

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

Algirdas Stakeliūnas

**ŠLAKINIO CEMENTO GAMYBA SU SUKAMOSIOS KROSNIES  
DULKIŲ PRIEDU**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

prof. dr. Rimvydas Kaminskas

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**ŠLAKINIO CEMENTO GAMYBA SU SUKAMOSIOS KROSNIES  
DULKIŲ PRIEDU**

Baigiamasis magistro projektas

**Chemijos inžinerija, (kodas 621H81004)**

**Magistrantas**

A. Stakeliūnas

**Vadovas**

prof. dr. Rimvydas Kaminskas

**Recenzentas**

doc. dr. I. Barauskas

**Konsultantai:**

Ekonominės dalies

doc. dr. P. Oržekauskas

Darbuotojų saugos ir sveikatos dalies

doc. dr D. Nizevičienė

Aplinkosaugos dalies

lekt. dr I. Stasiulaitienė

Statybinės dalies

lekt. O. Viliūnienė

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

(Fakultetas)

**Algirdas Stakeliūnas**

(Studento vardas, pavardė)

**Chemijos inžinerija, (kodas 621H81004)**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

**AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2015\_m. birželio mėn. 04\_d. \_\_\_\_\_  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Algirdo Stakeliūno**, baigiamasis projektas tema „Šlakinio cemento gamyba su sukamosios krosnies dulkių priedu“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Stakeliūnas, Algirdas. Šlakinio cemento gamyba su sukamosios krosnies dulkių priedu. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. Rimvydas Kaminskas; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Mokslų kryptis ir sritis: technologijos mokslai, chemijos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: *cementas, šakas, klinkeris*.

Kaunas, 2016. 85p.

## **SANTRAUKA**

Šiame darbe ištirta klinkerio degimo krosnies dulkių įtaka šlakinio cemento savybėms. Dalis šlako ir portlandcemenčio buvo pakeičiama šlaku. Buvo tiriamos koreguoto šlakinio cemento savybės ir nustatomas efektyviausias dulkių panaudojimo metodas. Atlikti statybiniai, technologiniai ir ekonominiai skaičiavimai panaudojant klinkerio degimo krosnies dulkes šlakinio cemento gamyboje. Nustatyta, kad geriausios šlakinio cemento savybės yra pakeičiant 15 % šlako klinkerio degimo krosnies dulkėmis.

Stakeliūnas, Algirdas SLAG CEMENT PRODUCTION WITH ROTARY KILN DUST ADDITIVE *Master's* thesis in chemical engineering / prof.. Rimvydas Kaminskas. The Faculty of .chemical technology faculty, Kaunas University of Technology.

Research area and field: technology sciences chemical engineering

Key words: cement, slug, clinker

Kaunas, 2016. 85 p.

## **SUMMARY**

The influence of the clinker kiln dust for properties of the slag cement has been analyzed in this work. 5 to 15 percent of the slag was replaced by the clinker rotary kiln dust. The design of the company building solutions, the financial feasibility of the project evaluation, an environmental assessment and work safety were described.

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:  
Cheminių technologijų fakulteto dekanas  
Prof. E. Valatka

Suderinta:  
Silikatų technologijų katedros vedėjas  
prof. dr. R. Kaminskas  
2015 m. gegužės mėn. 22d.

Dekano įsakymas ST18-F-02-1  
2016 m. balandžio mėn. 26 d.

**MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS**

Išduota studentui Algirdui Stakeliūnui

1. Darbo tema: Šlakinio cemento gamyba su sukamosios krosnies dulkių priedu.

2. Darbo tikslas ir uždaviniai.

Darbo tikslas: Panaudoti cemento klinkerio gamyboje susidarančią atlieką – sukamosios krosnies dulkes – šlakinio cemento gamyboje.

Darbo uždaviniai: Ištirti cemento klinkerio degimo krosnies dulkių įtaką šlakinio cemento kietėjimui ir mechaninėms savybėms. Suprojektuoti cemento klinkerio degimo krosnies dulkių panaudojimo liniją, pritaikant ją esamoje šlakinio cemento gamybos technologinėje linijoje. Atlikti statybinius, technologinius ir ekonominius skaičiavimus, kai šlakinio cemento gamyboje panaudojamos cemento klinkerio degimo krosnies dulkės, numatyti priemones saugiam darbui užtikrinti.

3. Darbo sudėtinės dalys:

Skaičiuojamasis – aiškinamasis raštas: Bendroji dalis; Mokslinio tiriamojo darbo rezultatai; Technologinė dalis; Statybiniai sprendimai; Darbuotojų sauga ir sveikata; Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai; Aplinkosauginis vertinimas.

Grafinė medžiaga: Technologinė schema; Statybos teritorijos planas (generalinis planas); Cemento malimo skyriaus planas; Cemento klinkerio degimo krosnies dulkių panaudojimo technologinė linija.

Užduoties išdavimo data 2015 m. gegužės mėn. 2 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas 2016 m. birželio 1 d.

Vadovas: prof. dr. R. Kaminskas

2015-05-22

(parašas, data)

(vardas, pavardė)

Užduotį gavau: Algirdas Stakeliūnas

2015-05-22

(parašas, data)

(studento vardas, pavardė)

# Turinys

Įvadas .....	12
1 Technologinio proceso aprašymas .....	14
2 Tiriamasis darbas.....	16
2.1 Įvadas .....	16
2.2 Eksperimentinė dalis .....	17
2.2.1 Naudotos medžiagos .....	17
2.2.2 Tyrimo metodai.....	17
2.2.3 Tyrimų rezultatai.....	19
2.2.4 Išvados .....	23
3 Žaliavų charakteristikos bei reikalavimai.....	24
3.1 Klintis .....	24
3.2 Molis.....	24
3.3 Žaliavų mišinys .....	25
3.4 Įkrova .....	25
3.5 Klinkeris .....	25
3.6 Pelenai .....	26
3.7 Gipsas .....	26
3.8 Aktyvatorius .....	26
3.9 Malimo intesifikatorius .....	27
3.10 Šlakas .....	27
3.11 Klinkerio degimo krosnies dulkės.....	27
4 Medžiagų balansas .....	29
4.1 Cemento sandėliavimo skyriaus.....	29
4.2 Cemento malimo skyrius.....	30
4.2.1 Sumalti medžiagų portlandcemenčio gamybai: .....	30
4.2.2 Sumalti medžiagų šlakinio cemento gavimui: .....	30
4.2.3 Sumalama portlandcemenčio: .....	30
4.2.4 Sumalama šlakinio cemento: .....	31
4.3 Žaliavų įkrovos portlandcemenčio klinkeriui gauti skaičiavimai.....	34
4.4 Klinkerio mineralinė sudėtis.....	37
5 Įrenginių skaičiavimas ir parinkimas.....	38
5.1 Klinkerio, priedų, šlako ir cemento sandėliavimas.....	38
5.2 Cemento malimas .....	40
5.3 Aspiraciniai įrenginiai .....	41
5.4 Pneumotransporto skaičiavimas .....	44
6 Statybiniai sprendimai.....	45

6.1	Sklypo planas .....	46
6.2	Operatorinės pastato charakteristika.....	46
7	Aplinkosauginis vertinimas .....	48
7.1	Naudojamų žaliavų duomenys .....	49
7.2	Naudojami išteklių energetinėms reikmėms.....	50
7.3	Fizikinė ir biologinė tarša.....	50
7.4	Atliekų tvarkymas .....	51
7.5	Vandens balansas .....	52
7.6	Nuotekų ir teršalų balansas.....	52
7.7	Oro tarša .....	53
8	FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI .....	54
8.1	Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių - organizacinių problemų nustatymas .....	54
8.2	Makroaplinkos ir įmonės vidinės būklės įvertinimas, pasitelkus specialius analizės metodus ...	56
8.3	Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai .....	58
8.3.1	Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas.....	58
8.3.2	Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas.....	58
8.3.3	Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos.....	59
8.4	Gamybos kaštai .....	60
8.4.1	Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas.....	60
8.4.2	Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas.....	62
8.5	Veiklos kaštai .....	65
8.6	Finansinės ir investicinės sąnaudos .....	66
8.7	Gaminio kainos skaičiavimas .....	67
8.8	Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	67
8.8.1	Pelno, gauto projekto gyvavimo laikotarpiu, skaičiavimas .....	68
8.8.2	Finansinės būklės pakeitimų (pinigų srautų) skaičiavimas.....	68
8.9	Investicijų efektyvumo vertinimas .....	69
8.9.1	Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštų skaičiavimas.....	69
8.9.2	Diskontuotas investicijų atsipirkimo periodo skaičiavimas .....	70
8.9.3	Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas.....	70
8.9.4	Pelningumo indeksas .....	70
8.9.5	Lūžio taškas .....	71
8.10	Projekto finansiniai ir ekonominiai rodikliai.....	72
8.11	Išvados.....	73
9	Darbuotojų sauga ir sveikata .....	74
9.1	Įmonės charakteristika.....	74

9.2	Profesinės rizikos vertinimas.....	74
9.3	Saugi gamyba .....	77
9.4	Darbo higiena .....	79
9.5	Gaisrinė sauga .....	80
9.6	Dviejų strypų žaibolaidžio parinkimas .....	81
10	Išvados.....	83
	Literatūros sąrašas .....	84



## **Paveikslų sąrašas**

<b>2.1 pav.</b> . KDKD priedo įtaka bandinių stipriui gniuždant, kai priedu keičiamas cementas CEM I 42,5 N.	20
<b>2.2 pav.</b> KDKD priedo įtaka bandinių stipriui gniuždant, kai priedu keičiamas šlakas	20
<b>2.3 pav.</b> Šlakinio cemento bandinių su skirtingu KDKD priedo kiekiu RSDA analizės kreivės po 28 parų kietėjimo	21
<b>2.4 pav.</b> Šlakinio cemento bandinių su skirtingu KDKD priedo kiekiu DSK analizės kreivės po 28 kietėjimo.	22
<b>8.1 pav.</b> Lūžio taško grafikas	72
<b>9.1 pav.</b> Pagrindinių parametrų projekcijos	83

## **Lentelių sąrašas**

<b>2.1 lentelė.</b> Cemento, šlako ir KDKD cheminė sudėtis	17
<b>2.2 lentelė.</b> Tiriamųjų bandinių sudėtis	18
<b>2.3 lentelė.</b> Tyrimo rezultatai	19
<b>2.4 lentelė.</b> 28 paras kietėjusių bandinių termogravimetrinės analizės duomenys	23
<b>3.1 lentelė.</b> Klinties cheminė sudėtis	24
<b>3.2 lentelė.</b> Molio cheminė sudėtis	25
<b>3.3 lentelė.</b> Įkrovos cheminė sudėtis	25
<b>3.4 lentelė.</b> Klinkerio cheminė sudėtis	26
<b>3.5 lentelė.</b> Šlako cheminė sudėtis	26
<b>3.6 lentelė.</b> Dulkių cheminė sudėtis	27
<b>4.1 lentelė.</b> Duomenys skaičiavimui	28
<b>4.2 lentelė.</b> Portlandcemenčio cemento sudėtis	29
<b>4.3 lentelė.</b> Šlakinio cemento sudėtis	29
<b>4.4 lentelė.</b> Nuostoliai atskirose gamybos stadijos	29
<b>4.5 lentelė.</b> Cemento sandėliavimo balansas	30
<b>4.6 lentelė.</b> Sumalamų medžiagų kiekiai	32
<b>4.7 lentelė.</b> Sandėliuojami medžiagų kiekiai	34
<b>4.8 lentelė.</b> Žaliavų cheminė sudėtis	34
<b>4.9 lentelė.</b> Raidžių reikšmės skaičiavimų formulėse	34
<b>4.10 lentelė.</b> Įkrovos ir klinkerio cheminė sudėtis	36
<b>4.11 lentelė.</b> Klinkerio mineraloginė sudėtis	36
<b>6.1 lentelė.</b> Bendrieji statinio techniniai rodikliai	46
<b>6.2 lentelė.</b> Pradiniai duomenys projektavimui	46
<b>7.1 lentelė.</b> Naujojamų žaliavų duomenys	50
<b>7.2 lentelė.</b> Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius	51
<b>7.3 lentelė.</b> Veiklos sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša	51
<b>7.4 lentelė.</b> Atliekos, atliekų tvarkymas	52
<b>7.5 lentelė.</b> Naudojamo vandens balansas	53
<b>7.6 lentelė.</b> Nuotekų ir teršalų balansas	53
<b>7.7 lentelė.</b> Tarša į aplinkos orą	54
<b>8.2 lentelė.</b> Įmonės vidinio profilio analizė	58
<b>8.3.1 lentelė.</b> Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai	59
<b>8.3.2 lentelė.</b> Apyvartinių lėšų skaičiavimas	60
<b>8.3.3 lentelė.</b> Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos	61

<b>8.4.1 lentelė.</b> Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	62
<b>8.4.2 lentelė.</b> Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)	64
<b>8.4.3 lentelė.</b> Gamybos kaštai	65
<b>8.5 lentelė.</b> Veiklos sąnaudos	66
<b>8.6 lentelė.</b> Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas	67
<b>8.7 lentelė.</b> Gaminių kainų apskaičiavimas	68
<b>8.8.1 lentelė.</b> Įmonės pelno nuostolio ataskaita	69
<b>8.8.2 lentelė.</b> Finansinės būklės ataskaita	69
<b>8.9.1 lentelė.</b> Grynujų pinigų srautai	70
<b>8.9.2 lentelė.</b> Diskontuotų investicijų atsipirkimo trukmė	71
<b>8.10 lentelė.</b> Projekto finansiniai ir ekonominiai rodikliai	73
<b>9.1 lentelė.</b> Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas	76
<b>9.2 lentelė.</b> Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai	77
<b>9.3 lentelė.</b> Pastatų, patalpų kategorijos pagal sproginimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos	78
<b>9.4 lentelė.</b> Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės	80
<b>9.5 lentelė.</b> Rekomenduojama darbuotojų laiko trukmė darbo vietoje, Kurioje aplinkos temperatūra viršija arba nesiekia pakankamos šiluminės aplinkos temperatūros vertės	81
<b>9.6 lentelė.</b> Apšvietimo vertės cemento malimo skyriuje ir operatorinėje.	81

## **Įvadas**

Įmonė AB „Akmenės cementas“ įkurta 1952 metais, 1976 metais ji reorganizuota į Cemento ir šiferio kombinatą. Nuo 1978 tapo gamybiniu susivienijimu „Akmencementas“, o nuo 1990 – 1993 valstybine įmone „Akmenės cementas“. AB „Akmenės cementas“ yra vienintelė cementą gaminanti įmonė Lietuvoje. Šiuo metu įmonėje pagaminama apie 1 milijoną tonų cemento per metus. Daugiau nei pusė pagamintos produkcijos eksportuojama. Žaliavų bei produkcijos transportavimui įmonėje įrengti vidaus keliai, privažiavimo keliai bei privažiuojamasis geležinkelis. Įrengta bendra tvora, įmonės teritorija saugoma. Bendras įmonės plotas yra 113 ha. Įmonėje veikia šie padaliniai: gamybos cechasis, remonto tarnyba, geležinkelio transporto cechasis, gamybos kontrolės laboratorija, jungtinis sandėlis, tepaų degalų sandėlis, saugos padalinys.

Įmonėje „Akmenės cementas“ iki Lietuvai atkuriant nepriklausomybę dirbo daugiau nei 3000 darbuotojų. Dabar sezono metu įmonėje dirba apie 500 darbuotojų.

2014 pradėta gaminti klinkerį su naujos technologijos gamybos linija – sausuoju būdu. Naudojamos žaliavos yra natūralios drėgmės, o jas apdorojant – dar ir išdžiovinama iki 1 % drėgmės. Taip sutaupoma apie 30 % kuro sąnaudų. Taip pat naudojant naujus įrengimus sutaupomos elektros sąnaudos. Naujos gamybos technologijos įrengimas ir paleidimas kainavo apie 130 mln eurų. Nauja sukamoji krosnis geba pagaminti iki 4500 tonų klinkerio per parą. Tai yra 1,5 karto daugiau nei senosios dvi sukamosios krosnys kartu sudėjus.

Įmonė „Akmenės cementas“ gamina 11 rūšių cemento. Visoms cemento rūšims yra išduoti CE atitikties sertifikatai: t.y. suteikta teisė CE atitikties ženklinimui. CE ženklinimas liudija, kad lieuviškas cementas atitinka esminius Europos standartų reikalavimus ir juo leidžiama prekiauti visose Europos Sąjungos šalyse.

Šlakinis cementas tinka betono ir gelžbetonio gaminiams eksploatuojamiems jūros vandenyje ar kitokioje chemiškai agresyvioje aplinkoje. Naudojant šlakinį cementą galima atlikti betonavimo darbus užtvankų statybose arba statant vandens valymo įrenginius. Šlakiniam cimente yra ribojamas šarmų kiekis, todėl jis gerai „sugyvena“ su Lietuvoje ir aplinkinėse šalyse naudojamais betono užpildais, kuriuose esama reaktyvių uolienu. Šiame darbe yra tiriama galimybė panaudoti klinkerio degimo krosnies dulkes šlakinio cemento gamyboje. Atlikti ekonominiai ir statybiniai skaičiavimai, būtini parenkant dulkių surinkimo, transportavimo ir dozavimo įrenginius, šlakinio cemento gamyboje.

**Darbo tikslas** – įmonėje AB "Akmenės cementas" panaudoti cemento klinkerio gamyboje susidarančią atlieką – klinkerio degimo krosnies dulkes šlakinio cemento gamyboje

**Darbo uždaviniai:**

- ištirti klinkerio degimo krosnies dulkių įtaką šlakinio cemento kietėjimui ir jo mechaninėms savybėms.
- Suprojektuoti cemento klinkerio degimo krosnies dulkių panaudojimo liniją, pritaikant ją esamoje šlakinio cemento gamybos technologinėje linijoje.
- Atlikti technologinius ir ekonominius skaičiavimus, bei atlikti AB "Akmenės cementas" aplinkosauginį ir darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą.

## 1 Technologinio proceso aprašymas

Įmonėje taikoma sauso būdo klinkerio gamybos technologija. Didžiausias skirtumas tarp šlapio ir sauso būdo technologijų yra tas, kad įkrovos, patenkančios į degimo skyrių, drėgmė yra ne 36 % drėgmės, o mažiau už 1 %. Taip sutaupoma energijos išteklių, kurie būtų panaudoti išgarinti drėgmę. Taip pat į sukamąją krosnį įkrova patenka ne aplinkos temperatūros, o apie 1000 °C temperatūros.

Klintis iš karjero atvežamas sunkvežimiais. Ji patenka ant plokštelinio maitintuvo (našumas apie 700t/h), kuris juda per dažnio keitiklį, todėl galima keisti sukimosi greitį, taip pat ir našumą. Maitintuvas transportuoja klintį į žiauninį trupintuvą. Trupintuvas sutrupina klinties gabalus nuo 1200 mm iki 180 mm. Iš po žiauninio trupintuvo klintis transportuojama juostiniu transporteriu į plaktukinį trupintuvą, kuris sutrupina klintį iki 30 - 45 mm dydžio akmenukų. Apdorota klintis transportuojama juostiniais transporteriais iki žaliavų mišinio transporterio, ant kurio transportuojamas ir molis.

Molis į gamyklą atvežamas geležinkelio transportu iš Šaltiškių molio karjero, kuris yra už 25 km nuo gamyklos. Atvežtas molis greiferiniais kranais iškraunamas į molio sandėlį. Iš molio sandėlio tais pačiais greiferiniais kranais molis kraunamas ant plokštelinio maitintuvo. Plokšteliniu maitintuvu per dažnio keitiklį dozuojamas molis. Iš maitintuvo molis krenta į dantytus valcus, kur jis susmulkinamas. Iš valcų molis transportuojamas juostiniais transporteriais iki žaliavų mišinio transporterio.

Žaliavų mišinio transporteriais klinties ir molio mišinys transportuojamas į žaliavų mišinio sandėlį. Žaliavų sandėlyje yra trys aruodai. Du žaliavų mišinio, kuriuose sandėliuojamas klinties ir molio mišinys. Kiekviename aruode telpa apie 18000 t žaliavų mišinio. Trečiasis aruodas yra klinties aruodas. Jis naudojamas žaliavų džiovinimo ir malimo koregavimui. Iš žaliavų mišinio sandėlio medžiaga kasama daugiakaušiu ekskavatoriumi. Toliau ji juostiniais transporteriais transportuojama į žaliavų mišinio bunkerius.

Smėlis ir geležies rūda naudojami kaip priedai įkrovos gamyboje. Šie priedai pakraunami greiferiniais kranais į priėmimo bunkerius ir juostiniais transporteriais transportuojami į smėlio arba geležies rūdos bunkerius.

Žaliavų mišinys ir priedai dozuojami po bunkeriais esančiais maitintuvais ir transportuojami į žaliavų džiovinimo ir malimo skyrių. Žaliavų džiovinimui naudojamas atidirbusios karštos dujos iš degimo skyriaus. Žaliavų mišinys malamas plaktukiniame trupintuve ir rutuliniame malūne. Pirmiausia žaliavų mišinys patenka į plaktukinį trupintuvą. Jame karštų dujų srautas kelia sutrupintą žaliavų mišinį į viršų ir mišinio drėgmė sumažėja nuo 16 % iki mažesnės nei 1%. Ortakio viršuje besisukdamas separatoriaus mentės atmuša per stambią medžiagą ir ji patenka

ant juostinio transporterio. Ant to pačio transporterio byra priedai, kurie transportuojami juostiniais transporteriais iš bunkerių. Transporteris tiekia priedus ir žaliavų mišinį į rutulinį malūną. Malūne visas mišinys daužomas ir trinamas malimo kūnų. Už malūno medžiaga vėl keliama karštų dujų srautu į viršų, separatoriaus link. Tinkamos frakcijos medžiagos srautas praeina pro separatoriaus mentes. Už separatoriaus sotvi keturi ciklonai, kuriuose nusodinama tinkama degimui įkrova. Įkrova transportuojama aeroloviais, o po to pakeliama elevatoriumi ir sandėliuojama įkrovos silose. Įkrovos silose telpa apie 12000 t įkrovos. Į siloso vidų nuolat pučiamas oras, kuris maišo įkrovą bei neleidžia jai nusėsti. Žaliavų džiovavimo ir malimo maksimalus našumas yra 450 t/h drėgnos medžiagos.

Iš įkrovos siloso įkrova sverinama svėrimo bunkeryje, iš kurio ji dozuojama į degimo skyrių. Įkrova aeroloviais transportuojama iki elevatoriaus, kuris ją pakelia į šilumokaičių bokšto viršutinę dalį. Šilumokaičių bokštą sudaro 4 pakopos ciklonų. Įkrova patenka į antros pakopos ciklono viršų, tačiau karštų dujų srautas ją pakelia į pirmos pakopos dvigubą cikloną. Įkrova byrėdama per visas ciklonų pakopas įkaista iki 1000 °C ir visiškai dekarbonizuojasi. Iš 4 pakopos ciklono dekarbonizuota įkrova patenka į sukamąją krosnį (4x66 m). Sukamojoje krosnyje pasiekama 1450 °C temperatūra ir gaunamas klinkeris. Iš sukamosios krosnies karštas (apie 1000 °C temperatūros) klinkeris krenta į aušintuvą. Praėjęs aušintuvą klinkeris atvėsta iki mažesnės nei 100 °C temperatūros. Aušintuvo galinėje dalyje yra plaktukinis trupintuvas, kuris sutraiško per didelius klinkerio gabalus. Iš aušintuvo klinkeris transportuojamas kaušiniu ir skirstomuoju transporteriais bei sandėliuojamas 14 – je klinkerio silosų, kurių kiekvieno talpa iki 2000 t.

