratuotų 90 parų, DSK analizės kreivės.....	35

<b>16 pav.</b> Masės nuostolių kitimas 90–200°C temperatūros intervale. ....	36
<b>17 pav.</b> Masės nuostolių kitimas 440 – 480 °C temperatūros intervale (portlandito skilimo metu). 36	
<b>18 pav.</b> Tachnologinė principinė schema.....	39
<b>19 pav.</b> Bunkerio schema .....	42
<b>20 pav.</b> Lūžio taškas .....	62
<b>21 pav.</b> Vertikalių strypų žaibo ėmiklio apsaugos zona.....	69
<b>22 pav.</b> Apsaugos zona 95 %, $h$ – žaibolaidžio aukštis; $h_0$ – apsaugos zonos konuso viršūnės aukštis; $h_x$ – apsaugomo objekto aukštis; $r_x$ – apsaugomos zonos riba aukštyje $h_x$ ; $r$ – apsaugomos zonos riba žemės paviršiuje. ....	69
<b>23 pav.</b> Dviejų strypų žaibo ėmiklių apsaugos zona. ....	70

## Santrumpų sąrašas

SM – smektitinis molis

SMA – smektitinio molio atlieka

MŽM – modifikuotas žėrutinis molis

ŠM – Šaltiškių telkinio molis

RSDA – rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė

VTA – vienalaikė terminė analizė

TG – termogravimetrinė analizė

V/R – vandens ir rišamosios medžiagos santykis

V/C – vandens ir cemento santykis

CH – portlanditas

CSH – įvairūs kalcio hidrosilikatai

CEM I – portlandcementis be priedų

SAZ – sanitarinės apsaugos zona

## Įvadas

Gerėjant gyvenimo kokybei ir didėjant žmonių skaičiui pasaulyje, cemento ir jo pagrindu pagamintų medžiagų poreikis auga didžiuliais tempais. Šiuo metu cementas yra daugiausiai gaminamas produktas pasaulyje pagal masę. Tačiau cemento pramonė yra viena energetiškai imliausių pramonės šakų, todėl jo gamybai sunaudojami dideli energijos kiekiai, o į aplinką išmetami dideli anglies dioksido kiekiai. Šie procesai skatina klimato kaitą, šiltėja atmosfera. Dalies cemento klinkerio keitimas alternatyviomis medžiagomis leidžia sumažinti ne tik portlandcemenčio savikainą, bet ir aplinkos taršą.

Viena alternatyvų dalinai pakeičiant cemento klinkerį yra kitų pramonės šakų atliekų panaudojimas, paverčiant jas antrine žaliava. Viena tokių atliekų yra smektitinis molis, panaudotas aliejaus balinimo procese. Tai nemalonaus kvapo, organinių junginių turintis molis, kuris, atitinkamai paruošus, gali būti panaudojamas kaip pucolaninis priedas.

Lietuvoje vyraujantys žėrutiniai moliai taip pat gali būti naudojami cemento klinkerį dalinai pakeičiant portlandcemyje. Šiame darbe bus tiriama galimybė panaudoti smektitinio molio ir žėrutinio molio mišinį kaip pucolaninį priedą portlandcemenčiui bei projektuojamas tokio priedo gamybos cechas.

**Darbo tikslas** – suprojektuoti 130 tūkst. t/metus našumo modifikuoto žėrutinio molio priedo portlandcemenčiui gamybos cechą.

### **Darbo uždaviniai:**

1. nustatyti žėrutinio molio ir smektitinio molio atliekos savybes;
2. nustatyti šių molių geriausias sumaišymo proporcijas ir degimo temperatūrą;
3. ištirti modifikuoto žėrutinio molio priedo įtaką portlandcemenčio hidratacijai ir kietėjimui;
4. suprojektuoti 130 tūkst. t/metus našumo modifikuoto žėrutinio molio priedo portlandcemenčiui gamybos cechą

## 1. Literatūros apžvalga

### 1.1. Portlandcementis

Portlandcementis (CEM I) yra pagrindinė klasikinė rišamoji medžiaga, priskiriama įprastinių cementų grupei. Portlandcementis yra hidraulinė rišamoji medžiaga, kuri gaunama smulkiai sumalus portlandcemenčio klinkerį su gipso priedu. Klinkeris gaunamas išdegus iki sukepimo smulkiai sumaltą vienalytį žaliavų mišinį [1]. Portlandcemenčio žaliavų mišinio sudėtyje turėtų būti lengvai lydomų mineralų, kurie klinkerio degimo metu sudarytų didelio baziškumo kalcio silikatus – trikalcio silikatą ( $C_3S$ ) ir dikalcio silikatą ( $C_2S$ ), trikalcio aluminatą ( $C_3A$ ) ir braunmileritą ( $C_4AF$ ) [6].

Klinkerį sudarantys pagrindiniai oksidai yra  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ . Klinkeryje būna 63 – 66 %  $CaO$ , 21 – 24 %  $SiO_2$ , 4 – 8 %  $Al_2O_3$ , 2 – 4 %  $Fe_2O_3$ . Klinkeryje būna maži kiekiai kitų oksidų  $MgO$ ,  $R_2O$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $SO_3$ . Oksidų priemaišos turi įtakos klinkerio susidarymo reakcijoms ir cemento savybėms [1].

Įprastiniai cementai pagal savo sudėtį skirstomi į penkis pagrindinius tipus (pagal EN 197 – 1 standartą) [1]:

- CEM I – portlandcementis. Yra gryniausias iš įprastinių cementų. Jo pagrindą sudaro maltas klinkeris ir iki 5 % kitų komponentų.
- CEM II – sudėtinis portlandcementis. Klinkerio kiekis sudėtiniame cemente svyruoja 64 – 94 %. Sudėtiniame portlandcemente taip pat gali būti aukštakrosnių šlako,  $SiO_2$  mikrodulkių, pucolanų, pelenu, degto skalūno, klinties arba šių priedų mišinio.
- CEM III – šlakinis cementas. Klinkerio kiekis šlakiniame cemente gali svyruoti 5 – 64 %, o granuluoto aukštakrosnių šlako 36 – 95 %.
- CEM IV – pucolaninis cementas. Klinkerio kiekis gali būti 5 – 64 %, pucolanų 11 – 55 %.
- CEM V – sudėtinis cementas. Klinkerio kiekis gali būti 20 – 64 %, šlako 18 – 50 %.

Cemento pramonė yra viena labiausiai energetiškai imlių pramonės šakų. Dalinis cemento klinkerio pakeitimas portlandcemente kitomis medžiagomis leidžia ne tik sumažinti portlandcemenčio savikainą, bet ir tausoti aplinką, mažinant  $CO_2$  emisiją [2].

Esant tokiai pačiai ekonominei situacijai, cemento gaminių paklausa pasaulyje ir toliau stabiliai augs, tačiau taikant šiandieninius gamybos metodus, į atmosferą išmetamo  $CO_2$  kiekis būtų nepriimtinas klimato kaitos atžvilgiu. Daroma išvada, kad reikia ieškoti būdų, kaip dalį cemento klinkerio pakeisti priedais, kurie sumažintų  $CO_2$  emisiją [3].

### 1.2. Papildomosios cementinės medžiagos

Medžiagos, savo sudėtyje turinčios didelį kiekį aliuminio ir silicio, tokios, kaip kaolininis molis, kaolinitas, didelio reaktyvumo metakaolinitas, anglių pelenai, nuosėdinės kilmės medžiaga, gausi silicio ir kalcio (porcelanitas), medžiagos gausios silicio (opokos, trepeliai ir kt.),  $SiO_2$  mikrodulkės yra naudojamos kaip papildomosios cementinės medžiagos (PCM) [2].

Šios medžiagos cemente yra naudojamos norint pagerinti jo savybes ir praplėsi cemento panaudojimo sritis. Naudojant tinkamą kiekį priedo, galima pagreitinti cemento kietėjimą, padidinti jo stiprumą, atsparumą šalčiui, sumažinti pralaidumą vandeniui ir kt. Dažniausiai naudojama iki 5% priedo nuo rišiklio masės. Priedai gali būti naudojami miltelių arba vandeninių tirpalų pavidalu. Pagal pobūdį priedai, naudojami cementui, skirstomi į mineralinius ir cheminius [4].

Priedai cementui – papildomosios cementinės medžiagos, kurias sudaro daugybė medžiagų, besiskiriančių savo kilme, chemine ir mineralogine sudėtimi. Dažnai naudojama klasifikacija pagal papildomųjų cementinių medžiagų kilmę. Skiriamos dvi kategorijos – natūralios ir dirbtinės kilmės medžiagos. Pirmąją grupę sudaro medžiagos, kurios natūraliu pavidalu gali būti naudojamos kaip papildomosios cementinės medžiagos, tai yra piroklastinės uolienos ir daug silicio turinčios nuosėdinės uolienos. Antrąją grupę sudaro medžiagos, kurios buvo modifikuotos, atliekant tam tikrus gamybinius procesus arba gaunamos kaip šalutinis tam tikrų procesų produktas. Kaip tam tikrų procesų atlieka gaunami šie priedai: aukštakrosnių šlakai, lakieji pelenai, degtas molis ir kt. [5].

Aktyvūs mineraliniai priedai kartais vadinami hidrauliniiais priedais arba pucolanais. Svarbiausia jų sudėtinė dalis yra amorfinis  $\text{SiO}_2$ , kurio yra daugiau kaip 50 %. Kietėjančiame cemente amorfinis  $\text{SiO}_2$  reaguoja su kalcio hidroksidu ir sudaro kalcio hidrosilikatus. Šie mineraliniai priedai pagerina granulimetrinę cemento sudėtį, padidina naujadarų kiekį ir tankį, atitinkamai padidėja cemento akmens stiprumas.

Mineraliniai priedai naudojami dviem tikslais:

- 1) rišamosioms medžiagoms taupyti;
- 2) gaminių stiprumui ir kai kuriems technologiniams rodikliams pagerinti.

Rišamosios medžiagos taupomos, kai cementas maišomas su to paties stambumo mineraliniais priedais. Pridėjus mineralinių priedų, padidėja cemento tešlos tūris, betono mišinys tampa paslankesnis, vienalytiškesnis. Kai naudojamas smulkus mineralinis priedas, jo dalelės telpa į cemento dalelių sudarytas tuštumas, padidėja cemento akmens tankis, taigi ir stiprumas. Dalį cemento pakeičiant mineraliniais priedais, padidėja V/C santykio reikšmė, pagerėja mišinių reologinės savybės ir betonų stiprumas. Todėl tiksliau nustatyti mineralinių priedų įtaką betonų savybėms yra vienas iš aktualiausių šių dienų betono technologijos uždavinių, nes tai siejasi su medžiagų ir energetinių išteklių taupymo problemomis ir betonų ilgaamžiškumu bei patvarumu [10].

### 1.3 Molis

Moliai – žėručių, feldšpatų bei kitų uolienuų erozijos produktai. Moliai susideda iš įvairių komponentų, kurie skiriasi savo savybėmis ir granulimetrija. Molio mineralus įprastai sudaro keturios dalys [7]:

- nespėjusių suirti uolienuų likučiai;
- susidarę molio mineralai;
- gyvųjų organizmų liekanos;

pašaliniai mineralai (piritas, glaukonitas, dolomitas ir kt.).



Molio mineralai – smulkiadispersiai hidroaliumosilikatai, kuriems būdinga sluoksninė struktūra. Jų cheminės, mineralinės ir fizikinės savybės kinta plačiame intervale. Molio mineralai yra sudaryti iš plokštelės formos aliumosilikatinių sluoksnių, kurie suteikia moliui plastiškųjų savybių. Molius dažniausiai sudaro molio mineralai, karbonatai, kvarcas, žėručiai, feldšpatai.

Didžiausi Lietuvos molio telkiniai yra Dukstynos, Girininkų, Tauragės, Kertupio, Šaltiškių. Visuose moliuose iš Lietuvos telkinių yra feldšpatų, kaolinito, ilito, muskovito, hematito, montmorilonito, kvarco, dolomito, kalcito. Daugiausiai kalcito randama Šaltiškių ir Kertupio telkinių molyje [2].

Molio mineralai yra skirstomi į šešias grupes [7]:

1. kaolinitai;
2. smektitai;
3. hidrožėručiai;
4. chloritai;
5. mišrių sluoksnių;
6. amorfiniai.

Molio mineralų procentinė sudėtis molyje priklauso nuo geografinės vietovės bei pamatinės uolienos ir labai skiriasi visame pasaulyje [2].

#### **1.4 Termiškai apdorotas molis**

Termiškai apdorotas molis yra viena plačiausiai tiriamų ir naudojamų papildomų cementinių medžiagų. Tai yra perspektyvi medžiaga, nes paplitusi visame pasaulyje, o išteklių yra labai dideli. Termiškai apdoroto molio savikaina yra nedidelė dėl palyginti neaukštos degimo temperatūros (600 – 900 °C). Degimo metu suardoma kristalinė molio mineralų struktūra, ji pasikeičia į amorfinę.

Manoma, kad degto molio pucolaninis aktyvumas yra sąlygojamas terminio apdorojimo metu vykstančio kaolinito virsmo į metakaolinitą. Šio proceso metu suardoma molio mineralų kristalinė struktūra, kuri transformuojasi į labai reakcingą amorfinę struktūrą. Virsmo metu yra pašalinamas struktūrinis vanduo ir lieka amorfinis aliumosilikatas, pasižymintis dideliu vidiniu poringumu, kuris sąlygoja didelį pucolaninį aktyvumą [2].

Kaolinitas skyla žemiausioje temperatūroje, todėl kaolininiai moliai geriausiai tinka priedų gamybai. Taip yra nes kaolinitas suteikia degtam moliui didžiausią pucolaninį aktyvumą. Termiškai apdorotų molio mineralų pucolaninis aktyvumas yra susijęs su jų temperatūriniu stabilumu ir skilimo procesu. Molis aktyviausias kai yra dehidoksilinamas (pašalinama  $(OH)^-$  grupė) oktaedrinis sluoksnis.

Termiškai apdoroto molio pucolaninis aktyvumas yra susijęs su struktūrinio vandens pašalinimu iš molio. Pasiekus aukštą temperatūrą kaoline esantis silicis ir aliuminis reaguoja su kalcio hidroksidu. Procesas vyksta 600 – 800 °C temperatūrų intervale. Proceso metu vyksta dehidroksilinimo reakcija ir susiformuoja metakaolinas [31].

Molio mineralų perkaitimas lemia dalelių jungimąsi ir aukštatemperatūrių mineralų kristalizaciją. Priklausomai nuo molio sudėties dehidroksilinimo ar kristalizacijos temperatūros gali skirtis.

Persikristalizavimo metu susiformuojančių mineralų sudėčiai įtakos turi žaliavų cheminė sudėtis. Šio proceso metu dažniausiai susidaro mulitas, kordieritas ir kristobalitas [5].

Molio degimas gali būti skirstomas į keturis pagrindinius etapus [12];

1. molis netenka absorbcinio vandens (<180 °C);
2. molio mineralų dehidratacija (180 – 500 °C);
3. suyra molio struktūra, nutrūksta ryšiai (600 – 800 °C);
4. keičiasi molio sudėtis, formuojasi nauji aukštatemperatūriai junginiai (900 – 1000 °C).

### **1.5 Smektitinio molio atlieka**

Smektitinis molis yra naudojamas maistinio aliejaus balinimo procese. Jis skirtas pašalinti aliejaus priemaišas, tokias kaip peroksida, karotinoidai, laisvosios riebalų rūgštys, chlorofilas ir kt., kurios aliejui suteikia nepageidaujamą spalvą. Vienas pagrindinių smektitinio molio mineralų yra montmorilonitas, sudarytas iš trisluoksnės struktūros. Prieš aliejaus balinimą, smektitinis molis yra apdorojamas sieros rūgštimi, taip suardant dalį molio mineralų ir pagerinant jo sorbcines savybes. Sieros rūgštimi apdoroto smektitinio molio sudėtyje susidaro daug amorfinių junginių. Aliejaus balinimo proceso metu molis ir aliejus yra maišomi kartu ir kaitinami, po to vakuumfiltru nufiltruojami ir atskiriami. Atlikus balinimo procesą gaunamas švarus aliejus ir smektitinio molio atlieka (SMA) [11].

Prognozuojama, kad iki 2022 metų aliejaus balinimui skirto molio poreikis padidės iki 9 mln. tonų per metus. Taip pat padidės ir susidarančių balinimo molio atliekų kiekis [13].

Kai yra naudojami cheminiai ar fizikiniai molio aktyvavimo metodai, padidėja aliejaus balinimo efektyvumas. Molis gali būti aktyvuojamas sieros ar druskos rūgštimis. Šios rūgštys dažniausiai yra pasirenkamos dėl mažos kainos ir geresnių aktyvavimo savybių [14]. Suaktyvinus molį rūgštimis padidėja jo paviršiaus plotas, poringumas, absorbcinė geba. Suaktyvinimo rūgštimis metu kalcio jonai yra pakeičiami vandenilio jonais, o geležies, aliuminio ar magnio jonai išlaisvinami, todėl padidėja molio absorbcinė geba [15]. Tyrimais patvirtinta, kad smektitinio molio atlieka gali būti perdirbta ir vėl panaudota balinimo procese, tačiau tai yra brangus procesas, o pasiekiamas efektyvumas tik 70 % [16].

\*\*\*\*\*

Apibendrinant literatūros duomenis, galima pažymėti, kad platesnis PCM naudojimas cemento pramonėje šiuo metu yra realiausia priemonė, galinti mažinti išmetamo į aplinką CO<sub>2</sub> kiekį. Naujų ar iš kitų pramonės šakų atliekų gaminamų PCM savybės gali būti tokios pačios, kaip ir visuotinai pripažintų, jau naudojamų PCM savybės, o cementinio akmens su šiomis medžiagomis eksploatacinės charakteristikos dažnai yra geresnės nei įprasto portlandcemenčio akmens.

Nors pramoninės atliekos, naudojamos gaminant portlandcementį, šiuo metu yra plačiai tiriamos, rūgštimi aktyvuotos smektitinio molio atliekos, susidarančios balinant aliejų, naudojimas mišinyje su mažo pucolaninio aktyvumo žėrutiniu moliu cemento pramonėje nebuvo tirtas. Todėl šio darbo tikslas yra ištirti galimybę naudoti žėrutinio molio ir smektitinio molio atliekos mišinį kaip priedą portlandcemenčiui ir suprojektuoti šio priedo gamybos liniją.

## 2. Tiriamoji dalis

### 2.1. Tiriamojo darbo metodika ir naudotos medžiagos

#### 2.1.1. Naudotos medžiagos

**Portlandcementis** CEM I 42,5 R, AB „Akmenės cementas“, Lietuva. Mineralinė sudėtis: 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 %  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Cheminė sudėtis pateikta 1 lentelėje.

**Šaltiškių karjero žerutinis molis.** Cheminė sudėtis pateikta 1 lentelėje.

**Smektitinio molio atlieka.** Sieros rūgštimi aktyvintas smektitinis molis po aliejaus balinimo proceso. Cheminė sudėtis pateikta 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Pagrindinių naudotų medžiagų cheminė sudėtis

Cheminė sudėtis, %	Šaltiškių molis	Smektitinio molio atlieka	Portlandcementis
SiO <sub>2</sub>	46,40	53,20	19,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,20	8,37	5,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,40	3,13	3,05
CaO	10,3	0,88	61,39
MgO	4,15	1,64	3,93
K <sub>2</sub> O	3,03	0,49	1,06
Na <sub>2</sub> O	0,16	0,24	0,12
SO <sub>3</sub>	0,06	1,54	2,5
K.n.	11,46	30,4	-
Savitasis paviršius, m <sup>2</sup> /kg	400	410	430

#### 2.1.2. Tiriamojo darbo metodika

##### Šaltiškių molio ir SMA mišinio paruošimas degant

Šaltiškių telkinio molio ir smektitinio molio atliekos mišinys sumaišomas numatytu santykiu, prie žerutinio molio pridėdant 10 %, 30 % ir 50 % SMA, po to sudrėkinamas vandeniu santykiu (1:1). Iš gautos tešlos suformuojamos granulės, džiovinamos parą 100 °C temperatūroje. Išdžiovintos granulės išdegamos 600 °C, 700 °C ir 800 °C temperatūroje 1h, keliant temperatūrą 10 °C/min greičiu. Išdegtos granulės sutrupinamos žiauniniu trupintuvu ir malamos malūne 45s 900 aps./min greičiu iki  $S_{pav} = 420 \text{ m}^2/\text{kg}$ .

##### Cemento ir SMA mišinių bandinių paruošimas ir gniuždymas

Tyrimams buvo suformuoti gryno portlandcemenčio (CEM I) bei dalį jo pakeitus 5, 10, 15 ir 20 % degtu sintetiniu priedu bandiniai (30x30x30 mm). Suformuoti bandiniai buvo kietinti 24 valandas, esant 100 % santykinei oro drėgmei ir 20 °C temperatūrai. Išimti iš formų bandiniai buvo sumerkti į distiliuotą vandenį ir palikti hidratuotis 7, 28 ir 90 parų. Po atitinkamo laiko kubeliai buvo gniuždomi naudojant ELE International 250 kN *Automatic Cement Compression Maschine*, EL39-1501/01 Autotest250. Bandinių gniuždymo greitis – 0,8 mm/s. Atlikus gniuždymą, bandiniai papildomai

sutrupinami žiauniniu trupintuvu, užpilami acetonu ir rankiniu būdu sutrinami agatinėje grūstuvėje. Sutrinti bandiniai džiovinami 24 h 65 °C temperatūroje, po to sudedami į sandarius indus.

### **Pucolaninio aktyvumo nustatymas**

Remiantis NF P 18-513 standartu, tyrimui naudojama 0,1 N HCl ir 0,1 % fenolftaleino, ištirpinto 50 % alkoholyje, indikatorius.

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

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

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

čia: V<sub>1</sub> – nutitruoto 0,1 N HCl tūris bandiniui (kontroliniam) be metakaolinito priedo;

V<sub>2</sub> – nutitruoto 0,1 N HCl tūris bandiniui su metakaolinito priedu.

Pastaba: kontroliniame bandinyje sandaugos 56/2·V<sub>1</sub> vertė turi būti mažesnė nei 1000.

### **Rentgeno difrakcinė analizė**

Rentgeno difrakcinė analizė atlikta difraktometru *BRUKER AXS D8*. Naudota: spinduliuotė CuK<sub>α</sub>, filtras – Ni, detektoriaus judėjimo žingsnis 0,02 °, anodinė įtampa U<sub>a</sub> = 40 kV, srovės stipris I = 40 mA. Skenavimo greitis 6 °/min<sup>-1</sup>, matavimo kampas – 2θ = 3–70 °.

### **Vienalaikė terminė analizė**

Vienalaikės terminės analizės tyrimai atlikti *Netzsch STA 409 PC Luxx* (Vokietija) terminiu analizatoriumi. DSK–TGA parametrai: temperatūros didinimo greitis – 15 °C/min, temperatūros intervalas 30–1000 °C, etalonas tuščias Pt/Rh tигlis, inertinė medžiaga – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, atmosfera krosnyje – oras. Matavimų tikslumas ± 3 °C. Masės nuostoliai nustatyti iš TG kreivių.

