

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

JUOZAS DELTUVA, VITOLDAS VAITKEVIČIUS

**STATYBINIŲ NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ  
GAVYBA, PERDIRBIMAS IR  
NAUDOJIMAS**

Vadovėlis

UDK 691(075.8)  
De-199

Recenzavo: prof. dr. A. Gailius  
prof. habil. dr. N. Ždankus  
doc. dr. Z. Valančius

Vadovėlis statybos inžinerijos studentams ir nerūdinių medžiagų pramonės darbuotojams

*Be raštiško leidyklos „Technologija“ sutikimo nė viena šios knygos dalis jokiais tikslais ir jokiais priemonėmis neturi būti kopijuojama.*

© J. Deltuva,  
V. Vaitkevičius, 2006  
© Leidykla „Technologija“,  
2006

ISBN 9955-09-988-7

# TURINYS

PRATARMĖ .....	7
ĮVADAS .....	8
1. MINERALINIŲ ŽALIAVŲ BAZĖ .....	9
1.1. Bendrosios žinios .....	9
1.2. Uolienuų klasifikacija .....	11
1.3. Lietuvos mineralinių žaliavų bazė .....	15
2. ŽALIAVŲ PAIEŠKA .....	28
2.1. Bendrosios žinios .....	28
2.2. Žaliavų paieškos būdai ir metodai .....	28
2.3. Telkinio prognozės sudarymas .....	30
2.4. Paieškų projektavimas ir metodika .....	31
2.5. Prognozuojamųjų išteklių kiekio įvertinimas .....	32
3. ŽALIAVŲ ŽVALGYBA .....	34
3.1. Bendrosios žinios .....	34
3.2. Žvalgybos geologinė užduotis .....	35
3.3. Žvalgyimo sistemos ir techninių priemonių parinkimas .....	36
3.4. Žvalgyimo tinklo tankumas .....	39
3.5. Žaliavų telkinio kontūrų nustatymas ir dalijimas blokais .....	43
3.6. Geologinė dokumentacija ir žaliavos bandymas .....	43
4. MARKŠEIDERINIAI MATAVIMAI .....	44
4.1. Bendrosios žinios .....	44
4.2. Markšeiderinė grafinė dokumentacija .....	46
4.3. Markšeideriniai darbai žvalgomojoje teritorijoje .....	47
4.4. Naudingųjų iškasenų telkinio geometrinės ribos .....	48
4.5. Telkinio atsargų, gavybos, dangos ir žaliavų nuostolių apskaičiavimas .....	49
5. GAMTINIŲ MINERALINIŲ ŽALIAVŲ SAVYBĖS .....	55
5.1. Bendrosios žinios .....	55
5.2. Uolienuų ir iš jų pagamintų statybinių produktų savybių klasifikacija .....	57
5.3. Nerūdinių medžiagų bendrieji bandymo metodai .....	57
5.4. Fizikinių savybių bandymo metodai .....	66
5.5. Mechaninės savybės .....	78
5.6. Geometrinės savybės .....	86
5.7. Dalelių forma .....	95
5.8. Cheminės savybės (reaktyvumas, tirpumas, priemaišų kiekis ir kt.) .....	104
5.9. Ilgaamžiškumas .....	112
5.10. Medžiagų kokybės rodiklių stabilumas .....	112
5.11. Bandymo rezultatų pakartojamumas ir atkuriamumas .....	113

6. MINERALINIŲ ŽALIAVŲ KASYBA .....	114
6.1. Telkinio paruošimas eksploatuoti.....	114
6.2. Karjero dalys .....	115
6.3. Sąlygos, turinčios įtakos karjero parametrams .....	116
6.4. Karjero nusausinimas .....	117
6.5. Karjero atidengimas .....	117
6.6. Dangos nuėmimo darbai.....	120
6.7. Karjero transportas .....	124
6.8. Sprogdinimo darbai .....	137
7. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ KASIMAS IR PAKROVIMAS.....	144
7.1. Bendrosios žinios .....	144
7.2. Žaliavų kasimas ekskavatoriais .....	145
7.3. Uolienuų išgavimas hidromechanizacijos priemonėmis .....	148
8. UOLIENŲ PERDIRBIMAS.....	153
8.1. Akmens uolienuų klasifikavimas pagal technologines savybes .....	153
8.2. Uolienuų klasifikavimas pagal ilgaamžiškumą .....	154
8.3. Reikalavimai nuo masyvo atskeltiems blokams .....	155
8.4. Apdailinio akmens apdirbimas .....	155
8.5. Akmens pjaustymo staklės .....	156
8.6. Akmens apdirbimas skaldymu .....	165
8.7. Statybiniai akmens gaminiai .....	171
8.8. Dirbtiniai apdailos akmenys .....	174
9. NATŪRALIŲJŲ UŽPILDŲ GAMYBA.....	174
9.1. Bendrosios žinios .....	174
9.2. Trupinimas .....	177
9.3. Teoriniai akmens uolienuų smulkinimo pagrindai .....	181
9.4. Trupintuvai .....	186
9.5. Malimas.....	201
10. MEDŽIAGŲ SIJOJIMAS IR SODRINIMAS.....	205
10.1. Bendrosios žinios .....	205
10.2. Sijojimas.....	208
10.3. Sijotuvai .....	211
10.4. Sietai nerūdinėms medžiagoms sijoti .....	218
10.5. Sijotuvų sieto ploto apskaičiavimas .....	221
10.6. Medžiagų plovimas .....	223
10.7. Hidraulinė klasifikacija .....	227
10.8. Vandens atskyrimo įrenginiai.....	232
11. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ ĮRENGINIŲ KOMPONAVIMAS IR PERDIRBIMO TECHNOLOGINĖS SCHEMOS .....	237
11.1. Bendrosios žinios.....	237
11.2. Nerūdinių medžiagų gamyklų technologinių linijų projektavimo principai.....	238