Džiovinti priedai bei gipsas laikomi cemento malimo priedų silosuose. Visos cemento sudedamosios dalys dozuojamos lėkštiniais dozatoriais. Nuo jų klinkeris, gipsas ir priedai krenta ant juostinių transporterių sistemos, kuri transportuoja visas medžiagas į cemento malūną. Cementą mala rutulinis malūnas (13,5x4,0 m). Per valandą, priklausomai nuo cemento rūšies, sumalama apie 60–90 t cemento. Iš viso yra 4 eksploatuojami cemento malūnai. Du iš jų yra atviro būdo, o kiti du uždaro būdo t.y., turi separatorinę sistemą. Malūnai, turintys separatorius, gali smulkiau sumalti cementą. Išeinančio iš malūno cemento temperatūra negali būti aukštesnė nei 120 °C, Kitaip sumažėja cemento tekamumas ir krenta cemento pneumotransporto efektyvumas. Be to, aukštesnėje temperatūroje gipsas gali dehidratuotis. Siekiant to išvengti į cemento malūną yra išpurškiamas malimo intensifikatorius ir vanduo. Taip pat malūne sukuriama trauka, kuri jį ventiliuoja ir ištraukia karštą srautą. Sumaltas cementas transportuojamas pneumokameriniais siurbliais į cemento silosus, kurių yra šešiolika ir kiekviename jų telpa iki 4000 t cemento. Iš cemento silosų, palaidas cementas kraunamas į

cementovežius ir geležinkelio vagonus. Dalis cemento fasuojama ir pakuojama pakavimo skyriuje į cemento maišelius.

## **2 Tiriamasis darbas**

### **2.1 Įvadas**

Šlakinis cementas tinka betono ir gelžbetonio gaminiams, eksploatuojamiems jūros vandenyje ar kitokioje chemiškai agresyvioje aplinkoje. Iš šlakinio cemento galima betonuoti užtvankas, vandens valymo įrenginius. Šis cementas ypač tinka hidrotechninei statybai ir dėl to, kad skiediniai ir betonai su šlakiniu cementu nepralaidūs vandeniui ir įvairiems druskų tirpalams. Jis tinka didelių gabaritų blokams, nes hidratuojantis šlakiniam cementui mažiau išsiskiria šilumos, gaminiai kietėja lėčiau, vadinasi, nėra pavojaus, kad suskeldės ar kitaip deformuosis.

Šlakiniame cemente žymi dalis klinkerio pakeičiama šlaku, tad kartu įgyvendinamas ir vienas iš aplinkos apsaugos tikslų – tausoti gamtinius išteklius. Šlakinio portlandcemenčio vandens sąnaudos ir rišimosi pradžios bei pabaigos reikalavimai tokie pat, kaip ir įprasto cemento, tik jis kietėja lėčiau ir išsiskiria mažiau šilumos, tad mažiau pavojaus, kad gaminiai deformuosis ar ims trupėti. O akmuo, susidaręs šlakiniam cementui reaguojant su vandeniu, yra tankus ir laikui bėgant dar tankėja, taigi nepraleidžia vandens ir įvairių druskų tirpalų. Sausuoju būdu gaminant cementą, gamyboje susidaro atlieka – cemento degimo krosnies dulkės, kurios nėra grąžinamos į krosnį, o utilizuojamos. Dulkės nepanaudojamos gamyboje, nes jų frakcija ir cheminė sudėtis skiriasi nuo degimo įkrovos.



## 2.2 Eksperimentinė dalis

### 2.2.1 Naudotos medžiagos

Portlandcementis CEM I 42,5 N. Cemento cheminė sudėtis pateikta 2.1 lentelėje. Mineralinė sudėtis:  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  – 52,97 %;  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  – 19,61 %;  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  – 9,16 %;  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 9,74 %;  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 5,37 %. Savitasis paviršius – 320 m<sup>2</sup>/kg.

Šlakas. Kilmės šalis Ukraina, cheminė sudėtis pateikta 2.1 lentelėje. Savitasis paviršius – 350 m<sup>2</sup>/kg.

Klinkerio degimo krosnies dulkės (KDKD), cheminė sudėtis pateikta 2.1 lentelėje. Savitasis paviršius – 380 m<sup>2</sup>/kg.

Standartinis smėlis, kurio likučiai ant sietų Nr.: 1,25 – 15%; 1,0 – 15%; 0,63 – 20%; 0,315 – 20%; <0,315 – 30%.

#### 2.1 lentelė. Cemento, šlako ir KDKD cheminė sudėtis

Komponentas	Portlandcementis, %	Šlakas, %	KDKD, %
SiO <sub>2</sub>	19,52	34,28	12,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,03	5,57	3,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,05	0,76	3,35
CaO	61,39	42,65	54,6
MgO	3,93	4,15	2,90
K <sub>2</sub> O	1,06	0,41	1,17
Na <sub>2</sub> O	0,12	0,38	0,10
SO <sub>3</sub>	2,5	1,53	1,07
Kita	3,02	10,27	20,55

### 2.2.2 Tyrimo metodai

#### *Bandinių formavimas*

Bandiniai formuojami pagal LST EN 196 – 1.

Formuojamos dvi bandinių serijos:

I) Šlakiniame cemente (70% šlako + 30 % CEM I 42,5 N) 5, 10 ir 15% cemento keičiama KDKD;

II) Šlakiniame cemente (70% šlako + 30 % CEM I 42,5 N) 5, 10 ir 15% šlako keičiama KDKD.

Bandinių sudėtys pateiktos 2.2 lentelėje.

## 2.2 lentelė. Tiriamųjų bandinių sudėtis

Eil. Nr.	Sudėtis
1	70% šlako + 30 % CEM I (kontrolinis)
2	70% šlako + 25 % CEM I+ 5% KDKD
3	70% šlako + 20 % CEM I+ 10% KDKD
4	70% šlako + 15 % CEM I+ 15% KDKD
5	65% šlako + 30 % CEM I+ 5% KDKD
6	60% šlako + 30 % CEM I+ 10% KDKD
7	55% šlako + 30 % CEM I+ 15% KDKD

### ***Stiprio gniuždant nustatymas***

Bandinių stipris gniuždant nustatytas presu *ELE International 250 kN Automatic Cement Compression Maschine, EL39-1501/01 Autotest250*. Visų sudėčių buvo suformuoti bandiniai (4 × 4 × 16 cm), kuriuose vandens ir cemento santykis V/C = 0,5. Pirmąją parą bandiniai kietinti formose virš vandens, po to perkelti į sandarius indus su distiliuotu vandeniu ir išlaikyti 7 ir 28 paras 20 ± 1 °C temperatūroje.

### ***Rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė***

Visų tiriamųjų sudėčių suformuoti bandiniai (2 × 2 × 2 cm), esant vandens ir sausų medžiagų santykiui (V/C), atitinkančiam cemento tešlos normalią konsistenciją. Pirmąją parą bandiniai kietinti formose virš vandens, po to perkelti į sandarius indus su distiliuotu vandeniu ir išlaikyti 7 ir 28 paras 20 ± 1 °C temperatūroje. Po hidratacijos bandiniai smulkinti užpylus nedideliu kiekiu acetono (≈10 ml), išdžiovinti 60 ± 5 °C temperatūroje ir persijoti per sietą, kurio akučių dydis 80 μm. (RSDA) atlikta difraktometru Bruker AXS D8 Advance. Naudota CuKα spinduliuotė, 40 kV įtampa, 40 mA srovės stipris. Detektoriaus judėjimo žingsnis – 0,02 °; intensyvumo matavimo trukmė žingsnyje – 0,5 s.

***Rentgeno spinduliuotės fluorescencinė analizė*** (XRF) atlikta rentgeno spinduliuotės fluorescensiniu spektrometru Bruker X-ray S8 Tiger WD. Naudotas rodžio (Rh) vamzdelis, antodinė įtampa Ua iki 60 kV, srovės stipris I iki 130 mA. Presuoti bandiniai buvo matuoti helio atmosferoje. Matavimai atlikti naudojant Spectra Plus Quant Express metodą.

***Vienalaikė terminė analizė***(VTA) atlikta Linseis STA PT1000. Parametrai: temperatūros didinimo greitis – 15 °C/min, temperatūros intervalas – 30–1000 °C, etalonas – tuščias Pt tiglis, atmosfera krosnyje – oras.

### 2.2.3 Tyrimų rezultatai

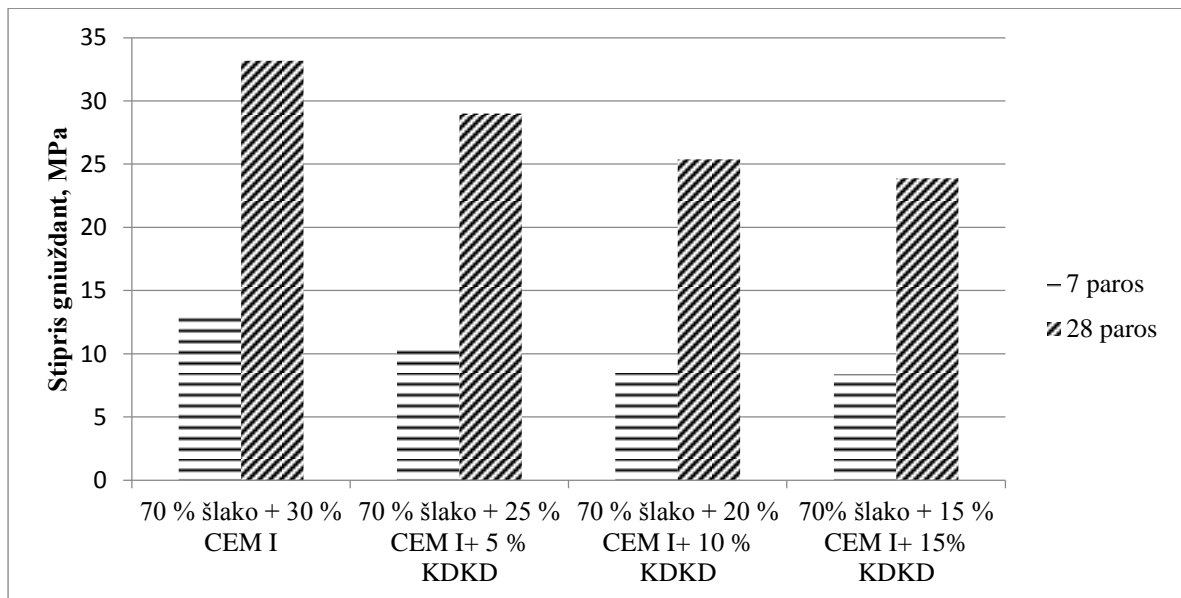
Tyrimų pradžioje buvo nustatyta KDKD priedo įtaka bandinių rišimosi trukmei ir cemento normalios tešlos konsistencijai. Tyrimų duomenys pateikti 2.3 lent.

**2.3 lentelė.** KDKD priedo įtaka bandinių rišimosi trukmei ir cemento normalios tešlos konsistencijai

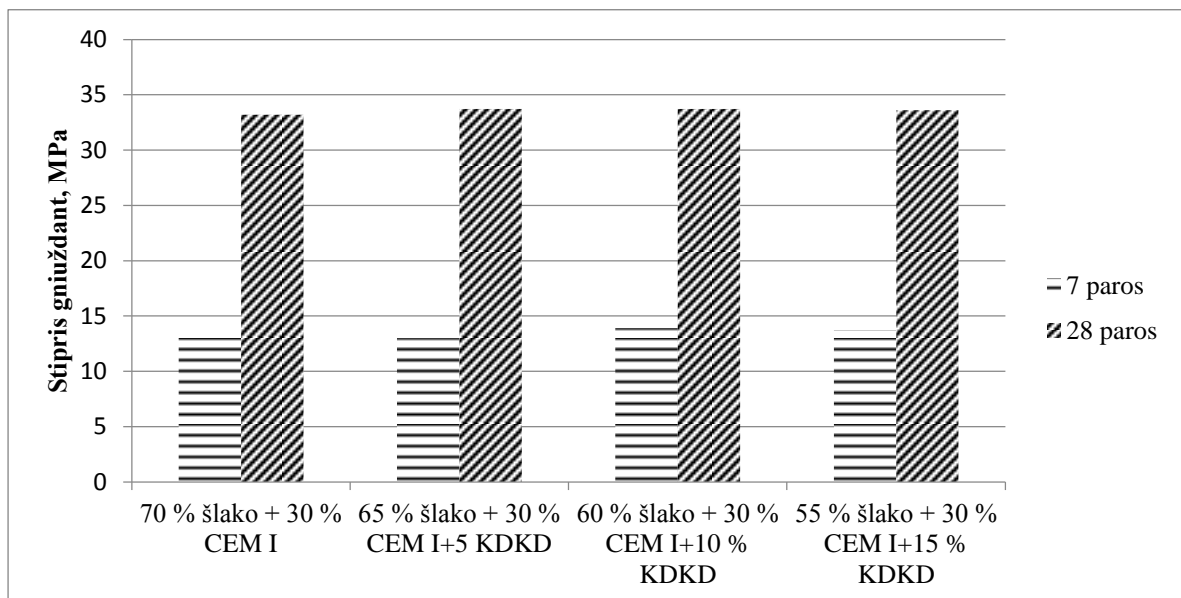
Eil. Nr.	Sudėtis	Normalios tešlos konsistencija, %	Rišimosi pradžia, min	Rišimosi pabaiga, min
1	70% šlako + 30 % CEM I	25	240	275
2	70% šlako + 25 % CEM I+ 5% CDKD	25,2	250	300
3	70% šlako + 20 % CEM I+ 10% CDKD	25,4	240	310
4	70% šlako + 15 % CEM I+ 15% CDKD	26,6	270	360
5	65% šlako + 30 % CEM I+ 5% CDKD	25,8	230	275
6	60% šlako + 30 % CEM I+ 10% CDKD	26,2	230	280
7	55% šlako + 30 % CEM I+ 15% CDKD	27,8	260	330

Kaip matyti iš lent. 2 duomenų, KDKD priedas nežymiai padidina vandens sąnaudas normaliai tirštai tešlai gauti, o rišimosi trukmei didelės įtakos neturi – visi bandiniai tenkina standarto LST EN 196 -3 reikalavimus rišimosi trukmei.

Sekančiame tyrimų etape buvo nustatyta KDKD priedo įtaka bandinių stipriui gniuždant. Bandinių stiprio gniuždant, išlaikius bandinius 7 ir 28 paras vandenyje, tyrimų rezultatai pateikti 2.1 ir 2.2 paveiksle



**2.1 pav.** KDKD priedo įtaka bandinių stipriui gniuždant, kai priedu keičiamas cementas CEM I 42,5 N.

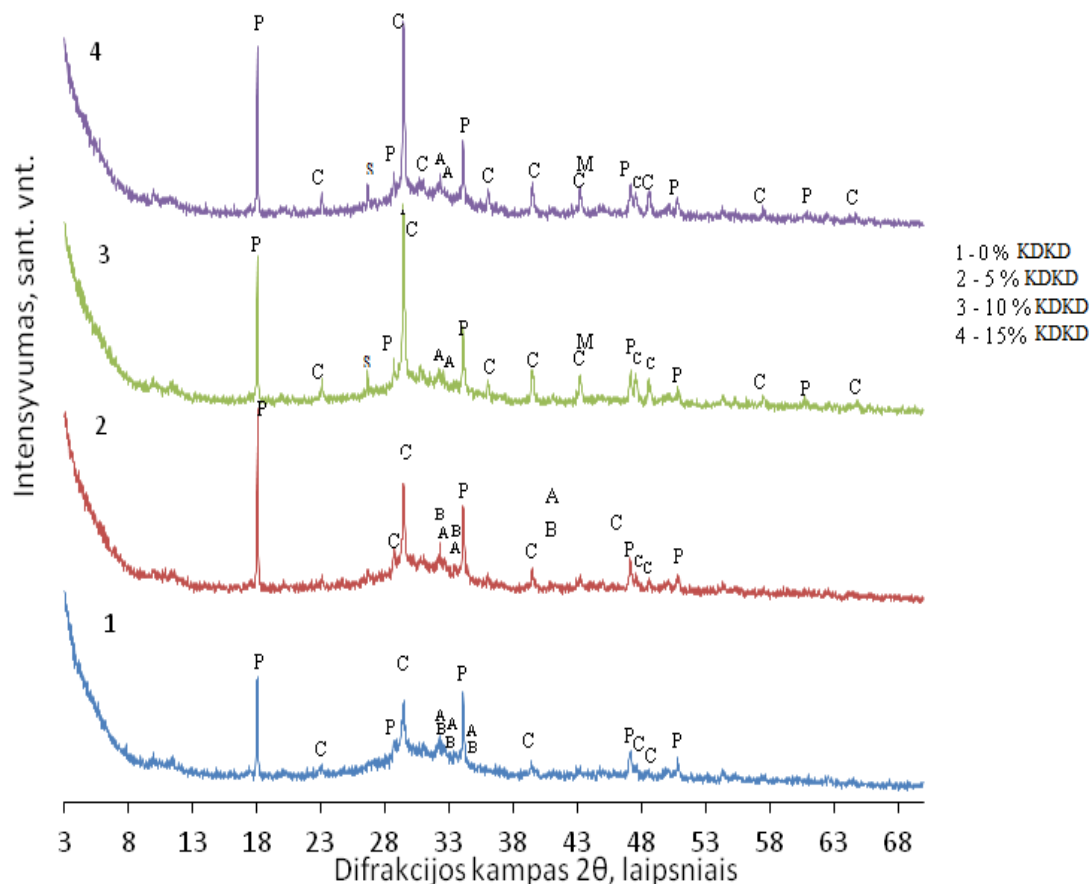


**2.2 pav.** KDKD priedo įtaka bandinių stipriui gniuždant, kai priedu keičiamas šlakas

Kaip matyti iš 2.1 pav. duomenų, KDKD priedu bandiniuose keičiant cementą, tiek po 7, tiek po 28 parų kietėjimo bandinių stipris gniuždant mažėja, didėjant priedo kiekiui bandinyje. Tuo tarpu KDKD priedu keičiant šlaką (3.2 pav.), visų bandinių su priedu stipris gniuždant yra didesnis, nei kontrolinių bandinių (tik šlako ir portlandcemenčio mišinys). Stipriausi yra bandiniai su 10 ir 15 % KDKD priedu, kurių stipris gniuždant pasiekia 33,7 MPa. Reikia pažymėti, kad visi tirtieji bandiniai pasiekia stiprio gniuždant standarto LST EN 196 – 1 reikalavimus (32,5 MPa).

Taigi, geriausi tyrimo rezultatai yra gauti bandiniuose, kuriuose 10–15 % šlako yra pakeista KDKD priedu, todėl projektuojamo gaminti šlakinio cemento sudėtyje bus 30 % portlandcemenčio, 55 % šlako ir 15% KDKD priedo.

Siekiant išsiaiškinti KDKD priedo įtaką šlakinio cemento hidratacijai, buvo atlikta pasirinktos sudėties bandinių, hidratuotų 28 paras vandenyje, RSDA ir VTA analizės. Tyrimų duomenys pateikti 2.3, 2.4 paveiksluose ir 2.3 lentelėje.

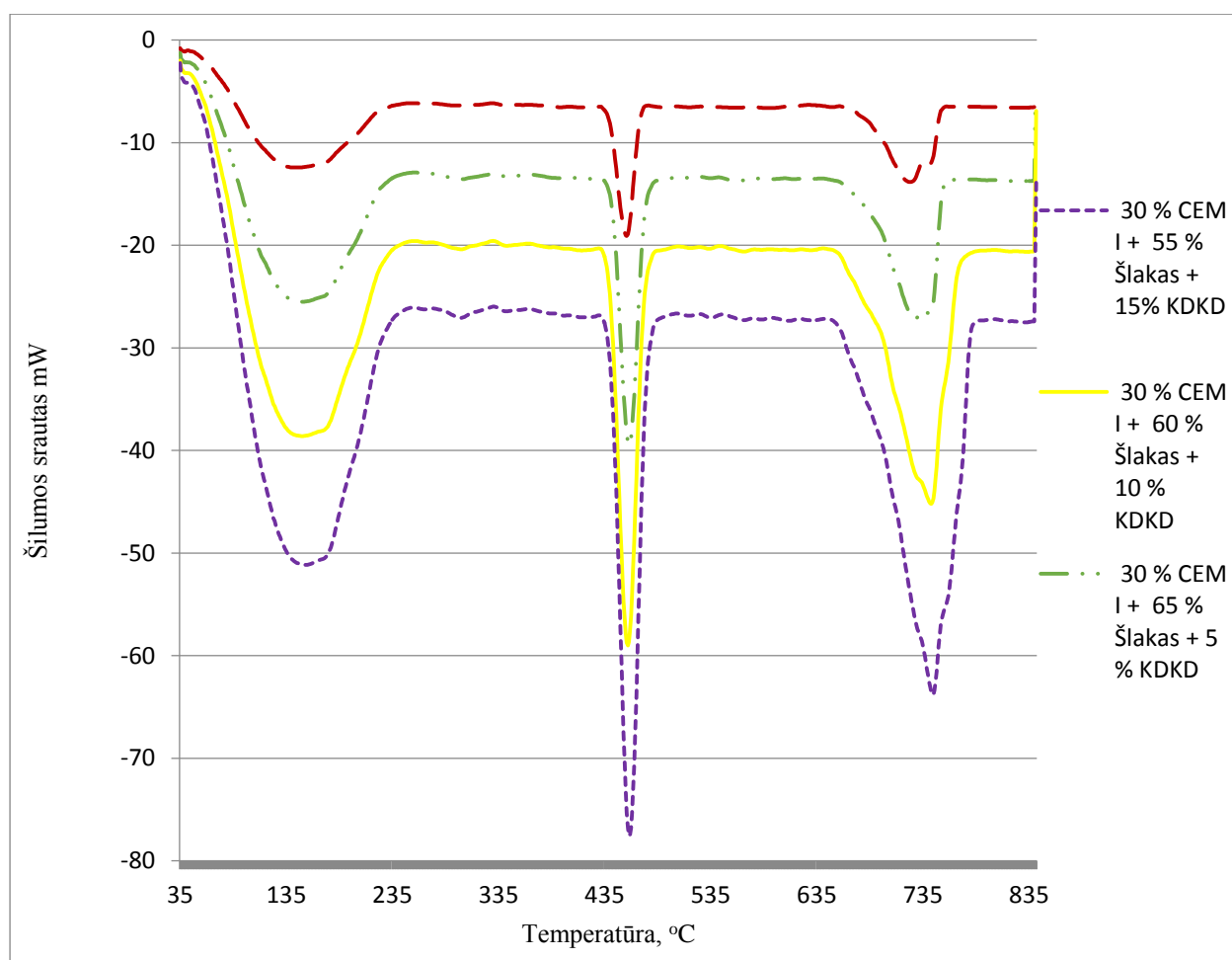


**2.3 pav.** Šlakinio cemento bandinių su skirtingu KDKD priedo kiekiu RSDA analizės kreivės po 28 parų kietėjimo: 1 – gryno cemento; 2 – su 5 % priedo; 3 – su 10 % priedo; 4 – su 15 % priedo. Žymenys: Q – kvarcas; P – portlanditas; A – trikalčio silikatas; B – dikalcio silikatas; C – kalcitas; M – magnio oksidas.

Analizuojant rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreives, visuose bandiniuose po 28 parų hidratacijos (3.3 pav.) identifikuoti nehidratuotam trikalčio silikatui ( $d = 0,279; 0,261; 0,277$  nm) ir dikalcio silikatui ( $d = 0,278; 0,275; 0,279$  nm) būdingi difrakciniai maksimumai Taip pat kreivėse matomas įprastinis cemento hidratacijos produktas – portlanditas ( $d = 0,263; 0,492; 0,180$  nm). Visų bandinių rentgenogramose taip pat identifikuoti  $\text{CaCO}_3$  būdingi difrakciniai maksimumai ( $d = 0,304; 0,229; 0,209$  nm) byloja apie hidratacijos proceso metu vykstantį

karbonizacijos procesą. Taip pat identifikuota kvarco ( $d = 0,335; 0,426; 0,246$  nm) ir magnio oksido ( $d = 0,242; 0,148; 0,242$  nm) būdingi difrakciniai maksimumai.

Atlikus hidratuotų bandinių STA analizę (2.4 pav.) pastebėta, kad visų bandinių DSK kreivėse 30–900 °C temperatūros intervale matomi trys intensyvūs endoterminiai efektai 90–220 °C, ~460 °C ir 700–790 °C temperatūroje (3.4 pav.). Pirmasis efektas susijęs su daugelio cemento hidratų (kalcio hidrosilikatų, aluminatinės ir aliumoferitinės fazių hidratų, etringito ir kt.) dehidratacija, antrasis – su portlandito, o trečiasis – su  $\text{CaCO}_3$  skilimu. Visų bandinių DSK analizės kreivės yra panašios, skiriasi tik minėtų smailių intensyvumas.