### **Vandens sąnaudos normaliai tirštai tešlai LST EN 196-3:2017**

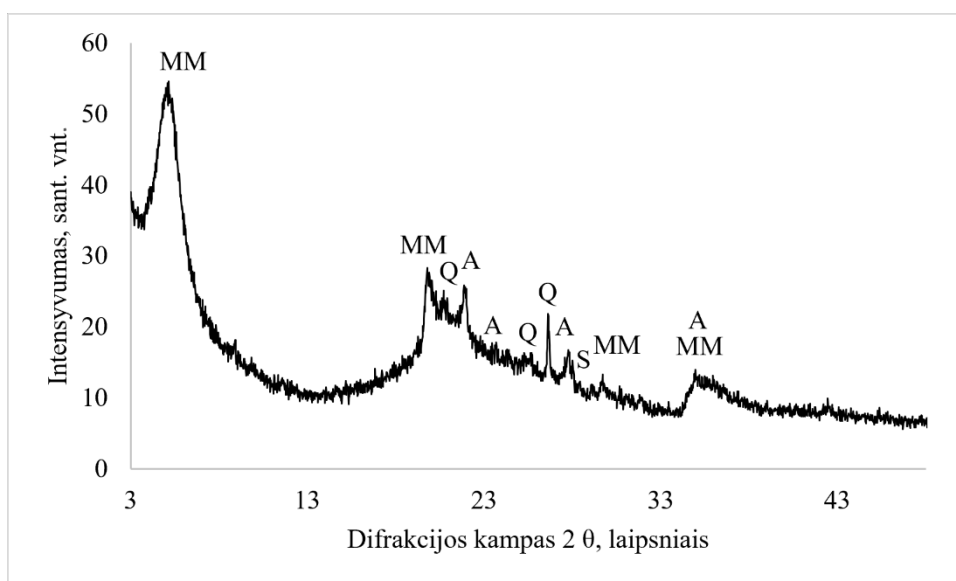
Bandymui pasveriami 500±1 g portlandcemenčio ar portlandcemenčio su tiriamosios medžiagos priedu mišinio ir, pavyzdžiui, 125 g vandens. Vandeniui užpiltas cementas maišomas nuolat keičiant maišymo kryptį. Po 3 minučių vienu paėmimu tešla užpildomas ant stiklo plokštelės padėtas *Viko* žiedas. Sulyginus tešlos paviršių, žiedas dedamas po *Viko* prietaise esančiu strypeliu. Iki paviršiaus nuleistas ir užfiksuotas strypelis po kelių sekundžių atpalaiduojamas, o po 30 s fiksuojamas strypelio įsmigimo į tešlą gylis. Bandymas kartojamas vandens kiekį keičiant tol, kol atstumas nuo strypelio galo iki stiklo plokštelės yra lygus 6±2 mm. Tada užrašomas vandens kiekis šioje tešloje ir apskaičiuojamas vandens/rišamosios medžiagos (V/R) santykis.

## 2.2. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

### 2.2.1. Smektitinio molio atliekos savybės

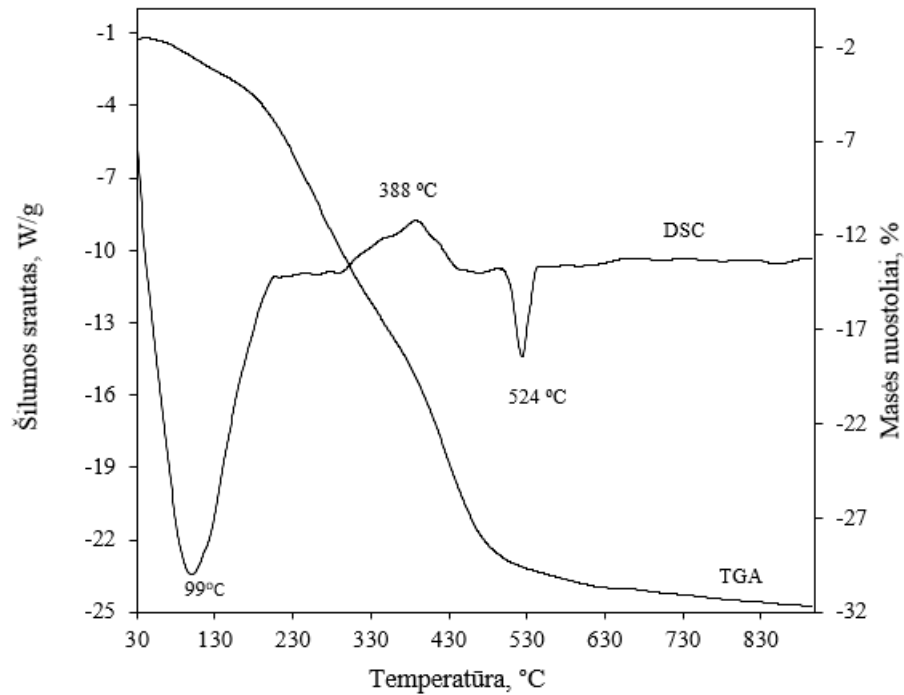
Smektitinis molis yra plačiai naudojamas maisto pramonėje, augalinių aliejų technologiniame balinimo procese. Šiuo metu pramonėje SMA neturi plataus antrinio panaudojimo galimybių. Viena iš priežasčių yra sklaidžiamas nemalonus kvapas, nepilnai iširtos šio molio regeneravimo galimybės. Atlikus tyrimus galima sužinoti, ar ši atlieka yra tinkamas priedas portlandcemenčiui.

Atlikus RSDA analizę nustatyta (1 pav.), kad SMA sudėtyje yra montmorilonito ( $d = 1,760; 0,449; 0,150$  nm), anortito ( $d = 4,0600; 3,7863; 3,1909$ ), kvarco ( $d = 0,425; 0,334; 0,181$  nm) ir kalcio sulfato ( $d = 0,760; 0,428; 0,306$  nm). Taip rentgenogramoje matomas platus bukis 15–25 laipsnių difrakcijos kampo zonoje, būdingas amorfiniams junginiams.



**1 pav.** Smektitinio molio atliekos rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė. MM – montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ), Q – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ); S – kalcio sulfatas ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Atlikus smektitinio molio atliekos vienalaikę terminę analizę (2 pav.) nustatyta, kad 99 °C temperatūroje matomas endoterminis virsmas yra susijęs su absorbuoto vandens pašalinimu, o egzoterminį efektą, esantį 300–450 °C temperatūros intervale, sukelia palaiptinui molyje sudegancios organinės priemaišos. 524 °C temperatūroje pastebimas efektas yra siejamas su chemiškai sujungto vandens pašalinimu. Bendras masės netekimas yra 30,4 %, iš kurių 13,5 % yra priskiriami organinių junginių sudegimui.

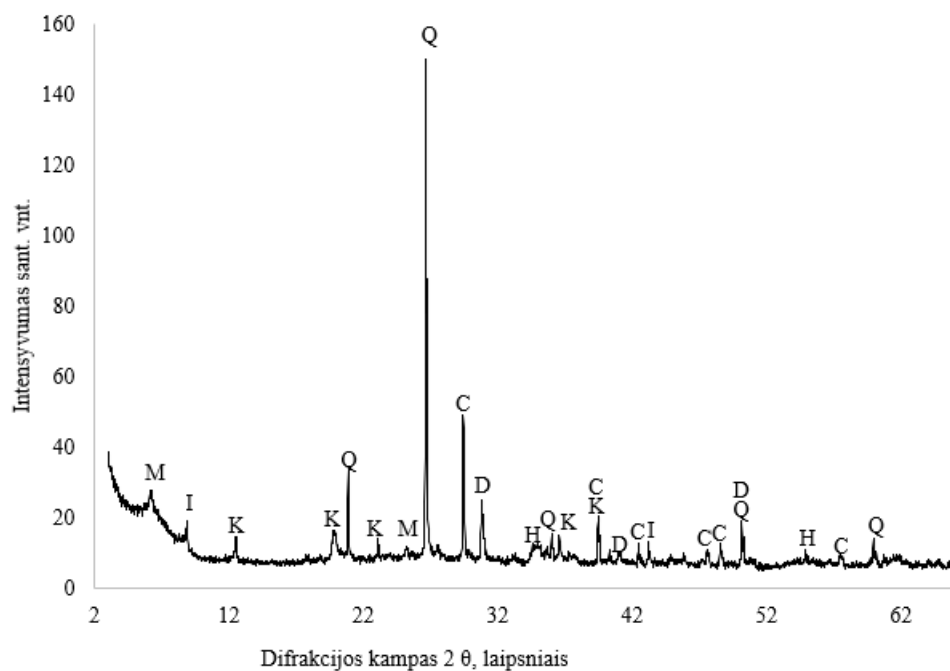


2 pav. Smektitinio molio atliekos vienlaikės terminės analizės kreivės.

### 2.2.2. Žėrutinio molio savybės

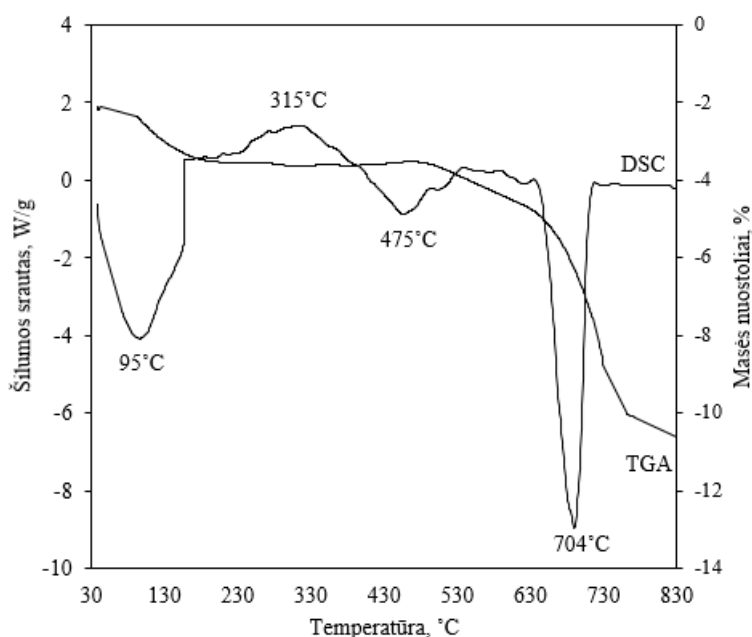
Portlandcemenčio priedui gaminti taip pat numatomas naudoti žėrutinis Šaltiškių telkinio molis (ŠM). Esant ribotam smektitinio molio atliekos kiekiui, jis maišomas su ŠM, norint rasti geriausią priedo portlandcemenčiui sudėtį.

Atlikus RSDA analizę nustatyta (3 pav.), kad Šaltiškių molio sudėtyje yra montmorilonito (M) kaolinito (K), kvarco (Q), ilito (I), hematito (H), dolomito (D) ir kalcito (C).



**3 pav.** Šaltiškių molio rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė. MM - montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); K - kaolinitas ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), Q - kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ), I - ilitas ( $\text{K}_{0.65}\text{Al}_{2.0}[\text{Al}_{0.65}\text{Si}_{3.35}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ), H - hematitas ( $\text{FeO}_3$ ), D - dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), C - kalcitas ( $\text{CaCO}_3$ ).

Atlikus Šaltiškių molio vienlaikę terminę analizę (4 pav.) nustatyta, kad 95 °C temperatūroje stebimas endoterminis virsmas yra susijęs su absorbuoto vandens pašalinimu. Egzoterminį efektą, esantį 250–400 °C temperatūros intervale sukelia palaiptui molyje sudegancios organinės priemaišos, 450–580 °C temperatūros intervale pastebimas endoterminis efektas susijęs su kaolinito virsmu į metakaolinitą. 660 – 730 °C temperatūros intervale intensyvus endoterminis virsmas parodo kalcito skilimą.



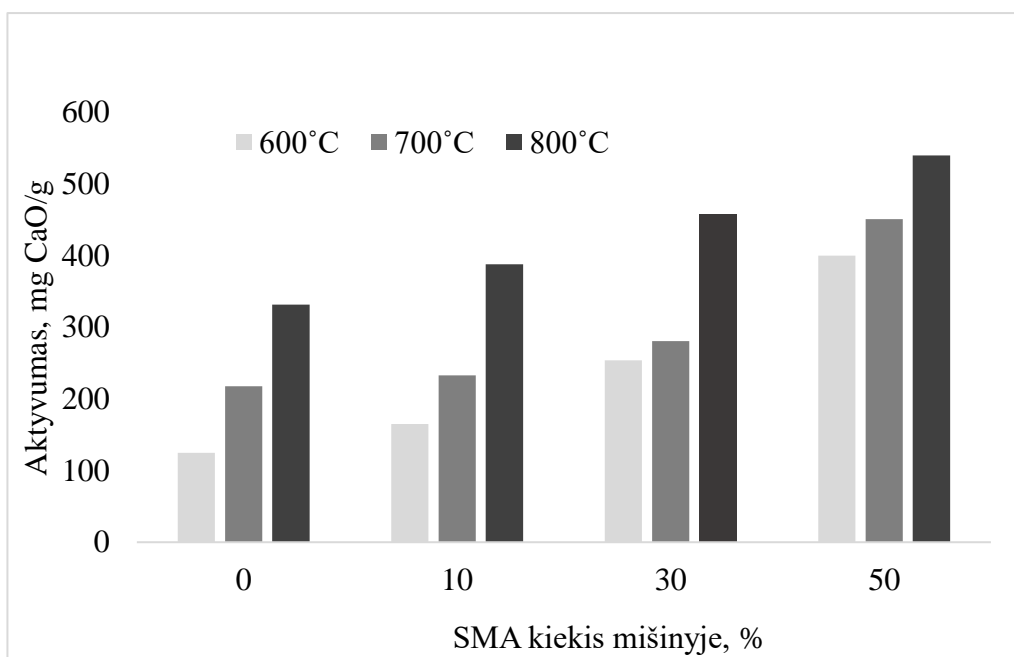
4 pav. Šaltiškių molio vienalaikės terminės analizės kreivės.

### 2.2.3. Molio mišinių pucolaninis aktyvumas

Ankstesniuose KTU Silikatų technologijos katedros atliktuose darbuose [4, 8] buvo nustatyta, kad terminė aktyvacija turi teigiamą įtaką skirtingos kilmės molio pucolaniniam aktyvumui. Geriausia degimo temperatūra gali būti pasirinkama remiantis pucolaninio aktyvumo verte.

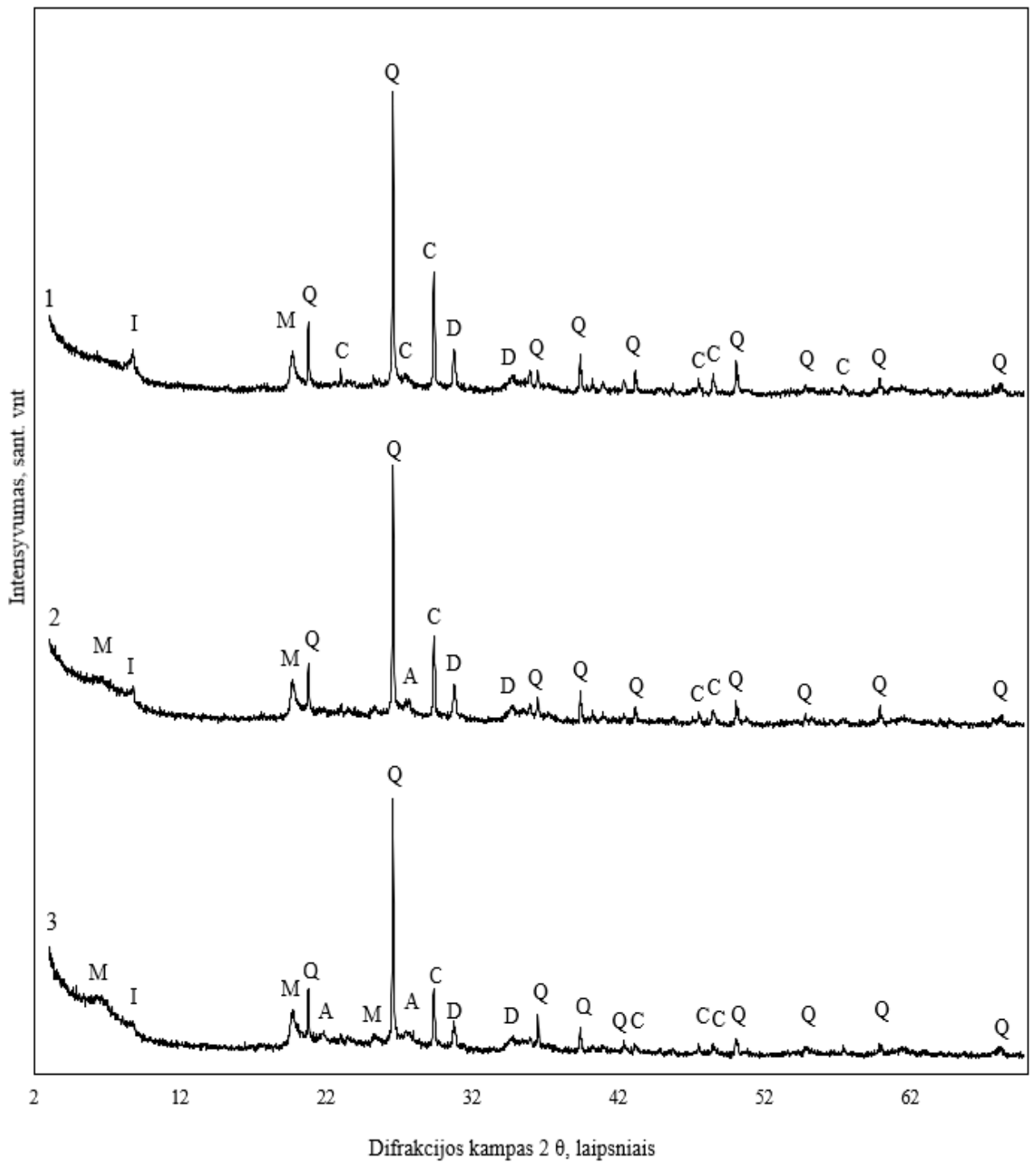
Visų tirtų mišinių sudėčių, degant juos skirtingoje temperatūroje, nustatyto pucolaninio aktyvumo vertės pateiktos 5 pav. Nustatyta, kad didinant degimo temperatūrą nuo 600 iki 800 °C, ŠM bandinio pucolaninis aktyvas padidėja nuo 125 iki 332 mgCaO/g. Kaip matyti iš 3.6 pav. duomenų, SM priedas ženkliai padidina žerutinio molio pucolaninį aktyvumą. Pridėjus 50 % SM priedo ir išdegus šį mišinį 800 °C temperatūroje, bandinio pucolaninis aktyvumas padidėja daugiau nei 1,5 karto – iki 540 mgCaO/g. Nors didžiausia nustatyta pucolaninio aktyvumo vertė yra 540 mgCaO/g, tačiau dėl esamo riboto SMA kiekio Lietuvoje, tolimesniems tyrimams pasirinkame naudoti 70% Šaltiškių molio ir 30% SMA mišinį, išdegtą 800 °C temperatūroje. Šio mišinio pucolaninis aktyvumas yra 460 mgCaO/g, o tai yra net 40 % didesnė vertė, nei gryno Šaltiškių molio pucolaninio aktyvumo, išdegtą 800 °C.



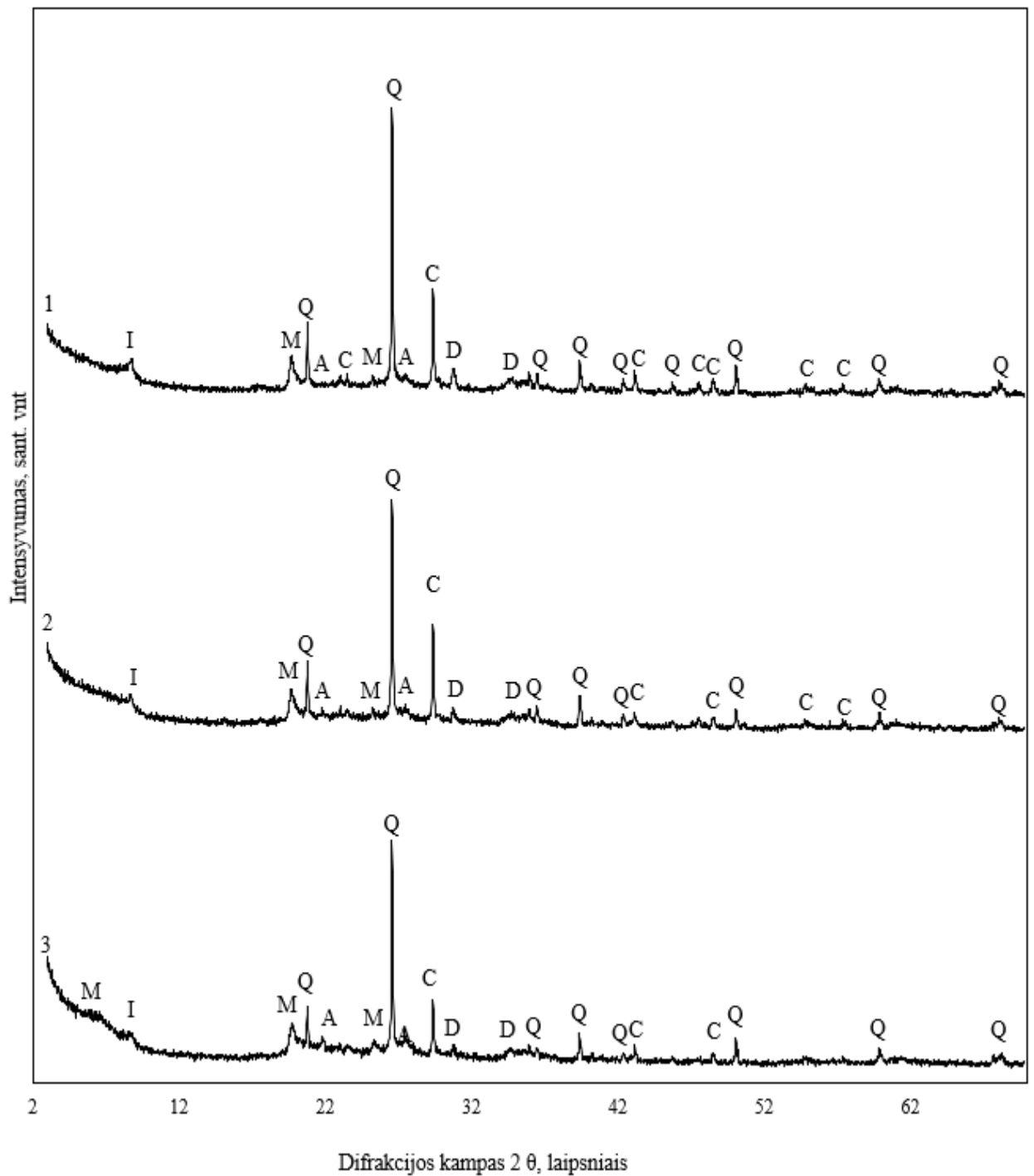


**5 pav.** Molio mišinių pucolaninis aktyvumas.

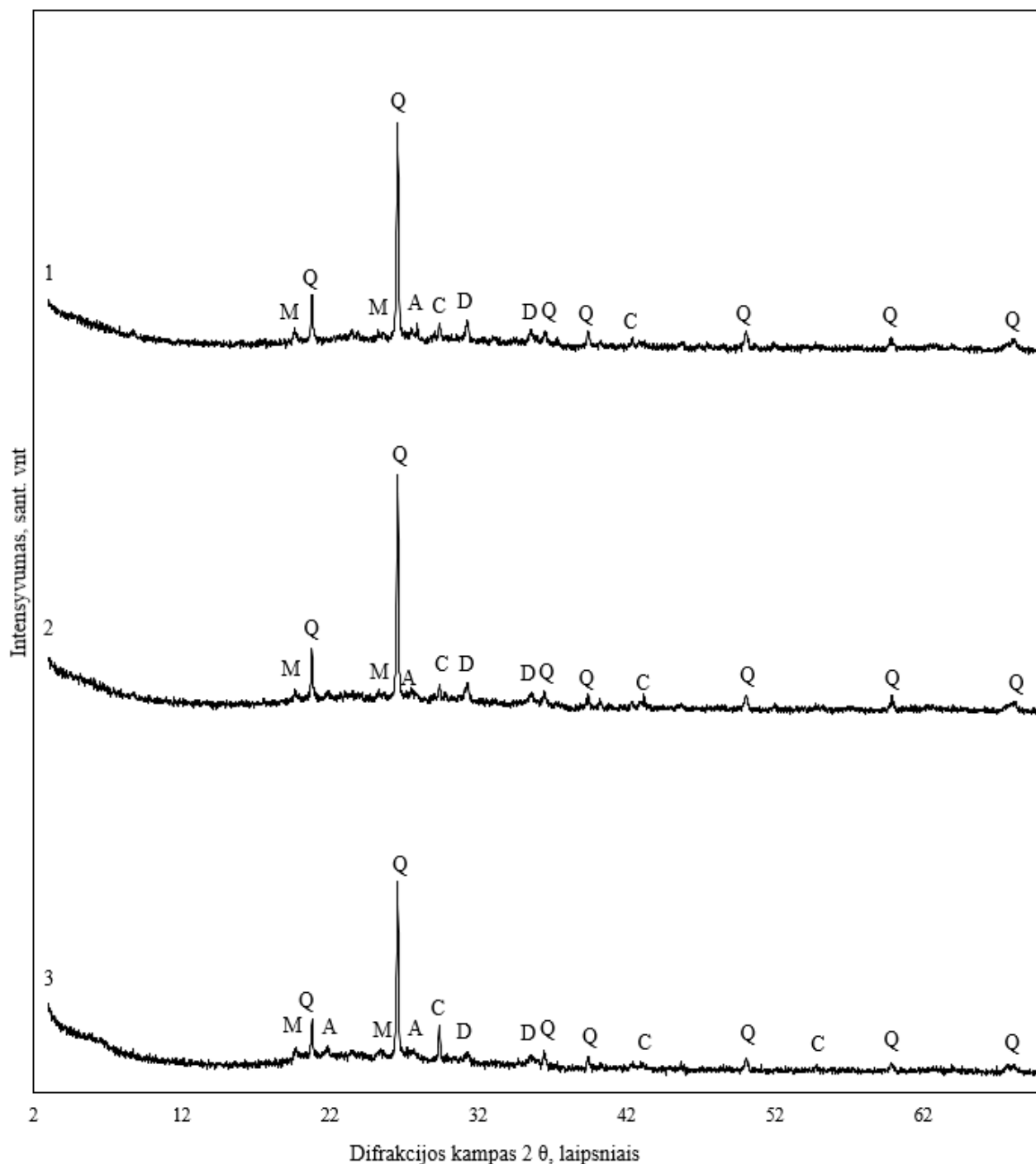
Degtų molio mišinių pucolaninio aktyvumo kitimo priežastis galima paaiškinti jų mineralinės sudėties pokyčiais degimo metu. RSDA metodu buvo ištirti ŠM ir SMA mišiniai išdegti 600 °C, 700 °C ir 800 °C temperatūrose. Atlikus RSDA analizę nustatyta, kad visuose 600 °C temperatūroje degtuose bandiniuose (6 pav.) identifikuojami žaliavose esantys junginiai: kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ) ( $d - 5,407; 4,258; 2,458; 1,660; 1,819\text{nm}$ ), montmorilonitas –  $((\text{Na}_{0,2}\text{Ca}_{0,1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ) ( $d - 14,025; 6,659; 4,813; 2,491; 1693\text{ nm}$ ), anortitas ( $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ) ( $d - 6,485; 5,828; 4,366; 3,639; 2,786\text{ nm}$ ), ilitas ( $\text{K}_{0,65}\text{Al}_{2,0}[\text{Al}_{0,65}\text{Si}_{3,35}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ) ( $d - 10,000; 5,020; 4,480; 3,890; 3,720$ ), kalcitas ( $\text{CaCO}_3$ ) ( $d - 3,856; 3,037; 2,496; 1,913; 1,605\text{ nm}$ ), ir D – dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) ( $d - 5,379; 4,047; 3,712; 2,690; 2,024$ ). tačiau nebelieka kaolinitui būdingų smailių. Didinant degimo temperatūrą iki 800 °C (7 – 8 pav.), RSDA kreivėse žymiai sumažėja montmorilonitui, ilitui ir karbonatams būdingų smailių intensyvumas, kas parodo prasidėjusį šių junginių struktūros irimą. Taigi, žėrutinio molio pucolaninio aktyvumo augimas, didėjant bandinių degimo temperatūrai yra susijęs su montmorilonito ir ilito struktūros irimu. Tuo tarpu SM priedo poveikis pucolaninio aktyvumo didėjimui gali būti siejamas su amorfinių junginių (6 pav.), esančių šio molio sudėtyje, įtaka. Išdegus organinėms priemaišoms, kurios blokuoja SM atliekos sąveiką su portlanditu, bendras mišinių pucolaninis aktyvumas padidėja.



**6 pav.** Molio mišinių išdegtų 600°C RSDA analizės kreivės: 1 – su 10% priedo, 2 – su 30% priedo, 3 – su 50% priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ); M – montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ); I – ilitas- $(\text{KFe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ ; C – kalcitas ( $\text{CaCO}_3$ ); D – dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).



**7 pav.** Molio mišinių išdegtų 700°C RSDA analizės kreivės: 1 – su 10% priedo, 2 – su 30% priedo, 3 – su 50% priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ); MM - montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ); I – ilitas- $(\text{KFe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ ; C – kalcitas ( $\text{CaCO}_3$ ); D – dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).



**8 pav.** Molio mišinių išdegtų 800°C RSDA analizės kreivės: 1 – su 10% priedo, 2 – su 30% priedo, 3 – su 50% priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ); MM - montmorilonitas ( $(\text{Na}_{0,2}\text{Ca}_{0,1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O}))$ ); A – anortitas ( $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ); I – ilitas- $(\text{KFe}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ ; C – kalцитas ( $\text{CaCO}_3$ ); D – dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).

#### 2.2.4. Modifikuoto žėrutinio molio (MŽM) priedo įtaka portlandcemenčio stipriui gniuždant.

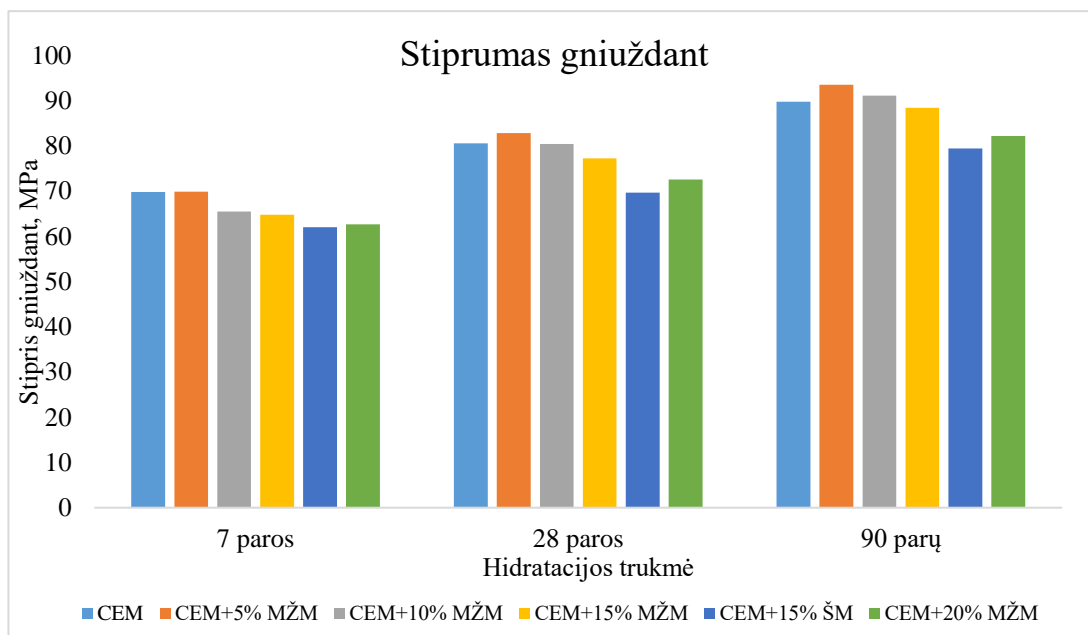
Toliau atliekant tyrimą buvo suformuoti cemento ir cemento su skirtingais priedo kiekiais (5, 10, 15 ir 20 %) bandiniai – kubeliai (30x30x30 mm). Rezultatų palyginimui, taip pat buvo suformuoti bandiniai vietoje MŽM naudojant tik Šaltiškių molį (15%). Bandinių formavimui, remiantis Lietuvos standartu LST EN 196-1÷3, buvo nustatytas V/R santykis – vandens ir rišamosios medžiagos

santykis, reikalingas normaliai tirštai cemento tešlai gauti. Rezultatai pateikiami 2 lentelėje. Iš 2 lentelės duomenų matyti, kad didėjant priedo kiekiui, didėja vandens ir rišamosios medžiagos santykis, taip pat didesnis vandens kiekis reikalingas bandiniams su MŽM priedu, nei su ŠM priedu. Tai susiję su tuo, kad smektitinio molio vandens adsorbcija yra didesnė už ŠM.

**2 lentelė.** Cemento su skirtingais priedo kiekiais vandens ir rišamosios medžiagos santykis normaliai tirštai cemento tešlai gauti

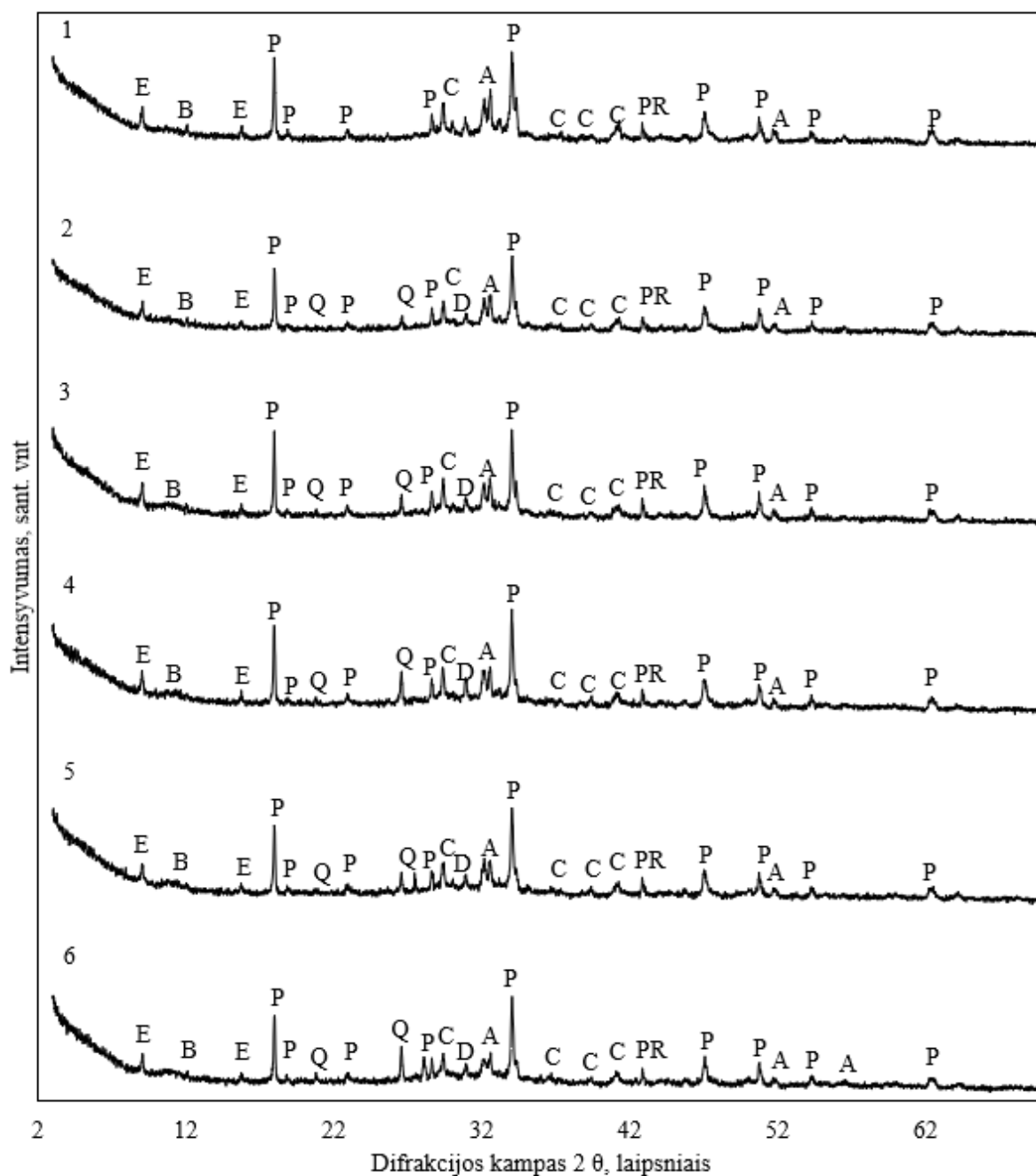
Bandinys	V/R
CEM	0,275
CEM+5% MŽM	0,295
CEM+10% MŽM	0,300
CEM+15% MŽM	0,310
CEM+ 15% ŠM	0,300
CEM+20% MŽM	0,325

Nustačius bandinių stiprį gniuždant po 7, 28 ir 90 parų hidratacijos (9 pav.), matyti, kad MŽM priedas teigiamai veikia portlandcemenčio stiprumines savybes. Visu tyrimo laikotarpiu stipriausiais yra bandinys su 5% MŽM priedo. Po 28 parų hidratacijos, bandiniu be priedų ir su 10 % MŽM priedo stipris gniuždant yra toks pat, o su 15 % MŽM priedo – tik nežymiai (4 %) silpnesnis. Po 90 parų hidratacijos, bandinių su 5 ir 10 % MŽM stipris gniuždant yra didesnis už gryno cemento bandinį, o bandinio su 15 % MŽM priedo – beveik toks pat. Visu tyrimo laikotarpiu silpniausias yra bandinys su 20 % MŽM priedo. Lyginant bandinius su 15% MŽM priedo ir 15% ŠM matyti, kad bandinių su MŽM priedu stipris gniuždant visu kietėjimo trukmę apie 11% yra didesnis nei bandinių su Šaltiškių molio. Apibendrinant šiuos tyrimo rezultatus galima daryti išvada, kad MŽM priedu galima pakeisti iki 15 % portlandcemenčio klinkerio.

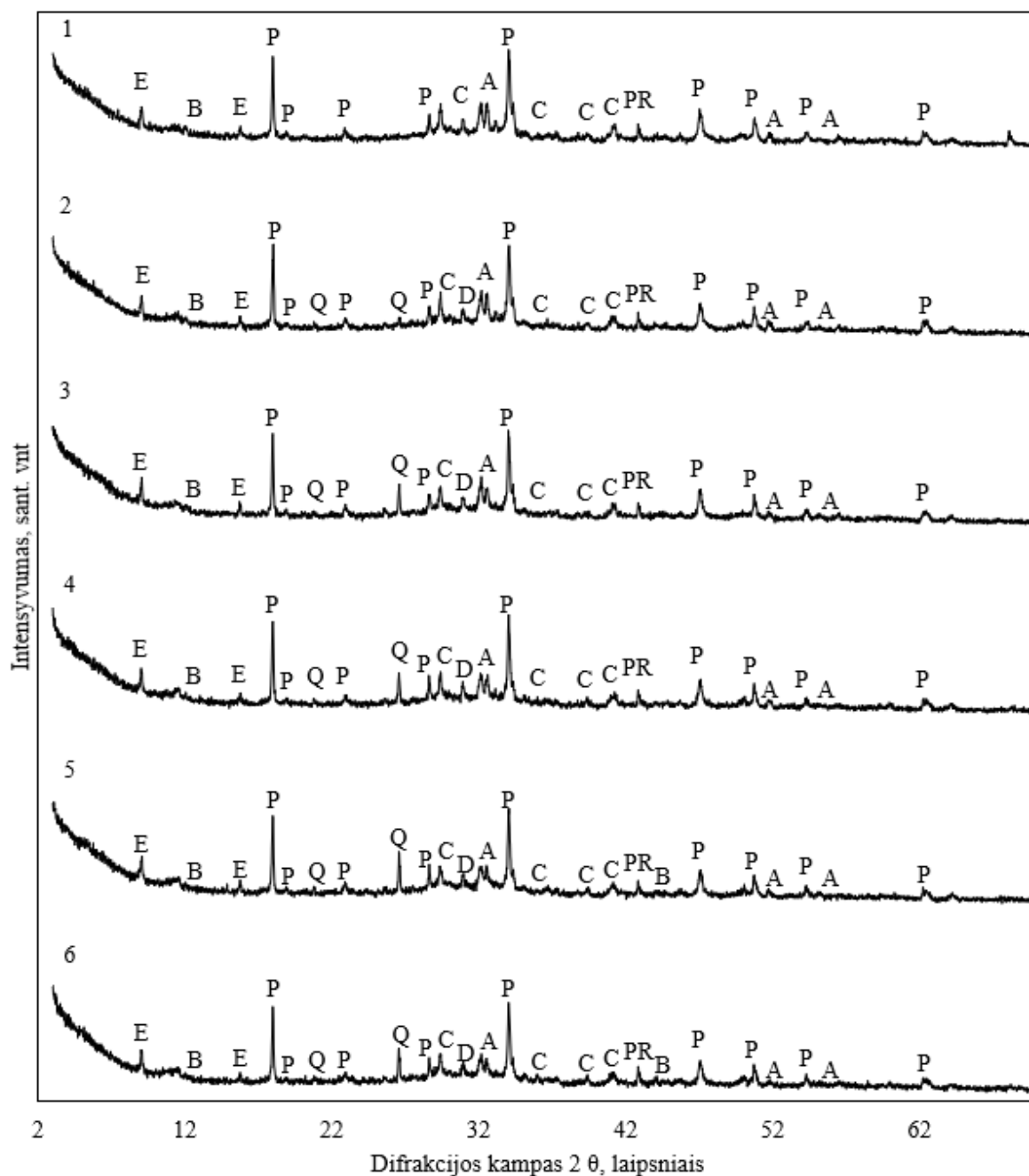


**9 pav.** 7, 28 ir 90 parų hidratuotų bandinių stipris gniuždant.

Atlikus 7, 28 ir 90 parų hidratuotų bandinių rentgeno spinduliuotės difrakcinę analizę (RSDA) (10 – 12 pav.) matyti, kad visuose bandiniuose sudaro įprastiniai cemento hidratai – etringitas ( $\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ) ( $d - 10,739; 9,725; 8,859; 7,208; 5,765$  nm) ir portlanditas ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ( $d - 4,922; 3,111; 2,627; 2,458; 1,927$  nm). Be šių junginių, bandiniuose identifikuojami nehidratuoti cemento mineralai – braunmileritas ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_5$ ) ( $d - 7,250; 5,193; 3,839; 3,654; 2,784$ ) ir alitas ( $\text{C}_3\text{S}$ ) ( $d - 11,020; 5,970; 5,470; 4,580; 3,740$ ) bei priedų sudėtyje esantys junginiai – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ) ( $d - 4,262; 3,349; 2,461; 2,131; 1,983$ ), anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); kalcitas ( $\text{CaCO}_3$ ) ( $d - 3,855; 3,038; 2,849; 2,494; 1,928$ ), periklazas ( $\text{MgO}$ ) ( $d - 2,434; 2,108; 1,490; 1,271; 0,811$ ) ir dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) ( $d - 5,379; 4,047; 3,712; 2,690; 2,024$ ). Naujų junginių bandiniuose su priedais neidentifikuota, tačiau tarpusavyje skiriasi nustatytų junginių smalių intensyvumas: bandiniuose su priedais portlandito ir alito smalių intensyvumas yra mažesnis, nei bandinyje be priedų.

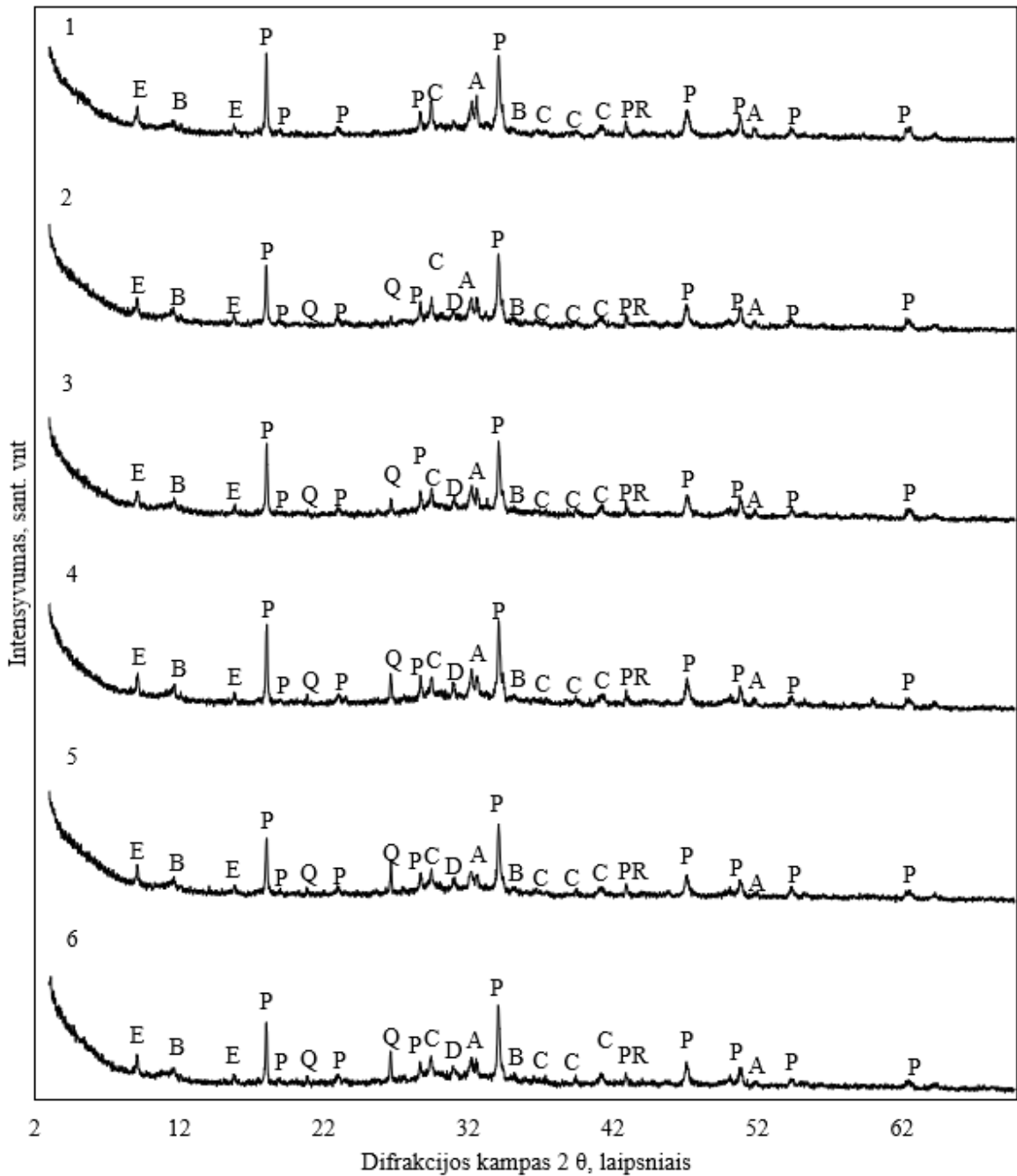


**10 pav.** Cemento bandinių, su skirtingu priedo kiekiu po 7 dienų hidratacijos RSDA analizės, kreivės: 1 – CEM, 2 – su 5% MŽM priedo, 3 – su 10% MŽM priedo, 4 – su 15% MŽM priedo, 5 – su 15% ŠM priedo, 6 – su 20% MŽM priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); C – kalцитas ( $\text{CaCO}_3$ ); E – etringitas ( $\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ); B - braunmileritas ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_5$ ); P – portlanditas ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ); A – alitas ( $\text{C}_3\text{S}$ ); PR – periklazas ( $\text{MgO}$ ); D – dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).



**11 pav.** Cemento bandinių, su skirtingu priedo kiekiu po 28 dienų hidratacijos RSDA analizės, kreivės: 1 – CEM, 2 – su 5% MŽM priedo, 3 – su 10% MŽM priedo, 4 – su 15% MŽM priedo, 5 – su 15% ŠM priedo, 6 – su 20% MŽM priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); C – kalcitas ( $\text{CaCO}_3$ ); E – etringitas ( $\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ); B - braunmileritas ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_5$ ); P – portlanditas ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ); A – alitas ( $\text{C}_3\text{S}$ ); PR – periklazas ( $\text{MgO}$ ); D – dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).