**2.4 pav.** Šlakinio cemento bandinių su skirtingu KDKD priedo kiekiu DSK analizės kreivės po 28 kietėjimo.

Termogravimetrinės analizės (2.3 lent.) metodu nustatyta, kad po 28 parų hidratacijos visų bandinių su KDKD priedu masės nuostoliai susiję su portlandito dehidratacijos procesu (435 – 465 °C) yra didesni nei gryno cemento su šlaku bandinio. Masės nuostoliai didėja, didėjant priedo kiekiui bandinyje. Pažymėtina, kad visuose bandiniuose su priedu užfiksuoti didesni masės nuostoliai ir pagrindinių cemento hidratų skilimo (90 – 220 °C) metu. Šie duomenys rodo,

kad KDKD priedas ženkliai paspartina klinkerio mineralų hidrataciją, o tai paaiškina bandinių su KDKD priedu didesnę stiprį gniuždant po 28 parų hidratacijos.

**2.2.4 lentelė.28** paras kietėjusių bandinių termogravimetrinės analizės duomenys

KDKD priedo kiekis, %	Masės nuostoliai, %		
	90–220 °C	~460 °C	700–790 °C
0	4,02	1,07	3,1
5	4,05	1,11	3,51
10	4,12	1,34	4,3
15	4,30	1,46	6,0

#### 2.2.4 Išvados

KDKD priedas ženkliai paspartina klinkerio mineralų ir šlako hidrataciją, o projektuojamo gaminti šlakinio cemento sudėtyje bus 30 % portlandcemenčio, 55 % šlako ir 15% KDKD priedo.

### 3 Žaliavų charakteristikos bei reikalavimai

#### 3.1 Klintis

Klintis kasama Karpėnų telkinyje. Tai vėlyvojo permio amžiaus klintis. Ji susidarė maždaug prieš 260 mln. metų čia tyvuliavusioje jūroje, išsikristalizavus kalcitui iš vandens. Vėlesni procesai gerokai pakeitė klinties klodą ir ypač ten, kur jis yra arčiausiai žemės paviršiaus. Kai kurie telkiniai (Karpėnų, Vegerių) yra buvusio ištisinio klodo liekanos, ribojamos paleoslėniais, užpildytas vėlyvosios jūros ir kvartero smėlingomismolingomis nuosėdomis. Klinties klodas susideda iš dviejų dalių. Apačioje slūgso tamsiai pilka molingesnė klintis, susidariusi pradinėje karbonatų sedimentacijos stadijoje, o viršuje grynesnė klintis. Molingosios klinties sluoksnis yra kelių metrų, tačiau einant į šiaurę nuo Karpėnų, jo storis didėja (iki 15 m). Karpėnų karjere ši klintis lieka jo ąsloje, o Vegerių telkinyje turėtų sudaryti nemažą eksploatuojamo klodo dalį. Ji šviesiai pilka, vidutinio tvirtumo, poringa, nesluoksniuota, su kavernomis ir faunos liekanomis. Klintį sudaro itin smulkūs kalcito kristalėliai (0,008 – 0,03 mm), tarp kurių būna išbarstytų dolomito romboedrų (0,005–0,002 mm dydžio), molio dalelių ir smiltelių. Cementui naudojamoje klintyje kalcitas vidutiniškai sudaro 91– 93%, dolomitas 4–6%, molio-aleurito dalelės 3–5%. Tarp jos pasitaiko gniutulų bei lešių, žymiai tamsesnės ir kietesnės klinties, su būdingu kriauklėtu lūžiu. Tai granuliuota klintis, žyminti karbonatų sedimentacijos maksimumą vėlyvojo permio metu ir esanti vienu iš švarios, mažai magnio turinčios klinties paieškų kriterijumi. Viršutinėje klodo dalyje stebimos piltuvo arba netaisyklingos formos išgraužos, kartais kertančios visą klinties sluoksnį. Jos užpildytos molingomis arba smėlingomis nuosėdomis. Tai karstinės formos, kurias paliko ne kartą šiame rajone pasireiškęs karsto procesas.

Šiuo metu Akmenės rajone baigti eksploatuoti klinties telkiniai, tinkantys cemento gamybai: Karpėnų ir Narbučių. Tiesa, pastarasis yra žvalgytas kaip rezervinė bazė kalkių ir klintmilčių gavybai. Klinties, kuri turi mažai magnio ir tinka cemento gamybai, ištekliai, negalutiniais duomenimis, siekia 1 mlrd. tonų.

**3.1 lentelė. Klinties cheminė sudėtis**

SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	CaO, %	MgO, %	K <sub>2</sub> O, %	Na <sub>2</sub> O, %	SO <sub>3</sub> , %	K.n. %
2,48	0,739	0,546	52,37	2,32	0,23	0,05	0,37	40,895

#### 3.2 Molis

Molis yra ankstyvojo triaso amžiaus (susidaręs prieš 250–240 mln. metų). Jo klodas iki 10 m storio slūgso ant permio klinties. Jį dengia kelių arba keliolikos metrų kvartero



priemoliai, priesmėliai ir smėliai, o vietomis ir vėlyvosios jūros smėlingos nuosėdos. Molis yra rudas arba raudonai rudas su melsvai pilko molio įtarpėliais, dispersiškas, gana vienalytis. Jo frakcija (< 0,005 mm ) sudaryta iš hidrožėručių (50–60%), montmorilonito (30–40%) ir chlorito (5 –10%). Dideliu montmorilonito kiekiu, tuo pačiu geromis sorbcinėmis savybėmis, jis ypač skiriasi nuo kitų molių. Jo tinkamumą cemento gamybai rodo silikatinis ir aluminatinis moduliai ( atitinkamai 1,8 – 2,7 ir 1,7 –2,8). Šaltiškių telkinio išteklių 1992 m. sausio 1 d. sudarė 19,5 mln. tonų. Kadangi pramoniniai išteklių yra įvertinti iki +40 m NN (37,3 –43,7 m storio klodas), tai skaičiuojant iki +20 m NN, jie padidėja dar apie 100 mln. t. Taigi šis telkinys cemento pramonę gali tenkinti labai ilgai.

### 3.2 lentelė. Molio cheminė sudėtis

SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	CaO, %	MgO, %	K <sub>2</sub> O, %	Na <sub>2</sub> O, %	K.n. %
48,83	12,58	5,95	10,38	4,25	2,73	0,18	15,1

### 3.3 Žaliavų mišinys

Žaliavų mišinys– tai klinties ir molio mišinys, kuriame yra apie 22 % molio ir 78 % klinties. Žaliavų mišinys sandėliuojamas dviejuose aruoduose, kuriuose telpa apie 36000 t mišinio. Tiek molis, tiek klintis jau būna apdoroti. Molis susmulkintas dantytuose valcuose, o klintis sutrupinta žiauniniame ir plaktukiniame trupintuvuose. Žaliavų mišinys yra natūralios drėgmės – apie 16 %. Tiekiamas į žaliavų džiovavimo ir malimo skyrių mišinys, gali būti koreguojamas korekcine klintimi arba smėliu. Taip gaunama tinkamos oksidinės sudėties įkrova degimui.

### 3.4 Įkrova

Įkrova – tai tinkamos oksidinės sudėties, smulkumo ir drėgmės pilnai paruošti milteliai degimui. Ji yra mažiau nei 1 % drėgmės ir jos smulkumas yra apie 15 % liekana ant 90 μm sieto. Įkrova sandėliuojama įkrovos silose, kuriame nuolat cirkuliuoja oras.Taip įkrova homogenizuojama, be to oras neleidžia įkrovai nusėsti.

### 3.3 lentelė.Įkrovos cheminė sudėtis

SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	CaO, %	MgO, %	SO <sub>3</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	K.n. %
12,58	3,5	2,13	41,77	1,79	0,3	0,81	37,12

### 3.5 Klinkeris

Klinkeris – sintetinis mineralas.Įkrova tiekiamą į šilumokaičių bokštą, ten ji įkaitinama iki 1000 °C, vėliau ji patenka į sukamąją krosnį, kur ~ 1450°C temperatūroje vyksta klinkerio

sintezė. Išėjęs iš krosnies klinkeris ataušinamas ir transportuojamas į klinkerio silosus. Klinkerio kokybę kontroliuoja gamybos kontrolės laboratorija. Kiekvienos pamainos pradžioje degimo krosnies operatorius gauna reikalavimus klinkerio savybėms. Formoje nurodyti parametrai (litro svoris, laisvo kalcio oksido kiekis), kuriuos reikia palaikyti pamainos metu. Iš silosų klinkeris transporteriais tiekiamas į cemento malūnus. Netinkamos kokybės klinkeris nukreipiamas į tam tikrus silosus.

**3.4 lentelė.** Klinkerio cheminė sudėtis

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	SiO <sub>2</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	Na <sub>2</sub> O, %	MgO, %	CaO, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	SO <sub>3</sub> , %	K.n. %
5,31	20,61	1,13	0,1	3,09	62,71	3,28	0,68	3,09

### 3.6 Pelenai

Pelenai susidaro deginant kurą – akmens anglį. Jų anglyje yra apie 12 – 14%. Jie niekur nepašalinami ir patenka į klinkerio sudėtį, todėl turi įtaką klinkerio cheminei sudėčiai. Skaičiuojant masės balansą reikia atsižvelgti į anglies pelenų įtaką klinkerio cheminei sudėčiai.

**3.5 lentelė.** Pelenų cheminė sudėtis

SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	CaO, %	MgO, %	Na <sub>2</sub> O, %
20,7	9,47	66,46	0,48	0,97	1,92

### 3.7 Gipsas

Gipsas – gaunamas iš Latvijos ir Ukrainos respublikų. Cheminė gipso analizė atliekama remiantis technologinio proceso kontrolės kortele. Kokybinius sertifikatus išduoda tiekėjai.

Reikalavimai gipsui:

CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O kiekis > 65 %

Dalelių dydis: 0–60mm.

### 3.8 Aktyvatorius

Aktyvatorius – gaunamas iš Suomijos bei Čekijos. Aktyvatoriaus paskirtis – redukuoti kenksmingą Cr<sup>+6</sup>

Pagrindinis reikalavimas granuliuotam aktyvatoriui – FeO kiekis turi būti daugiau nei 17%.

Šie aktyvatoriai naudojami pagal atskiras sutartis su užsakovais, kai keliami specialūs reikalavimai cemento kokybei.

### 3.9 Malimo intensifikatorius

Malimo intensifikatorius – naudojamas cemento gamybos energijos sąnaudų sumažinimui bei cemento tekamumo padidinimui. Taip pat intensifikatorius mažina statinį krūvį malūno viduje, todėl mažiau apkimba malimo kūnai, dėl to gerėja cemento malimo efektyvumas. Dažniausiai tai skystis, kurio pagrindą sudaro amino rūgšties tirpalai.

### 3.10 Šlakas

Granuliuoti aukštakrosnių šlakai gaunami staigiai atvėsinus atitinkamos sudėties išlydytus šlakus, gaunamus aukštakrosnėse lydant geležies rūdą. Stiklo būvio medžiaga juose turi sudaryti ne mažiau kaip du trečdalius masės, o atitinkamai suaktyvintus jie turi įgyti hidraulinių savybių. Granuliuotame aukštakrosnių šlake bendras kalcio oksido (CaO), magnio oksido (MgO) ir silicio dioksido (SiO<sub>2</sub>) kiekis turi sudaryti ne mažiau kaip du trečdalius masės. Kita dalis turi susidėti iš Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ir nedidelio kitų oksidų kiekio. (CaO + MgO) ir SiO<sub>2</sub> masės santykis turi būti didesnis kaip 1,0. AB „Akmenes cementas“ šlaką gauną geležinkelio transportu iš Ukrainos.

**3.6 lentelė.** Šlako cheminė sudėtis

SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	CaO, %	MgO, %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	Na <sub>2</sub> O, %	K.n. %
34,28	5,57	42,65	4,15	0,76	0,41	0,38	11,8

### 3.11 Klinkerio degimo krosnies dulkės

Klinkerio degimo krosnies dulkės – gaunamos kaip atlieka sauso būdo klinkerio degimo linijoje. Tiekiant žaliavos įkrovą į šilumokaičių bokštą, visų pirma ji patenka į pirmąjį dvigubą cikloną. Dėl gravitacijos įkrova krenta žemyn, tačiau procesinis ventiliatorius sukuria oro srauto trauką, kuri neleidžia įkrovai kristi žemyn. Ji cirkuliuoja per visus keturis šilumokaičio bokšto ciklonus, kol beveik visiškai įvykus dekarbonizacijai, ji patenka į sukamąją krosnį. Oro srauto nešama medžiaga ne visa nusėda dvigubame pirmame ciklone. Dalis medžiagos dulkių pavidaleišnešama su oro srautu. Dulkės juda atidurbusiu dujų ortakiu. Ortakio apačioje sumontuotas sraigtinis transporteris, kuris surenka dalį dulkių ir transportuoja jas narvelinio maitintuvo link. Narvelinis maitintuvas beria dulkes į konteinerį. Dulkės utilizuojamos.

Sauso būdo klinkerio linijai dirbant ne visu režimu t.y. nedirbant žaliavų džiovinimo ir malimo skyriui, karštas oro ir dulkių srautas juda tiesiai į didįjį rankovinį filtrą. Rankovinio filtro rankovės nėra atsparios karščiui, todėl karšto oro ir dulkių srautą reikia aušinti. Dėl šios

priežasties į atidirbusių dujų ortakį yra išpurškiamas vanduo. Purškiant vandenį sraigtinis transporteris surenka apie 10 – 15 kartų daugiau dulkių.

Tiriamajame darbe buvo tiriama ar šias dulkes galima panaudoti šlakinio cemento gamyboje. Esant teigiamiems rezultatams būtų sutaupoma lėšų ne tik mažinant pagrindinių žaliavų kiekį šlakiniam cemente, bet taip pat būtų sutaupytos lėšos, kurios panaudojamos dulkių utilizacijai.

**3.7 lentelė.**KDKD cheminė sudėtis

SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	CaO, %	MgO, %	SO <sub>3</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	Na <sub>2</sub> O	K.n. %
11,18	3,16	1,87	41,69	3,35	1,26	1,07	0,09	36,33

## 4 Medžiagų balansas

4.1 lentelė. Duomenys skaičiavimui

Bendras gamyklos našumas t/metus:	1000000
Portlandcemenčio t/metus	850000
Šlakinio cemento t/metus	150000

4.2 lentelė. Portlandcemenčio cemento sudėtis

Klinkeris, %	95
Gipsas, %	5

4.3 lentelė. Šlakinio cemento sudėtis

Šlakas	55
Portlandcementis (klinkeris-95%, gipsas-5%)	30
Dulkės	15

4.4 lentelė. Nuostoliai atskirose gamybos stadijose

Cemento sandėliavimo skyriuje, %	0,5
Cemento malimo skyriuje, %	0,5
Sandėliuojant klinkerį, šlaką, aktyvius mineralinius priedus ir gipsą, %	0,5
Degant sukamosiose krosnyse	0,5
Gabenant žaliavas iš karjero ir jas ruošiant, %	0,5

### 4.1 Cemento sandėliavimo skyrius

Realizuojama 850000 t portlandcemenčio per metus. Sandėliuojant susidaro 0,5 % nuostolių, todėl į sandėliavimo skyrių per metus patenka:

$$8500000 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 854271 \text{ t/metus portlandcemenčio}$$

Realizuojama 150000 t šlakinio cemento per metus. Sandėliuojant taip pat susidaro 0,5 % nuostolių, todėl į sandėliavimo skyrių per metus patenka :

$$150000 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 150754 \text{ t/metus šlakinio cemento}$$

Iš malimo skyriaus per parą gaunama:

$$\frac{854271}{292} = 2926 \text{ t/parą portlandcemenčio}$$

$$\frac{150754}{292} = 516 \text{ t/parą šlakinio cemento}$$

#### 4.5 lentelė. Cemento sandėliavimo balansas

Cemento sandėliavimo skyrius	matavimo vienetai	Sąnaudos per:			
		metus	parą	pamainą	valandą
Portlandcementis	t	854271	2926	1463	122
Šlakinis cementas	t	150754	516	258	21

## 4.2 Cemento malimo skyrius

Cemento malimo skyriuje susidaro 0,5 % medžiagų nuostolių. Per metus malimo skyriuje reikia gauti portlandcemenčio ir šlakinio cemento:

$$854271 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 855563 \text{ t/metus portlandcemenčio}$$

$$150754 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 151511 \text{ t/metus šlakinio cemento}$$

### 4.2.1 Sumalti medžiagų portlandcemenčio gamybai:

$$\text{Klinkerio: } 855563 \cdot 0,95 = 812784 \text{ t/metus}$$

$$\text{Gipso: } 855563 \cdot 0,05 = 42778 \text{ t/metus}$$

### 4.2.2 Sumalti medžiagų šlakinio cemento gavimui:

$$\text{Šlako: } 151511 \cdot 0,55 = 83331 \text{ t/metus}$$

$$\text{Klinkerio: } 151511 \cdot 0,3 \cdot 0,95 = 43181 \text{ t/metus}$$

$$\text{Gipso: } 151511 \cdot 0,3 \cdot 0,05 = 2273 \text{ t/metus}$$

$$\text{Dulkės: } 151511 \cdot 0,15 = 22727 \text{ t/metus}$$

Cemento malimo skyrius dirba 292 dienas 24h per parą.

### 4.2.3 Sumalama portlandcemenčio:

$$\frac{855563}{292} = 2930 \text{ t/parą}$$

$$\frac{2930}{2} = 1465 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{1465}{12} = 122 \text{ t/val.}$$

#### 4.2.4 Sumalama šlakinio cemento:

$$\frac{151511}{292} = 519 \text{ t/para}$$

$$\frac{519}{2} = 159,5 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{259,5}{12} = 22 \text{ t/val.}$$

Sumalama klinkerio:

$$\frac{812784 + 43181}{292} = \frac{855965}{292} = 2931 \text{ t/para}$$

$$\frac{1965}{2} = 1465,5 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{1465,5}{12} = 122 \text{ t/val.}$$

Sumalama gipso:

$$\frac{42778 + 2273}{292} = \frac{45051}{292} = 154 \text{ t/para}$$

$$\frac{154}{2} = 77 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{77}{12} = 6,4 \text{ t/val.}$$

Sumalama šlako:

$$\frac{83331}{292} = 285 \text{ t/para}$$

$$\frac{285}{2} = 142,5 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{142,5}{12} = 11,9 \text{ t/val.}$$

Sumalama dulkių:

$$\frac{22727}{292} = 78 \text{ t/parą}$$

$$\frac{78}{2} = 39 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{39}{12} = 3,25 \text{ t/val.}$$

**4.6 lentelė.** Sumalamų medžiagų kiekiai

Malimo skyrius	matavimo vienetai	Sąnaudos per			
		metus	parą	pamainą	valandą
Klinkeris	t	855965	2931	1465,5	122
Gipsas	t	45051	154	77	6,4
Šlakas	t	83331	285	142,5	11,9
Dulkės	t	22727	78	39	3,25

#### Malimui skirtų medžiagų sandėliavimo skyrius

Sandėliuojant klinkerį susidaro 0,5 % nuostolių:

Per metus į silosus patenka klinkerio:

$$855965 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 860266 \text{ t/metus}$$

Klinkeris į silosus patenka iš degimo skyriaus, kuris dirba 324 dienas metuose po 24 h per parą.

Į silosus patenka klinkerio:

$$\frac{860266}{324} = 2655 \text{ t/parą}$$

$$\frac{2655}{2} = 1327,5 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{1327,5}{12} = 111 \text{ t/va}$$

Gipsas malamas nedžiovinamas. Atvežamo gipso drėgmė 5 %. Per metus sunaudojama drėgno gipso:

$$45051 \cdot \frac{100}{100 - 5} = 47422 \text{ t metus}$$

Sandėliuojant gipsą susidaro 0,5 % nuostolių:



$$47422 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 47660 \text{ t/metus}$$

Žaliavų pirminio paruošimo skyrius dirba 260 dienų, viena pamaina po 12 valandų. Taigi į sandėlį patenka gipso :

$$\frac{47660}{260} = 183 \text{ t/parą}$$

$$\frac{183}{12} = 15,25 \text{ t/val.}$$

Sandėliuojant šlaką susidaro 0,5 % nuostolių, taigi per metus į sandėlį patenka šlako :

$$83331 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 83750 \text{ t/metus}$$

Žaliavų pirminio paruošimo skyrius dirba 260 dienų, viena pamaina po 12 valandų. Taigi į sandėlį patenka šlako:

$$\frac{83750}{260} = 322 \text{ t/parą}$$

$$\frac{322}{12} = 26,9 \text{ t/val.}$$

Sandėliuojant dulkes susidaro 0,5 % nuostolių, taigi per metus į silosą patenka dulkių:

$$22727 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 22841 \text{ t/metus}$$

Dulkės gaunamos kol dirba degimo skyrius, taigi 324 dienas per metus.

$$\frac{22841}{324} = 70,5 \text{ t/parą}$$

$$\frac{70,5}{2} = 35,25 \text{ t/pamainą}$$

$$\frac{35,25}{12} = 3 \text{ t/val.}$$

#### 4.7 lentelė Sandėliuojami medžiagų kiekiai

Žaliavų sandėliavimo skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per:			
		metus	parą	pamainą	valandą
Klinkeris	t	860260	2655	1327,5	111
Gipsas	t	47660	183	183	15,25
Šlakas	t	83750	322	322	26,9
KDKD	t	22841	70,5	35,25	3

#### 4.3 Žaliavų įkrovos portlandcemenčio klinkeriui gauti skaičiavimai

Klinkeris gaunamas išdegus paruošta žaliavų įkrova. Įkrova turi būti išdžiovinta iki mažiau nei 1% drėmės bei sumalta iki 15 % liekanos ant 90 μm sieto smulkumo.

Klinkeris ( $K_p = 0,9$ ;  $SM = 2,55$ ) gaunamas iš trikomponentės įkrovos,

čia:  $K_p$  – prisotinimo koeficientas;

$SM$  – silikatinis koeficientas.