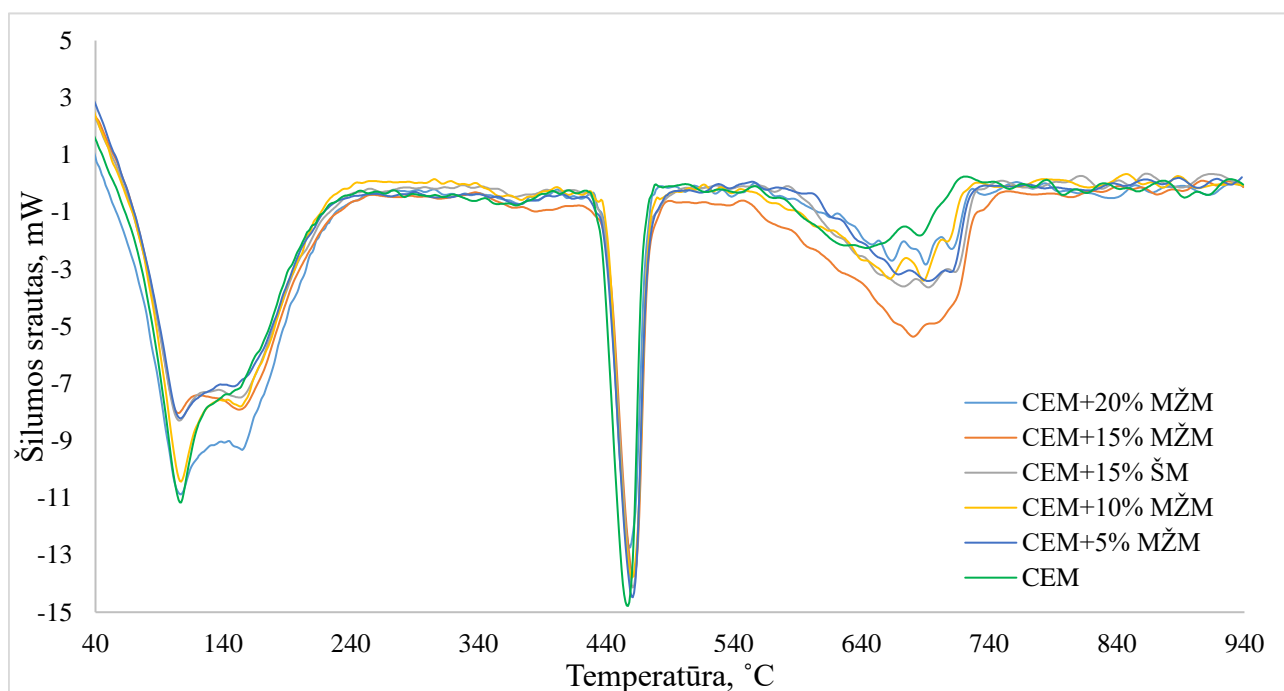


**12 pav.** Cemento bandinių, su skirtingu priedo kiekiu po 90 dienų hidratacijos RSDA analizės, kreivės: 1 – CEM, 2 – su 5% MŽM priedo, 3 – su 10% MŽM priedo, 4 – su 15% MŽM priedo, 5 – su 15% ŠM priedo, 6 – su 20% MŽM priedo. Žymenys: Q – kvarcas ( $\text{SiO}_2$ ); A – anortitas ( $(\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8))$ ); C – kalцитas ( $\text{CaCO}_3$ ); E – etringitas ( $\text{Ca}_6(\text{Al}(\text{OH})_6)_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ); B - braunmileritas ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_5$ ); P – portlanditas ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ); A – alitas ( $\text{C}_3\text{S}$ ); PR – periklazas ( $\text{MgO}$ ); D – dolomitas ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).

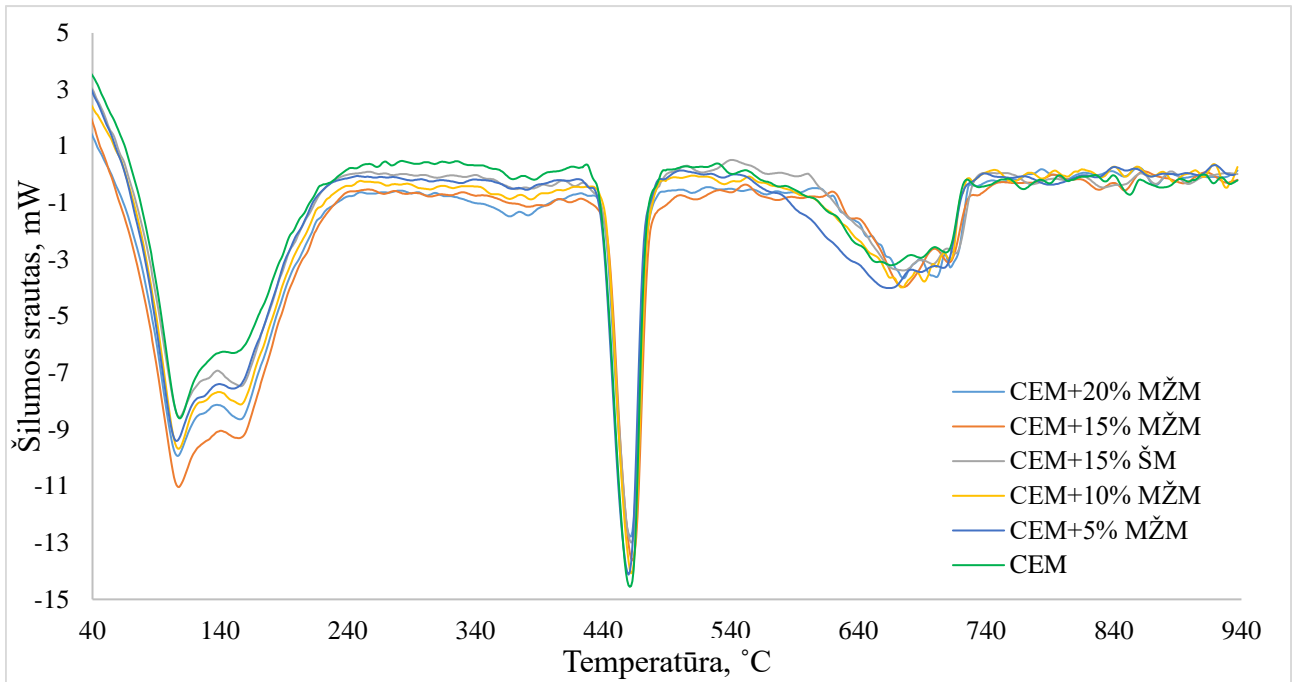
Atlikus hidratuotų bandinių STA analizę, DSK kreivėse (13-15 pav.) matomos trys endoterminės smailės. Pirmoji, identifikuojama 90–200°C temperatūroje ir yra susijusi su daugelio cemento hidratų (daugiausia su kalcio hidrosilikatų) dehidratacija. Antroji smailė (440 – 480 °C) identifikuoja  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  skilimą, o trečioji, matoma ~ 600 – 750 °C temperatūros intervale, yra susijusi su  $\text{CaCO}_3$  skilimu.

Lyginant tarpusavyje DSK analizės kreives galima pastebėti, kad  $\text{Ca(OH)}_2$  skilimą identifikuojančių smailių intensyvumas didžiausias yra bandiniuose be priedų (kartu su degto Šaltiškių molio priedu) ir, ilgėjant hidratacijos trukmei iki 90 parų, jų intensyvumas auga. Tuo tarpu visuose bandiniuose su MŽM priedu, ilgėjant hidratacijos trukmei nuo 7 iki 90 parų, portlandito skilimą apibūdinančių smailių intensyvumas nuosekliai mažėja.

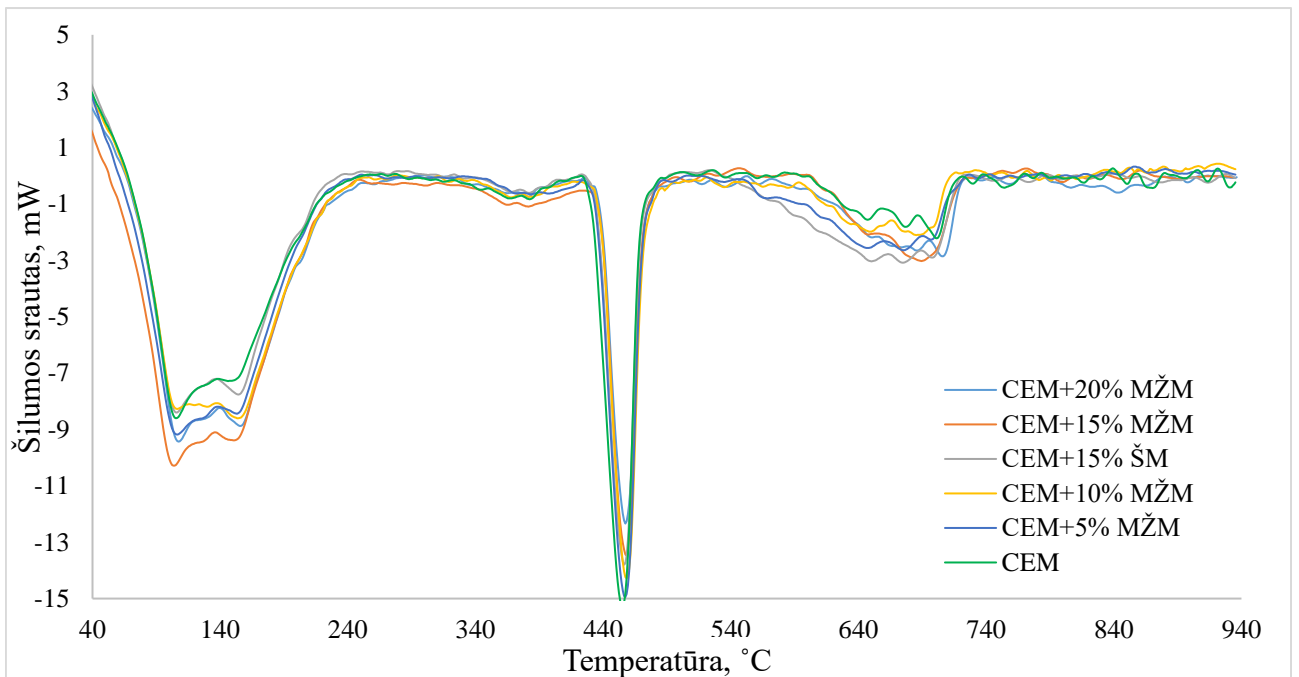
Svarbu pažymėti, kad kitoks vaizdas DSK kreivėse matomas pagrindinių cemento hidratų dehidratacijos zonoje 100 – 200 °C temperatūroje. Po 7 parų hidratacijos, ši smailė intensyvesnė yra bandinyje be priedų, tačiau ilgesniu bandinių hidratacijos periodu (nuo 28 iki 90 parų), šios smailės yra intensyvesnės bandiniuose su MŽM priedu, o intensyviausios yra bandiniuose su 5–15% priedo. DSK analizės duomenys sudaro prielaidas teigti, kad bandiniuose su MŽM priedu pastebima pucolaninė reakcija.



**13 pav.** Bandinių, hidratuotų 7 paras, DSK analizės kreivės.

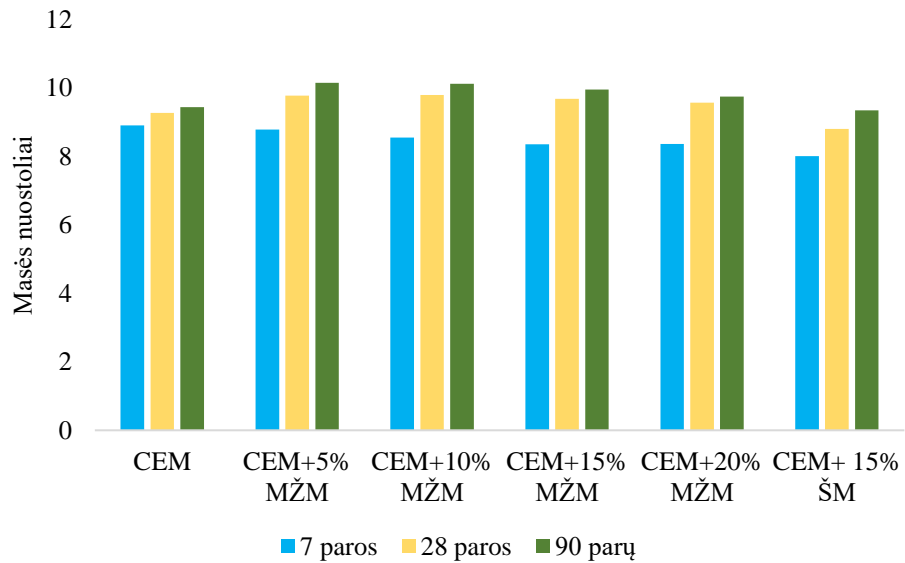


**14 pav.** Bandinių, hidratuotų 28 paras, DSK analizės kreivės.

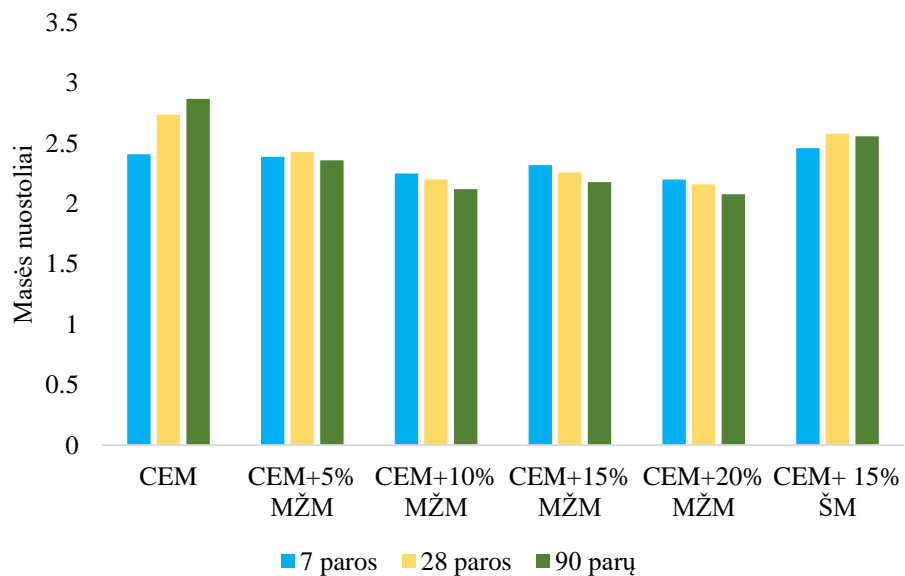


**15 pav.** Bandinių, hidratuotų 90 parų, DSK analizės kreivės.

Šias prielaidas patvirtina termogravimetrinės analizės duomenys. Masės nuostolių kitimas 90–200°C temperatūros zonoje pateikiamas 16 pav., o masės nuostolių kitimas portlandito ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) skilimo metu (440–480°C) – 17 pav.



**16 pav.** Masės nuostolių kitimas 90–200°C temperatūros intervale.



**17 pav.** Masės nuostolių kitimas 440 – 480 °C temperatūros intervale (portlandito skilimo metu)

Kaip matyti iš pateiktų grafikų, masės nuostoliai portlandito skilimo metu bandiniuose su MŽM priedu, ilgėjant hidratacijos trukmei nuo 7 iki 90 parų, mažėja, o masės nuostoliai 90 – 200 °C temperatūroje – auga ir yra didesni, nei bandinyje be priedų. Šie duomenys rodo, kad bandiniuose su MŽM priedu vyksta pucolaninė reakcija, kurios metu yra sunaudojamas portlanditas, o didesni masės nuostoliai bandinių dehidratacijos metu 100 – 200 °C temperatūroje yra susiję su naujai susidarančių hidratų (kalcio hidrosilikatų) kiekio didėjimu. Pucolaninės reakcijos išdavoje susidaręs didesnis naujų hidratų (kalcio hidrosilikatų) kiekis padidina bendrą cemento bandinių stiprumą, kuris matomas stiprio gniuždant grafike (9 pav.) ir leidžia tirtuoju MŽM priedu pakeisti 15 % portlandcemenčio klinkerio.

### 2.2.5. Tiriamosios dalies išvados

Pirmajame tiriamojo darbo etape buvo nustatytas skirtingais santykiais sumaišytų smektitinio molio atliekos ir Šaltiškių molio mišinio pucolaninis aktyvumas, išdegus mišinį 600 °C, 700 °C, 800 °C temperatūroje. Pucolaninis aktyvumas buvo didžiausias 800 °C temperatūroje išdegto mišinio, maišant 50 % SMA ir 50 % ŠM. Siekiant užtikrinti, kad žaliavos cemento priedo gamybai nepritrūks, tolimesniems tyrimams pasirinktas 30 % SMA ir 70 % ŠM mišinys, išdegtas 800 °C.

Pasirinktos sudėties modifikuotas žėrutinis molis (MŽM) buvo maišomas su portlandcemenčiu, dedant 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, taip pat portlandcementis buvo maišomas su 15 % Šaltiškių molio. Atlikus bandinių stiprio gniuždant tyrimus po 7, 28 ir 90 parų hidratacijos nustatyta, kad MŽM priedas teigiamai įtakoja portlandcemenčio stiprumines savybes. Atlikus RSDA ir DSK–TG analizes nustatyta, kad bandiniuose su MŽM vyksta pucolaninė reakcija, dėl kurios didėja bandinių stiprumas.

Nustatyta, kad MŽM priedu galima pakeisti 15 % portlandcemenčio klinkerio, nepabloginant portlandcemenčio savybių ir šios sudėties cementas pasirinktas gamybos projektavimui.

### **3. Inžinerinė dalis**

#### **3.1. Technologiniai sprendimai**

##### **3.1.1. Naudojamų žaliavų ir produktų charakteristikos bei reikalavimai**

Naudojamų žaliavų – Šaltiškių telkinio žerutinio molio ir smektitinio molio atliekos charakteristikos pateiktos 2.1, 3.1 ir 3.2 skyriuose. Šaltiškių telkinio žerutiniame molyje bendras  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ir  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kiekis turi būti ne mažesnis nei 65 %, o smektitinio molio atliekoje organinių priemaišų turi būti ne daugiau kaip 20 %.

Gauto produkto pucolaninis aktyvumas turi būti ne mažesnis nei 420 mgCaO/g, aktyvumą nustatant pagal NF P 18-513 standartą.

##### **3.1.2. Gamybos būdo parinkimas**

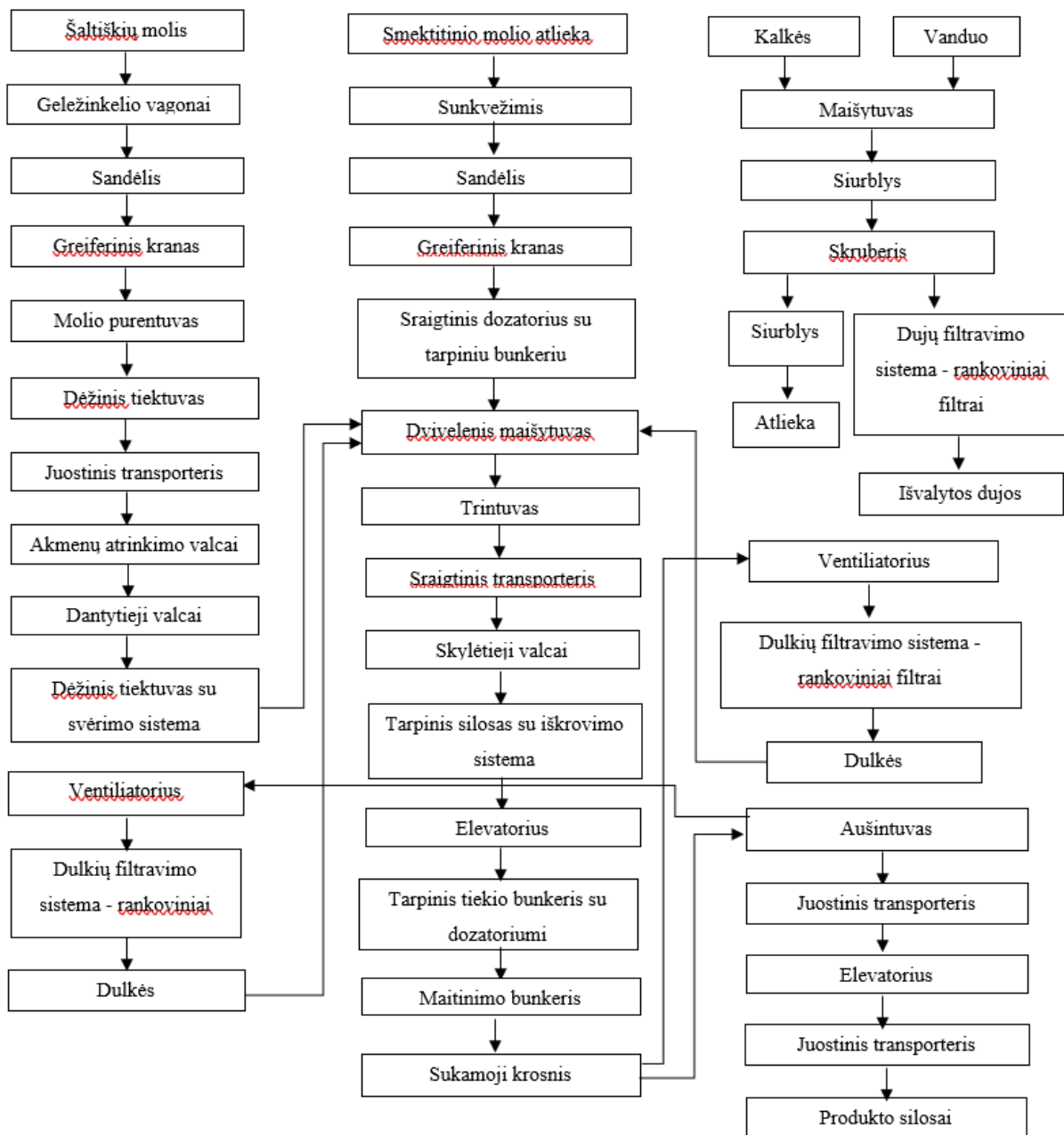
Buvusios AB „Naujasis kalcitas“ gamyklos teritorijoje įrengiamas naujas sudėtinio cemento priedo gamybos cechas. Buvusi AB „Naujasis kalcitas“ įmonės teritorija įsikūrusi Akmenės rajone, Ventos mieste, Statybininkų g. 9. Anksčiau gamykloje buvo gaminamos orinės kalkės. Pasirinktas sklypas turi reikiamas komunikacijas - vandentiekį, elektrą, gamtines dujas. Sklypas yra arti (~ 10 km) Šaltiškių molio karjero ir turi geležinkelio bėgius iki jo. Planuojamas naujo cecho našumas – 130000 tonų per metus. Sklype bus projektuojamas naujas gamybinis pastatas, kuriame bus gamybinis cechas su pagalbinėmis patalpomis.

##### **3.1.3. Technologinės schemos parinkimas, jos aprašymas**

Priedo cementui gamybai naudojamas Šaltiškių molis atvežamas savivarčiuose geležinkelio vagonuose į gamyklos teritoriją ir išverčiamas į sandėliavimo talpyklą. Iš talpyklos greiferiniu kranu molis tiekiamas į molio purentuvą, vėliau patenka į dėžinį tiektuvą. Iš dėžinio tiektuvo juostiniu transporteriu molio gabalai patenka į akmenų atrinkimo valcus, kuriuose molis vidutiniškai smulkinamas ir pašalinami akmenys. Po akmenų atrinkimo valcų molis galutinai susmulkinamas dantytuose valcuose. Susmulkintas molis tiekiamas į dėžinį tiektuvą su svėrimo sistema, kurio paskirtis tolygiai, vienodais kiekiais tiekti paruoštą molį į dvivelenį maišytuvą.

Smektitinio molio atlieka (SMA) transportuojama iš kelių aliejaus gamyklų Lietuvoje dengtais savivarčiais sunkvežimiais. Medžiaga atvežama ir išverčiama į SMA sandėlį, iš kurio greiferiniu kranu tiekiamas į sraigtinį dozatorių su tarpiniu bunkeriu, iš kurio tolygiai, vienodais kiekiais tiekiamas į dvivelenį maišytuvą, kur jis sumaišomas su Šaltiškių moliumi. Į maišytuvą taip pat tiekiamos dulkės, kurios buvo nusodintos iš valomųjų technologinio proceso dujų. Žaliavų mišinys, kurio drėgmė yra apie 20 %, toliau tiekiamas į trintuvą. Iš trintuvo homogenizuotas ir sutrintas mišinys sraigtiniu transporteriu tiekiamas į skylėtus valcus, kur suformuojamos granulės. Granulės patenka į tarpinį silosą, tuomet yra pakeliamas elevatoriumi į tarpinį bunkerį. Iš tarpinio bunkerio išbyra į maitinimo bunkerius, kurie tiekia įkrovą į sukamąją degimo krosnį. Krosnyje įkrova degama 800 °C temperatūroje 60 min. Išdegta medžiaga išbyra į aušintuvą, kuriame nuo maždaug 400 °C temperatūros atvėsinama aplinkos oru iki 35 – 45 °C. Įkaitusio oro srautas nukreipiamas į krosnį, o atvėsinta medžiaga elevatoriumi tiekiamas ant juostinio transporterio ir patenka į du silosus produktui. Po degimo sukamojoje krosnyje atidirbusios dujos ventiliatoriais tiekiamos į dulkių filtravimo sistemą- rankovinius filtrus, čia atskiriamos dulkės, kurios sumaišomos su žaliavomis dviveleniame maišytuve. Iš dulkių filtravimo sistemos atidirbusios 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 patenka į rankovinius filtrus, po jų patenka į aplinką. Iš dviejų silosų produktas parduodamas vartotojui. Technologinė principinė schema pateikiama 18 pav.



18 pav. Technologinė principinė schema

### 3.2. Gamybos apimtys ir medžiagų balansas

#### Gamybos cecho darbo režimas:

Priedo portlandcemenčiui gamybos cechas dirbs visus metus, planuojamas pagamintos produkcijos kiekis – 130 000 t. Sukamosios krosnies darbinis apkrovimas – 159882,8 t. Sukamosios krosnies našumas 20 t/h, esant tokiam našumui gamyba vyks darbo režimu, nurodytu 3 lentelėje.

**3 lentelė. Darbo režimo duomenys**

Darbo dienų skaičius metuose	333
Mėnesių skaičius metuose	11
Savaitių skaičius metuose	48
Valandų skaičius metuose	7992
Pamainų skaičius per parą	3
Darbo trukmė valandomis pamainoje	8
Darbo dienų skaičius savaitėje	7

Darbo režimo duomenys yra apskaičiuoti pagal sukamosios krosnies našumą, kuris lygus 480 t/ parą. Esant tokiam našumui gamyba vyks 11 mėnesių per metus, 1 mėnesis skiriamas įrengimų profilaktinei priežiūrai ir remontui. Gamybos procesas nepertraukiamas, darbuotojai dirbs 8 valandų pamainomis.

**Gamybos nuostolių atskirose gamybos stadijose skaičiavimas:**

Produkto sandėliavimo skyriuje susidaro 1 % nuostolių, vadinasi reikalingas produkto kiekis per metus:

$$\text{Viso: } 130000 \cdot \frac{100}{100-1} = 131313,1 \text{ t/metus;} \quad (1)$$

$$\text{SMA: } 131313,1 \cdot 0,30 = 39393,9 \text{ t/metus;} \quad (2)$$

$$\text{ŠM: } 131313,1 \cdot 0,70 = 91919,2 \text{ t/metus.} \quad (3)$$

**4 lentelė. Priedo sandėlio balansas**

Degimo skyrius	Matavimo vienatai	Sąnaudos per				
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
SMA	t	39393,9	3581,3	118,3	39,4	4,9
ŠM		91919,2	8356,3	276,0	92,0	11,5
Viso		131313,1	11937,6	394,3	131,4	16,4

Degimo proceso metu išdega dalis medžiagų esančių tiek SMA tiek ŠM sudėtyje. Pagal kiekvienos medžiagos vienalaikės terminės analizės tyrimus, nustatyta, kad 800 °C temperatūroje SMA 31,38 % netenka masės dalies, o ŠM 10,30 % masės dalies.

Galutinis produkto kiekis per metus patenkantis į sandėlį yra 131313,1 t, o priedo sudėtyje yra 30 % SMA, vadinasi prieš degimą žaliavų kiekis turi būti:

$$\text{SMA: } 131313,1 \cdot \frac{100}{100-31,38} \cdot 0,30 = 57408,8 \text{ t/metus;} \quad (4)$$

$$\text{ŠM: } 131313,1 \cdot \frac{100}{100-10,30} \cdot 0,70 = 102474,0 \text{ t/metus.} \quad (5)$$



**5 lentelė. Priedo degimo balansas**

Degimo skyrius	Matavimo vienatai					
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
SMA	t	57408,8	5219,0	172,4	57,5	7,2
ŠM		102474,0	9315,8	307,7	102,6	12,8
Viso		159882,8	14534,8	480,1	160,0	20,0

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

$$\text{SMA: } 57408,8 \cdot \frac{100}{100-1} = 57988,7 \text{ t/ metus;} \quad (6)$$

$$\text{ŠM: } 102474,0 \cdot \frac{100}{100-1} = 103509,1 \text{ t/ metus.} \quad (7)$$

**6 lentelė. Mišinio formavimo balansas**

Degimo skyrius	Matavimo vienatai					
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
SMA	t	57988,7	5271,7	174,1	58,0	7,3
ŠM		103509,1	9409,9	310,9	103,6	13,0
Viso		161497,8	14681,6	485,0	161,6	20,3

Žaliavų paruošimo skyriuje susidaro skirtingi medžiagų nuostoliai, dėl ilgesnio proceso Šaltiškių molio paruošimo nuostoliai yra 1 %, o smektitinio molio atliekos paruošimo nuostoliai yra 0,5 %. Galutinis žaliavų kiekis turi būti:

$$\text{SMA: } 57988,7 \cdot \frac{100}{100-0,5} = 58280,1 \text{ t/ metus;} \quad (8)$$

$$\text{ŠM: } 103509,1 \cdot \frac{100}{100-1} = 104554,6 \text{ t/ metus.} \quad (9)$$

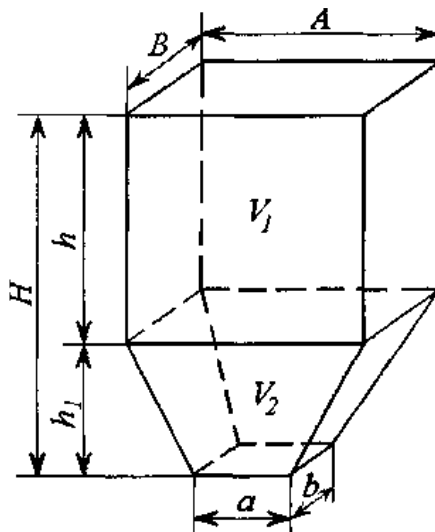
**7 lentelė. Žaliavų paruošimo balansas**

Degimo skyrius	Matavimo vienatai					
		metus	mėnesį	parą	pamainą	valandą
SMA	t	58280,1	5298,2	176,6	58,9	7,4
ŠM		104554,6	9505,0	314,0	104,7	13,1
Viso		162834,7	14803,2	489,0	163,0	20,4

**3.3. Įrenginių skaičiavimas ir parinkimas****3.3.1. Bunkeris**

Bunkeris paprastai sudarytas iš viršutinės dalies – korpuso ir apatinės dalies – smaigalio. Bunkeriai yra talpyklos, skirtos birioms medžiagoms laikyti. Geriausiai žaliavos byra per skritulio ar kvadrato formos angas ir kai sienelių nuolydžio kampas 5 – 10° didesnis už žaliavos laisvo byrėjimo kampą.

Bunkerių skaičiavimai atliekami norint teisingai pasirinkti išbyrėjimo angos ir kraštinių matmenis, pagal kuriuos projektuojamo bunkerio talpa atitiktų apskaičiuotą sandėliuojamų ir tiekiamų žaliavų našumą. Suprojektuoto bunkerio talpa negali būti mažesnė už reikalingą medžiagų laikymui talpą.



19 pav. Bunkerio schema

Skaičiuojamas tarpinis tiekimo bunkeris principinėje schemoje pažymėtas numeriu 13.

Sandėliavimo trukmė  $n = 1$  h;

Reikalingas molių mišinio tūris bunkeryje (paliekamas rezervas):

$$m = 22 \text{ t};$$

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

$$N = \frac{m}{\rho} = \frac{22}{1,6} = 13,75 \text{ m}^3. \quad (10)$$

Apskaičiuojama reikalinga bunkerio talpa:

$$V_r = \frac{N}{k_{\text{prip}}} = \frac{13,75}{0,85} = 16,18 \text{ m}^3; \quad (11)$$

čia  $N$  – vienam užpildymui reikalingas medžiagos kiekis,  $\text{m}^3$ ;  $k_{\text{prip}}$  – bunkerio pripildymo koeficientas ( $k_{\text{prip}} = 0,85$ ).

Skaičiuojami mažiausi kvadrato formos iškrovimo angos matmenys.

$$a = \frac{k \cdot (d_{\text{max}} + 80) \cdot \text{tg} \varphi}{1000} = \frac{4 \cdot (1 + 80) \cdot \text{tg} 55^\circ}{1000} = 0,46 \text{ m}. \quad (12)$$

čia  $a$  – kvadrato formos išbyrėjimo angos kraštinė,  $\text{m}^3$ ;  $d_{\text{max}}$  – didžiausių medžiagos gabaliukų skersmuo,  $\text{mm}$ ;  $\varphi$  – medžiagos laisvo byrėjimo kampas;  $k$  – koeficientas ( $k = 4$ ).

Priimu, kad bunkerio angos išbyrėjimo kraštinė bus 0,5 m, o korpuso kraštinės ilgis 2,5 m. Skaičiuojamas bunkerio smaigalio aukštis:

$$h_1 = \frac{A-a}{2} \cdot \operatorname{tg} \gamma = \frac{2,5-0,5}{2} \cdot \operatorname{tg} 55^\circ = 1,43 \text{ m.} \quad (13)$$

čia  $\gamma$  – bunkerio smaigalio sienelių nuolydžio kampas, kuris daromas 5–10° didesnis už žaliavos laisvo byrėjimo kampą  $\varphi$ .

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

$$V = V_1 + V_2. \quad (14)$$

Taisyklingos keturkampės nupjautos piramidės tūris apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot h_1 \cdot (a^2 + a \cdot A + A^2); \quad (15)$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot 1,79 \cdot (0,5^2 + 0,5 \cdot 2,5 + 2,5^2) = 4,62 \text{ m}^3. \quad (16)$$

Stačiakampio bunkerio talpą  $V_1$  sudaro jo ploto ir aukščio sandauga, priimu, kad  $h = 2$  m:

$$V_1 = A \cdot B \cdot h = 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2 = 12,5 \text{ m}^3. \quad (17)$$

Apskaičiuojama bendra projektuojama bunkerio talpa:

$$V = 12,5 + 4,62 = 17,12 \text{ m}^3. \quad (18)$$

**8 lentelė.** Tarpinio bunkerio parametrai

Korpusas $V_1$	Ilgis $A$ , m	2,5
	Plotis $B$ , m	2,5
	Aukštis $h$ , m	2
Smaigalys $V_2$	Ilgis $a$ , m	0,5
	Plotis $b$ , m	0,5
	Aukštis $h_1$ , m	1,79
Reikalinga bunkerio talpa, $\text{m}^3$		16,18
Suprojektuoto bunkerio talpa, $\text{m}^3$		17,12

### 3.3.2. Kaušinis elevatorius

Kaušiniais elevatoriais transportuojamos birios arba gabalinės medžiagos vertikalčiai arba didesniu nei 70° pasvirimo kampu.

Skaičiuojamas kaušinis elevatorius, kuris transportuos produktą 70° pasvirimo kampu į sandėliavimo bunkerį. Skaičiuosime elevatoriaus variklio galingumą keliant į sandėliavimo bunkerį. Priimu, kad kaušinio elevatoriaus aukštis bus 30 m.

Elevatoriaus kaušo našumas  $G_h$ , apskaičiuojama pagal lygtį:

$$G_h = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{a}{s} \cdot w \cdot \psi \cdot \rho = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{8}{1,5} \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1600 = 21,50 \text{ t/h;} \quad (19)$$

čia  $a$  – kaušo tūris,  $\text{dm}^3$  (pasirenkame iš intervalo 0,8–15,  $a = 8 \text{ dm}^3$ );  $s$  – žingsnis tarp kaušų, m ( $s = 1,5$ );  $w$  – kaušų judėjimo greitis, m/s (pasirenkama iš intervalo 1–2,5,  $w = 1 \text{ m/s}$ );  $\psi$  – kaušų

pripildymo koeficientas (pasirenkame iš intervalo 0,5–0,9,  $\psi = 0,7$ );  $\rho$  – transportuojamos medžiagos piltinis tankis,  $\text{kg/m}^3$ .

Skaiciuojama elektros variklio galia, įskaitant ne tik energijos sąnaudas medžiagai pakelti į reikiama aukštį  $H$ , bet ir papildomas energijos sąnaudas. Reikalinga galia traukos įtaise  $N_k$  apskaičiuojama pagal lygtį:

$$N_k = 0,0267 \cdot G_h \cdot H \cdot \left( 1 + \omega_c \cdot \text{ctg}\beta + \frac{q_t \cdot w \cdot (7,4 \cdot \omega_c \cdot \text{ctg}\beta + A)}{G_h} + \frac{k \cdot w^2}{H} \right); \quad (20)$$

$$q_t = k_1 \cdot G_h; \quad (21)$$

čia  $H$  – transportavimo aukštis, m;  $\omega_c$  – bendras pasipriešinimui judėjimo koeficientas ( $\omega_c = 0,07$ );  $\beta$  – elevatoriaus pasvirimo kampas ( $\beta = 70^\circ$ );  $A$  – koeficientas įvertinantis elevatoriaus juostos ir kaušų tipą ( $A = 1,5$ );  $k$  – koeficientas įvertinantis energijos sąnaudas kaušas pripildyti ( $k = 0,4$ );  $q_t$  – elevatoriaus judamųjų dalių vieno išilginio metro masė,  $\text{kg/m}$ ;  $k_1$  – koeficientas įvertinantis elevatoriaus tipą ( $k_1 = 0,45$ ).

$$q_t = 0,45 \cdot 21,50 = 9,68 \text{ kg/m} \quad (22)$$

$$N_k = 0,0267 \cdot 21,50 \cdot 30 \cdot \left( 1 + 0,07 \cdot 2,75 + \frac{9,68 \cdot 1 \cdot (7,4 \cdot 0,07 \cdot 2,75 + 1,5)}{21,50} + \frac{0,4 \cdot 1^2}{30} \right) = 43,44 \text{ kW} . \quad (23)$$

Skaiciuojama reikalinga elektros variklio galia  $N_v$ , atsižvelgiant į būtiną galios atsargą:

$$N_v = \frac{1,25 \cdot N_k}{\eta} = \frac{1,25 \cdot 43,44}{0,8} = 67,87 \text{ kW}. \quad (24)$$

Parenkamas 70 kW galios variklis.

### 3.3.3. Dantytieji valcai

Pavadinimas – *ROLER CRUSHER WB* (modelis parenkamas iš katalogų).

**9 lentelė.** Dantytųjų valcų specifikacija

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	t/h	60
Volų išmatavimai diametras	D	mm	460/1000
ilgis	L		700
Volų sukimosi greitis	n	aps/min	39/31
Variklio galingumas	N	kW	37/45
Matmenys	-	mm	-
Svoris	-	t	10,0

### 3.3.4. Akmenų atrinkimo valcai

Pavadinimas – *CM – 1198* (modelis parenkamas iš katalogų).

**10 lentelė. Akmenų atrinkimo valcų specifikacija**

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	m <sup>3</sup> /h	40
Volų išmatavimai diametras ilgis	D L	mm	600/1000 700
Volų sukimosi greitis	n	aps/min	440/40
Variklio galingumas	N	kW	30/13
Matmenys	-	mm	3200·2800·1300
Svoris	-	t	4,95

**3.3.5. Skylėtieji valcai**

Pavadinimas – *CM – 369A* (modelis parenkamas iš katalogų).

**11 lentelė. Skylėtųjų valcų specifikacija**

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	m <sup>3</sup> /h	40
Volų išmatavimai diametras ilgis	D L	mm	1000 640
Volų sukimosi greitis	n	aps/min	20,8/30
Variklio galingumas	N	kW	40
Matmenys	-	mm	2600·3500·1100
Svoris	-	t	6

**3.3.6. Sukamoji krosnis****12 lentelė. Sukamosios krosnies specifikacija**

Pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Našumas	Q	t/h	20
Krosnies išmatavimai diametras ilgis	D L	mm	2700 40500
Sukimosi greitis	n	aps/min	0,5/2
Variklio galingumas	N	kW	40
Matmenys	-	mm	47000·10000·12000
Svoris	-	t	6
Futeruotės medžiaga	šamotinės ir chrommagnezitinės plytos (220 mm.)		

**3.4. Aplinkosauginis vertinimas****3.4.1. Bendrieji duomenys**

Aplinkosauginio vertinimo tikslas, nustatyti modifikuoto žėrutinio molio priedo portlandcemenčiui poveikį aplinkai per visą jo būvio ciklą. Per metus bus pagaminama 130 000 t priedo. Gaminiui bus

naudojamos dvi pagrindinės žaliavos – smektitinio molio atlieka ir Šaltiškių molis. ŠM nėra toksiškas aplinkai, o SMA savo sudėtyje turi įvairių organinių priedų, tačiau jo toksiškumas ir sudėtis nėra pilnai ištirti šiame darbe.

Gamybos cechą įsikūręs Ventos mieste, šiaurės rytinėje miesto dalyje. Gamybinio cecho sanitarinės zonos ribose yra keletas sodybų. Pietryčių pusėje sanitarinė zona ribojasi su Ventos regioniniu parku. Artimiausias miestas – Akmenė, už 7 kilometrų į šiaurės rytus. Sanitarinės apsaugos zona (SAZ) – 1000 metrų.

### 3.4.2. Naudojamos žaliavos ir gaunamas produktas

**13 lentelė.** Gaunamas produktas, sunaudojamos medžiagos

Pavadinimas (asortimentas)	Mato vnt., t, m <sup>3</sup> , vnt. ir kita	Kiekis per metus, t
Žaliavos		
Smektitinis molis	t	58280,1
Šaltiškių molis	t	104554,6
Produktas		
Portlandcemenčio priedas	t	130 000

Energijos ištekliai reikalingi metams, užtikrinti numatytos apimties gamybą. Gamtinės dujos naudojamos visu krosnies veikimo metu, tačiau esant stabiliam gamybos procesui, kuomet reikalinga tik palaikyti degimo režimą, gamtinių dujų sunaudojama mažiau.

Vandens atsargos cechui tiekiamos iš turimos talpyklos, kuri iš gręžinio yra papildoma pagal poreikį.

Elektros energijos sunaudojimas svyruoja priklausomai nuo metų laiko ir gamybos apimties.

Degimo krosnies šiluminė energija yra iš naujo panaudojama degimui, vykstant recirkuliacijai, kuomet dar ne pilnai išvėsus garai yra tiekiami atgal į degimo krosnies pradžių. Gamybos cechą šildomas nėra, išyla tiek, kiek šildo įrenginiai.

Gamyboje naudojamos žaliavos nėra klasifikuojamos kaip pavojingos, papildomi saugojimo reikalavimai nekeliama, medžiagos sandėliuojamos lauko sąlygomis, po stogu.

### 3.4.3. Fizikinė tarša

Gamybos metu susidaro fizikinė triukšmo tarša, kuri yra arti leistinos normos. Duomenys pateikiami 14 lentelėje.

**14 lentelė.** Fizikinė tarša darbo vietoje

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinių skleidžiamas taršos lygis	Maksimali leistina taršos norma žmogui, pagal higienos normas
Triukšmas	Sukamoji krosnis	1	70dB	85dB
Triukšmas	Dantytieji valcai	1	75dB	85dB

Įrenginių triukšmas neviršija leistinos maksimalios normos, tačiau siekiant suteikti komfortiškas sąlygas darbuotojams, yra suteikiamos asmeninės apsaugos priemonės, taip pat dirbantiems šalia triukšmingų įrenginių yra numatomos papildomos pertraukos.

**3.4.4. Atliekų tvarkymas**

Gamybos metu neišvengiamai susidaro atliekos, kurias reikia perdirbti. Modifikuoto žėrutinio molio priedo portlandcemenčiui gamybos metu susidarantių atliekų kiekiai ir perdirbimo būdai yra pateikiami 15 lentelėje.

**15 lentelė.** Atliekos, jų tvarkymas ir kiekis

Technologinis procesas	Atliekos rūšis	Preliminarus atliekų kiekis per metus, tonomis	Agregatinė būseną	Atliekų pavojingumas (0 – nepavojinga, 1 – pavojinga)	Numatomi atliekų tvarkymo būdai
Dirbtinio sudėtinio priedo cementui gamyba	Tepaluotas gruntas	1,4	Kietos dalelės	1	Priduodama teršalus šalinančioms įmonėms
	Tepaluoti skudurai	0,2	Kietas	1	Priduodama teršalus šalinančioms įmonėms
	Vanduo	2400	Skysta	0	Vandens kanalizacija
	Gamybinės atliekos	1200	Kieta	0	Panaudojamos gamybai

**3.4.5. Nuotekų teršalų balansas**

Vandens suvartojimas pateikiamas 16 lentelėje. Vanduo iš visų buitinių patalpų šalinamas į centrinę nuotekų sistemą.

**16 lentelė.** Nuotekų teršalų balansas

Nuotekų susidarymo šaltiniai	Paros nuotekų kiekis			Vidutinis metinis nuotekų kiekis, m <sup>3</sup>	Bendras metų nuotekų kiekis, m <sup>3</sup>
Buitinės patalpos	Virtuvė	0,9	m <sup>3</sup>	299,7	2630,7
	Duškai/WC	4,0	m <sup>3</sup>	1332	
	Laboratorija	3	m <sup>3</sup>	999	

### 3.4.6. Oro tarša

Didžiausią oro užterštumą dirbtinio sudėtinio cemento priedo gamybos ceche sukelia į aplinką patekęs anglies dioksidas, kuris daugiausiai išsiskiria deginant gamtines dujas. Taip pat aplinką teršia į orą patekusios kietosios dalelės, kurios susidaro ant perpylimo juostų, purentuve, trupintuve, transportuojant produktus ant transporterių ir aplink silosus.

Šių teršalų kiekį maksimaliai sumažinti yra naudojami rankoviniai filtrai. Juose surinktos dulkės yra iš naujo panaudojamos gamyboje. Kietųjų dalelių filtrai yra naudojami anglies dvideginio srautui išvalyti.

Pradinės žaliavos neapdirbtos nėra kenksmingos žmogaus sveikatai. Moliai nepasižymi dideliu dulkiškumu, o esančios priemaišos taip pat nekenksmingos. Teršalų kiekiai išmetami į aplinką pateikiami 17 lentelėje.