#### 4.8 lentelė. Žaliavų cheminė sudėtis

Komponentai	Sudėtis %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	K.n.	Suma
I Klintys	2,48	0,74	0,55	52,37	2,32	0,23	0,05	0,37	40,9	100
II Molis	48,83	12,58	5,95	10,38	4,25	2,73	0,18		15,1	100
III Pelenai	21,1	9,47	66,75	0,48	0,97	-	1,92		-	100

#### 4.9 lentelė. Raidžių reikšmės skaičiavimų formulėse

Oksidas	Klinkeryje	Įkrovoje	I komp.	II komp.	III komp.
CaO	C	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	S	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>

$$K_p = \frac{C_0 - (1,65 \cdot A_0 + 0,35 \cdot F_0)}{2,8 \cdot S_0};$$

$$SM = \frac{S_0}{A_0 + F_0};$$

$$AM = \frac{A_0}{F_0};$$

Kai įkrovoje vienai trečios komponentės svorio daliai tenka  $x$  pirmos komponentės ir  $y$  antros komponentės svorio dalių, tai galima sudaryti lygtis:

$$S_0 = \frac{XS_1 + YS_2 + S_3}{X + Y + 1};$$

$$C_0 = \frac{XC_1 + YC_2 + C_3}{X + Y + 1};$$

$$A_0 = \frac{XA_1 + YA_2 + A_3}{X + Y + 1};$$

$$F_0 = \frac{XF_1 + YF_2 + F_3}{X + Y + 1};$$

Įstačius šias  $C_0$ ,  $S_0$ ,  $A_0$  ir  $F_0$  reikšmes į  $K_p$  ir  $SM$  formules, gaunamos dvi lygtys su dviem nežinomaisiais:

$$X \cdot ((2.8 \cdot K_p \cdot S_1 + 1.65 \cdot A_1 + 0.35 \cdot F_1) - C_1) + Y((2.8 \cdot K_p \cdot S_2 + 1.65 \cdot A_2 + 0.35 \cdot F_2) - C_2) - (C_3 \cdot (2.8 \cdot K_p \cdot S_3 + 1.65 \cdot A_3 + 0.35 \cdot F_3))$$

Patogesniai skaičiavimui įvedami tokie žymėjimai:

$$a_1 = (2.8 \cdot K_p \cdot S_1 + 1.65 \cdot A_1 + 0.35 \cdot F_1) - C_1;$$

$$b_1 = (2.8 \cdot K_p \cdot S_2 + 1.65 \cdot A_2 + 0.35 \cdot F_2) - C_2;$$

$$c_1 = C_3 - (2.8 \cdot K_p \cdot S_3 + 1.65 \cdot A_3 + 0.35 \cdot F_3);$$

$$a_2 = n \cdot (A_1 + F_1) - S_1;$$

$$b_2 = n \cdot (A_2 + F_2) - S_2;$$

$$c_2 = S_3 - n \cdot (A_3 + F_3);$$

Atlikus šiuos pakeitimus gaunamos lygtys :

$$a_1 x + b_1 y = C_1;$$

$$a_2 x + b_2 y = C_2;$$

$$x = \frac{\text{I komp.}}{\text{II komp.}} = \frac{c_1 b_2 - c_2 b_1}{a_1 b_2 + a_2 b_1};$$

$$y = \frac{\text{II komp.}}{\text{III komp.}} = \frac{a_1 c_2 - a_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1};$$

Į minėtas formules statome reikšmes iš perskaičiuotos žaliavų sudėties lentelės

$$a_1 = (2.8 \cdot K_p \cdot S_1 + 1.65 \cdot A_1 + 0.35 \cdot F_1) - C_1 = (2.8 \cdot 0.9 \cdot 2.48 + 1.65 \cdot 0.74 + 0.35 \cdot 0.55) - 52.37 = -44.71$$

$$b_1 = (2.8 \cdot K_p \cdot S_2 + 1.65 \cdot A_2 + 0.35 \cdot F_2) - C_2 = (2.8 \cdot 0.9 \cdot 48.83 + 1.65 \cdot 12.58 + 0.35 \cdot 5.95) - 10.38 = 135.51$$

$$c_1 = C_3 - (2.8 \cdot K_p \cdot S_3 + 1.65 \cdot A_3 + 0.35 \cdot F_3) = 0.48 - (2.8 \cdot 0.9 \cdot 21.1 + 1.65 \cdot 9.47 + 0.35 \cdot 66.75) = -92.16$$

$$a_2 = n \cdot (A_1 + F_1) - S_1 = 2.55(0.74 + 0.55) - 2.48 = 0.81$$

$$b_2 = n \cdot (A_2 + F_2) - S_2 = 2.55(12.58 + 5.95) - 48.83 = -1.58$$

$$c_2 = S_3 - n \cdot (A_3 + F_3) = 20.96 - 2.55(9.47 + 66.75) = -173.4$$

Esant užsiduotam  $K_p$  ir SM, įkrova skaičiuojama tokiu pačiu būdu. Dydžiai  $a_1$ ,  $b_1$  ir  $c_1$  išlieka. Keičiasi  $a_2$ ,  $b_2$  ir  $c_2$ .

$$a_2 = pF_1 - A_1; \quad b_2 = pF_2 - A_2; \quad c_2 = A_3 - pF_3;$$

Apskaičiavus gauta:

$$x = 1053.07;$$

$$y = 308.7$$

Įkrovos sudėtis %:

$$\text{Klintis} = \frac{x \cdot 100}{x + y + 1} = \frac{1053 \cdot 100}{1053 + 308.7 + 1} = 77.28 \%$$

$$\text{Molis} = \frac{y \cdot 100}{x + y + 1} = \frac{308.7 \cdot 100}{1053 + 308.7 + 1} = 22.65 \%$$

$$\text{Pelenai} = \frac{1 \cdot 100}{x + y + 1} = \frac{100}{1063 + 309.1 + 1} = 0.07 \%$$

Perskaičiuojama įkrovos ir klinkerio cheminė sudėtis. Įkrovos sudėtis apskaičiuojama tokiu būdu: Įkrovos sudėtyje yra 75,15 % klinčių, o cheminėje sudėtyje yra 2,02 %  $\text{SiO}_2$ , tuomet 75,15 % klinčių į įkrovos sudėtį įneša:

$$\text{SiO}_2 = \frac{77.28 \cdot 2.48}{100} = 1.92 \%$$

Klinkerio sudėtis skaičiuojama analogiškai, atmetus kaitinimo nuostolius.

**4.10 lentelė. Įkrovos ir klinkerio cheminė sudėtis**

Komponentė ir jos kiekis %		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	K.n.	Suma
Klintys	77,28	1,92	0,57	0,43	40,47	1,79	0,18	0,04	0,29	31,61	77,35
Molis	22,65	11,07	2,85	1,35	2,34	0,96	0,62	0,04	-	3,42	22,65
Pelenai	0,07	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	-		0,00	-	0,07
Įkrovos sudėtis %		13	3,43	1,83	42,81	2,75	0,8	0,08	0,29	35,03	100,02
Klinkerio sudėtis%		20,61	5,31	3,28	62,71	3,09	1,13	0,1	0,68	-	96,91

**4.4 Klinkerio mineralinė sudėtis**

Klinkerio mineralinė sudėtis skaičiuojama pagal Bogo formulę, remiantis klinkerio chemine sudėtimi:

Jei aluminatinis koeficientas (AM) >0,64

AM = 1.7, tai:

Alito mineralo kiekis (C<sub>3</sub>S) = 4.071 × (CaO) – 7.6 × (SiO<sub>2</sub>) – 6.718 × (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 1.43 × (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 2.852 × (SO<sub>3</sub>)

(C<sub>3</sub>S) = 4.071 × (62.71) – 7.6 × (20.61) – 6.718 × (5.31) – 1.43 × (3.28) – 2.852 × (0.68) = 59%

Belito mineralo kiekis (C<sub>2</sub>S) = 2.867 × (SiO<sub>2</sub>) – 0.754 × (C<sub>3</sub>S)

(C<sub>2</sub>S) = 2.867 × (20.61) – 0.754 × (59) = 14.5%

Trikalcioaluminato mineralo kiekis (C<sub>3</sub>A) = 2.650 × (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 1.692 × (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

(C<sub>3</sub>A) = 2.650 × (5.31) – 1.692 × (3.28) = 8.5%

Tetrakalcioaliumoferito mineralo kiekis (C<sub>4</sub>AF) = 3.04 × (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

(C<sub>4</sub>AF) = 3.04 × (3.28) = 10 %

**4.11 lentelė. Klinkerio mineralinė sudėtis**

C <sub>3</sub> S, %	C <sub>2</sub> S, %	C <sub>3</sub> A, %	C <sub>4</sub> AF, %	Kiti mineralai, %	Suma, %
59	14,5	8,5	10	8	100

## 5 Įrenginių skaičiavimas ir parinkimas

Remiantis paskaičiuotais žaliavų kiekiais, projektuojamiems skyriams parenkami ir paskaičiuojami pagrindiniai įrengimai, aspiraciniai įrengimai ir sandėliai.

### 5.1 Klinkerio, priedų, šlako ir cemento sandėliavimas

Cemento malimui skirtos medžiagos sandėliuojamos prie malimo skyriaus esančiose silosinio tipo sandėliuose.

Sandėliuose sudaromos tokios medžiagų atsargos:

Klinkeris – 4 parų;

Šlakas – 15 parų;

Gipsas – 25 parų;

Cementas – 10-12 parų.

Siloso tūris  $V$  m<sup>3</sup> atitinkamai sandėliuojamai medžiagai paskaičiuojamas:

$$V = \frac{G_k \cdot P_s \cdot C_n}{365 \cdot K_i \cdot \rho}$$

Čia:  $G_k$  – malimo skyriaus našumas t/metus;

$P_s$  – lyginamosios medžiagos sąnaudos 1t cemento t/t;

$C_n$  – normatyvinės medžiagos atsargos paromis;

$K_i$  – malūnų išnaudojimo koeficientas ( $K_i = 0,8$ );

$\rho$  – medžiagos piltinis tankis t/m<sup>3</sup> ( $\rho_{kl}=1,6$  t/m<sup>3</sup>;  $\rho_g=1,4$  t/m<sup>3</sup>;  $\rho_{cem}=1,43$  t/m<sup>3</sup>;  $\rho_{šlak}=1,2$ t/m<sup>3</sup>).

Paskaičiuotas atitinkamas siloso tūris kiekvienai medžiagai:

Klinkeriui:

$$V_{portalcementui} = \frac{850000 \cdot 0,954 \cdot 4}{365 \cdot 0,8 \cdot 1,6} = 6943 \text{ m}^3$$

$$V_{šlakiniamementui} = \frac{150000 \cdot 0,5786 \cdot 4}{365 \cdot 0,8 \cdot 1,6} = 745 \text{ m}^3$$

$$V_{bendras} = 6943 + 745 = 7688 \text{ m}^3$$

Gipsas:

$$V_{\text{portlandcementui}} = \frac{850000 \cdot 0,056 \cdot 25}{365 \cdot 0,8 \cdot 1,4} = 2911 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{šlakiniamentui}} = \frac{150000 \cdot 0,0338 \cdot 25}{365 \cdot 0,8 \cdot 1,4} = 307 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{bendras}} = 2911 + 307 = 3218 \text{ m}^3$$

Šlakui:

$$V = \frac{150000 \cdot 0,404 \cdot 15}{365 \cdot 0,8 \cdot 1,2} = 2594 \text{ m}^3$$

Silosų kiekis (N) sandėliuojamai medžiagai:

$$N = \frac{V}{V_1} \quad , \text{čia } V_1 - \text{naudingas siloso tūris (1800m}^3\text{)}$$

$$N_{\text{klinkeriui}} = \frac{7688}{1800} = 4,27 \approx 5$$

$$N_{\text{gipsui}} = \frac{3218}{1800} = 1,79 \approx 2$$

$$N_{\text{šlakui}} = \frac{2594}{1800} = 1,44 \approx 2$$

Cemento silosinio sandėlio tūris ( $V_c$ )  $\text{m}^3$ :

$$V = \frac{G_k \cdot C_n}{365 \cdot K \cdot \rho} \quad , \text{čia } K - \text{silosų užpildymo koeficientas (0,9)}$$

$$V_{\text{portlandcementui}} = \frac{850000 \cdot 12}{365 \cdot 0,9 \cdot 1,43} = 21713 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{šlakio cemento}} = \frac{150000 \cdot 12}{365 \cdot 0,9 \cdot 1,43} = 3832 \text{ m}^3$$

Cemento silosų kiekis (N):

$$N = \frac{V_c + V_s}{V_1} = \frac{25545}{4000} = 6,39 \approx 7$$

## 5.2 Cemento malimas

Cementas gaunamas malant rutuliniuose malūnuose atviru ir uždaru būdu. Cemento malūno pagrindinės techninės charakteristikos:

Vidinis būgno skersmuo, mm	3970
Vidinis būgno ilgis, mm	13910
Sukimosi greitis, aps/min	16,2
Variklio galingumas, kW	3200
Malūno masė be malimo kūnų, t	433

Naudingas malūno galingumas kW :

$$N = 6,45 \cdot V \cdot \sqrt{D} \cdot \left(\frac{G_0}{V}\right) \cdot 0,8 = 6,45 \cdot 172,1 \cdot \sqrt{3,97} \cdot \left(\frac{200}{172,1}\right) \cdot 0,8 = 2494,22 \text{ kW}$$

čia: D - vidinis malūno vamzdžio skersmuo, m

V – vidinis malūno tūris, m<sup>3</sup>

G<sub>0</sub> – malimo kūnų masė, t

Malūno našumas G, t/h:

$$G = N \cdot b \cdot q \cdot \eta = 2494,22 \cdot 0,04 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 71,8 \text{ t/h}$$

čia: b – naudingo galingumo lyginamasis našumas t/kWh; (b=0,04)

η - koeficientas (η = 1,2)

q – koeficientas, įvertinantis sumalimo smulkumą (q=0,6)



Malūnų kiekis n :

$$n = \frac{G_r}{G} = \frac{57,65}{71,8} = 0,8 \approx 1 \text{ (portlandcemenčiui)}$$

$$n = \frac{G_r}{G} = \frac{47}{71,8} = 0,65 \approx 1 \text{ (šlakiniui cementui)}$$

čia:  $G_r$  – reikalingas valandinis našumas t/h

$G$  – paskaičiuotas malūno našumas t/h.

Optimalus ( $n_0$ ) ir kritinis ( $n_k$ ) malūno sukimosi greičiai aps/min:

$$n_0 = \frac{32}{\sqrt{D}} = \frac{32}{\sqrt{3,97}} = 16,06 \text{ aps/min}$$

$$n_k = \frac{42,3}{\sqrt{D}} = \frac{42,3}{\sqrt{3,97}} = 21,23 \text{ aps/min}$$

Sumaltas cementas į pneumokamerinius siurblius, o taip pat iš elevatoriaus į separatorių transportuojamas aeroloviais, kurių našumai 80-90 t/h

Separatorius su atskirais ciklonais:

Našumas, t/h	100
Ventiliatoriaus našumas, m <sup>3</sup> /h	150000
Rotoriaus sukimosi greitis, aps/min	150
Galingumas, kW	180

### 5.3 Aspiraciniai įrenginiai

Malūnai yra aprūpinami cemento dulkių ištraukimo sistema, kuri susideda iš aspiracinės šachtos ir dviejų laipsnių oro valymo sistemos (ciklonai ir rankoviniai filtrai).

Aspiracinės šachtos paskirtis – sumažinti per malūną pratraukiamo oro dulketumą nuo 300-500 g/m<sup>3</sup> iki 25 – 60 g/m<sup>3</sup>. Aspiracinės šachtos dulkių atskyrimo laipsnis yra 3 – 15%.

Šachtos skerspjūvio plotas  $F$ , m<sup>2</sup>:

$$F = \frac{V}{3600 \cdot w} = \frac{14366,70}{3600 \cdot 1,5} = 2,66 \text{ m}^2$$

čia:  $V$  – aspiracinis oro kiekis  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  
 $w$  – oro greitis šachtoje  $\text{m/s}$  (priimu 1,5).

Aspiracinis oro kiekis  $V$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ :

$$V = \frac{1000 \cdot G \cdot K}{\rho} = \frac{1000 \cdot 71,83 \cdot 0,2}{1} = 14366,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

čia:  $G$  – paskaičiuotas malūno našumas  $\text{t/h}$ ;  
 $K$  – oro sąnaudos malūnui ventiliuoti  $\text{kg/kg}$  (priimu 0,2);  
 $\rho$  – oro tankis (priimu 1).

Šachtos šono, lygiagretaus malūno ašiai ilgis  $a$ ,  $\text{m}$ :

$$a = \sqrt{\frac{F}{n}} = \sqrt{\frac{2,66}{0,67}} = 2,00 \text{ m}$$

čia:  $n$  – šachtos skerspjuvio šonų  $a$  ir  $b$  santykis  
(būna  $a:b=1$ : arba  $2:3$ )

Šachtos aukštis  $h$  nuo malūno ašies,  $\text{m}$ :

$$h = \frac{2a \cdot n}{1+n} \cdot 5,5 = \frac{2 \cdot 2,0 \cdot 0,67}{1+0,67} \cdot 5,5 = 8,79 \text{ m}$$

Ciklonai parenkami paskaičiavus jų skersmenį  $D$ :

$$D = 0,95 \sqrt{\frac{V^2 \cdot \rho \cdot \xi}{\Delta p}} = \sqrt{\frac{3,99^2 \cdot 1 \cdot 130}{1258,40}} = 1,22 \text{ m}$$

čia:  $V$  – aspiracinis oro kiekis  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  
 $\rho$  – oro tankis  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $\xi$  – kliučių koeficientas (priimu 130);  
 $\Delta p$  – ciklono hidraulinis pasipriešinimas  $\text{N/m}^2$ , Pa.

$$\Delta p = \xi \frac{w^2 \cdot \rho}{2} = 130 \frac{4,4^2 \cdot 1}{2} = 1258,40 \text{ N/m}^2$$

čia:  $w$  – oro greitis ciklone m/s (primu 4,4).

$$V = \frac{1000 \cdot G \cdot K}{3600 \cdot \rho} = \frac{1000 \cdot 71,83 \cdot 0,2}{3600 \cdot 1} = 3,99 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cemento pramonėje dažniausiai naudojami ciklonai IQH; IQII ir Kreizelio tipo.

IQH tipo ciklonai:

Išorinis skersmuo  $D$  – 750 mm

Kūginės dalies ilgis – 1540 mm

Bendras aukštis – 4680 mm

Kadangi skaičiuojant ciklono skersmenį  $D$ , gautas skersmuo didesnis kaip 1000 mm, pasirenku ciklonų grupę iš dviejų 750 mm skersmens ciklonų. Ciklonuose oro išvalymo laipsnis sudaro 80 – 90 %.

Antriniam oro valymui malimo skyriuje dažniausiai naudojami rankoviniai filtrai, kuriuose oro išvalymo laipsnis sudaro 97 – 99 %.

Rankoviniai filtrai parenkami paskaičius rankovinio filtro audeklo filtravimo paviršių  $F$ ,  $\text{m}^2$ :

$$F = \frac{V}{W_1} = \frac{12236,49}{55} = 222,48 \text{ m}^2$$

čia:  $W_1$  – filtracijos greitis  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$  (priimu 55);

$V$  – oro kiekis praeinantis per rankovinį filtrą  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Antriniam oro valymui naudojami rankoviniai filtrai ФБК, CMIQ-801 ir CMIQ-101.

CMIQ-801 tipo rankoviniai filtrai:

Filtravimo paviršius  $F$  – 224  $\text{m}^2$

Sekcijų skaičius – 4

Matmenys  $l$  – 4,3 m

b – 5,3 m

n – 8,6 m

## 5.4 Pneumotransporto skaičiavimas

Skaičiuojant pneumotransportą, parenkami cemento pneumotransporto įrengimai (kameriniai siurbliai) ir cemento transportui reikalingas oro kiekis, bei vamzdžio vidinis skersmuo.

Kameriniai siurbliai yra patikimi eksploatacijoje, nes juose nėra besisukančių, lengvai dylančių dalių. Jais galima paduoti cementą iki 800 m atstumu ir pakelti į 35 m aukštį. Pneumoįrenginiai parenkami priklausomai nuo malūno našumo G.

Kameriniai siurbliai TA-28:

Našumas – 100 t/h

Išorinis kameros skersmuo – 1800 mm

Transportavimo atstumas: 500 – 1000 m

Vamzdžio vidinis skersmuo – 250 mm

Oro slėgis – 0,8 MPa

Transportuojančio oro greitis  $W_0$ , m/s:

$$W_0 = \alpha \sqrt{\rho_m} + B \cdot L^2 = 12 \sqrt{1,43} + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 500 = 21,85 \text{ m/s}$$

čia:  $\alpha$  – koeficientas, įvertinantis medžiagos dalelių dydį (cementui  $\alpha = 12$ );

$\rho_m$  – cemento tankis  $t/m^3$ ;

B – koeficientas, įvertinantis oro tankio kitimą transportavimo metu ( $3 \cdot 10^{-5}$ );

L – ekvivalentinis transportavimo atstumas, m.

Cementui transportuoti oro sąnaudos M,  $m^3/s$ :

$$M = \frac{G}{3,6 \cdot \rho_0 \cdot \mu} = \frac{100}{3,6 \cdot 1 \cdot 30} = 0,92 \text{ m}^3/s$$

čia: G – pneumoįrenginio našumas, t/h;

$\rho_0$  – oro tankis  $kg/m^3$ ;

$\mu$  – transportuojamo cemento koncentracija ore  $kg/kg$  oro (priklauso nuo transportavimo atstumo L. Priimu 30).

Vamzdžio vidinis skersmuo  $d_v$ , m :

$$d_v = \sqrt{\frac{4M}{\pi \cdot W_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,46}{3,14 \cdot 21,85}} = 0,16 \text{ m}$$

## 6 Statybiniai sprendimai

AB „Akmenės cementas“ – moderni, besivystanti įmonė. Įmonė yra Naujosios Akmenės mieste, 60 km į šiaurę nuo Šiaulių miesto. Gamyklos teritorija užima 113 ha plotą. Šioje vietoje vyrauja šiaurės vakarų vėjai, todėl teršalai, išmetami į atmosferą, nunešami nuo miesto. Vanduo gamybai imamas iš netoliese esančio Agluonos upelio, šilumos ir elektros energija tiekama iš termofikacinės elektrinės.

Įmonė pradėjo dirbti 1952 metais. Šiuo metu AB „Akmenės cementas“ pagamina apie 1000000 tonų cemento per metus. Siekiant efektyviau panaudoti gamybinius pajėgumus ir sumažinti elektros ir kuro sąnaudas 2014 metais pradėta naudoti nauja – sauso būdo klinkerio degimo technologija.

**6.1 lentelė.** Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
<b>I. SKLYPAS</b>		
1.1. sklypo plotas	ha	113
1.2. statinių užimamas žemės plotas	m <sup>2</sup>	15000
1.3. apželdintas žemės plotas (žaliasis plotas)	m <sup>2</sup>	20000
1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	12
1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	50

**6.2 lentelė.** Pradiniai duomenys projektavimui

Pastato aukštų skaičius	1
Pastato plotis (tarp ašių), m	30
Pastato ilgis (tarp ašių), m	50
Darbuotojų skaičius	20
Miestas	Naujoji Akmenė
Pastato orientacija	Į šiaurės vakarus
Instaliuota galia	20 MW

## 6.1 Sklypo planas

Gamykloje yra geležinkelio atšakos. Kadangi projektuojamoje įmonėje yra atvežama daug žaliavos, bei išvežama daug produktų, tai čia turi būti įrengti automobilių keliai bei geležinkelis, kurių plotis 1520 mm. Įmonės teritorijoje turi būti numatyti keliai automobilių transportui, nes įmonės teritorija yra labai didelė. Šie keliai yra reikalingi reagentų atvežimui, darbininkų atvežimui į darbo vietas, bei patogiam avarinių tarnybų mašinų privažiavimui avarijų metu. Automobilių kelio plotis 4 – 6 m, pravažiuojamasis aukštis po vamzdynais turi būti ne mažesnis kaip 4,5 m. Darbuotojams vaikščioti naudojami 1 m pločio asfaltuoti takeliai. Takeliai, esantys pakelėse, turi būti 0,8 m atstumu nuo kelio. Gėlynai, kurie įrengti prie administracinių pastatų negali viršyti 1 – 1,5 metro aukščio. Nuo pastatų iki žalios vejos turi būti 5 m atstumas.

Valymo įrenginiuose apdorojamos įmonės aušinimo sistemų vandenys. Mechaninį atliekų valymą pratekėjas panaudotas vanduo grąžinamas į dirbtinai iškastus baseinus.

Įmonėje yra keletas stambių kombinuotų technologinių naftos ir naftos produktų perdirbimo įrenginių, o taip pat visa eilė bendragamyklinių ūkio objektų: kombinuotas įrenginys LK-6U Nr. 1; LK-6U Nr. 2 sus šilumos tiekimo sistema; kombinuotas gilaus naftos perdirbimo įrenginys KT-1/1; kombinuotas bitumo gamybos įrenginys; sieros gamybos įrenginiai Nr. 1; Nr. 2; garo gamybos įrenginys; vandenilio gamybos įrenginys; nuotekų valymo įrenginiai; du apytakinio vandens valymo blokai; reagentų ūkis; suskystintų dujų parkai Nr. 1, Nr. 2; rezervuarų parkas; naftos produktų išpylimo – užpylimo estakados; fakelų ūkis.

Generaliniame plane išskiriamas projektuojamas atmosferinės rektifikacijos benzino hidrogenizacinio valymo įrenginys, kurį sudaro: krosnių blokas, rektoriaus blokas, stabilizacijos kolonos blokas, siurblinė, operatorinė, dujų kompresorinė.

Operatorinė randasi viename pastate su sandėlių, ventiliacinėmis patalpomis ir elektros bei automatikos prietaisų paskirstymo patalpomis.

## 6.2 Operatorinės pastato charakteristika

Operatorinės patalpos yra pastatytos AB „Akmenės cementas“ įmonės teritorijoje. Pastato fasadas orientuotas į šiaurės vakarus. Pastato ilgis  $L=38$  m, plotis  $B=34$  m, aukštis  $H=8,5$  m. Pastato statybai panaudotos gelžbetoninės konstrukcijos: kraštinės ir vidurinės kolonos, perdangos ir denginio plokštės, kolonų pamatai, rygeliai (šoninis ir vidurinis), pamatų sijos ir kt. Pastato kolonų tinklelio išmatavimai (6x6 m). Pastato išorinėms sienoms statyti naudojamas sausas tinkas, keraminių plytų mūras, tinkleliu armuotas tinkas. Pastato vidaus temperatūra lygi  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pastate yra trys išėjimai: du pagrindiniai ir atsarginis. Naudojami langai „Fauga Standart“

vokiški 3-jų kamerų, 60mm pločio „Thyssen“ profilio. Pastato šildymui naudojamas dujinis katilas „THERMONA 3.2“. Šis katilas šilumą atiduoda radiatoriams. Radiatorius gamina firma „De Longhi“. Radiatoriai išdėstyti po langais. Šildymui trūkstama šiluma suteikiama kaloriferiu. Kaloriferį gamina firma REMAK, jo tipas yra VO 80-50/85. Pastato vėdinimui pirmame aukšte yra sumontuoti ventiliatoriai. Ventiliatorius gamina firma ABB “Fläkt Oy”, jo tipas GTAB-5-063. Visi šildymo prietaisai išdėstyti pirmo aukšto ventiliacijos kameroje. Tame pačiame pastate įkurtos ir gamybos cecho administracinės patalpos. Iš viso šiame pastate dirba 24 darbuotojų.

## 7 Aplinkosauginis vertinimas

AB „Akmenės cementas“ pradėjo gaminti klinkerį pagal naują – sauso būdo technologiją. Skirtumas tarp šlapio ir sauso būdo technologijų yra žaliavų paruošime. Šlapio būdo technologijoje visose gamyboje dominavo didelės drėgmės žaliavos. Molio šlamas apie 60 % drėgmės, klinčių ir molio šlamas 36 % drėgmės. Esant tokios drėgmės žaliavoms dulkėjimo beveik nebuvo. Pakeitus gamybos technologiją į sauso būdo, atsirado dulkėjimai žaliavų transportavimo perpylimo taškuose. Be to su nauja gamybos technologija buvo siekiama stipriai sumažinti kietųjų dalelių bei sieros dioksido išmetimus į aplinką. Kietųjų dalelių išmetimams sumažinti buvo pastatyti du rankoviniai filtrai. Pagrindiniame filtre yra 5400 rankovių, o mažesniame 2700 rankovių. Šie filtrai užtikrina kietųjų dalelių nusodinimą. Taip pat kiekviename žaliavų transportavimo perpylimo taške yra sumontuoti rankoviniai filtrai. Ventilatoriai traukia dulkėtą orą iš perpylimo taško, rankoviniame filtre dulkės nusodinamos ir grąžinamos į gamybą. Sieros dioksido išmetimai į aplinką sumažinami žaliavų džiovavimo ir malimo skyriuje. Dalis sieros pereina į žaliavas. Taip pat lyginant su senąja technologija yra sumažinta išmetamųjų dujų temperatūra. Nuo 150 °C iki 100 °C.

Beveik visos žaliavos yra nepavojingos aplinkai ir žmogui, nes tai yra iškasenos. Tačiau cemento malimo skyriuje naudojama aktyvatorius ir intensifikatorius, kurie gali paveikti žmogaus sveikatą ir aplinką. Dėl to darbuotojai turi naudotis asmeninėmis apsaugos priemonėmis. Taip pat tausoti aplinką. Šių medžiagų sunaudojimas yra labai mažas.



## 7.1 Naudojamų žaliavų duomenys

7.1 lentelė. Naujojamų žaliavų duomenys[1]

Žaliavos pavadinimas	Kiekis naudojant objektą, t/metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas *		
		kategorijos pavadinimas	pavojaus nuoroda	rizikos frazės, saugumo frazės
1	2	3	4	5
Molis	362238	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nenustatyta	
Klintis	1284300	CaCO <sub>3</sub>	Nenustatyta	
Intensifikatorius	374	Cheminė medžiaga, cemento priedas	Dirginanti Xi,	R36, R52/53 H319 H412 R36/37/38
Šlakas	83750	SiO <sub>2</sub> , CaCO <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nenustatyta	
Aktyvatorius	334	Geležies (II) sukfatas	Kenksminga Xn,  Dirginanti Xi,	R22, R36/38
Geležies rūda	14918	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nenustatyta	
Gipsas	47660	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Nenustatyta.	

Iš lentelės duomenų galima matyti, kad gamybos metu naudojamos medžiagos nėra labai pavojingos. Kontaktuojant su medžiagomis, reikia naudoti įprastas apsaugojimo priemones, tokias kaip respiratoriai ir pirštinės ir kitos asmeninės apsaugos priemonės.

## 7.2 Naudojami ištekliai energetinėms reikmėms

**7.2 lentelė.** Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius

Produkcija		Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai		
Pavadinimas	kiekis per metus	pavadinimas	kiekis per metus	šaltiniai
Cemento gamyba	1000000	Elektros energija	135628 tūkst. kWh	AB „Litgrid“
		Šiluminė energija	401093m <sup>3</sup>	Gamtinės dujos
		Anglis	132055t	Rusija
		Dyzelis	200t	Mažeikiu nafta

Šiluminės energijos daug nesunaudojama, nes gamybos ceche šilumos daug išspinduliuojama gamybos proceso metu. Elektros energijos sunaudojama 135628 tūkst. kWh, visi įrengimai veikia naudojant elektros energiją.

## 7.3 Fizikinė ir biologinė tarša

**7.3 lentelė.** Veiklos sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Cemento malūnas	4	80 dB	
Triukšmas	Suspausto oro kompresoriai	5	77 dB	
Triukšmas	Sukamoji krosnis	2	70 dB	
Triukšmas	Plaktukinis trupintuvas	3	85 dB	
Triukšmas	Žiauninis trupintuvas	2	75dB	
Triukšmas	Žaliavų rutulinis malūnas	1	65 dB	
Triukšmas	Šaldytuvas	1	55 dB	

Gamybos metu susidaranti fizikinė ir biologinė tarša prie keletos įrengimų viršija leidžiamą ribą. Dėl šios priežasties yra ribojamas darbuotojų darbo laikas prie fizikinės ir biologinės taršos leistinas ribas viršijančių įrengimų, taip pat numatytos papildomos pertraukos darbuotojams. Didžiausią triukšmą kelia plaktukiniai trupintuvai.

## 7.4 Atliekų tvarkymas

7.4 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas[2]

Technologinis procesas	Atliekos pavadinimas	Atliekų kiekis, t/metus	Atliekų agregatinis būvis	Atliekų kodas pagal atliekų sąrašą	Atliekų pavojingumas (0 – nepavojinga, 1 – pavojinga)	Atliekų saugojimo objekte laikymo sąlygos	Atliekų saugojimo objekte didžiausias kiekis	Numatomi atliekų tvarkymo būdai
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cemento malimas	Dulkės	5	Kietos dalelės	4281	0	-	-	Gražinimas į gamybą
Klinkerio degimo skyrius	Dulkės	22727	Kietos dalelės	4281	0	-	-	Gražinimas į gamybą
Žaliavų mišinio paruošimo skyrius	Metalai	100	Kieta		0	-	-	Parduodama į metalo supirktuvę

Gamybinės atliekos yra gražinamos į gamybą ir yra panaudojamos cemento gamyboje. Metalu laužas gali pažeisti įrengimus, todėl yra aptinkamas metalo detektoriais ir atskiriamas nuo žaliavų.

## 7.5 Vandens balansas

7.5 lentelė. Naudojamo vandens balansas

Vandens tiekimo (išgavimo) šaltinis	Vandens naudojimo sritys (tikslai)	Didžiausias paros debitas m <sup>3</sup>	Vidutinis metinis kiekis, m <sup>3</sup>	Taupymo ir apsaugos priemonės
1	2	3	4	5
AB „Akmenės vandenys“	Buitinėms reikmėms	60	20248	
UAB „Žalia giria“	Geriamasis vanduo	0,4	125,4	
Gamykla pasigamina	Gamybinis vanduo	4550	1547858	Tobulinti technologiją

Pagrindinis procesas, kurio metu sunaudojama daugiausiai vandens yra įrengimų, aušinimas bei cemento aušinimas. Kad sutaupyti sunaudojamo vandens, vanduo yra valomas mechaniniais vandens valymo įrenginiais ir grąžinamas į cirkuliaciją.

## 7.6 Nuotekų ir teršalų balansas

7.6 lentelė. Nuotekų ir teršalų balansas.[3]

Nuotekų susidarymo šaltiniai	Didžiausias paros nuotekų kiekis, m <sup>3</sup>	Vidutinis metinis nuotekų kiekis, m <sup>3</sup>	Teršalo pavadinimas	Teršalo kiekis t/m
1	2	3	4	5
Buitinės reikmės naudojamas vanduo	60,3	20500	Ūkinės nuotekos, Fekalijos, Prausimosi priemonių nuotekos	

Didžioji dalis vandens cirkuliuoja uždareme rate. Jis naudojamas įrengimų aušinimui ir laikomas atkiruose baseinuose. Į nuotekas patenka tik buitinėms reikmėms naudojamas vanduo. Gamybos ceche dirba apie 300 žmonių. Ceche įrengtos buitinės patalpos, taip pat virtuvės bei tualetai. Šiose patalpose panaudotas vanduo teka į nuotekų sistemą.

## 7.7 Oro tarša

7.7 lentelė. Tarša į aplinkos orą.[4]

Proceso (taršos šaltinio) pavadinimas	Teršalo pavadinimas	Išmetamųjų dujų temperatūra, °C	Išmetamųjų dujų tūrio debitas, Nm <sup>3</sup> /s	Teršalų išmetimo trukmė, val./m
1	2	3	4	
Sauso būdo klinkerio gamybos linijos kaminas	k.d.; CO <sub>2</sub> ; NO <sub>x</sub> ; SO <sub>2</sub>	100	164	7776
Klinkerio aušintuvo aspiracijos kaminas	k.d.	120	63	7776
Priedų džiovavimo linijos kaminas	k.d.; CO <sub>2</sub> ; NO <sub>x</sub> ; SO <sub>2</sub>	76	17,67	7000

Didžiausias teršalas į aplinkos orą yra anglies dvideginis, kuris išsiskiria degimo metu, degant akmens angliai, dyzeliui ir skalūnų alyvai. Pagrindinis aplinkos taršos šaltinis yra kietosios dalelės, norint sumažinti jų kiekį naudojami rankoviniai ir elektros filtrai. Rankoviniai filtrai yra daug efektyvesni už elektros filtrus, todėl visoje klinkerio degimo linijoje visi elektros filtrai pakeisti rankoviniais.

Labai daug vandens sunaudojama aušinimui. Jo sunaudojimą galima mažinti tobulinant gamybos, bei aušinimo technologijas. Didžiausi vandens vartotojai yra cemento malūnai ir suspausto oro kompresoriai, jų tepalų aušinimui sunaudojama daugiausiai gamybinio vandens. Ateityje reikia modernizuoti aušinimo sistemą. Naudojant aušinimo agentą – gliukolį. Įrengiant uždarą aušinimo sistemą, aušinant įrengimus ne aplinkos temperatūros vandeniu, o vėsesniu gliukoliu.

Gamybos metu susidariusios atliekos, sumažinant gamybos nuostolius, grąžinamos į gamybos ciklą. Pašalinamos tik tos atliekos, kurios gali pažeisti įrengimus pvz.: metalai.

## 8 FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI

### 8.1 Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių - organizacinių problemų nustatymas

AB „Akmenės cemento“ atliekama modernizacija, kurios metu šlakiniame cemento ( CEM III/B 32,5 N), dalis brangiausios žaliavos, šlako, bus pakeista – klinkerio degimo krosnies dulkėmis (toliau vadinama KDKD) kurios gaunamos kaip degimo krosnies atlieka.

Projektuojamos šlakinio cemento gamybos modernizacijos analizė atlikta penkerių metų laikotarpyje (2015-2019 m). Priimame, kad tretieji metai – 2017 bus projekto brandos metai Šiai modernizacijai reikalingos investicijos bus panaudotos iš AB "Akmenės cementas" lėšų, taip pat bus imama paskola (8.3.1 lent).

**Inovacinis sprendimas** – panaudojama gamybos atlieka – KDKD

**Laikymo sąlygos** – palaidas šlakinis cementas turi būti saugomas silosų bokštuose, kurie yra apsaugoti nuo drėgmės, sausi (t.y. kuo mažesnė vidinė kondensacija), švarūs ir neužteršti..

**Ekologiškumas** – produktas nėra pavojingas aplinkai.

**Toksiškumas** – nėra umiai toksiškas. Dirgina kvėpavimo takus. Patekęs didelis klinkerio kiekis į vandenį, padidina pH, ir tam tikromis sąlygomis gali būti toksiškas vandens

**Patrauklumas** –CEM III/B 32,5 N – sulfatams atsparus žematemperatūris šlakinis cementas naudojamas betono gamybai ir jo naudojimui esant agresyvioms terpėms, tiek šarminėi, tiek rūgštinei. Įmonė įsikūrusi šiaurės Lietuvoje, Naujosios Akmenės mieste, netoli „Via Baltica“ magistralės.[1]

Atlikta įmonės AB "Akmenės cementas" SSGG (stiprybės, silpnybės, galimybės, grėsmės) analizė. Tai pagrindinis įmonės vidinės būklės įvertinimo būdas. Ši analizė naudojama nustatant organizacijos pranašumus, trūkumus, galimybes ir grėsmes.

#### **Stiprybės:**

- Įmonė vienintelė Lietuvoje gaminanti cementą;
- Produktas ekologiškas;
- Produktas pripažintas ES;
- Gamyba patobulinta naujais technologiniais sprendimais;
- Rinkoje, nedidelis pasirinkimas šlakinio cemento;
- Įmonėje dirba kvalifikuoti darbuotojai, kurių žinios vis gilinamos įvairiuose kursuose;
- Taikomos naujos kokybės valdymo sistemos, įmonėje įdiegta ISO sistema;
- Geras vadovavimas.

- Produktų asortimentas, kokybė pritrauks vartotojus. Gaminama septynias rūšis cemento, o konkurentai Latvijoje tik dvi.

### **Silpnybės:**

- Ryšių ir patirties stoka (įmonė AB "Akmenės cementas" nepriklauso koncernui ar įmonių grupei);
- Sunkiai nuspėjama Lietuvos ir užsienio rinka;
- Įmonė turi įsiskolinimų, kadangi neseniai atlikta įmonės modernizacija, tačiau bėgant laikui tai pasikeis.

### **Galimybės:**

- Didėjant nedarbo lygiui, galima rasti pigesnės kvalifikuotos darbo jėgos;
- Platus asortimento pasiūlymas ne tik Lietuvos, bet ir pasauliorinkai;
- Statybų verslo (pastatų, infrastruktūros, renovacijų) plėtra Lietuvoje ir užsienio šalyse;

### **Grėsmės:**

- Užsienio rinkos nenoras įsileisti naujus gaminius;
- Nepalankus valiutos keitimo kursas (cementas eksportuojamas į NVS šalis)

Pagrindiniai įmonės pranašumai yra produkto ekologiškumas, netoksiškumas ir pripažinimas Europos sąjungoje. Tai leidžia užtikrinti eksporto galimybes, bei būti konkurencingiems užsienio rinkoje. Naujos technologijos, kokybės sistemos ir kvalifikuoti darbuotojai leidžia užtikrinti aukštą gaminio kokybę. Atliekama modernizacija, netik leidžia grąžinti į gamybą gamybos atliekas, bet ir taip padidinti įmonės pelną.

Trūkumai nekelti grėsmės įmonei tapti nekonkurencinga, nes trūkumai susiję su duomenų stoka ar ryšių neturėjimu, rinkos nenuspėjamumas bus išsprendžiamas laikui bėgant ir įmonei įgyjant daugiau patirties.

Didžiausias iššūkis bus įsitvirtinti užsienio rinkoje. Rinkoje visuomet bus pigesnių, mažesnės kokybės gaminių, kurie didins konkurencingumą. Siekiant išpopuliarinti gaminį, bus rengiami naujo gaminio pristatymai, konferencijos, diskusijos ir susitikimai su vartotojais, užsienio cemento gamintojų atstovais.

Šiame įmonės AB "Akmenės cementas" modernizacijos projekte atlikti šie finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai bei analizės: įmonės vidinio profilio analizė, SSGG analizė, projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai, ilgalaikio turto skaičiavimas, apyvartinių lėšų skaičiavimas, produkcijos gamybos apimtys ir realizacinės pajamos, tiesioginių ir netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas, pagrindinių priemonių nusidėvėjimas, veiklos kaštai, finansinės ir

investicinės sąnaudos, gaminio kainos skaičiavimas, projekto pelno ir GPS skaičiavimai, investicijų efektyvumo vertinimas.

## **8.2 Makroaplinkos ir įmonės vidinės būklės įvertinimas, pasitelkus specialius analizės metodus**

### **Vidinio profilio analizė**

Lietuvoje AB „Akmenės cementas“ yra vienintelė įmonė gaminanti cementą. Įmonės vidinio profilio analizė pateikta 8.2 lentelėje.



**8.2 lentelė. Įmonės vidinio profilio analizė [6]**

<b>Vidiniai ištekliai</b>	<b>Vertinimas</b>	<b>Komentaras</b>
<b>FINANSAI</b>		
Bendri veiklos rezultatai	Trūkumas	Dalis gauto pelno yra investuojama į įmonės plėtrą, nuolatinį atsinaujinimą ir darbuotojų tobulinimą. Kita dalis mokama bankui už akcininkų dividendus ir paskolas.
Galimybė didinti kapitalą	Didelis pranašumas	Bus nuolat ieškoma naujų rinkų ir didinamas eksportas į užsienį
Grynasis apyvartinis turtas	Nežymus trūkumas	Įmonė turi įsiskolinimų, kadangi neseniai atlikta įmonės modernizacija, tačiau bėgant laikui tai pasikeis.
<b>MARKETINGAS</b>		
Rinka	Didelis pranašumas	Produktų asortimentas, kokybė pritrauks vartotojus. Gaminama septynias rūšis cemento, o konkurentai tik dvi.
Rinkos pažinimas	Didelis pranašumas	Didelis asortimentas, leidžia pirkėjui pasirinkti netik norimo stiprumo, bet ir šviesumo cementą.
Prekė	Nežymus pranašumas	Produktas aukštos kokybės.
Reklama ir rėmimas	Neutralus	Yra sukurtas internetinis puslapis..
Kaina	Nežymus pranašumas	Kaina nėra didesnė nei konkurentų, gaminys ekologiškas ir kokybiškų žaliavų.
Paskirstymas	Nežymus trūkumas	Prekių paskirstymas pasirinktas įvertinus visus veiksnius, kad išvengti nepagrįsto kaštų didėjimo.
<b>GAMYBA</b>		
Vieta	Nežymus pranašumas	Puikus susisiekimas, geri keliai, yra geležinkelis.
Įrenginių šiuolaikiškumo lygis	Nežymus pranašumas	Naudojami patikimi ir šiuolaikiški įrenginiai
Technologijų šiuolaikiškumo lygis	Neutralu	Įdiegta nauja, patikima, ekologiška gamybos technologija.
Gamybos išplėtimo galimybės	Didelis pranašumas	Įmonėje su ta pačia gamybos linija galima gaminti septynias skirtingas cemento rūšis.
Ryšys su tiekėjais	Didelis pranašumas	Beveik visas žaliavas, išskyrus gipsą ir šlaką, įmonė išgauna pati.
Kokybės kontrolė	Didelis pranašumas	Įmonė atitinka visus keliamus kokybės reikalavimus, yra įdiegtos naujausios kokybės sistemos. Kokybės specialistai nuolatos tikrina žaliavas, produkciją. Vyksta nuolatinis darbuotojų tobulinimas instruktuojuant, apmokant, siunčia darbuotojus į komandiruotes, seminarus ne tik Lietuvoje, bet ir į užsienio valstybes.
<b>ĮMONĖS KULTŪRA</b>		
Organizacijos struktūra	Neutralus	Įdarbintas optimalus darbuotojų skaičius. Valdančiosios struktūros ir darbuotojų pasiskirstymas taip pat optimalus.
Organizacijos įvaizdis	Nedidelis pranašumas	Įmonės įvaizdis bus kaip kuriančios aukščiausios kokybės produkciją, tai pat patikimos.
<b>PERSONALAS</b>		
Darbuotojų skaičius	Neutralus	Įvertinus planuojamas gamybos apimtis, pasirinktas optimalus ir aukštą našumą garantuojantis darbuotojų skaičius.
Kvalifikacijos tinkamumas	Didelis pranašumas	Darbininkai bus nuolatos tobulinami ir apmokomi.
Darbo apmokėjimo sistema	Didelis pranašumas	Atlyginimai išmokami laiku. Mokama du kartus per mėnesį. Mokami priedai..

Didelė dalis pelno bus investuojama į įrenginių atnaujinimą, įmonės plėtrą, darbuotojų apmokymus. Tikimasi tolimesnės sėkmingos įmonės veiklos, ir jos gaminiai turėtų užimti vis didesnę užsienio valstybių rinkos dalį. Didėjant gamybos apimtims, numatomas ir darbuotojų kvalifikacijos kėlimas, naujų gamybinių patalpų statymas.

### 8.3 Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Finansavimo šaltiniai paprastai yra: nuosavos įmonės lėšos ir bankų ar kitų investuotojų paskolos. Projekto finansavimo šaltiniai ir jų poreikis aptarti 8.3.1 lentelėje. [5]

#### 8.3.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Kapitalo struktūra	0		2015		2016		2017		2018		2019	
	IS, tūkst.€	FŠ	IS, tūkst.€	FŠ	IS, tūkst.€	FŠ	IS, tūkst. €	FŠ	IS, tūkst. €	FŠ	IS, tūkst. €	FŠ
Pagrindinis kapitalas	20,573	AK										
Apyvartinis kapitalas	256,491	AK	138,111	SK	102,521	SK	139,524	SK	- 48,426	SK	- 48,283	SK
Viso	277,064		138,111		102,521		139,524		- 48,426		- 48,283	

IS – investicinė suma;

FŠ – finansavimo šaltinis;

AK – akcinis kapitalas;  
SK – skolintas kapitalas

#### 8.3.1 Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Ilgalaikis turtas – technologinių įrengimų ir pastatų statybos darbų vertės. Įrenginių ir statybos kaina šiam projektui 20572,95 €.

#### 8.3.2 Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Apyvartinis kapitalas – tai įmonės trumpalaikės lėšos, kurios gana greitai pakeičiamos ūkinės veiklos procese, šio projekto apyvatinės lėšos apskačiuotos 8.3.2 lentelėje.