**17 lentelė.** Teršalų kiekis išmetamas į aplinkos orą

Taršos šaltinis	Teršalų pavadinimas	Išmetamųjų dujų (kietųjų dalelių) temperatūra	Išmetamųjų dujų tūrio debitas Nm <sup>3</sup> /s	Įrenginių veikimo trukmė h/m (metus)
Molio purentuvas	Kietosios dalelės	45 °C	-	7992
Dantytieji valcai	Kietosios dalelės	50 °C	-	7922
Sukamoji krosnis	Kietosios dalelės	120 °C	15,8	7922
	SO <sub>2</sub>	120 °C		
	CO <sub>2</sub>	120 °C		
	NO <sub>x</sub>	120 °C		
Tarpjuostiniai perbyrėjimai	Kietosios dalelės	80 °C	-	7922

### 3.4.7. Aplinkosauginio vertinimo išvados

Įvertinus planuojamos veiklos, dirbtinio sudėtinio cemento gamybos, poveikį aplinkai galima prieiti išvados, kad didžiausią žalą aplinkai daro šio proceso metu sudeginamas gamtinių dujų kiekis. Kitais aspektais veikla yra pakankamai draugiška aplinkai, dėl įdiegtų antrinio panaudojimo sprendimų.

## 3.5. Statybiniai sprendimai

### 3.5.1. Bendrieji duomenys

Buvusios gamyklos teritorijoje įrengiamas naujas modifikuoto žerutinio molio priedo portlandcemenčiui gamybos cechas. Buvusi AB „Naujasis Kalcitas“ įmonės teritorija įsikūrusi Akmenės rajone, Ventos mieste, adresu Statybininkų g. 9. Anksčiau šiame sklype buvo gaminamos kalkės. Pasirinktas sklypas turi reikiamas komunikacijas – vandentiekį, elektrą, gamtines dujas. Planuojamas naujo cecho našumas 130000 tonų cemento priedo per metus.



**18 lentelė.** Bendrieji statinio techniniai rodikliai.

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	Sklypas		
	sklypo plotas	ha	18
	statinių užimamas žemės plotas	m <sup>2</sup>	12 100
	apželdintas žemės plotas	m <sup>2</sup>	72 000
	automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt	112
	sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	1 000
2	Pastatai		
	Paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujančių žmonių skaičius, kiti rodikliai)		
	Bendras plotas:	m <sup>2</sup>	12 100
	Pagrindinis	m <sup>2</sup>	9 540
	Pagalbinis	m <sup>2</sup>	2 560
	Pagrindinio pastato tūris	m <sup>3</sup>	190 800
	Aukštų skaičius	vnt.	1
Pastato aukštis	m	20	
Pastato atsparumas ugniai (I, II, III)	MJ/m <sup>2</sup>	I	

### 3.5.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara

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

### 3.5.3. Bendrųjų statinio inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Projektuojamas gamybinis pastatas bus statomas buvusios AB „Naujasis Kalcitas“ teritorijoje greta geležinkelio bėgių ir jau esamų pastatų. Pastato ilgis L = 156 m, plotis B = 72 m, aukštis H = 20 m. Pastato statybai naudojamos plieninės konstrukcijos, kraštinės ir vidurinės kolonos, perdangos ir dengimo plokštės. Pastato kolonų tinkelio išmatavimai 6 x 6 m., su esamais padidintais tarpais pastato viduje, gamybiniam naudingajam plotui padidinti.

### 3.5.4. Orientacinis statinio naujos statybos kainos apskaičiavimas

Orientacinę statinio naujos statybos, griovimo darbų kainą galima apskaičiuoti turint statinio tūrį. Atsižvelgiama į tai, kad dalis pastato, žaliavų sandėlis, yra atvira, jai reikalingas tik stogo įrengimas, skaičiuojama stogo įrengimo kaina yra 30 % nuo pilno pastato pastatymo kainos.

**19 lentelė.** Orientacinė naujo statinio darbų kaina.

Paskirtis	Statinio tūris, m <sup>2</sup>	Kaina, Eur/m <sup>2</sup>	Statinio statybos kaina
Gamybinė patalpa	3096	350	1 083 600
Produkcijos sandėlis	1764	350	617 400
Žaliavų sandėlis	4680	105	491 400
Viso:	9540	-	2 192 400

Brėžiniai pateikiami po literatūros sąrašo.

### **3.6. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai**

#### **3.6.1. Projektavimo diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas**

Buvusios AB „Naujasis Kalcitas“ kalkių gamyklos vietoje statomas naujas, modifikuoto žerutinio molio priedo portlandcemenčiui, gamybos cechas. Projekto įgyvendinimo metu bus statomas naujas kompleksinis gamybos cechas, montuojami nauji įrengimai.

Cecho statybai investicijos bus skiriamos iš investuotojų sukauptų lėšų ir banko paskolos. Maksimali banko paskola yra 50 %. Bankas ir investuotojai dengia po 4601905,65 Eur.

Nauja įranga bus perkama pasirinkus iš katalogų, pasirenkami įrengimai bus tarpusavyje suderinami. Įrengimų vertė pateikiama 26 lentelėje. Lentelėje pateikiami pagrindiniai linijos įrengimai, priimama išvada, kad pagalbiniai įrengimai sudaro 20 % pagrindinių įrengimų vertės. Montavimo darbų kaina priimama 15 % nuo bendros įrengimų kainos. Visų pagrindinių įrengimų kiekis linijoje yra po vieną vienetą. Pagrindinė investicija yra nauja sukamoji krosnis, kurios vertė yra 2,2 mln. eurų.

Pagrindinės produkto žaliavos yra smektitinio molio atlieka ir Šaltiškių telkinio molis, Dėl patogios geografinės padėties, Šaltiškių telkinio molis yra pasiekiamas geležinkelio transportu, bėgiai tarp sklypo, kuriame bus statomas gamybos cechas, ir karjero yra nutiesti. Smektitinio molio atlieka yra gaunama nemokamai iš aliejaus gamyklų Lietuvoje, tačiau susidaro transportavimo kaštai, kurių vidutinė suma tonai yra priimama 3,6 Eur.

Pagrindinis projekto tikslas yra sumažinti išmetamo CO<sub>2</sub> kiekį į atmosferą cemento gamybos pramonėje. Cementas yra daugiausiai naudojama medžiaga planetoje, taip pat reikalaujanti didelių šiluminės energijos kiekių. Dalinis portlandcemenčio klinkerio pakeitimas yra priemonė mažinti aplinkos taršą. Naudojant kitų pramonės šakų atliekas, taip pat mažėja tų atliekų utilizavimo kaštai.

#### **3.6.2. Ilgalaikės turto vertės skaičiavimas**

Naujam projektui įgyvendinti reikalingos investicijos nustatomos atliekant skaičiavimus. Remiamasi analogiškų ar panašių objektų apytikriais sąmatinės veiklos rodikliais.

**20 lentelė.** Technologinių įrengimų vertė.

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Vertė, Eur.
1.	Molio purentuvas	170 000
2.	Dėžinis tiek tuvas	75 000
3.	Akmenų atrinkimo valcai	85 000
4.	Dantytieji valcai	135 000
5.	Dėžinis tiek tuvas su svėrimo sistema	110 000
6.	Skylėtieji valcai	90 000
7.	Dvivelenis maišytuvas	75 000
8.	Trintuvas	50 000
9.	Sukamoji krosnis	2 200 000
10.	Aušintuvas	650 000
11.	Dulkių ir dujų valymo sistemos	150 000
12.	Pagalbiniai įrengimai	758 000
13.	Montavimo darbai	682 200
14.	Viso	5 230 200
PVM dydis (21 %)		1 098 342
Viso (su PVM)		6 328 542

Toliau pateikiama ilgalaikio turto vertė, pastatų kaina apskaičiuota 7.4 skyrelyje. Duomenys pateikiami 21 lentelėje.

**21 lentelė.** Ilgalaikio turto vertė

Įrengimo pavadinimas	Vertė, Eur.
Pastatai	2 192 400
Darbo įrengimai	6 328 542
Kėlimo ir transporto priemonės	80 000
Viso:	8 600 940

Sekančioje lentelėje yra apibendrinamas finansavimo poreikis ir šaltiniai, kurie yra akcininkai ir banko paskolos.

**3.6.3. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai**

**22 lentelė.** Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	tūkst. Eur	Struktūra	tūkst. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	8600940,00	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	4601905,65
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	602869,29	2. Paskolos	4601905,65
3. Statybos, montavimo darbų kaštai		3. Kiti finansinių lėšų šaltiniai.	
4. Kiti kaštai			
Viso:	9,123,811.29	Viso:	9,123,811.29

**3.6.4. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas**

23 lentelėje yra pateikiamas apyvartinių lėšų poreikis, projekto gyvavimo metais ir pirmaisiais (0) projekto vystymosi metais.

**23 lentelė.** Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
Gamybos kaštai, Eur		8038257,22	8461323,39	8461323,39	8038257,22	7953643,98
Apyvartinių lėšų metinis poreikis, Eur.		2009564,30	2115330,85	2115330,85	2009564,30	1988411,00
Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur.		1406695,01	105766,54	0.00	-105766,54	-21153,31
Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur.	602869,29	2009564,30	2115330,85	2115330,85	2009564,30	1988411,00

**3.6.5. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos**

Pastačius portlandcemenčio priedo gamybos cechą, planuojamas jo veikimas pirmaisiais metais yra 100 %. 4 ir 5 gyvavimo metais atsižvelgiama į pradedančius dėvėtis įrengimus, galimą mažėjantį našumą. 24 lentelėje pateikiamos gamybos apimtys ir įsisavinimo koeficientas pirmaisiais penkiais projekto metais.

**24 lentelė.** Produkcijos gamybos apimties planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtys, t.
1	1,0	130000
2	1,0	130000
3	1,0	130000
4	0,98	127400
5	0,95	123500

### 3.6.6. Gamybos kaštai

#### Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Pagrindinės modifikuoto žerutinio molio priedo portlandcemenčiui žaliavos yra smektitinis molis ir Šaltiškių karjero molis. Smektitinis molis gaunamas nemokamai, tačiau kainuoja transportavimas, priimu, kad smektitinio molio atliekos transportavimo kaina yra 3,6 Eur/t.

**25 lentelė.** Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t.	Medžiagų sunaudojimo norma giminiui, t.	Medžiagos kaina, Eur/t.	Medžiagos poreikis, t.	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t.	Viso, Eur.
1 metai						
Portlandcemenčio priedas	130 000					
Smektitinis molis		0,45	3,60	58240,00	1,61	209664,00
Šaltiškių molis		0,80	6,00	104542,00	4,82	627120,00
Viso:					6,44	836784,00
1 metai						
Portlandcemenčio priedas	130000					
Smektitinis molis		0,45	3,60	58240,00	1,61	209664,00
Šaltiškių molis		0,80	6,00	104542,00	4,82	627120,00
Viso:					6,44	836784,00
2 ir 3 metai						
Portlandcemenčio priedas	130000					
Smektitinis molis		0,45	3,60	58240,00	1,61	209664,00
Šaltiškių molis		0,80	6,00	104542,00	4,82	627120,00
Viso:					6,44	836784,00
4 metai						
Portlandcemenčio priedas	127400					
Smektitinis molis		0,45	3,60	58240,00	1,61	205470,72
Šaltiškių molis		0,80	6,00	104542,00	4,82	614577,60
Viso:					6,44	820048,32
5 metai						
Portlandcemenčio priedas	123500					
Smektitinis molis		0,45	3,60	58240,00	1,61	199180,80
Šaltiškių molis		0,80	6,00	104542,00	4,82	595764,00
Viso:					6,44	794944,80

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 41 pagrindinis darbuotojas.

**26 lentelė.** Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminiai	Gamybos apimtis, t	Gamini o darbo imlumas, nh	Valandin is atlyginim as, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, nh	Darbo užmokestis, Eur			Atskaitymai VSD, GF, IDIF Eur.
					Pagrindinis	Papildomas	Bendras	
1 metai								
Priedas cementui	130000	6,72	6,70	873600	5853120	534415,30	6387535,30	114336,88
Brandos metai (2 ir 3 metai)								
Priedas cementui	130000	6,72	6,70	873600	5853120	534415,30	6387535,30	114336,88
4 metai								
Priedas cementui	127400	6,72	6,70	856128	5736058	523727,00	6259784,60	112050,14
5 metai								
Priedas cementui	123500	6,72	6,70	829920	5560464	507694,54	6068158,54	108620,04

Tiesioginės išlaidos elektros energijai pateikiamos 27 lentelėje, išlaidos elektros energijai visais projekto gyvavimo metais numatomos vienodos, nes planuojamas įrengimų variklių suminis aktyvinis galingumas nesikeis. Variklių galingumo panaudojimo koeficientas priimamas 0,8.

**27 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 – 5 metai					
375 kW	0,80	7992,0	2397600	0,09	215784

Tiesioginės išlaidos šiluminei energijai pateikiamos 28 lentelėje, išlaidos šiluminei energijai visais projekto gyvavimo metais numatomos vienodos, nes yra numatomas vienodas pagrindinio šiluminio įrenginio, sukamosios krosnies, veikimo laikas.

**28 lentelė.** Tiesioginės išlaidos šiluminei energijai

Gaminys	Gamybos apimtis, t.	Energijos sunaudojimo norma, Gkal/t.	Energijos kaina, Eur/Gkal	Energijos poreikis, Gkal	Energijos kaštai, Eur.
Portlandcemenčio priedas	130 000	0,00007	104,4	9100	950040

### Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Gamybos ceche taip pat reikalingi pagalbiniai darbininkai, vadovai, specialistai, technikai, kurie priskiriami netiesioginėms išlaidoms darbo užmokesčiui. Informacija pateikiama 29 lentelėje.

**29 lentelė.** Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas,	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
			Eur		
Pagalbiniai darbininkai	6	700,00	50400,00	902,16	51302,16
Cecho vadovai, specialistai, technikai	12	1800,00	259200,00	4639,68	263839,68
Viso:	18	2500,00	309600,00	5541,84	315141,84

Vanduo gamybos ceche bus naudojamas iš nuosavo gręžinio, todėl skaičiuojant kainą įtraukiamas tik vandens nuotekų valymas.

**30 lentelė.** Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, 1/ 1 dirb.	Poreikis metams, m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> vandens nuotekų valymo kaina, Eur.	Išlaidos vandeniui, Eur.
Šaltam vandeniui Šiltam vandeniui	50	207,00	0,72	149,04

Dėl galimo šildymo kainos augimo, netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui apskaičiuojamos atskirai projekto gyvavimo metams.

**31 lentelė.** Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui

Projekto metai	Šiluminės energijos poreikis, Gkal	Šiluminės energijos kaina, Eur/Gkal.	Išlaidos šildymui per metus, Eur	Ekspluatacinės išlaidos, . Eur	Viso išlaidų, Eur
1	20,00	30,00	600,00	90,00	690,00
2	20,00	30,01	600,20	90,03	690,23
3	20,00	30,02	600,40	90,06	690,46
4	20,00	30,03	600,60	90,09	690,69
5	20,00	30,04	600,80	90,12	690,92

Netiesioginės išlaidos apšvietimui skirtingiems projekto gyvavimo metams gaunamos lygios, nes patalpų plotas, apšvietimo norma nekis.

**32 lentelė.** Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Patalpų plotas, m <sup>2</sup>	Apšvietimo norma, W/m <sup>2</sup>	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, Eur.	Išlaidos apšvietimui per metus, Eur.	Eksplotacinės išlaidos, Eur.	Viso išlaidų, Eur.
1 – 5 matai						
9400	50	1902560,00	0,09	171230,40	25684,56	196914,96

33 lentelėje nurodoma ilgalaikio turto nusidėvėjimo suma ir likutinė vertė. Priimu, kad visų įrengimų normatyvinė eksploatacavimo trukmė yra 20 metų.

**33 lentelė.** Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, Eur	Normatyvinė eksploatacavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimo suma, Eur. metams					Likutinė vertė, Eur.
			1	2	3	4	5	
Pastatai	6328542	30	134373	129894	125415	120936	116456	1565326
Įrengimai	12157524	20	572582	543953	515324	486695	458066	3751921
Kėlimo ir transporto priemonės	80000	10	13818	12436	11054	9672	8290	24727
Viso:	18486066		720773	686283	651793	617303	582813	5341975

Netiesioginių gamybos išlaidų sąmatoje priimu, kad gamybos patalpų remontas matams kainuos 2 % pradinės pastatų vertės, o įrengimų remontas 5 % pradinės įrengimų vertės.

**34 lentelė.** Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	836784,00	836784,00	836784,00	820048,32	794944,80
Darbo užmokestis	252113,47	315141,84	315141,84	283627,66	280476,24
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	114336,88	114336,88	114336,88	112050,14	108620,04
Elektros energija	196914,96	196914,96	196914,96	196914,96	196914,96
Vanduo	149,04	149,04	149,04	149,04	149,04
Šiluminė energija	690,00	690,23	690,46	690,69	690,69
Amortizaciniai atskaitymai	720773,46	686283,42	651793,39	617303,36	651793,39
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos	360275,10	360275,10	360275,10	360275,10	360275,10
Įrengimų remontas	316427,10	316427,10	316427,10	316427,10	316427,10
Pastatų remontas	43848,00	43848,00	43848,00	43848,00	43848,00
Viso:	2121761,81	2150300,37	2115810,57	2030784,17	2032918,46

35 lentelėje pateikiami bendri, susumuoti gamybos kaštai, gaminio gamybinė savikaina.



**35 lentelė. Gamybos kaštai**

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, tūkst.Eur
Brandos stadijoje (2 – 3 metai)	
Pagrindinės medžiagos	836784,00
Energija (šiluminė, elektros)	1122667,20
Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	6387535,30
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	114336,88
Viso gamybos kaštų, Eur	8461323,39
Viso gamybos kaštų, %.	100,00
Produkcijos gamybos planas, t	130000,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	65,09
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	8038257,22
Produkcijos gamybos planas, t.	130000,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	61,83
4-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	8038257,22
Produkcijos gamybos planas, t.	127400,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	63,09
5-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur	7953643,98
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t.	123500,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	64,40

**3.6.7. Veiklos kaštai**

Toliau apskaičiuojamos ir pateikiamos veiklos sąnaudos, kurios vėliau bus įtraukiamos į gaminio kainą.

**36 lentelė. Veiklos sąnaudos**

Išlaidų rūšys	Suma, Eur
Reklama ir skelbimai	120000,00
Prekių išvežimas	175600,00
Bendrosios pardavimų sąnaudos	295600,00
Pagalbinės medžiagos	7200,00
Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	45620,00
Atskaitymai VSD, GF, IDIF	8182,00
Energija	22132,00
Amortizaciniai atskaitymai	21493,00
Paslaugos	7500,00
Komandiruotės	8800,00
Mokesčiai ir rinkliavos	23770,00
Bendrosios administracinės sąnaudos	144697,00
Viso:	440297,00

Toliau apibendrinamos veiklos sąnaudos, nurodoma veiklos sąnaudų suma tenkanti vienai tonai gaminio.

**37 lentelė. Veikos sąnaudos tenkančios gaminiui**

Rodikliai	Gaminys
Veiklos sąnaudos, Eur	440297,00
Pardavimo planas, t.	130000,00
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur.	3,39

**3.6.8. Finansinės ir investicinės sąnaudos**

Priimu, kad banko suteikta paskola yra 50 % visų finansinių šaltinių, palūkanų norma 4,5 %.

**38 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas**

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
Paskolos suma, Eur	4601905,65	4394819,89	3474438,76	2554057,63	1633676,50
Metinė palūkanų norma, proc.	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Palūkanos, Eur.	207085,75	197766,90	156349,74	114932,59	73515,44
Paskolos padengimas, Eur.	920381,13	920381,13	920381,13	920381,13	920381,13

**3.6.9. Gaminių kainos skaičiavimas**

Toliau pateikiama gaminio kaina pridėjus pelną ir planuojamos pajamos.

**39 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas**

Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina	Pajamos
				%	Eur/t.	Eur.	Eur.
1 metai							
61.83	1,59	3.39	66,81	40,00	26,73	93,51	12159895,96
2 – 3 metai							
65.09	1,52	3,39	70,00	41,00	28,70	98,69	12830136,07
4 metai							
63.09	0,90	3.46	67,45	42,00	28,33	95,78	12202751,27
5 metai							
64.40	0,60	3.57	68,56	42,00	28,80	97,36	12023788,12

Įmonės pelno (nuostolio) ataskaitoje įtraukiami visi veikiantys faktoriai ir apskaičiuojamas grynas pelnas arba nuostolis.

**3.6.10. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai**

Bendras pelnas apskaičiuojamas iš bendrojo pelno atimant veiklos sąnaudas.

**40 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, Eur.**

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	12159895,96	12830136,07	12830136,07	12202751,27	12023788,12
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	8038257,22	8461323,39	8461323,39	8038257,22	7953643,98
3. Bendras pelnas (nuostolis)	4121638,74	4368812,68	4368812,68	4164494,05	4070144,14
4. Veiklos sąnaudos	440297,00	440297,00	440297,00	440297,00	440297,00
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	3681341,74	3928515,68	3928515,68	3724197,05	3629847,14
6. Finansinė ir investicinė veikla	207085,75	197766,90	156349,74	114932,59	73515,44
6.1. Pajamos					
6.2. Sąnaudos					
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	3474255,99	3730748,79	3772165,94	3609264,46	3556331,70
8. Pelno mokestis	521138,40	559612,32	565824,89	541389,67	533449,75
9. Grynas pelnas (nuostolis)	2953117,59	3171136,47	3206341,05	3067874,79	3022881,94

P pinigų srautų (finansinės būklės) skaičiavimas pateikiamas 41 lentelėje.

**41 lentelė.** Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Rodikliai	Projekto metai					
	0	1	2	3	4	5
Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
Grynasis pelnas (nuostolis)		2953177,6	3171136,5	3206341,0	3067874,8	3022881,9
Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos		720773,46	686283,42	651793,39	617303,4	582813,22
Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	602869,3	1406695,0	105766,5	0,0	-105766,5	-21153,3
Finansinės veiklos sąnaudų eliminavimas		1127466,9	1118148,0	1076730,9	1035313,7	993896,6
Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos	-602869,3	1139729,2	2633505,3	2781403,6	5755631,0	2632952,0
Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
Ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	8600942,0					5341975,1
Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-8600942,0					5341975,1
Bendri metiniai pinigų srautai	-9203811,3	1139729,2	2633505,3	2781703,6	2755631,0	797427,1

**3.6.11. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai**

Laikas per kurį pelnas padengia investicines išlaidas vadinamas diskontuotu investicijų atsipirkimo laiku. Šis rodiklis apskaičiuojamas stebint grynujų pinigų srautus (GPS), kai suma tampa lygi nuliui arba teigiama.

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

Projekto metai	Paprasti GPS (Eur.)		Diskontuoti GPS (Eur.)	
	metiniai GPS	bendri GPS	metiniai GPS	bendri GPS
0	-9203811,29	-9203811,29	-9203811,29	-9203811,29
1	1139729,15	-8064082,14	1081208,73	-8122602,56
2	2633505,32	-5430576,82	2370008,88	-5752593,68
3	2781403,56	-2649173,26	2374584,71	-3378008,97
4	2755630,97	106457,71	2231786,28	-1146222,69
5	7974927,06	8081384,77	6127257,79	4981035,10

Toliau pateikiami pagrindiniai projekto ekonominio vertinimo rodikliai, vienas svarbiausių yra diskontuotas atsipirkimo laikas. Investicijos yra efektyvios, jei diskontuotas atsipirkimo laikas yra mažiau nei 5 metai.