### 8.3.2 lentelė. Apyvartinių lėšų skaičiavimas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	2015	2016	2017	2018	2019
Apyvartinių lėšų suma per metus, tūkst. €		394,60 2	497,12 3	636,64 8	588,22 2	539,93 9
Produkcijos pardavimo apimties prieaugio koeficientas (l)		1,000	1,260	1,281	0,924	0,918
Apyvartinio kapitalo papildomas poreikis, dėl produkcijos apimties pasikeitimo, tūkst. €		394,60 2	102,52 1	139,52 4	-48,426	-48,283
Apyvartinio kapitalo dalis atsargoms sudaryti nuliniiais metais, tūkst. €	256,491					
Apyvartinių lėšų poreikis	256,491	394,60 2	102,52 1	139,52 4	-48,426	-48,283

Apyvartinės lėšos:

$$AL_1 = \frac{B_{pard.}}{90} \times n_{ap} \quad (1)$$

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

$$AL_1 = \frac{355,1}{90} \times 100 = 394,602 \text{ tūkst. €}$$

Gamybos apimties prieaugio koeficientas:

$$k = \frac{B_{pardj}}{B_{pardj-1}} \quad (2)$$

Čia:  $B_{pardj}$  – pardavimų apimtis einamaisiais metais,  $B_{pardj-1}$  – pardavimų apimtis prieš metus

$$k = \frac{497,123}{394,602} = 1,26$$

Apyvartinio kapitalo/lėšų poreikio prieaugis sekančiais metais nustatomas pagal formulę [3]:

$$\Delta AL_i = AL_i - AL_{i-1} \quad (3)$$

$$\Delta AL_2 = 497,123 - 394,602 = 102,521 \text{ tūkst. €}$$

### 8.3.3 Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos

Planuojant gamybos procesą yra nustatoma gamybos apimtis natūriniais vienetais prekės gyvavimo ciklui (vidutiniškai penkerių metų laikotarpiui), pradedant rinkos įsisavinimu ir baigiant pardavimo masto smukimu 8.3.3 lent.). [5]

### 8.3.3 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos

Gaminio gyvavimo ciklo struktūra, metai	Gamybinio pajėgumo panaudojimo koeficientas	Gaminio apimtis natūriniais vienetais, t	Gaminio vieneto kaina, €/t	Pardavimų (gamybos) apimtis €	Pardavimų (gamybos) apimtis iš viso, tūkst. €
2015	0,65	97500	71,00	6922500	6922,50
2016	0,8	120000	71,00	8520000	8520,00
2017	1	150000	71,00	10650000	10650,00
2018	0,9	135000	71,00	9585000	9585,00
2019	0,8	120000	71,00	8520000	8520,00
Viso				44197500	44197,5

## 8.4 Gamybos kaštai

### 8.4.1 Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Tiesioginėms gamybos išlaidoms priskiriama pagrindinių žaliavų ir medžiagų kaštai, tiesioginio darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui kaštai ir kaštai technologinio proceso energija. [5]

Pagrindinių žaliavų skaičiavimas pateiktas 8.4.1 lentelėje, o tiek darbo užmokestis tiek elektros energijos sąnaudos modernizuojant gamybą nepakinta.

### 8.4.1.1 Išlaidos pagrindinėms žaliavoms ir medžiagoms

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

Eksploatacijos metai	Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Kaina, € (1 tonai CEM III/B 32.5N)	Cementas CEM III/B 32.5N			Iš viso	
			Šnaudos norma 1 t	Šnaudos visai apimčiai, t	Suma, tūkst. €	Bendros šnaudos, t	Suma, tūkst. €
2015	Klinkeris	22	0.25	24375	536	24375.0	536
	Gipsas	22	0.05	4875	107	4875.0	107
	Šlakas	34	0.55	53625	1823	53625.0	1823
	Dulkės	0	0.15	14625	0	14625.0	0
	Intensifikatorius	900	0.0005	49	44	48.8	44
	Iš viso				2511		2511
2016	Klinkeris	22	0.25	30000	660	30000.0	660
	Gipsas	22	0.05	6000	132	6000.0	132
	Šlakas	34	0.55	66000	2244	66000.0	2244
	Dulkės	0	0.15	18000	0	18000.0	0
	Intensifikatorius	900	0.0005	60	54	60.0	54
	Iš viso				3090		3090
2017	Klinkeris	22	0.25	37500	825	37500.0	825
	Gipsas	22	0.05	7500	165	7500.0	165
	Šlakas	34	0.55	82500	2805	82500.0	2805
	Dulkės	0	0.15	22500	0	22500.0	0
	Intensifikatorius	900	0.0005	75	68	75.0	68
	Iš viso				3863		3863

8.4.1 lentelė. Tęsinys

2018	Klinkeris	22	0.25	33750	743	33750.0	743
	Gipsas	22	0.05	6750	149	6750.0	149
	Šlakas	34	0.55	74250	2525	74250.0	2525
	Dulkės	0	0.15	20250	0	20250.0	0
	Intensifikatorius	900	0.0005	68	61	67.5	61
	Iš viso				3476		3476
2019	Klinkeris	22	0.25	30000	660	30000.0	660
	Gipsas	22	0.05	6000	132	6000.0	132
	Šlakas	34	0.55	66000	2244	66000.0	2244
	Dulkės	0	0.15	18000	0	18000.0	0
	Intensifikatorius	900	0.0005	60	54	60.0	54
	Iš viso				3090		3090
	Iš viso				16029		16029

Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ( $MK_i$ ) apskaičiuojami, dauginant medžiagų kiekį ( $B_{mi}$ ) iš jų kainos ( $c_{mi}$ ) ir jas sudedant:

$$MK_i = \sum_i^n B_{mi} \times c_{mi} \quad (4)$$

$$MK_0 = (22 \times 0,25 + 22 \times 0,05 + 0 \times 0,15 + 900 \times 0,0005) \times 150000 = 3863 \text{ tūkst } €$$

#### 8.4.2 Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Netiesioginės išlaidos yra tokios bendros išlaidos (dažniausiai susijusios su gamybos proceso organizavimu, aptarnavimu, valdymu; įmonės išlaikymu ir pan.), kurios apskaičiuojamos bendra suma ir kurių negalime tiesiogiai priskirti konkrečiam gaminiui (gamybinių cechų įrengimų ir patalpų išlaikymui reikalingų medžiagų vertė, gamybos vadovų, specialistų, techninių vykdytojų darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui, cechų apšvietimo, apšildymo ir buitiniams reikmėms skirtos energijos išlaidos, amortizaciniai atskaitymai, kitų tarnybų paslaugos ir kitos išlaidos). [5]

Amortizacija pateikta 8.4.2 lentelėje, o gamybos kaštai 8.4.3 lentelėje.

#### 8.4.2.1 Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Amortizaciniai atskaitymai parodo pagrindinių priemonių vertės dalį, perkeliama į pagamintos produkcijos vertę (pagrindinių priemonių nusidėvėjimą). Pagrindinės priemonės savo vertę į pagamintos produkcijos savikainą perkelia (nusidėvi) palaipsniui per visą jų naudojimo įmonėje laikotarpį.[5]

Modernizacijai naudojamų įrenginių amortizacija paskaičiuota 8.4.2 lentelėje.

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

Ilgalaikis turtas	Įrengimo ar pastato vertė, tūkst €	Likvidacinė vertė, tūkst €	Naudinga eksploatavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimas					Likutinė vertė, tūkst €
				2015	2016	2017	2018	2019	
<b>I. Pastatai</b>									
Priestatas	20,000	2,000	50	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	18,200
<b>II. Įrengimai</b>									
Pneumokamerinis siurblys	60,000	6,000	30	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	51,000
Narvelinis maitintojas	20,000	2,000	5	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	2,000
Svėrimo bunkeris	15,000	1,500	30	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	12,750
Suspausto oro linijos	70,000	7,000	30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	70,000
<b>III. Inventorius</b>	20,000	2,000	10	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	11,000
Iš viso:	205,000	20,500	-	8,010	8,010	8,010	8,010	8,010	164,950

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuojamas tiesiniu būdu tuomet amortizaciniai atsiskaitymai nusidėvėjimo padengimui kiekvienais metais bus vienodi:

$$A_m = \frac{F_{is} - F_{lv}}{T} \quad (5)$$

Čia:  $A_m$  – amortizaciniai atskaitymai nusidėvėjimui padengti, tūkst. Lt,  $F_{is}$  – įsigijimo vertė, tūkst. Lt,  $F_{lv}$  – likvidacinė vertė, tūkst. Lt,  $T$  – naudingo naudojimo laikas, m. [5]

Pneumokamrinio siurblio nusidėvėjimas (2015 m.):

$$A_m = \frac{60 - 6}{30} = 1,8$$

### 8.4.3 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Cementas CEM III/B 32.5N		Visos išlaidos, tūkst. €
	Sąnaudos gaminio vienetui, €/t	Visos sąnaudos, tūkst. €	
Brandos stadijoje 2017			
1. Pagrindinės medžiagos	25.75	3862.5	3862.5
2. Darbo užmokestis	0.02	2.6	2.6
3. Socialinis draudimas	0.01	0.8	0.8
4. Energija	3.49	523.6	523.6
5. Akcizo mokestis	0.00	0.0	0.0
6. Gamybinės netiesioginės išlaidos	0.05	7.4	7.4
7. Patalpų nuoma	0.00	0.0	0.0
8. Įrengimų nuoma	0.00	0.0	0.0
Iš viso	29.31	4396.9	4396.9
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais 2015			
1. Pagrindinės medžiagos	25.75	2510.6	2510.6
2. Darbo užmokestis	0.01	1.4	1.4
3. Socialinis draudimas	0.00	0.4	0.4
4. Energija	3.29	320.8	320.8
5. Akcizo mokestis	0.00	0.0	0.0
6. Gamybinės netiesioginės išlaidos	0.08	7.4	7.4
7. Patalpų nuoma	0.00	0.0	0.0
8. Įrengimų nuoma	0.00	0.0	0.0
Iš viso	29.13	2840.7	2840.7
Antraisiais projekto gyvavimo metais 2016			
1. Pagrindinės medžiagos	25.75	3090.0	3090.0
2. Darbo užmokestis	0.02	1.9	1.9
3. Socialinis draudimas	0.00	0.6	0.6
4. Energija	3.39	406.6	406.6
5. Akcizo mokestis	0.00	0.0	0.0
6. Gamybinės netiesioginės išlaidos	0.06	7.4	7.4
7. Patalpų nuoma	0.00	0.0	0.0
8. Įrengimų nuoma	0.00	0.0	0.0
Iš viso	29.22	3506.5	3506.5



### 8.4.3 lentelės tęsinys

Ketvirtaisiais projekto gyvavimo metais 2018			
1. Pagrindinės medžiagos	25.75	3476.3	3476.3
2. Darbo užmokestis	0.01	1.1	1.1
3. Socialinis draudimas	0.01	0.8	0.8
4. Energija	3.60	485.3	485.3
5. Akcizo mokestis	0.00	0.0	0.0
6. Gamybinės netiesioginės išlaidos	0.05	7.4	7.4
7. Patalpų nuoma	0.00	0.0	0.0
8. Įrengimų nuoma	0.00	0.0	0.0
Iš viso	29.41	3970.9	3970.9

Penktaisiais projekto gyvavimo metais 2019			
1. Pagrindinės medžiagos	25.75	3090.0	3090.0
2. Darbo užmokestis	0.02	2.5	2.5
3. Socialinis draudimas	0.01	0.8	0.8
4. Energija	3.70	444.4	444.4
5. Akcizo mokestis	0.00	0.0	0.0
6. Gamybinės netiesioginės išlaidos	0.06	7.4	7.4
7. Patalpų nuoma	0.00	0.0	0.0
8. Įrengimų nuoma	0.00	0.0	0.0
Iš viso	29.54	3545.0	3545.0

### 8.5 Veiklos kaštai

Veiklos sąnaudos yra netiesioginės, pastovios išlaidas, kurias atskiriems gaminiams paskirstome proporcingai jų gamybos kaštams. [5]

Veiklos sąnaudos pateiktos 8.5lentelėje.

Priimame, kad veiklos sąnaudos sudaro 30 % nuo gamybos kaštų.

#### 8.5 lentelė. Veiklos sąnaudos

Projekto gyvavimo metai	Veiklos kaštai, tūkst. €
1	852.198
2	1051.953
3	1319.057
4	1191.266
5	1063.513

## 8.6 Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudoms priskiriamos palūkanos už banko paskolas. Paskolos mokėjimo ir grąžinimo planas pateiktas 8.6 lentelėje.

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

Rodiklis	Metai				
	2015	2016	2017	2018	2019
Paskolos suma, tūkst. €	138,111	110,489	82,866	55,244	27,622
Metinė palūkanų norma, %	10	10	10	10	10
Palūkanos, €	13,811	11,049	8,287	5,524	2,762
Paskolos padengimas, tūkst. €	27,622	27,622	27,622	27,622	27,622

Metinės palūkanos, esant paprastiems procentams, apskaičiuojamos pagal lygtį:

$$P = \frac{K}{N} \times 100 \quad (6)$$

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

$$P = \frac{138,111}{0,1} = 13,811 \text{ tūkst€}$$

## 8.7 Gaminio kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas, nustatome gaminio kainą. Jų skaičiavimas pateiktas 8.7 lentelėje

**8.7 lentelė. Gaminų kainų apskaičiavimas**

Gaminiai	Gamybinė savikaina,€	Veiklos sąnaudos,€	Investicinės veiklos sąnaudos, €	Pilnoji savikaina,€	Pelnas		Kaina €/t
					rentabilumas, %	€/t	
Pirmaisiais metais							
CEM III/B 32,5 N	2840660	568132	304897	3713690	5	1.90	39.99
Iš viso							39.99
Antraisiais metais							
CEM III/B 32,5 N	3506511	701302	284571	4492384	5	1.87	39.31
Iš viso							39.31
Trečiaisiais metais							
CEM III/B 32,5 N	4396857	879371	264244	5540474	5	1.85	38.78
Iš viso							38.78
Ketvirtaisiais metais							
CEM III/B 32,5 N	3970887	794177	243918	5008982	5	1.86	38.96
Iš viso							38.96
Penktaisiais metais							
CEM III/B 32,5 N	3545044	709008	223591	4477645	5	1.87	39.18
Iš viso							39.18

Gaminio pilnąją savikainą sudaro jo gamybinė savikaina ( $sg_i$ ) ir veiklos sąnaudos ( $vs_i$ ) ir finansinės veiklos ( $fv_i$ ) sąnaudos (palūkanos). Skaičiavimai pateikiami 1 tonai šlakinio cemento:

$$sp_i = (sg_i + fv_i + vs_i) / \text{apyvarta} \quad (7)$$

$$sp_i = (4396857 + 879371 + 264244) / 150000 = 36,94€$$

Gaminio kainą ( $c_i$ ) sudaro jo pilnoji savikaina ( $sp_i$ ) ir pelnas ( $p_i$ ), kurį apskaičiuosime, įvertinę gaminio rentabilumą ( $R_i$ ):

Priimame, kad gaminio rentabilumas 5 %.

$$p_i = R_i \times sp_i / 100 \quad (8)$$

$$p_i = 5 \times 36,94 / 100 = 1,85€ / t$$

$$c_i = 36,94 + 1,85 = 38,79 €$$

## 8.8 Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Šioje dalyje teikiama perlno (nuostolių) ataskaita ir apskaičiuoti grynieji pinigų srautai (GPS).

### 8.8.1 Pelno, gauto projekto gyvavimo laikotarpiu, skaičiavimas.

Įmonės pajamų ir pelno skaičiavimai pateikti 8.8.1 lentelėje.

**8.8.1 lentelė.** Įmonės pelno nuostolio ataskaita

Eil. nr.	Rodikliai	2015	2016	2017	2018	2019
1	Pardavimo apimtis, tūkst. €.	6922	8520	10650	9585	8520
2	Parduotų prekių savikaina, tūkst. €	2840	3506	4396	3970	3545
3	Bendras pelnas, tūkst. €	4081	5013	6253	5614	4974
4	Veiklos sąnaudos, tūkst. €	568	701	879	794	709
Finansinė investicinė veikla, tūkst. € pajamos						
5	Išlaidos	110	88	66	44	22
6	Ataskaitinių metų pelnas iki mokesčių, tūkst. €	3403	4223	5307	4775	4243
7	Pelno mokestis, tūkst. €	510	633	796	716	636
8	Grynasis ataskaitinių metų pelnas, tūkst. €	2892	3590	4511	4059	3607

Labai svarbus įmonei yra grynasis pelnas – tai pelnas liekantis įmonei, atskaičius pelno mokesčių, kuris sudaro 15 % nuo apmokestinamo pelno sumos

### 8.8.2 Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) skaičiavimas

Pinigų srautų ataskaitoje parodomi per ataskaitinį laikotarpį gauti ir išleisti pinigai. [5]

Įmonės pinigų srautai pateikti 8.8.2 lentelėje.

**8.8.2 lentelė.** Finansinės būklės ataskaita

Rodikliai	Metai					
	0	2015	2016	2017	2018	2019
I Grynųjų pinigų srautas						
1. Grynasis pelnas, €	0	2892	3590	4511	4059	3607
2. Amortizaciniai atskaitymai, €	0	8.01	8	8	8	8
Viso, €	0	2900	3598	4519	4067	3615
II. Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą, €	2051	1104.70	739.83	989	473	473
III. Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos, €	2051	1796	2858	3530	4540	4088
IV. Finansinės veiklos pelno (nuostolio) eliminavimas (pridedamos palūkanos), €		110.	88	66	44	22
V. Investicijos į pagrindinį kapitalą, €	20.					164
VI. Projekto GPS, €	2072	1906	2946	3596	4584	4275

$$GPS_1 = 0 + (-2051) = 2051 \text{ €}$$

Investicijų į apyvartinį kapitalą dydis nuliniiais metais yra apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$\frac{GK_b - GK_{pr}}{360} \times t_{ap} \quad (9)$$

Investicijų į apyvartinį kapitalą dydis nuliniiais metais yra suma aikštės paruošimo, gamybinio korpuso paruošimo ir kitų išlaidų suma. [5]

$$10000 + 10265 + 307,95 = 20572,95 \text{ €}$$

Bendri projekto GPS:

$$\text{Nuliniais metais : } 20572 + 20 = 20592 \text{ €}$$

## 8.9 Investicijų efektyvumo vertinimas

Atsipirkimo laikas  $T$  parodo per kiek metų atsipirks investicijos. Jis skaičiuojamas kaupiant grynuosius pinigų srautus ir stebint, kad jų suma virs nuliu (8.9.1 lent.). GPS įvertinami tik iš įmonės veiklos ir iš investicinės veiklos. GPS – tai tie pinigai, kurie tais metais lieka. [3]

### 8.9.1 lentelė. Grynųjų pinigų srautai

Metai	Metiniai GPS, €	Bendri GPS, €
0	-2072	-2072
2015	1907	-166
2016	2947	2781
2017	3596	6378
2018	4585	10962
2019	4275	15238

$$\text{Atsipirkimo laikas } T = 1 - \left| \frac{-166}{2947} \right| = 1,06 \text{ metų}$$

### 8.9.1 Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštų skaičiavimas

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai apskaičiuojami: [3]

$$KK = W_{is} \cdot k_{is} + W_{pr} \cdot k_{pr} + W_p \cdot k_p; \quad (10)$$

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

Įsiskolinimų (paskolos) kaštai  $k_{is}$  paskaičiuojama pagal lygtį:

$$k_{is} = i(1 - M); \quad (11)$$

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

$$k_{is} = 138,111 / (138,111 \cdot 277,064) = 0,333$$

Privilegijuotosios akcijos kaina  $k_{pr}$  apskaičiuojama pagal formulę:

$$k_{pr} = (D_{pr} / P_a) \cdot 100; \quad (12)$$

čia:  $D_{pr}$  – metinis privilegijuotosios akcijos dividendas; €;  $P_a$  – pelnas, kurį įmonė gauna išleisdama akcijas, €

$$k_{pr} = 277,064 / (277,064 + 138,111) = 0,667$$

$$KK = 8 \times 0,333 + 7 \times 0,667 = 7,33$$

## 8.9.2 Diskontuotas investicijų atsipirkimo periodo skaičiavimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo periodas T- tai laikas per kurį ekonominė nauda padengia investicines išlaidas. Apskaičiuojamas, kaupiant grynuosius GPS ir stebint, kada jų suma taps lygi nuliui.[3]

Diskontuotas atsipirkimo laikas gaunamas sumuojant diskontuotas GPS iki jų suma virš 0.

$$GPS = \frac{GPS_i}{(1+KK)^i} \quad (13)$$

Diskontuotų investicijų atsipirkimo trukmė pateikta 8.9.2 lentelėje.

### 8.9.2 lentelė. Diskontuotų investicijų atsipirkimo trukmė

Metai	Diskontuoti metiniai GPS, €	Bendri GPS, €
0	-2072	-2072
2015	1776	-296
2016	2557	2261
2017	2907	5168
2018	2708	7877
2019	2999	10876

$$Td = 1 - \left| \frac{-296}{2557} \right| = 0,884 \text{ metų}$$

Projektas apsimoka, nes  $Td < 5$ .

## 8.9.3 Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

Grynoji esamoji vertė (GEV) – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nuliniiais metais (parodo kiek projekto savininkas uždirbo pelno).

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF}{(1+KK)^t} \quad (14)$$

$$GEV = -2072 + 1776 + 2557 + 2907 + 2708 + 2999 = 10876 \text{ €}$$

Kadangi gautas GEV yra teigiamas, tai tokia suma padidės įmonės turtas.

## 8.9.4 Pelningumo indeksas

Pelningumo indeksas (PI) – parodo santykinį pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią dabartinių išlaidų vienam piniginiam vienetui.

$$PI = \frac{GPS_i}{\sum_{i=1}^n \frac{(1+KK)^i}{GPS_0}} \quad (15)$$

$$PI=6.249$$

Kadangi  $PI > 1$ , projektas priimtinas ir duoda pelno.

### 8.9.5 Lūžio taškas

Lūžio taškas - tai pardavimų apimtis, kuriai esant firmos bendrosios išlaidos (kintamosios išlaidos plus pastoviosios išlaidos) yra lygios bendrosioms pajamoms. [3]

$$Q_l = \frac{FC}{K - KK} \quad (16)$$

$Q_l$  – kiekis lūžyje, vnt.;

FC – pastovios išlaidos (investicijos), €;

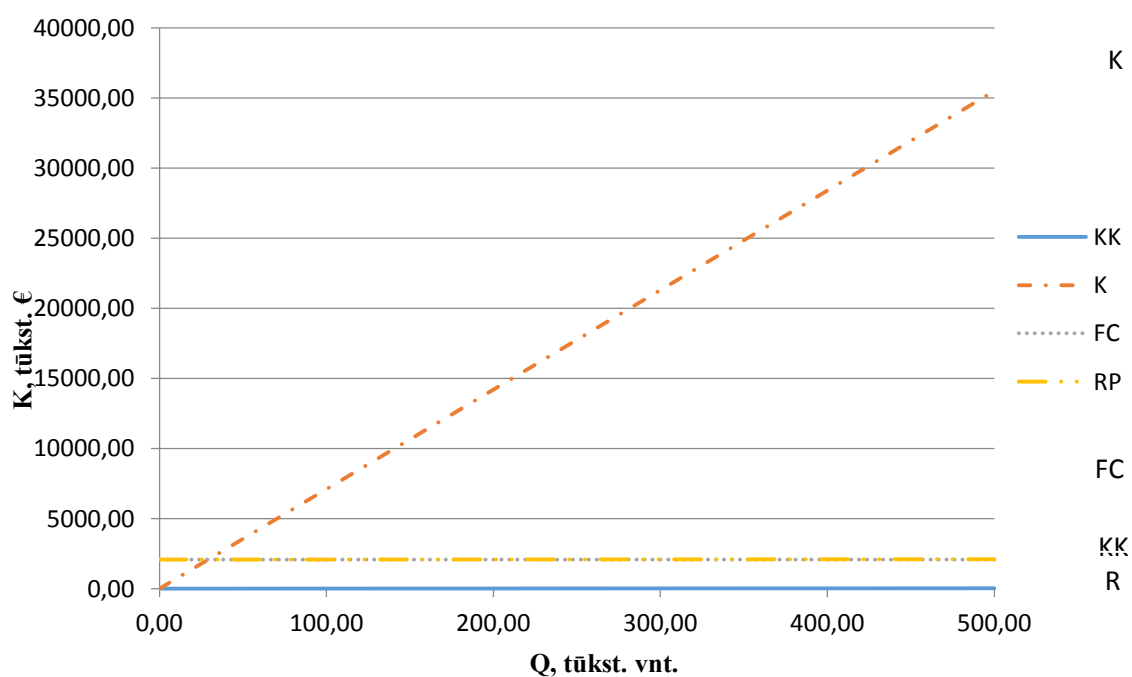
K – gaminio kaina, €;

KK – kintami kaštai (savikaina), €.