**43 lentelė.** Projekto ekonominio vertinimo rodikliai

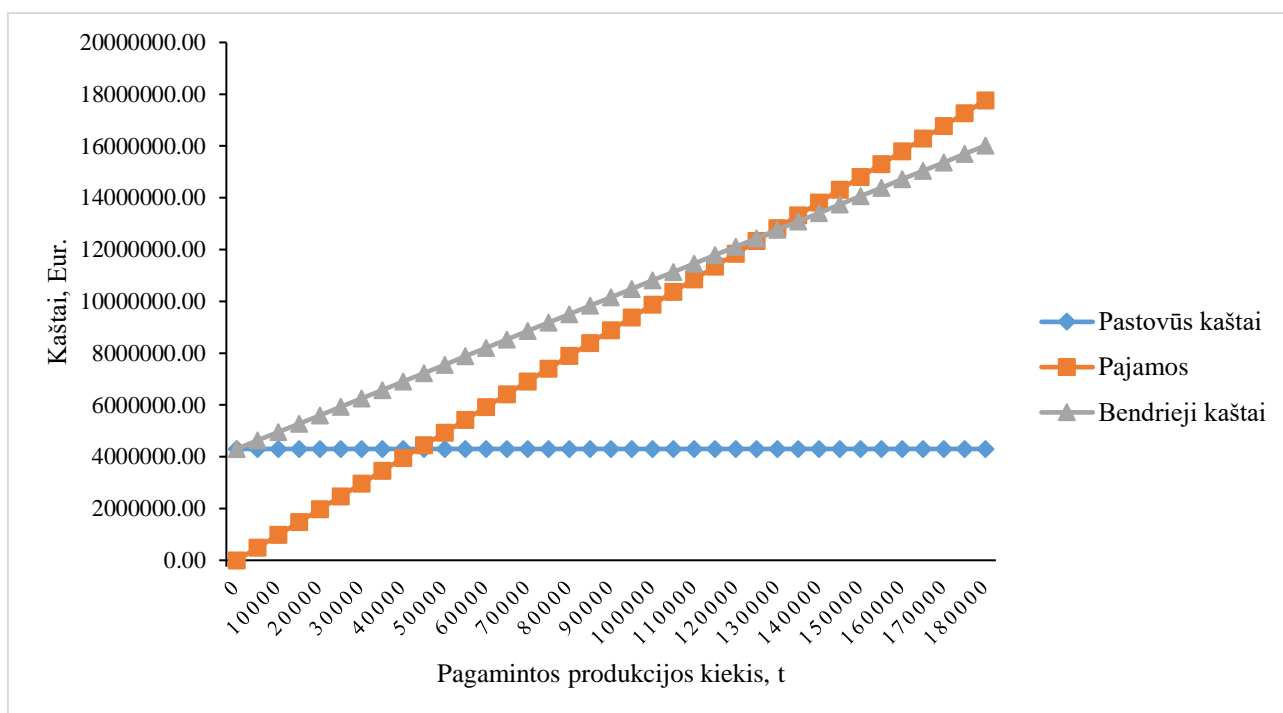
Rodikliai	Matavimo vienetai	Reikšmės
Diskontuotas atsipirkimo laikas	metai	4.19
Grynoji esamoji vertė (GEV)	Eur	4981035,10
Vidinė pelno norma (IRR)	%	18.93
Modifikuota vidinė pelno norma (MIRR)	%	14.94
Pelningumo indeksas (PI)	koeficientas	1.73

44 lentelėje pateikiamas projekto lūžio taškas. Šis rodiklis nusako, kiek tonų produkto reikia pagaminti, kad jis pradėtų nešti pelną.

**44 lentelė.** Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Gaminio pavadinimas
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui Eur	4300471,00
Gaminio kaina, Eur	98,69
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	65,09
Lūžio taškas, t.	127966
Pardavimų planas, t.	130000,00

23 paveikslėlyje pateikiamas lūžio taško grafikas.



20 pav. Lūžio taškas

Toliau pateikiamas projekto balansas, aprašomi būsimieji GPS.

45 lentelė. Projekto balansas

Projekto gyvavimo metai	0	1	2	3	4	5
0	-9203811,29	-9203811,29	-9203811,29	-9203811,29	-9203811,29	-9203811,29
1		1139729,15	1139729,15	1139729,15	1139729,15	1139729,15
2			2633505,32	2633505,32	2633505,32	2633505,32
3				2781403,56	2781403,56	2781403,56
4					2755630,97	2755630,97
5						7974927,06
Būsimieji GPS	-9203811,29	-8064082,14	-5430576,82	-2649173,26	106457,71	8081384,77

### 3.6.12. Finansinių ir ekonominių skaičiavimų išvados

Atsižvelgiant į gautus rezultatus, pagrindinius projektą apibūdinančius ekonominius rodiklius, tokius kaip investicijų atsipirkimo laikas (4,19 metų), pelningumo indeksą (1,73), lūžio tašką (127966 t), daroma išvada, kad numatomas projektas bus pelningas.

## **4. Darbuotojų sauga ir sveikata**

### **4.1. Projektuojamo objekto charakteristika**

AB „Naujasis kalcitas“ įmonės teritorija įsikūrusi Akmenės rajone, Ventos mieste, Statybininkų g. 9. Šios įmonės vietoje planuojamas naujas gamybinis cechas. Planuojamas naujo cecho našumas – 130000 tonų per metus, produktas – modifikuoto žėrutinio molio priedas portlandcemenčiui. Gamybai bus naudojamas molis iš netoliese esančio Šaltiškių telkinio ir smektitinio molio atvežama iš Lietuvos aliejaus gamyklų.

Gamybinės žaliavos ir produktas nėra kenksmingi žmogaus sveikatai, tačiau gamybos proceso metu susidaro dulkės, įrengimai triukšmingi, susidaro cheminė ir fizikinė tarša. Gamybinėje linijoje naudojami oro valymo filtrai, tačiau maža dalis dulkių, oksidų ir anglies dvideginio patenka į aplinką. Modifikuoto žėrutinio molio priedo portlandcemenčiui gamybos cecho sanitarinė apsaugos zona yra 1000 metrų [19].

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 reikalingos darbui priemonės. Darbuotojų moralei kelti įmonėje bus taikoma motyvacinė programa, skatinant 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 nustatyti/ iširti galimą ar esamą profesinę riziką darbo vietoje ir ją pašalinti, jei pašalinti neįmanoma, taikyti prevencijos priemones, efektyviausiai mažinančias riziką. Rizikos vertinimas atliekamas visose darbo vietose, tiek esančiose statinyje, tiek lauke, ar laikinose darbo vietose. Vertinant riziką atsižvelgiama į visų asmenų, esančių ir galinčių būti įmonėje ar jos padaliniuose. Vertinama nuolat dirbančių, laikinai dirbančių, atliekančių praktiką, komandiruočių asmenų, rangovų, subrangovų, lankytojų rizika.

Vertinant riziką pirmiausiai yra identifikuojami pavojai esantys darbo vietoje. Kai kuriuos pavojus nustatyti gali padėti 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 panašia veikla besiverčiančios. Darbo vietoje ir aplinkoje gali pasireikšti fizinių, fizikinių, cheminių, biologinių, ergonominių, psichosocialinių veiksnių sukelti pavojai. 46 lentelėje pateikiami rizikos veiksniai [20].

**46 lentelė.** Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ir 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
<b>Cheminiai veiksniai</b>					
Dulkės	Degimo krosnis	3 mg/m <sup>3</sup>	IPRD – 10 mg/m <sup>3</sup>	8 valandos	Naudojami rankoviniai filtrai, respiratoriai
Sieros dioksidas	Degimo krosnis	-	IPRD – 5 mg/m <sup>3</sup>	Krosnies remonto atveju	Akių, kvėpavimo takų apsaugos priemonės, pirštinės, karščiui atspari apranga
<b>Fiziniai veiksniai</b>					
Judančios įrenginių dalys	Technologiniai įrenginiai			8 valandos	Išpėjamieji ženklai, atitvarai
<b>Ergonominiai veiksniai</b>					
Fizinis darbas	Gamybinis cechasis	-	Vienkartinio rankomis keliamo svorio masė negali viršyti moterims 10 kg, vyrams 30 kg.	8 valandos	Pagalbiniai įrenginiai, periodiniai mokymai, papildomos pertraukėlės, nugaros diržai.
<b>Fizikiniai veiksniai</b>					
Elektra	Elektros įrenginiai			8 valandos	Įnulinimas, įžeminimas, 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

Lentelėje 47 pateikiami gaisrinio pavojingumo rodikliai.

**47 lentelė.** Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra °C
		apatinė	viršutinė		
Gamtinės dujos	188	5	15	537	>450

Įvertinus medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius yra nustatomas patalpų gaisrinis pavojingumas ir surašomas į 48 lentelę.



**48 lentelė.** Patalpų kategorijos pagal sprogdimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Įrengimai		
Degimo krosnis	Jeigu įrangoje yra (laikomos, perdirbamos 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 <sub>g</sub>
Patalpos		
Žaliavų sandėliai	Nedegios medžiagos ir medžiagos šaltoje būsenoje (šaldytuvuose) arba patalpos, kuriose gaisro apkrova mažesnė kaip 42 MJ/m <sup>2</sup> .	E <sub>g</sub>
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 <sub>g</sub>
Pastatai		
Gamybinis cechasis	Pastate esančių patalpų, priskiriamų D <sub>g</sub> kategorijai bendras plotas viršija 25% pastato ploto.	D <sub>g</sub>

**4.3. Saugi gamyba**

Įmonėje 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 vykti ne rečiau kaip du kartus per metus, taip pat yra privalomas pasikeitus darbo vietai ar kai pastatomas naujas įrenginys.

Darbuotojai darbo vietoje privalo dėvėti 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 supažindinti su situacijomis, kai darbo vietoje yra elektros nutekėjimas, su elektrinės saugos reikalavimais. Darbuotojams yra draudžiama palikti darbo vietą be priežiūros, kai jie yra įjungti, į juos remtis, keisti jų dalis, remontuoti nesustabdžius veikimo. Taip pat negalima stovėti ar vaikščioti po keltuonais ir judančiais įrenginiais, vykdyti krovos darbus transportavimo priemonei nesustojus.

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

labai pavojinga patalpa;

pavojinga patalpa;

normali (nepavojinga) patalpa.

Įvertinus gamybinio cecho būklę, daroma išvada, kad jis priskiriamas prie normalių (nepavojingų) patalpų, nes neturi labai pavojingoms ir pavojingoms patalpoms būdingų požymių.

Elektros įrenginių remonto darbus gali atlikti tik kvalifikuoti asmenys. Didesnė nei 0,3 A srovė ar 2 V įtampa labai smarkiai sužaloti žmogų ar net būti mirtina. Elektros įrengimai, kurių įtampa iki 1000 V yra įnulinami, o nuo 1000 V įžeminami. Turi būti patikrinama ar įrengimas įžemintas ar įnulintas tinkamai. Apie prastai izoliuotus elektros laidus darbuotojai turi nedelsiant pranešti darbų vadovui, nesiartinti prie pavojų keliančios vietos. Elektros varikliams įnulinti 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.

Modifikuoto žerutinio molio priedo portlandcemenčiui gamybos ceche pagrindinis kenksmingas veiksnys yra triukšmas, jį sukelia gamybinėse patalpose veikiantys 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:

- 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 kolektyvinės apsaugos priemonės ir išduotos asmeninės apsaugos priemonės.

Pagrindiniai triukšmo taršos sukėlėjai yra degimo krosnis (70 dBA) ir dantytieji valcai (80 dBA), darbuotojams dirbantiems netoliese šių įrengimų bus išduodamos 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, surašytos 49 lentelėje.

**49 lentelė.** Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C		Oro santykinis drėgnumas, % ne daugiau kaip	Oro judėjimo greitis m/s
		Nuolatinėse darbo vietose	Nenuolatinėse darbo vietose		
Šaltasis	Vidutinio sunkumo IIb	15-21	13-23	75	Ne daugiau kaip 0,4
Šiltasis	Vidutinio sunkumo IIb	16-27	13-23	70 (prie 25 °C)	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 apšvietos verčių santykis. Yra aštuonios regos darbų kategorijos. Gamybinės patalpos priskiriamos vidutiniškai tikslų darbų kategorijai IV. Duomenys su mažiausiomis ribinėmis vertėmis pateikiami 50 lentelėje. Gamybinėse patalpose norminė standartinė apšvieta parenkama 300 lx.

**50 lentelė.** Darbo vietų patalpų viduje apšvietos mažiausios ribinės vertės

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

#### 4.5. Gaisrinė sauga

Gaisro plitimo prevencijai planuojamos įmonės oro vėdinimo sistemoje 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. Pastatų durys atsidaro į lauką.

Koridoriuose ir ant durų bus nurodyti evakuacijos kryptį nurodantys ženklai, kurių bent vienas turi būti matomas ir prieš tai esančio evakuacijos kelio taško. Evakuacijos išėjimai ir keliai turi būti lengvai prieinami, neužkrauti, neužrakinti. Kiekvienoje patalpoje bus paruošta evakuacijos instrukcija ir planas, kurie bus pakabinti gerai matomoje vietoje. Įmonėje bus paruoštos bendrosios priešgaisrinės instrukcijos, su kuriomis bus supažindinti darbuotojai. Padalinio vadovas privalės instruktuoti darbuotojus darbo vietoje, taip bus įvadinis instruktazas.

Gaisrai skirstomi į keturias pagrindines grupes, kurias nurodomos 51 lentelėje. Taip pat lentelėje pateikiamas sąrašas medžiagų, kurios skirtos kiekvienam gaisro tipui gesinti.

**51 lentelė.** Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga [9]

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

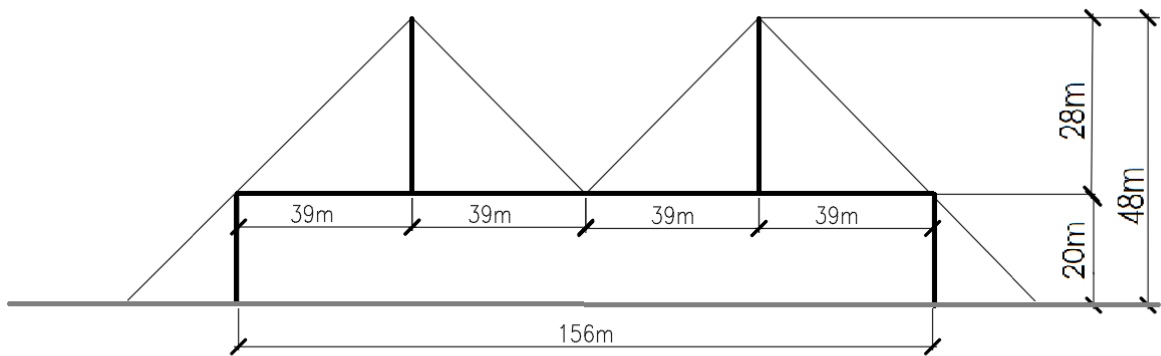
Sutartiniai ženklai: „++“ – veiksmingiausia, „+“ – veiksminga, „-“ – ne tokia veiksminga.

Projektuojamoje įmonėje gaisro gesinimo priemonėms bus atliekama periodinė patikra, užtikrinant, kad gesinimo priemonės būtų paruoštos naudojimui. Yra galimybė kad 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 ir kastuvas, 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, kuriai 600 m<sup>2</sup> reikalingas vienas 6 kg miltelinis gesintuvas. Bendras plotas yra 10080 m<sup>2</sup>, vadinasi reikalingi 17 gesintuvų.

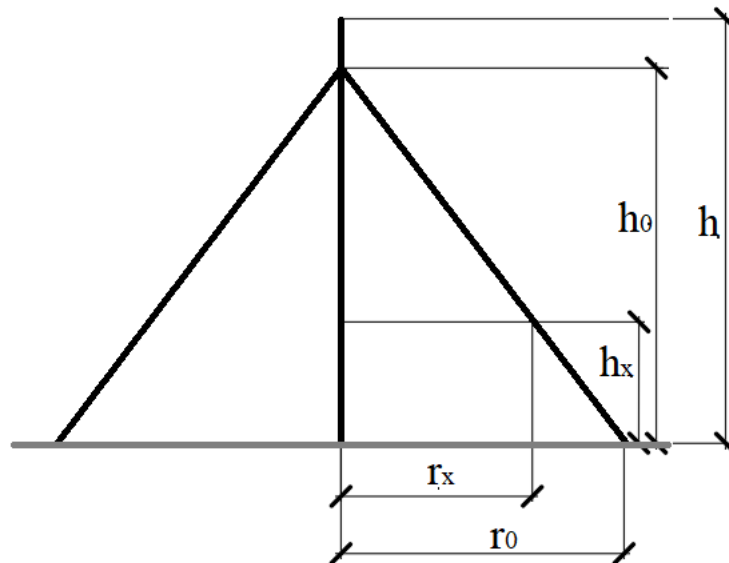
#### 4.6. Žaibolaidžio parinkimas

Norint apsaugoti priedo portlandcemenčiui gamybos cechą nuo išorinių pavojų, projektuojamas žaibolaidis, įrenginys skirtas apsaugai nuo tiesioginio žaibo pavojaus. Žaibolaidžio apsaugos zona – erdvė aplink žaibolaidį, kurioje užtikrinamas pasirinktas apsaugos patikimumas. Apsaugai parenkamas dviejų strypų strypinis žaibolaidis. Žaibolaidžio apsaugos zona yra kūgio formos. Parenkamo žaibolaidžio aukštis yra 50 metrų, pastato ilgis yra 156 metrai. Žaibolaidžiai nuo pastato galų yra nutolę per 39 metrus, o vienas nuo kito per 78 metrus. Žaibolaidžio apsaugos patikimumas pasirenkamas 95 %.



**21 pav.** Vertikalių strypų žaibo ėmiklio apsaugos zona.

Rezultatai apskaišiuojami remiantis paveiklėliu 21.



**22 pav.** Apsaugos zona 95 %,  $h$  – žaibolaidžio aukštis;  $h_0$  – apsaugos zonos konuso viršūnės aukštis;  $h_x$  – apsaugomo objekto aukštis;  $r_x$  – apsaugomos zonos riba aukštyje  $h_x$ ;  $r$  – apsaugomos zonos riba žemės paviršiuje.

$$h_0 = 0,92 \cdot h; \quad (25)$$

$$h_0 = 0,92 \cdot 50 = 46,0 \text{ m}; \quad (26)$$

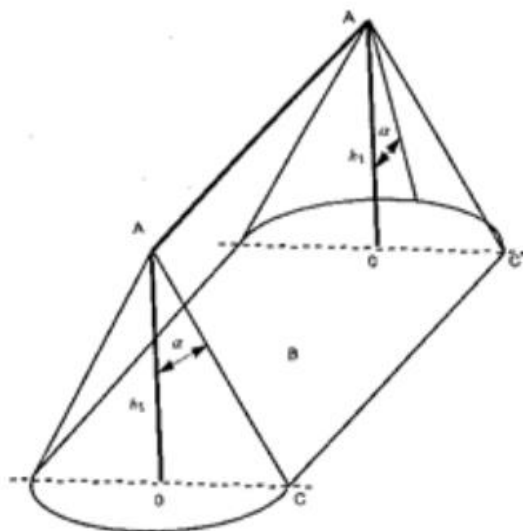
$$r_0 = 1,5 \cdot h; \quad (27)$$

$$r_0 = 1,5 \cdot 50 = 75 \text{ m}; \quad (28)$$

$$r_x = 1,5 \cdot (h - h_x/0,92); \quad (29)$$

$$r_x = 1,5 \cdot (50 - 20/0,92) = 42,39 \text{ m}. \quad (30)$$

Dviejų strypų žaibo ėmiklių apsaugos zona yra vieno strypo žaibo ėmiklių zonų suma, kai virtualios kūgio viršūnės yra kiekviename tiesės tarp strypų taške. Šis principas parodomas 22 paveikslėlyje.



**23 pav.** Dviejų strypų žaibo ėmiklių apsaugos zona.

## Išvados

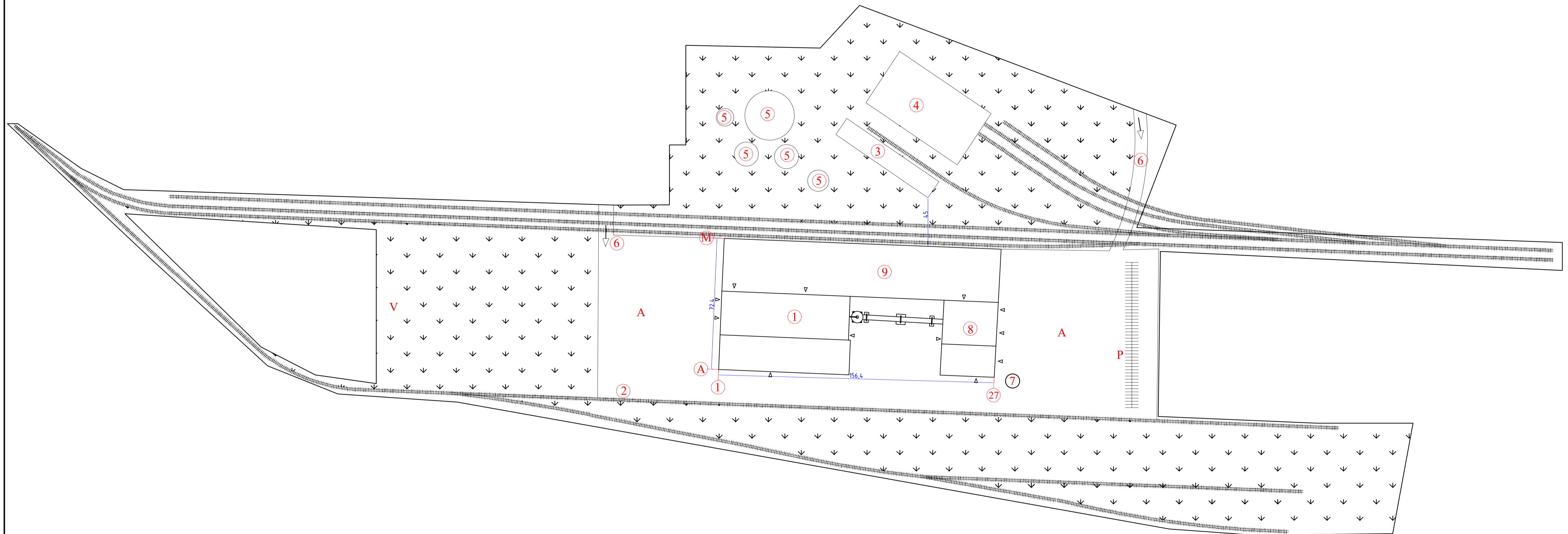
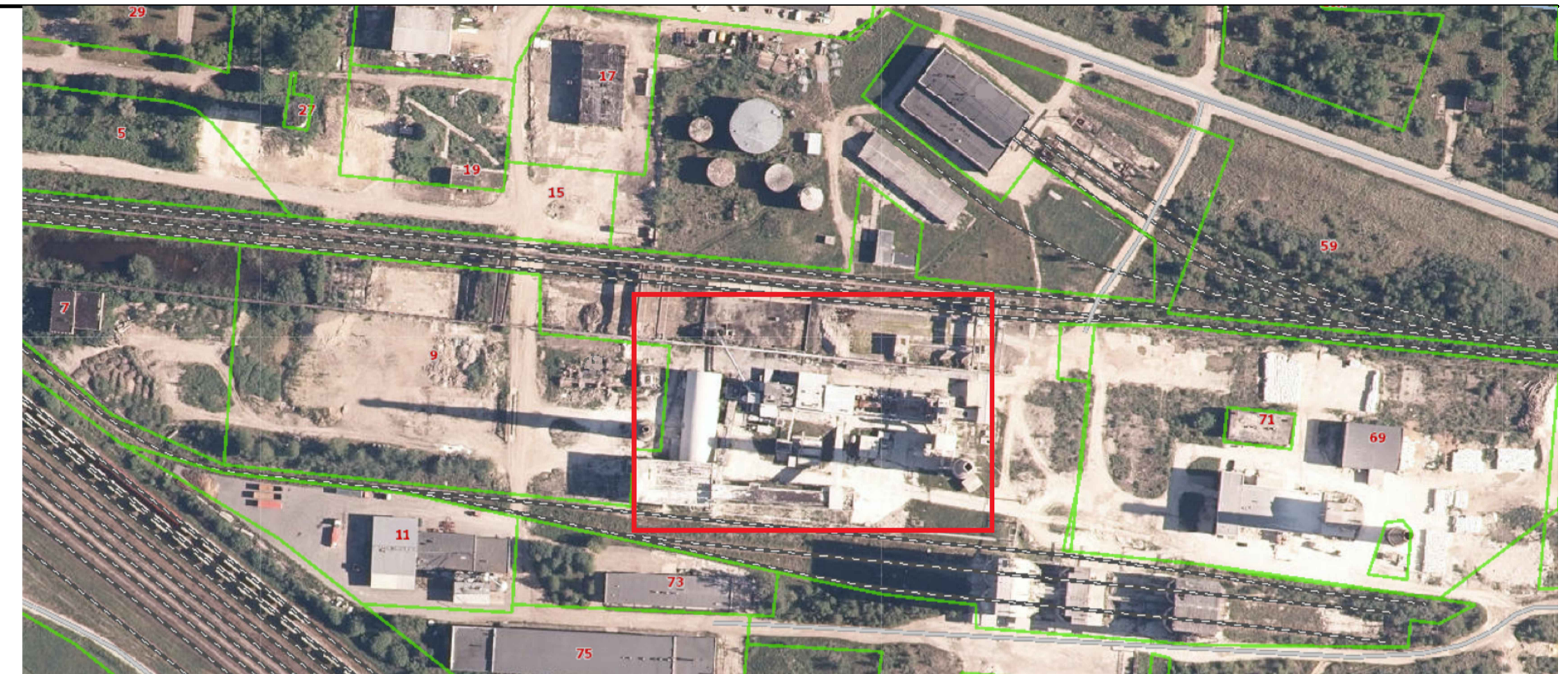
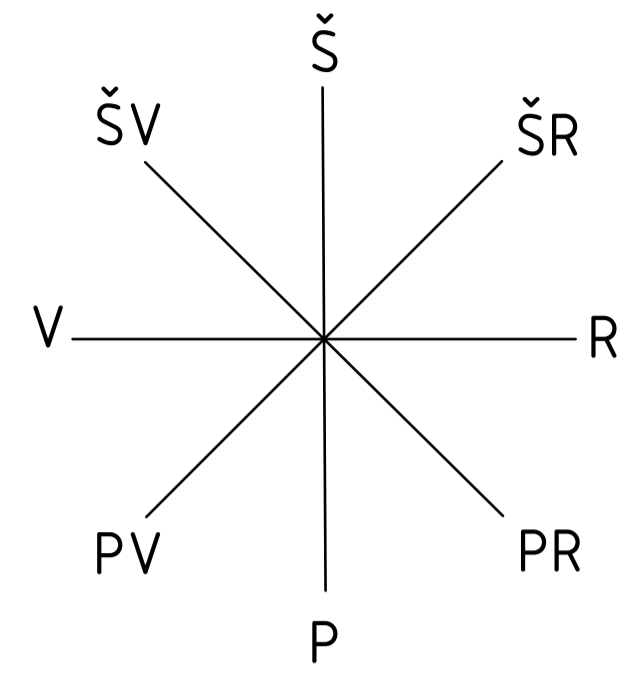
1. Pirmajame tiriamojo darbo etape buvo nustatytas skirtingais santykiais sumaišytų smektitinio molio atliekos ir Šaltiškių molio mišinio pucolaninis aktyvumas, išdegus mišinį 600 °C, 700 °C, 800 °C temperatūroje. Pucolaninis aktyvumas buvo didžiausias 800 °C temperatūroje išdegto mišinio, maišant 50 % SMA ir 50 % ŠM. Siekiant užtikrinti, kad žaliavos cemento priedo gamybai nepritrūks, tolimesniems tyrimams pasirinktas 30 % SMA ir 70 % ŠM mišinys, išdegtas 800 °C.
2. Pasirinktos sudėties modifikuotas žėrutinis molis (MŽM) buvo maišomas su portlandcemenčiu, dedant 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, taip pat portlandcementis buvo maišomas su 15 % Šaltiškių molio. Atlikus bandinių stiprio gniuždant tyrimus po 7, 28 ir 90 parų hidratacijos nustatyta, kad MŽM priedas teigiamai įtakoja portlandcemenčio stiprumines savybes. Atlikus RSDA ir DSK–TG analizes nustatyta, kad bandiniuose su MŽM vyksta pucolaninė reakcija, dėl kurios didėja bandinių stiprumas.
3. Nustatyta, kad MŽM priedu galima pakeisti 15 % portlandcemenčio klinkerio, nepabloginant portlandcemenčio savybių ir šios sudėties cementas pasirinktas gamybos projektavimui.
4. Suprojektuotas modifikuoto žėrutinio molio gamybos cechas, kurio našumas yra 130 tūkst. tonų per metus. Įvertinta darbuotojų sauga ir sveikata, atliktas aplinkosauginis vertinimas bei ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai.
5. Projektas bus pelningas, nes projekto investicijų atsipirkimo laikas 4,19 metų, pelningumo indeksas 1,73, o lūžio taškas 127966 t.

## Literatūros sąrašas

1. Martusevičius, M.; Kaminskas, R.; Mituzas, J. Rišamųjų medžiagų cheminė technologija: vadovėlis. ISBN 9955092556. Kaunas: Technologija. 2002. p. 208.
2. Raimonda Kubiliūtė, Pucolaninio priedo iš molio ir  $ALF_3$  gamybos atliekos sintezė bei įtaka portlandcemenčio savybėms, daktaro disertacija, Kaunas 2014.
3. United Nations Environment Programme. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO<sub>2</sub> cement-based materials industry. p. 49.
4. Prielgauskaitė Brigita, Aliejaus valymo atliekos- smektitinio molio priedas portlandcemenčiui. Baigiamasis magistro projektas, Kaunas, 2019.
5. Ruben Snellings, Gilles Mertens, Jan Elsen. Supplementary Cementitious Materials. Reviews in Mineralogy & Geochemistry Vol. Department of Earth and Environmental Sciences Katholieke Universiteit Leuven B-3001 Leuven, Belgium p. 74. 211-278, 2012
6. Lietuvos standartas LST EN 197-1:2001. Cementas. 1 dalis. Įprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai. Lietuvos standartizacijos departamentas. Vilnius, 2001.
7. Šiaučiūnas R. Keraminių medžiagų cheminė technologija. ISBN 978-609-02-1303-2 Kaunas: Technologija. 2017. p. 380.
8. Balnis Tomas, Dirbtinio pucolaninio priedo gamyba cementui. Baigiamasis magistro projektas, Kaunas, 2015.
9. Zenonas Valančius, Dalia Nizevičienė, Odeta Viliūnienė, Jolanta Solnyškinienė, Inga Stasiulaitienė, Magistro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai. Cheminės technologijos fakulteto Chemijos inžinerijos studijų programos magistrantams. ISBN 978-609-02-1046-8 Kaunas: Technologija. 2013. p. 80
10. Marija Vaičienė, Aktyviųjų priedų poveikis keramzitbetonio struktūrai ir savybėms, daktaro disertacija, Vilnius: Technika 2011. p. 120
11. Eva Mako, Ray L. Frost, Janos Kristof, Erzsebet Horveth. The Effect of Quartz Content on the Mechanochemical Activation of Kaolinite, Journal of Colloid and Interface Science. ISSN: 0021-9797, 2001. p. 359-364
12. Østnor, T. “Alternative pozzolans” as Supplementary Cementitious Materials in Concrete. Advanced Cementing Materials. ISBN 978-82-536-0993-5. 2007. p. 1-20
13. R. Hales, Bleaching earths. Salt of the earth, Oils Fats Int. 32 (2016) 26–31
14. Z.P. Tomic, S.B. Mladenovic, B.M. Babic, V.A. Poharc Logar, A.R. Dordevic, S. B. Cupac, Modification of smectite structure by sulfuric acid and characteristics of the modified smectite, Journal of Agriculturas Sciences. 56 (1) (2011) 25–35.
15. P. Komadel, Acid activated clays: materials in continuous demand, Journal of Applied Clay Science. 131 (2016) 84–99.
16. Kaminskas, R; Kubiliūtė, R; Prielgauskaitė, B, Smectite clay waste as an additive for Portland cement. Cement and Concrete composites. ISSN: 0958-9465. Vol 113, p. 10
17. Chakchouk A., Samet B., Mnif T. (2006). Study on the Potential Use of Tunisian Clays as Pozzolanic Material. Applied Clay Science. 33 (2). p. 79–88
18. Balandis A.; Kaminskas R.; Rupšytė E.; Vaickelionis G.; Valančienė V., Bakalauro baigiamasis darbas. Metodiniai nurodymai Cheminės technologijos fakulteto Silikatų technologijos specializacijos studentams. Mokomoji knyga. ISBN 978-9955-25-587-1. Kaunas: Technologija 2008. p. 80



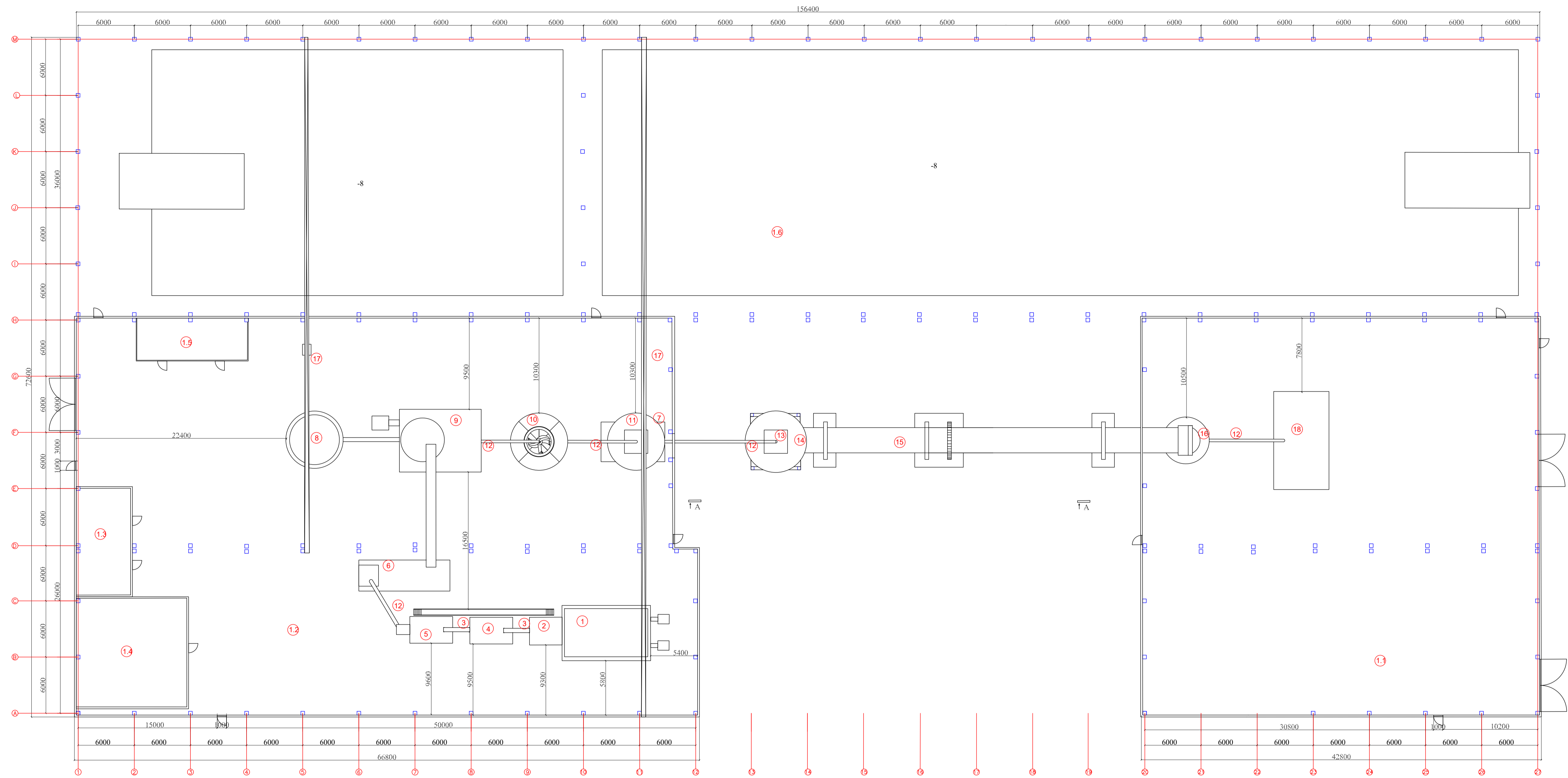
19. LIETUVOS RESPUBLIKOS SPECIALIŲJŲ ŽEMĖS NAUDOJIMO SĄLYGŲ ĮSTATYMAS. 2019 m. birželio 6d. Nr. XIII-2166, Vilnius TAR, 2019-06-19, Nr. 9862.
20. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126-6350.
21. Žaibas. Apsauga nuo žaibo. Monografija. Baublys J.; Jankauskas P.; Markevičius L.; Morkvėnas A. ISBN 9986-858-28-3. AB „Lietuvos energija“, 2006.
22. HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametru norminės vertės ir matavimo reikalavimai".
23. HN 98: 2000 „Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“.
24. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970).
25. 23.Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 39-1878 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr.: 124 -6254).
26. 28.HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
27. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
28. Darbuotojų apsaugos nuo cheminių veiksnių darbe nuostatai. Valstybės žinios, 2001, Nr.65-2396; (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2005, Nr.55-1907).
29. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr. 118-5970, Nr. 124).
30. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
31. Ptaček, P., Frsjkorovs, F., Šoukal, F., Opravil T. Kinetics and mechanism of three stages of thermal transformation of kaolinite to metakaolinite, Journal of Powder Technology. ISSN: 0032-5910, 2014, Vol. 264, p. 439-445.



Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Gamybinės patalpos
2	Bėgiai
3	Laboratorija
4	Administracinės ir sandėliavimo patalpos
5	Vandens talpykla
6	Asfaltuotas kelias
7	Kaminas
8	Produkcijos sandėlis
9	Žaliavų sandėlis

Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo
1	Asfaltas	A
2	Veja	V
3	Stovėjimo aikštelė	P

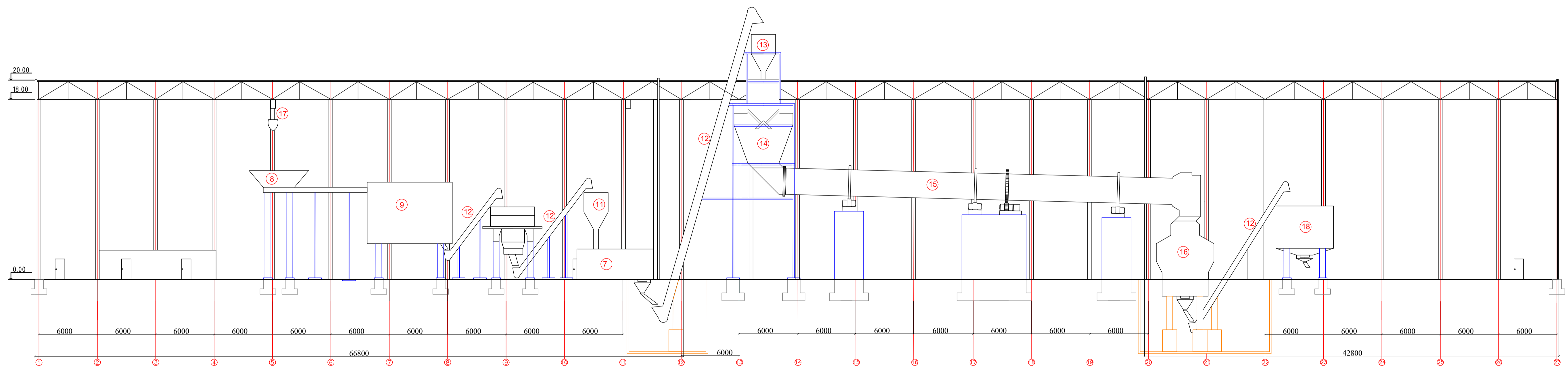
Grupė		KTU cheminės technologijos universitetas	Magistro baigiamasis darbas
TMC-9	Projektavė	K. Laskevičius	Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žėrutinio molio
	Vadovas	R. Kaminskas	
	Konsult.	D. Viliūnienė	
	Recenzentas	Barauskas	
			Sklypo planas
Silikatu technologijos katedra			Laida
MBD LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			0
			Lapas
			Lapu
			1
			1



Įrenginių eksplikacija			
Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Molio purentuvas	1	1
2	Dėžinis tiek tuvas	2	1
3	Juostinis transporteris	3	1
4	Akmenų atrinkimo valcai	4	1
5	Dantytieji valcai	5	1
6	Dėžinis tiek tuvas su svėrimo sistema	6	1
7	Skylėtieji valcai	7	1
8	Sraigtinis dozatorius su tarpiniu bunkeriu	8	1
9	Dvivelenis maišytuvas	9	1
10	Trintuvas	10	1
11	Tarpinis silosas su iškrovimo sistema	11	1
12	Ellevatorius	12	5
13	Tarpinis tiekimo bunkeris su dozatoriumi	13	1
14	Maitinimo bunkeris	14	1
15	Sukamoji krosnis	15	1
16	Aušintuvas	16	1
17	Greiferinis kranas	17	1
18	Produkto silosai	18	2

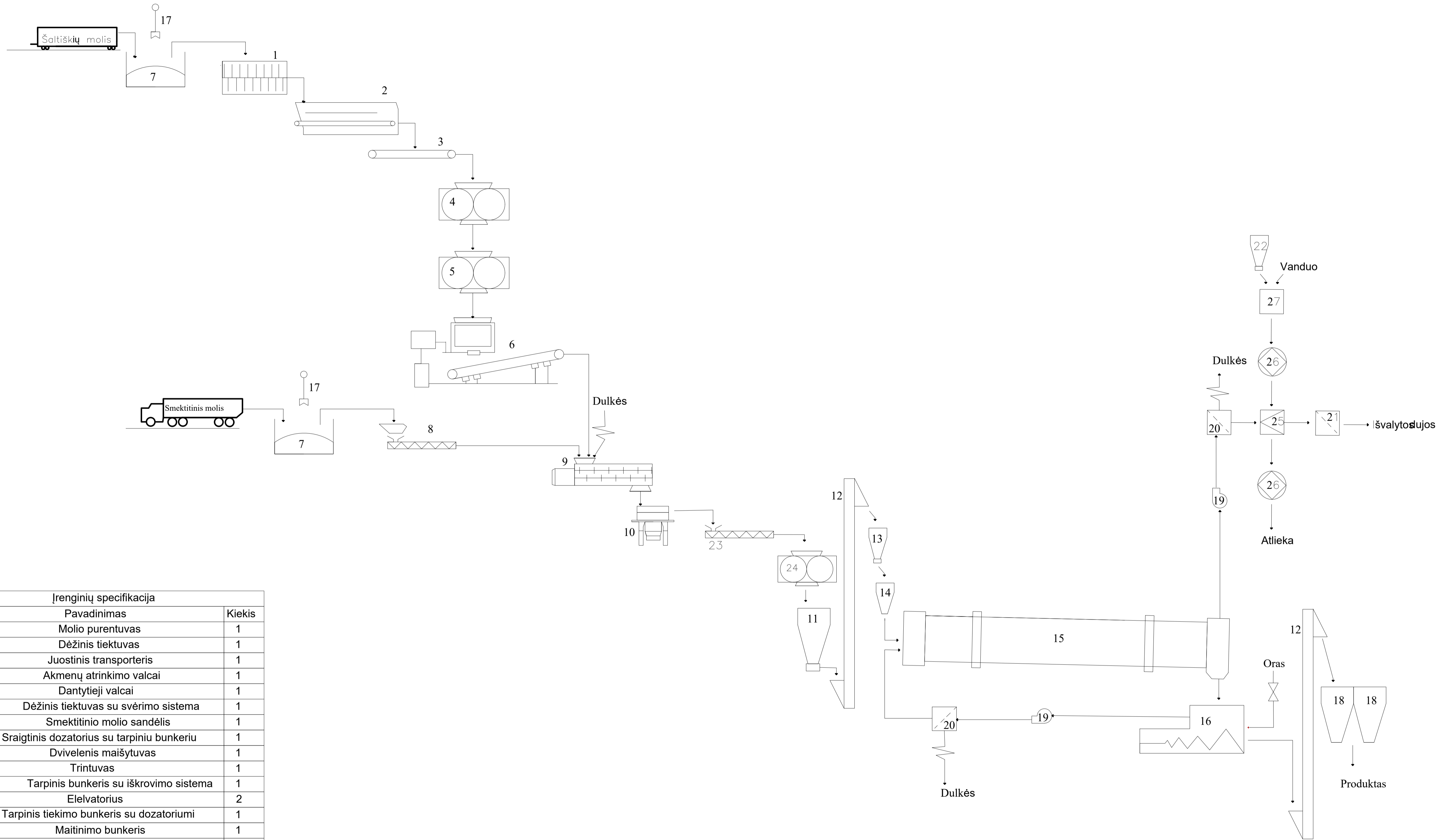
Patalpų eksplikacija			
Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Plotas, m <sup>2</sup>
1	Sandėliavimo zona	1.1	1764
2	Gamybos zona	1.2	2832
3	WC	1.3	72
4	Virtuvė	1.4	144
5	Rūbinė	1.5	48
6	Žaliavų sandėlis	1.7	4680

Grupė		KTU cheminės technologijos universitetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-9	Projektavė	K. Laskevičius		Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žerutinio molio	
	Vadovė	R. Kaminskas		Pagrindinių įrengimų išdėstymas	
	Konsult.	D. Viliūnienė		Laida	0
	Recenzantas	Barauskas		Lapai	Lapu
				1	1
Silikatu technologijos katedra				2021-MBD-CTF	
MBO LT-50254 Radvilėnu pl. 19, Kaunas					



Įrenginių eksplikacija			
Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Molio purentuvas	1	1
2	Dėžinis tiektuvas	2	1
3	Juostinis transporteris	3	1
4	Akmenų atrinkimo valcai	4	1
5	Dantytieji valcai	5	1
6	Dėžinis tiektuvas su svėrimo sistema	6	1
7	Skylėtieji valcai	7	1
8	Sraigtinis dozatorius su tarpiniu bunkeriu	8	1
9	Dvivelenis maišytuvas	9	1
10	Trintuvas	10	1
11	Tarpinis silosas su iškrovimo sistema	11	1
12	Elelvatorius	12	5
13	Tarpinis tiekimo bunkeris su dozatoriumi	13	1
14	Maitinimo bunkeris	14	1
15	Sukamoji krosnis	15	1
16	Aušintuvas	16	1
17	Greiferinis kranas	17	1
18	Produkto silosai	18	2

Grupė		KTU cheminės technologijos universitetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-9	Projektavė	K. Laskevičius		Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žėrutinio molio	
	Vadovas	R. Kaminskas			
	Konsult.	D. Viliūnienė			
	Recenzentas	Barauskas		Pagrindinių įrengimų pjūvis	
				Laida	0
Silikatu technologijos katedra				Lapai	Lapu
MBD	LT-50254	Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2021-MBD-CTF	1	1



Įrenginių specifikacija		
Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Molio purentuvas	1
2	Dėžinis tiekтуvas	1
3	Juostinis transporteris	1
4	Akmenų atrinkimo valcai	1
5	Dantytieji valcai	1
6	Dėžinis tiekтуvas su svėrimo sistema	1
7	Smektitinio molio sandėlis	1
8	Sraigtinis dozatorius su tarpiniu bunkeriu	1
9	Dvivelenis maišytuvas	1
10	Trintuvas	1
11	Tarpinis bunkeris su iškrovimo sistema	1
12	Elevatorius	2
13	Tarpinis tiekimo bunkeris su dozatoriumi	1
14	Maitinimo bunkeris	1
15	Sukamoji krosnis	1
16	Aušintuvas	1
17	Greiferinis kranas	1
18	Produkto silosai	2
19	Ventiliatorius	2
20	Dulkių filtravimo sistema- rankoviniai filtrai	2
21	Dujų filtravimo sistema- rankoviniai filtrai	1
22	Kalkių bunkeris	1
23	Sraigtinis transporteris	1
24	Skylėtieji valcai	1
25	Skruberis	1
26	Siurblys	2
27	Maišytuvas	1
28	Kalkių bunkeris	1

Grupė		KTU cheminės technologijos universitetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-9	Projektavė	K. Laskėvičius		Priedo portlandcemenčiui gamyba iš modifikuoto žėrutinio molio	
	Vadovas	R. Kaminskas			
	Konsult.	D. Viliūnienė			
	Recenzentas	Barauskas		Pagr. įrengimų principinė schema	
				Laida	0
Silikatu technologijos katedra				Lapai	Lapu
MBD	LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2021-MBD-CTF	1 1