**Šlakinis cementas:**

$$Q_l = \frac{FC}{K - KK} = \frac{2072}{71,0 - 0,049} = 29390 \text{ tonų}$$

### Lūžio grafikas



**8.1pav.** Lūžio taško grafikas CEM III/B 32,5 N (KK – bendrosios pajamos, FC – fiksuotos išlaidos, KK2– bendros išlaidos, K – kintamos išlaidos padaugintos iš kiekio)

## 8.10 Projekto finansiniai ir ekonominiai rodikliai

Atlikus visą analizę ir skaičiavimus pagrindiniai projekto finansiniai ekonominiai rodikliai palyginimi su baziniais rodikliais pateikti. Duomenys pateikti 8.10 lentelėje.

**8.10 lentelė. Projekto finansiniai ir ekonominiai rodikliai**

Rodikliai	Brandos metais prieš rekonstrukciją	Brandos metais po rekonstrukcijos (2017)	Pokytis
1. Produkcijos pardavimo apimtis, natūriniais vienetais brandos stadijoje:			
CEM III/B 32,5 N, t	150000	<b>150000</b>	<b>0</b>
2. Realizacinės pajamos, tūkst.€		<b>10650</b>	
3. Įmonės personalas, žmonėmis:	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Tame skaičiuje darbininkai	0	<b>0</b>	<b>0</b>
4. Darbo našumas, tūkst.€:			
Dirbančiojo	20120.1	<b>25933.231</b>	<b>5813</b>
Darbininko	23450.3	<b>31119.877</b>	<b>7670</b>
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, €:			
Dirbančiojo	6723.20	<b>6939.35</b>	<b>216</b>
Darbininko	8114.50	<b>8327.22</b>	<b>213</b>
6. Gamybos kaštai, tūkst. €	27.45	<b>3862.500</b>	<b>3835</b>
7. Gaminio pilnoji savikaina, €/t:		<b>38.78</b>	
CEM III/B 32,5 N	4.20	<b>36.94</b>	<b>32.7</b>
8. Grynas pelnas, tūkst. €		<b>4511.365</b>	
9. Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus			
10. Investicijų apimtis, tūkst. €		<b>2072.161</b>	
11. Produkcijos (veiklos) rentabilumas, %		<b>85.504</b>	
12. Apyvartos rentabilumas, %		<b>42.360</b>	
13. Kapitalo rentabilumas, %		<b>48.602</b>	
14. Jų apyvartų skaičius			
CEM III/B 32,5 N		<b>30</b>	
15. Apyvartos trukmė, dienos			
CEM III/B 32,5 N	3	<b>3</b>	<b>0</b>
16. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, €		<b>33</b>	
17. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais		<b>1.06</b>	



### 8.10 lentelės tęsinys

18. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. €		<b>10875.941</b>	
19. Kapitalo kaštai, %		<b>7.3</b>	
20. Vidinė pelno norma, %		<b>7.0</b>	

### 8.11 Išvados

- Modernizacija įmonei kainuos 215000 €.
- Apskaičiuavus ir įvertinus ekonominius rodiklius, galima teigti, kad modernizacija bus efektyvi.
- Projekto atsipirkimo laikas  $T = 1.06$  metų;
- Diskontuotų investicijų atsipirkimo trukmė  $T_d = 0,884$  metų  $< 5$ ;
- GEV yra teigiamas 10876 €;
- Pelningumo Indeksas (PI)  $6.249 > 1$ .

## **9 Darbuotojų sauga ir sveikata**

### **9.1 Įmonės charakteristika**

AB „Akmenės cementas“ – viena iš didžiausių Baltijos šalyse ir vienintelė Lietuvoje bendrovė, gaminanti cementą. Šios statybinės rišamosios medžiagos mūsų gamykla pagamina milijoną tonų per metus, o produkto kokybė atitinka visus Lietuvos bei Europos Sąjungos reikalavimus.

Būdama viena iš stambiausių pramonės įmonių Lietuvoje, strateginiu veiklos tikslu laikomas darnus vystymasis. Nuolatinis dėmesys skiriamas produkto kokybei, racionaliems taršos problemų sprendimams, personalo kvalifikacijos kėlimui bei investicinių projektų įgyvendinimui.

Įmonė veikia Naujoje Akmenėje, 15 km nuo Latvijos sienos. Šalia įmonės yra nutiesti geležinkelio linijos bei geras susiekimas autotransportu.

Įmonėje pagrindinės naudojamos žaliavos yra klintis ir molis. Kaip priedai naudojama geležies rūda, smėlis, intensifikatoriai ir aktyvatoriai. Į aplinką išmetama kietųjų dalelių, azoto oksidai, sieros dioksidas bei anglies dioksidas.

AB „Akmenės cementas“ yra pietrytinėje Naujosios Akmenės miesto Eibučių gyvenvietės pusėje. AB „Akmenės cementas“ teritorijos pietinė pusė apjuosta miškais, rytinėje pusėje, ties įmonės sanitarinės apsaugos zonos ribomis, yra AB „Kalcitas“ ir UAB „Medis ir betonas“ sklypai ir klinties karjeras, už kurio tęsiasi miškai. Šiaurinėje pusėje – sodininkų bendrijos „Puošmena“ teritorija, toliau į šiaurę – dirbami žemės plotai. Į gamyklos sanitarinės apsaugos zonos ribas vakarinėje dalyje patenka dalis Eibučių gyvenvietės namų. Mažiausias atstumas iki artimiausio gyvenamo namo yra 600 m. AB „Akmenės cementas“ teritorijoje yra UAB „Medis ir betonas“ bei BĮ UAB „Eternit Baltic“ bendrovės priklausantys statiniai. Naujosios Akmenės mieste yra trys mokyklos ir viena ligoninė. Atstumas iki minimų objektų – 1,9 km nuo gamyklos sanitarinės apsaugos zonos ribų. Sanitarinės apsaugos zonos ribos dydis, taikomas, kai neatliekamas poveikio visuomenės sveikatai vertinimas yra 1000 m.[6]

AB „Akmenės cementas“ gamyklos teritorija ir artimiausios jos apylinkės nepasižymi kultūrinėmis, istorinėmis, archeologinėmis vertybėmis ir nėra tankiai apgyvendinta ar ypatingai jautri aplinkos atžvilgiu teritorija. Atstumas nuo gamyklos teritorijos iki artimiausio vandens telkinio – Agluonos upės – 20 m vakarų kryptimi.

### **9.2 Profesinės rizikos vertinimas**

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra iširti esamą profesinę riziką darbe ir numatyti jo prevencijos ar mažinimo priemones. Rizika – traumos ar kitokio darbuotojo sveikatos

pakenkimo galimybė dėl kenksmingo ir (ar) pavojingo darbo aplinkos veiksnio (veiksnių) poveikio.

Profesinės rizikos vertinimą pradedama nuo rizikos veiksnių identifikavimo, vietų, kuriose darbuotojai gali būti veikiami rizikos veiksnių, nustatymo. Rizikos identifikavimas – tai nuodugni žmonėms kenksmingų veiksnių darbo vietoje analizė.

Rizikos veiksnių dydžiai surašomi į 9.1 lentelę ir palyginami su normatyviniuose dokumentuose leidžiamais jų dydžiais. Projektuojant naują objektą, surašomi analogo profesinės rizikos vertinimo duomenys.

**9.1 lentelė.** Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [7]

<b>Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai</b>	<b>Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta</b>	<b>Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas</b>	<b>Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas</b>	<b>Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis</b>	<b>Prevencijos priemonių būtinumas</b>
Elektra	Visi elektros energiją naudojantys įrengimai	220 V	2 V 0,3 mA	12 h/pamainą	Įnulinimas, įžeminimas, avarinis išjungimas, individualios apsaugos priemonės
Dulkėtumas	Cemento malimo skyrius Šlavimas prie klinkerio aušintuvo, Šlavimas įkrovos malimo ir džiovavimo skyriuje	6,8 mg/m <sup>3</sup> 30,9 mg/m <sup>3</sup> 47 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup> 10 mg/m <sup>3</sup> 10 mg/m <sup>3</sup>	6 h/pamainą 2 h/pamainą	Rizika priimtina Darbuotojams turi būti išduotos kvėpavimo takų apsauginės priemonės, respiratoriai su keičiamais filtrais
Karšti paviršiai	Šilumokaičių bokštas	>60 °C	40°C	2 h/pamainą	Naudoti asmenines apsaugos priemones, karščiui atsparius rūbus, pirštines, batus, šalms. Vengti prisilietimo prie įrengimų
Judantys transporteriai	Žaliavų mišinio paruošimo skyrius			8 h/pamainą	Sumontuoti aptvėrimai prie judančių transporterių

9.1 lentelės tęsinys

Triukšmas	Prie plaktukinių trupintuvų;	97 dB	85dB	6 h/ pamainą	Naudoti asmenines apsaugos priemones. Prie trupintuvo leistina dirbti ne ilgiau kaip 40 min.
	Prie rutulinių malūnų;	90 dB		4 h/ pamainą	
	Prie suspausto oro kompresorių	75 dB			
Vibracija	Prie plaktukinių trupintuvų, rutulinių malūnų	0,4 m/s <sup>2</sup>	≤1,15 m/s <sup>2</sup>	6 h/ pamainą	Rizika leistina
Ergonominiai veiksniai (fizinis darbas)	Prie plaktukinių trupintuvų; Prie rutulinių malūnų; Prie suspausto oro kompresorių	20 kg	Vyrams – 30 kg Moterims – 10 kg	12 h/pamainą	Rizika leistina, darbuotojai tik vyrai

Nustatomos patalpų, pastatų, išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų atsižvelgiant į patalpoje esančių ar technologiniame procese naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius ir kieki, technologinių procesų ypatumus. Pirmiausia, užpildoma 9.2 lentelė, kur nurodomi medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai ir kiekiai.

**9.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai**

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, t	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos, %		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė		
Klintis	3964	Nedegus	-	-	-	-
Molis	1118	Nedegus	-	-	-	-
Šlakas	322	Nedegus	-	-	-	-
Klinkeris	1327,5	Nedegus	-	-	-	-
Dulkės	35,25	Nedegus	-	-	-	-
Gipsas	183	Nedegus	-	-	-	-
Aktyvatorius	10 t	Nedegus	-	-	--	-
Intensifikatorius	1 t	Nedegus	-	-	-	-

Iš lentelėje pateiktų duomenų galima teigti, kad dirbant normaliu režimu negali susidaryti sprogi aplinka, tačiau jei ji susidarytų, tai būtų trumpą laiką, todėl pagal pavojingumą gamybos cechais, sandėliai ir kitos patalpos gali būti priskiriamos 22 zonai. Įvertinus medžiagų gaisrinio

pavojingumo rodiklius nustatoma patalpos, pastato, išorinio įrenginio kategorija pagal sprogimo ir gaisro pavojų, duomenys pateikti 9.3 lentelėje [8].

Įvertinus naudojamas chemines medžiagas, darbo priemonės, technologinius procesus ir pavojingų vietų klasifikavimo požymius, į zonas suskirstomos vietos, kuriose gali susidaryti sprogi aplinka

**9.3 lentelė.** Pastatų, patalpų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos

<b>Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas</b>	<b>Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną</b>	<b>Kategorija, pavojingos vietos zona</b>
Molio sandėlis	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Gipso sandėlis	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Šlako sandėlis	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Klinčių trupinimo skyrius	Sunkiai degios kietos medžiagos	D <sub>g</sub>
Žaliavų mišinio paruošimo skyrius	Sunkiai degios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Žaliavų mišinio dozavimo pastatas	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Žaliavų mišinio džiovavimo ir malimo pastatas	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Šilumokaičių bokštas	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Sukamoji krosnis	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Klinkerio aušintuvas	Aušinamas klinkeris, karšti paviršiai	D <sub>g</sub>
Klinkerio silosai	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Cemento malimo skyrius	Įrengimų tepimo stotys	D <sub>g</sub>
Cemento silosai	Nedegios kietos medžiagos	E <sub>g</sub>
Cemento fasavimo pastatas	Į maišelius fasuojamas cementas.	C <sub>g</sub>
Cemento pakavimo pastatas	Paletuojami cemento maišeliai	C <sub>g</sub>
Suspausto oro kompresorinės pastatas	Įrengimų tepalinės	C <sub>g</sub>

### 9.3 Saugi gamyba

Šiame poskyryje nagrinėjami fizinių rizikos veiksnių sukelti pavojai ir numatomos prevencinės priemonės. Išnagrinėjamas gamybos technologinio proceso ir jo įrenginių saugumas, numatomos galimos avarijos ir priemonės joms išvengti.

Saugi gamyba susideda iš gamybos technologinio proceso ir įrenginių saugumo. Technologinio proceso saugumui užtikrinti visose technologinio proceso stadijose dirba tik su saugaus darbo taisyklėmis susipažinę darbuotojai, kurie aprūpinami reikalingomis darbo ir saugos priemonėmis.

Pats pavojingiausias fizinių rizikos veiksnių atžvilgiu technologinio proceso įrengimas yra šilumokaičių bokštas. Prisilietus prie ciklonų ar medžiagos lataukų paviršių galimi odos nudegimai. Kitas pavojingas fizinis rizikos veiksnys yra judančios įrengimų dalys, pvz. juostiniai transporteriai, besisukantys rutuliniai malūnai. Kad išvengti kontakto su šiais įrengimais, yra sumontuoti aptvėrimai, taip pat darbuotojai privalo būti instruktuoti apie judančių įrengimų keliamą pavojų.

Įrengimų techninės profilaktikos metu taip pat privalo laikytis saugaus darbo taisyklių. Šiuo atveju pagrindiniai fiziniai rizikos veiksniai išlieka tie patys. Budrumo reikėtų neprarasti ir vaikstant po gamybos cechą, nes gali užkristi atsilaisvinusi detalė.

Technologiniame procese naudojamų cheminių medžiagų ribiniai dydžiai ore ir kaip darbuotojams apsisaugoti nuo jų nurodyti 9.1 lentelėje.

Vertinant įrenginių keliamą triukšmą vadovavausi Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatais [9], kuriuose nurodomos kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio ( $L_{EX,8h}$ ) tokios norminės vertės:

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

Gamybos ceche veikiančių įrengimų skleidžiamas bendras triukšmas apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T_p} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_{Aeq,i}} \right] \quad (4.1)$$

$$L_{EX,12h} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T_p} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_{Aeq,i}} \right] = 10 \lg \left[ \frac{1}{720} ((720 * 10^{0,1*65}) + (720 * 10^{0,1*55}) + (720 * 10^{0,1*55}) + (720 * 10^{0,1*65}) + (720 * 10^{0,1*65}) + (720 * 10^{0,1*85}) + (720 * 10^{0,1*75}) + (720 * 10^{0,1*55})) \right] = 85,5 dB$$

čia  $L_{Aeq,ti}$  – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį  $t_i$ , kurio metu matuotas (nustatytas) darbuotoją veikiantis triukšmas, dBA;  $i$  – laikotarpių skaičius. Laikotarpių  $t_i$  bendroji suminė vertė neviršija  $T_p$ ;  $T_p$  – bendroji darbo pamainos trukmė, min. ( $T_p = 8$  val.).

Apskaičiavus bendrą triukšmo lygį gavau, kad vertė viršija viršutinę ekspozicijos vertę, kiekvieno įrengimo triukšmo lygis ir prevencijos priemonės pateiktos 9.1 lentelėje.

Parentant elektros įrenginius, būtina numatyti apsaugos nuo elektros srovės priemones, kurios pasirenkamos pagal elektros įrenginių įtampą ir patalpos klasę, nustatytą atsižvelgiant į elektros srovės pavojingumą žmonėms.

Elektros įrenginių eksploatavimo patalpos, kuriuose vykdoma priskiriama pavojingoms patalpoms, nes jose grindys yra gelžbetoninės laidžios elektros srovei. Pavojingose patalpose,

taip pat lauke esančius aukštesnės kaip 50 V įtampos kintamosios srovės ir aukštesnės kaip 75 V įtampos nuolatinės srovės elektros įrenginius įnulinisiu.[10]

## 9.4 Darbo higiena

Šiame poskyryje nagrinėjami cheminiai, biologiniai, fizikiniai rizikos veiksniai. Analizuojami ceche esančių rizikos veiksnių dydžiai, poveikio trukmė ir priežastys. Faktiniai rizikos veiksnių dydžiai lyginami su Lietuvos higienos normose ir kituose teisės aktuose nustatytais dydžiais bei ribinėmis vertėmis, atsižvelgiama į rizikos veiksnių poveikio trukmę, jų savybes ir naudojamas asmenines apsaugos priemonės.

Darbo patalpų šiluminės aplinkos parametrai yra tokie: oro temperatūra, oro santykinis drėgnumas, oro judėjimo greitis ir šiluminio spinduliavimo intensyvumas. Šiluminės aplinkos parametrų vertės nustatomos atsižvelgiant į metų laikotarpį ir darbų sunkumo kategoriją. Skiriami du metų laikai: šaltasis ir šiltasis. Skiriamos trys darbų sunkumo kategorijos: lengvas (Ia, Ib), vidutinio sunkumo (IIa, IIb) ir sunkus fizinis darbas (III). Gamybiniame ceche atliekami IIb ir III kategorijos darbai. Dirbant šių kategorijų darbus, šiluminio komforto ir pakankamos šiluminės aplinkos parametrų norminės vertės pateiktos 9.4 lentelėje[11].

**9.4 lentelė.** Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis m/s, ne daugiau kaip
Šaltasis	IIb	17 – 19	40 – 60	0,2
	III	16 – 18	40 - 60	0,3
Šiltasis	IIb	20 – 22	40 – 60	0,3
	III	18 - 20	40 - 60	0,4

Šiluminė aplinka darbo vietose yra pakankama. Jei darbo laiko trukmė darbo vietoje, kurioje aplinkos temperatūra didesnė ar mažesnė nei pateikta 9.4 lentelėje, rekomenduojama darbo laiko trukmė tokioje aplinkoje pateikta 9.5 lentelėje. [5]

**9.5 lentelė.** Rekomenduojama darbuotojų laiko trukmė darbo vietoje, kurioje aplinkos temperatūra viršija arba nesiekia pakankamos šiluminės aplinkos temperatūros vertės

Oro temperatūra darbo vietoje, °C	Darbo trukmė, h	
	Darbų kategorija	
	IIb	III
10	3	5
12	5	7
15	8	8
26	Nustatoma pagal galiojančius teisės aktus	8
28	6	5
30	3	2

Rekomenduojamos dirbtinės apšvietos ribinės vertės leidžia gerai matyti darbo objektą bei užtikrina gerą darbuotojo savijautą. Remiantis HN98:2014 nustatoma regos darbų kategoriją bei projektuojamojo objekto patalpų norminę apšvietą. 9.6 lentelėje nurodyta, kokias apšvietimo vertės naudojamos cemento malimo skyriuje ir operatorinėje.[12]

**9.6 lentelė.** Apšvietimo vertės cemento malimo skyriuje ir operatorinėje.

Patalpos, darbo ar veiklos tipas	Mažiausia ribinė vertė, lx	Natūralus apšvietimas NAK, %	Mažiausio matomo objekto dydis, mm	Regos darbų kategorija
Gamybos įrenginiai nereikalaujantys nuolatinės priežiūros	200	3,0	1,1 – 5,0	V
Bendros gamybinės patalpos	100	3,0	Daugiau kaip 5,0	VI
Operatorinėje	500	4,0	0,31 – 0,50	III

## 9.5 Gaisrinė sauga

Cemento malimo skyriuje gaisringumu pasižymi transporterių juostos. Transportuojat medžiagas, kurios įkaitusios daugiau nei 100 °C atsiranda gaisro rizika. Taip pat gaisro pavojus gali kilti cemento malūnų tepalų siurblinėse. Naudojamo tepalo pliūpsnio temperatūra yra 200 °C, o savaiminio užsidegimo temperatūra yra 380 °C.

Gaisrų ir sprogoimo prevencija užtikrinama laikantis Bendrosiose priešgaisrinės saugos [3] ir Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų taisyklių [3].

Kilusiam gaisrui užgesinti būtinas priešgaisrinis vandentiekis. Tam tikslui pastatų viduje yra įrengti gaisriniai čiaupai, o išorėje – hidrantai. Kadangi pastatas pagal sprogoimo ir gaisro pavojų priskiriamas D<sub>g</sub> kategorijai, pastate yra išstatyti aštuoni milteliniai gesintuvai. Milteliai, kurie



gesina ugnį sudaryti monoamonio fosfato pagrindu. Vieno gesintuvo gesinančios medžiagos yra 6 kg. Prie elektros ir automatikos įrengimų yra išstatyti du angliarūgštiniai gesintuvai. Taip pat įrengiami du specialūs priešgaisriniai skydai, stendai, pirminės gaisro gesinimo priemonėms sudėti. Ant kiekvieno skydo ir stendo yra sudėti: 2 gesintuvai, 2 kibirai, 1 kastuvai, 2 laužtuvai, 2 kirviai, nedegus audinys – 1,5 x 1,5 m dydžio, dėžė, kurioje supiltas smėlis arba sorbentas, kurio talpa 0,3m<sup>2</sup>.

## 9.6 Dviejų strypų žaibolaidžio parinkimas

Cemento malimo skyriaus pastatui projektuojamas dviejų strypų žaibolaidis, kuris apsaugos pastatą nuo žaibo elektros iškrovos. Pastato matmenys: ilgis – 60 m, plotis – 50 m, aukštis – 30 m.

### Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zonos parametrų skaičiavimai [13]:

Pasirenkamas žaibolaidžio apsaugos patikimumas – 0,91.

Parinkamas žaibolaidžio aukštis – 60 m.

$$h_0 = 0.85 \times h \quad (1)$$

$$h_0 = 0.85 \times 60 = 51 \text{ m}$$

$$L_{max} = \llbracket 5.75 - 3.57 \times 10^{-3}(h - 30) \rrbracket \times h \quad (2)$$

$$L_{max} = \llbracket 5.75 - 3.57 \times 10^{-3}(60 - 30) \rrbracket \times 60 = 339 \text{ m}$$

$$L_c = 2,5 \times h \quad (3)$$

$$L_c = 2,5 \times 60 = 150 \text{ m}$$

$$L = 60 \text{ m}$$

$$h_c = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_c} \times h_0 \quad (4)$$

$$h_c = \frac{339 - 60}{339 - 150} \times 51 = 75 \text{ m}$$

$$r_0 = 1,2 \times h \quad (5)$$

$$r_0 = 1,2 \times 60 = 72 \text{ m}$$

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} \quad (6)$$

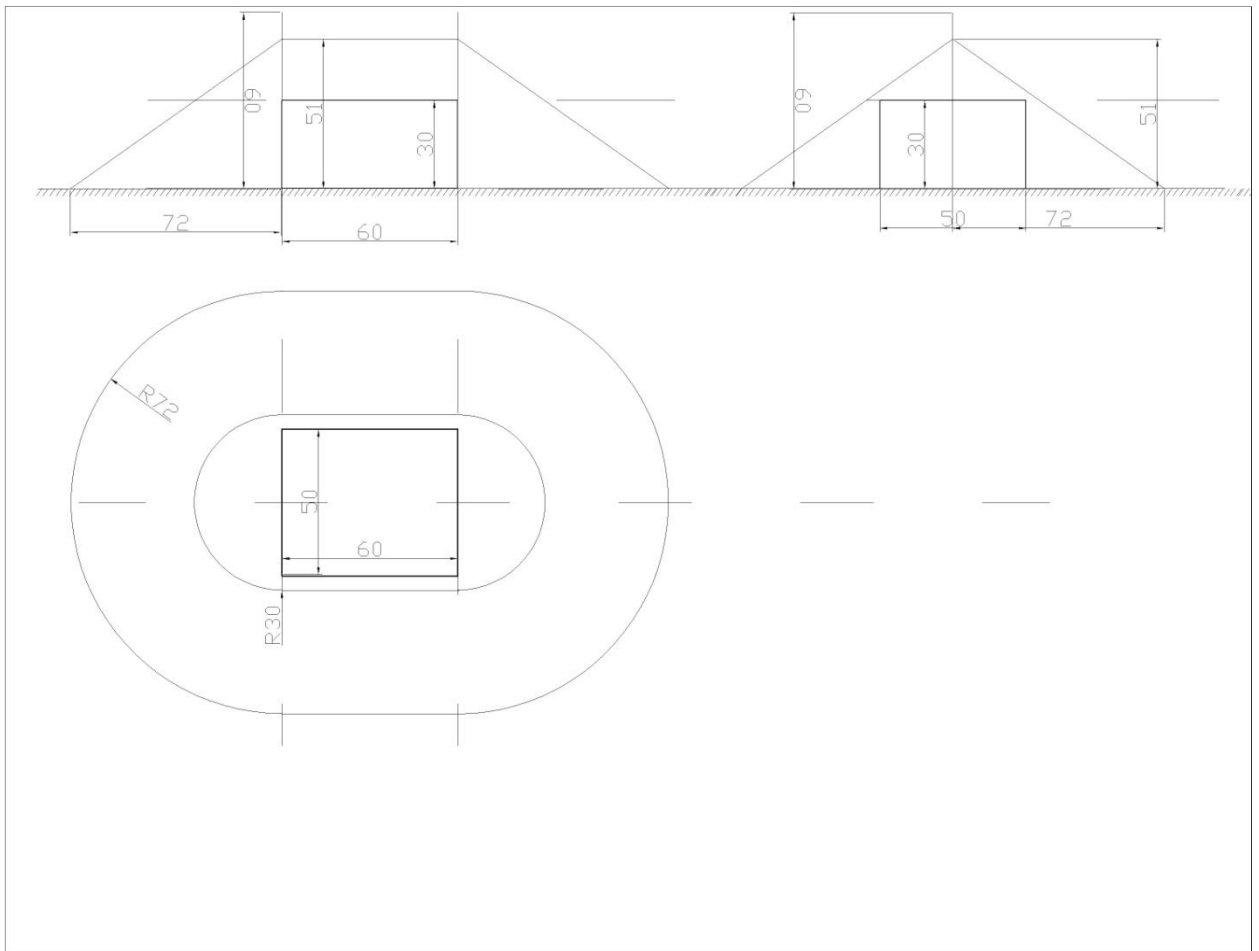
$$r_x = \frac{72 \times (51 - 30)}{51} = 30 \text{ m}$$

$$l_x = \frac{L}{2}$$

$$l_x = \frac{60}{2} = 30 \text{ m}$$

$$r_{cx} = \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c} \quad (7)$$

$$r_{cx} = \frac{72 \times (75 - 30)}{75} = 43 \text{ m}$$



**9.1 pav.** Dviejų strijų apsaugos zona

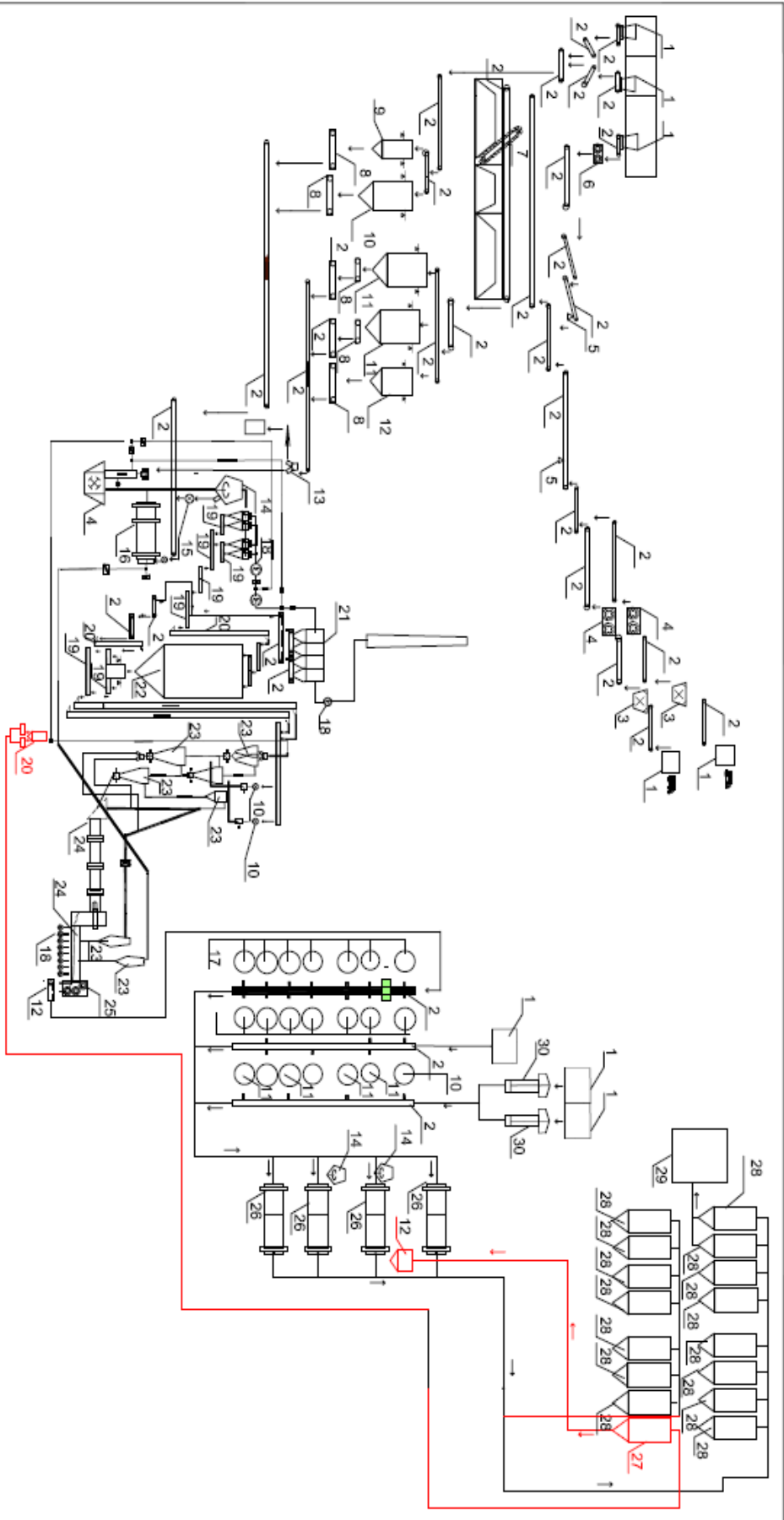
## 10 Išvados

1. KDKD priedas ženkliai paspartina klinkerio mineralų ir šlako hidrataciją, o projektuojamo gaminti šlakinio cemento sudėtyje bus 30 % portlandcemenčio, 55 % šlako ir 15% KDKD priedo.
2. Apskaičiuoti ekonominai ir finansiniai rodikliai:
  - 1 Modernizacija įmonei kainuos 215000 €.
  - 2 Apskaičiavus ir įvertinus ekonominius rodiklius, galima teigti, kad modernizacija bus efektyvi.
  - 3 Projekto atsipirkimo laikas  $T = 1.06$  metų;
  - 4 Pelningumo Indeksas (PI)  $6.249 > 1$ .
3. Paruoštas žaliavų ir išteklių bei produkto balanso aplinkosauginis vertinimas.
4. Apibūdinta darbuotojų sauga ir parinktas cemento malimo skyriaus dviejų strypų žaibolaidis.

## Literatūros sąrašas

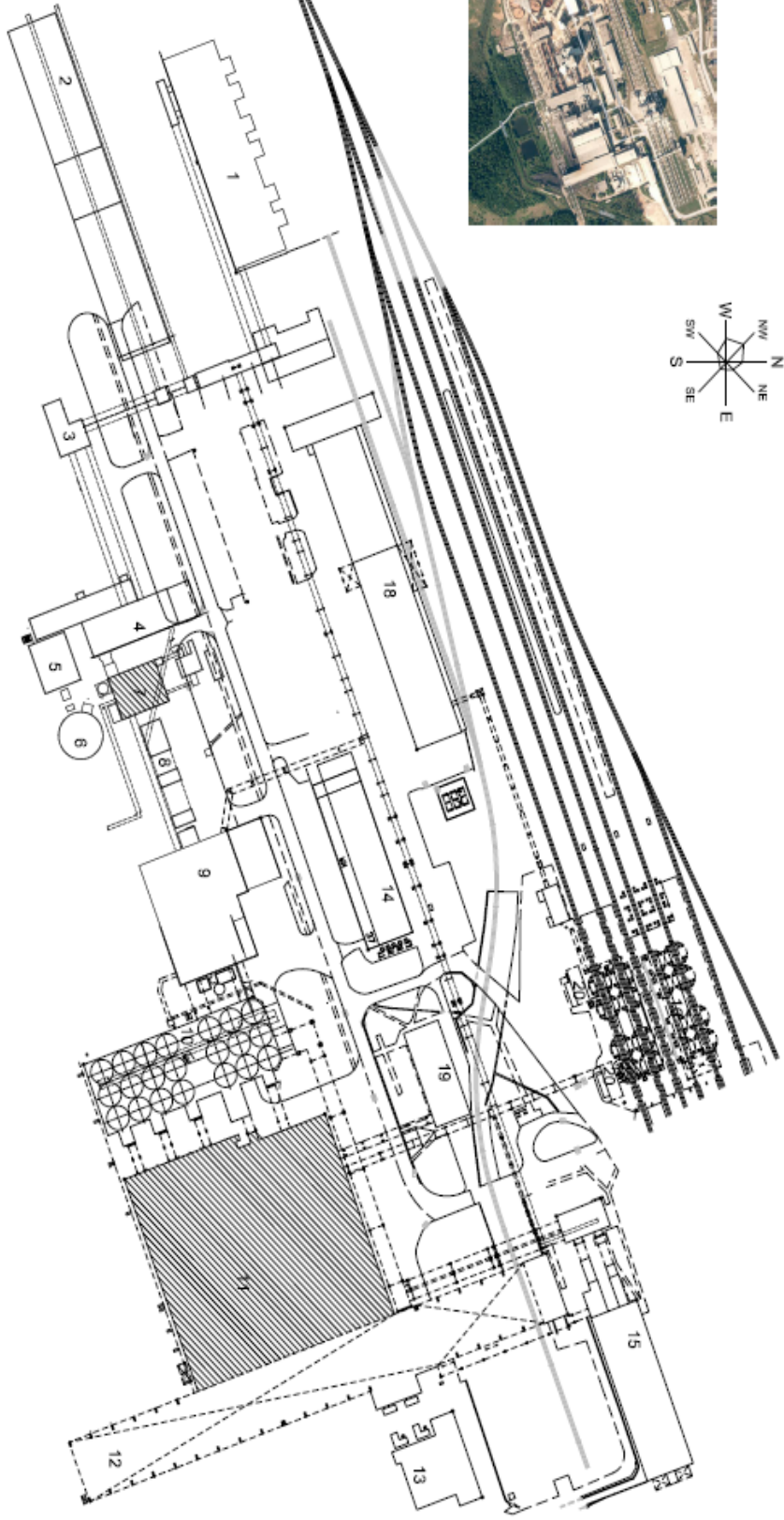
---

1. AB „Akmenės cementas“ saugos duomenų lapai.
2. Dėl Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministro 1999 m. liepos 14 d. Įsakymo nr. 217 „Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo“ pakeitimo. 2012 m. sausio 31 d. Nr. D1-85, Valstybės žinios, 2012-02-04, Nr. 16-697 .
3. Dėl Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro 2006 m. gegužės 17 d. Įsakymo Nr. D1-236 „Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo“ papildymo. 2012 m. rugsėjo 26 d. Nr. D1-773. Valstybės žinios, 2012-10-04, Nr. 115-5841.
4. AB „Akmenės cementas“ Kokybės, aplinkos apsaugos ir darbuotojų saugos ir sveikatos veiksmingumo įvertinimas.
5. Valančius Z., Nizevičienė D., Viliūnienė O., Solnyškinienė J., Stasiulaitienė I. Metodiniai nurodymai Cheminės technologijos fakulteto magistrams, studijuojantiems studijų programoje „Chemijos inžinerija“. Kaunas, 2013.
6. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134-4878. (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2009, Nr. 152-6849, Valstybės žinios, 2011, Nr.: 46 -2201
7. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2004, Nr.41-1350.
8. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146 -7510 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137).
9. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
10. Elektros įrenginių eksploatavimo saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 39-1878.
11. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
12. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2014, Nr. 2014-05119.
13. STR 2.01.06:2009 Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo. Valstybės žinios, 2009, Nr. 138-6095.



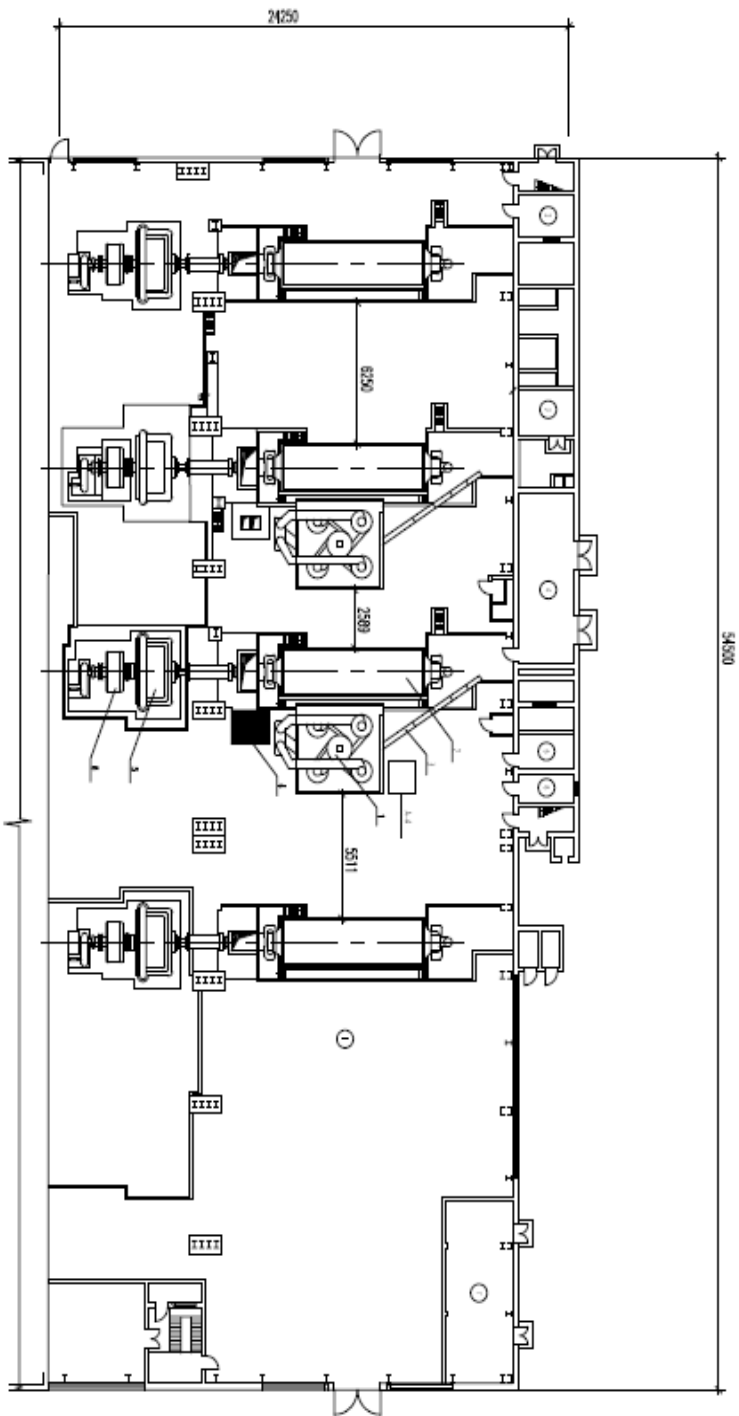
Įrenginys	Vnt.	Įrenginys	Vnt.	Įrenginys	Vnt.
1 Priėmimo bunkeris	8	11 Gipso siloso bokštas	2	21 Rankovinis filtras	1
2 Transporteris	42	12 KDKD terpinis bunkeris	1	22 Įkrovos silosės	1
3 Žiauninis trupinuvvas	2	13 Žaliavos paskirstymo vertai	1	23 Cilkinas	6
4 Plaktukinis trupinuvvas	3	14 Separatorių	3	24 Sukamoji krosnis	1
5 Svarstyklis	14	15 Narvelinis maištinuvvas	3	25 Karšių dujų aušinuvvas	1
6 Valcal	1	16 Žaliavų rutulinis maišinas	1	26 Cemento rutulinis maišinas	4
7 Daugiakaušis eskavatorius	1	17 Kilnerio siloso bokštas	14	27 KDKD siloso bokštas	1
8 Maištinuvvas	5	18 Ventilatorių	9	28 Cemento siloso bokštas	15
9 Bunkeris	5	19 Aerolėvyvas	16	29 Cemento pakavimo skyrius	1
10 Šlako siloso bokštas	1	20 KDKD surinkimo mazgas	1	30 Būgininė užlovykla	2

Užduotys	Įvykdymo būdas
1. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	1. Išnagrinėti gamybos technologiją
2. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	2. Išnagrinėti gamybos technologiją
3. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	3. Išnagrinėti gamybos technologiją
4. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	4. Išnagrinėti gamybos technologiją
5. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	5. Išnagrinėti gamybos technologiją
6. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	6. Išnagrinėti gamybos technologiją
7. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	7. Išnagrinėti gamybos technologiją
8. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	8. Išnagrinėti gamybos technologiją
9. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	9. Išnagrinėti gamybos technologiją
10. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	10. Išnagrinėti gamybos technologiją
11. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	11. Išnagrinėti gamybos technologiją
12. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	12. Išnagrinėti gamybos technologiją
13. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	13. Išnagrinėti gamybos technologiją
14. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	14. Išnagrinėti gamybos technologiją
15. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	15. Išnagrinėti gamybos technologiją
16. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	16. Išnagrinėti gamybos technologiją
17. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	17. Išnagrinėti gamybos technologiją
18. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	18. Išnagrinėti gamybos technologiją
19. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	19. Išnagrinėti gamybos technologiją
20. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	20. Išnagrinėti gamybos technologiją
21. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	21. Išnagrinėti gamybos technologiją
22. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	22. Išnagrinėti gamybos technologiją
23. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	23. Išnagrinėti gamybos technologiją
24. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	24. Išnagrinėti gamybos technologiją
25. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	25. Išnagrinėti gamybos technologiją
26. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	26. Išnagrinėti gamybos technologiją
27. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	27. Išnagrinėti gamybos technologiją
28. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	28. Išnagrinėti gamybos technologiją
29. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	29. Išnagrinėti gamybos technologiją
30. Projektuoti ir išnagrinėti gamybos technologiją	30. Išnagrinėti gamybos technologiją



1	Molio sandėlys	11	Cemento malimo skyrius
2	Zalavų mišinio sandėlys	12	Gyso, klinies, šlako sandėlys
3	Zalavų dozavimo pastatas	13	Priedų džiavimo skyrius
4	Zalavų džiavimo ir malimo skyrius	14	Suspausto oro kompresorinė
5	Digysis rankovinis filtras	15	Klinies trupinimo skyrius
6	Įkrovos silosai	16	Cemento silosai
7	Šilumokaitlių bokštas	17	Cemento fasavimo skyrius
8	Sukarnoji krosnis	18	Cemento pakavimo ir sandėliavimo skyrius
9	Klinkerio aušinimo stalnyis	19	Medicinos punktai
10	Klinkerio silosai	20	Cemento svėrimo skyrius

Originalas	KTU Orientas	Aprašo leidimo statusas
Revisijos	Techniniai šaltiniai	Šaltiniai: aprašo parengimo metu naudoti šaltiniai
1	2016-04-14	1. 2016-04-14
2	2016-04-14	2. 2016-04-14
3	2016-04-14	3. 2016-04-14
4	2016-04-14	4. 2016-04-14
5	2016-04-14	5. 2016-04-14
6	2016-04-14	6. 2016-04-14
7	2016-04-14	7. 2016-04-14
8	2016-04-14	8. 2016-04-14
9	2016-04-14	9. 2016-04-14
10	2016-04-14	10. 2016-04-14
11	2016-04-14	11. 2016-04-14
12	2016-04-14	12. 2016-04-14
13	2016-04-14	13. 2016-04-14
14	2016-04-14	14. 2016-04-14
15	2016-04-14	15. 2016-04-14
16	2016-04-14	16. 2016-04-14
17	2016-04-14	17. 2016-04-14
18	2016-04-14	18. 2016-04-14
19	2016-04-14	19. 2016-04-14
20	2016-04-14	20. 2016-04-14



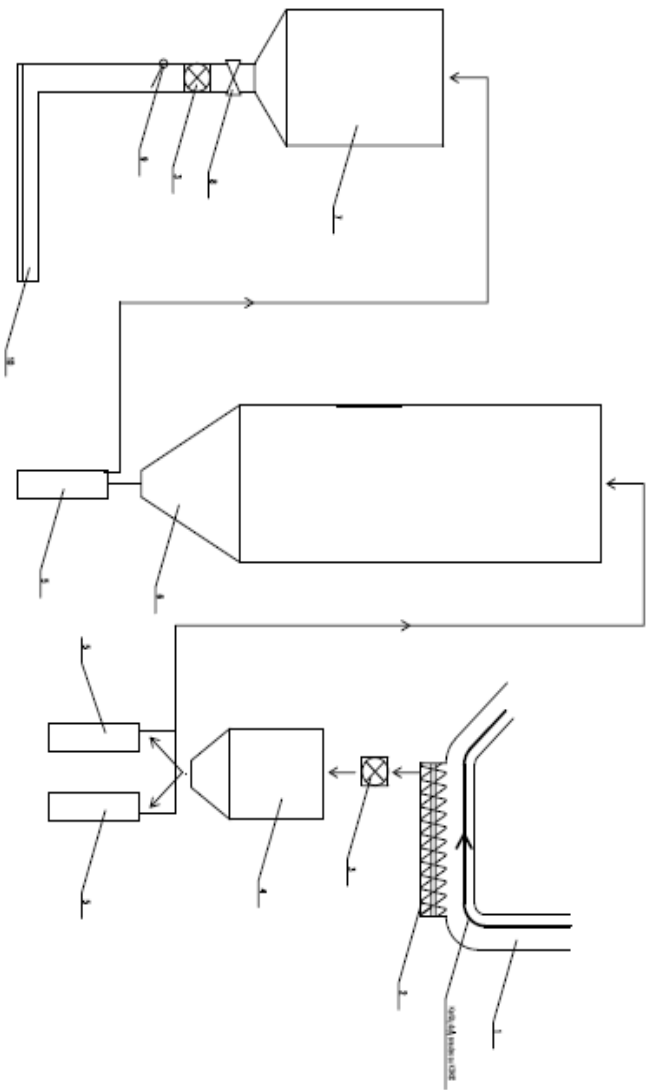
Pa'dipai eksplikaci'a

No	Uraian	Jumlah
1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...

Jumlah

No	Uraian	Jumlah
1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...

Daerah	KTU Cheribon	Manajemen Informatika dan Sistem Informasi
Instansi	Universitas Islam Sumatera Utara	
Departemen	Departemen Sistem Informasi	
Program Studi	Manajemen Informatika dan Sistem Informasi	
Mata Kuliah	Manajemen Informatika dan Sistem Informasi	
Waktu	2016/2017	
Halaman	3	4



## Irenginiai

El. Nr.	Pavadinimas	Vnt.
1	Padidinimas	1
2	Atidubuli dūlų orais	1
3	Sraiginis transportas	1
4	Navėlis metalinis	2
5	KOKO surūšio burklas	1
6	Pneumosamėlio slėgis	3
7	KOKO surūšio burklas	1
8	Uššlėris	1
9	KOKO surūšio metalis	1
10	Cemento surūšio	1

Original	KTU Charakteris	Keičiamas turinys
1	Hydraulinis įrenginys	Keičiamas turinys
2	Atidubuli dūlų orais	Keičiamas turinys
3	Sraiginis transportas	Keičiamas turinys
4	Navėlis metalinis	Keičiamas turinys
5	KOKO surūšio burklas	Keičiamas turinys
6	Pneumosamėlio slėgis	Keičiamas turinys
7	KOKO surūšio burklas	Keičiamas turinys
8	Uššlėris	Keičiamas turinys
9	KOKO surūšio metalis	Keičiamas turinys
10	Cemento surūšio	Keičiamas turinys

17 - 2024 m. sausio 15 d. patvirtinta

2016-MBQ-CTF

1 4