11.3. Įrenginių komponavimo principai .....	239
11.4. Skaldos gamybos technologinė schema.....	241
11.5. Kilnojamieji nerūdinių medžiagų perdirbimo įrenginiai .....	250
11.6. Racionalus žaliavų naudojimas.....	252
12. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ GAMYBOS POVEIKIS APLINKAI.....	259
12.1. Antropogeninis poveikis .....	259
12.2. Kasybos poveikis aplinkai .....	260
12.3. Poveikis oro baseinui .....	261
12.4. Poveikis vandens baseinui .....	261
12.5. Poveikis kraštovaizdžiui .....	262
12.6. Žemės gelmių naudojimo ir apsaugos teisinis reguliavimas .....	263
13. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ GAVYBOS IR NAUDOJIMO VERTINIMO PRINCIPAI .....	265
13.1. Bendrosios žinios .....	265
13.2. Žaliavų techninio ir ekonominio įvertinimo principai .....	266
13.3. Užpildų gamybos ekonominis efektyvumas .....	267
NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ STANDARTŲ SĄRAŠAS .....	269
LITERATŪRA.....	275



## PRATARMĖ

Skaitytojams pirmą kartą lietuvių kalba pateikiama knyga apie statybinių nerūdinių medžiagų kasybą, perdirbimą ir naudojimą statyboje.

Knygoje aprašyti Lietuvos svarbiausių nerūdinių statybinių medžiagų žaliavų slūgsojimo sąlygos, kiekiai, kasybos principai, medžiagų bandymo metodai, svarbiausieji perdirbimo technologijos įrenginiai ir schemas, racionalūs naudojimo būdai, medžiagų ekonominio vertinimo principai, aplinkos apsaugos, žemės gelmių naudojimo ir apsaugos bei teisinio reguliavimo elementai.

Knyga pritaikyta studentams ir magistrantams, studijuojantiems statybą, kelių tiesimą ir kitas specialybes, susijusias su gamtinių mineralinių žaliavų perdirbimu ir naudojimu. Ji labai reikalinga studentams ir specialistams todėl, kad Lietuvoje nerengiami kasybos ir nerūdinių medžiagų perdirbimo specialistai, nors kasybos pramonė mūsų šalyje susikūrusi labai seniai ir užima reikšmingą vietą ūkio sistemoje. Kasybos pramonėje dirba nemaža darbuotojų. Kasybos ir nerūdinių medžiagų perdirbimo naudojimo žinių pagrindai reikalingi statybos ir statybinių medžiagų pramonės darbuotojams.

Ši knyga gali suteikti minimumą žinių darbuotojams, besiruošiantiems dirbti gamtinių mineralinių žaliavų kasybos ir perdirbimo įmonėse, ypač studijuojantiems neakivaizdinių būdu. Taip pat ji gali būti naudinga nerūdinių medžiagų pramonės įmonių darbuotojams ir kitiems specialistams, besidominantiems nerūdinių medžiagų pramone.

Knygos autoriai reiškia nuoširdžią padėką KTU Statybinių medžiagų katedrai už suteiktą pagalbą, rengiant vadovėlių ir recenzentams:

VGTU Statybinių medžiagų katedros prof. A. Gailiui,

KTU Geoinžinerijos katedros vedėjui prof. habil. dr. N. Ždankui ir

KTU Silikatų technologijos katedros vedėjui doc. dr. Z. Valančiui už vertingas pastabas, kurios padėjo patobulinti vadovėlio kokybę.

Autoriai dėkoja nerūdinių statybinių medžiagų įmonėms parėmusioms šio vadovėlio išleidimą:

UAB „Žvyro karjerai“,

AB „Klovainių skalda“,

UAB „Rizgonys“,

UAB „Mirkliai“,

UAB „Milsa“,

UAB „Granitas“,

UAB „Grantininė skalda“.

Autoriai laukia iš gerbiamų skaitytojų pastabų, kurios gali būti naudingos, jei būtų leidžiamas pakartotinis vadovėlio leidimas.

## ĮVADAS

Per pastaruosius 15 metų nerūdinių medžiagų pramonė plėtojosi sunkiai ir netolygiai. Apie 1980–1999 m. Lietuvoje buvo sunaudojama nerūdinių medžiagų maždaug po 18 mln. m<sup>3</sup> per metus. Beveik pusė šių medžiagų buvo sunaudojama keliams, o kita pusė – statybos reikmėms.

Po 1990 m. Lietuvai atgavus nepriklausomybę, įvyko ryški pramonės ir statybos pertvarka. Keitėsi nerūdinių medžiagų perdirbimo įmonių savininkai, nuosavybės formos ir ūkio valdymo struktūra. Dėl laikinos ūkio sumaišties apie 1992 m. statybos apimtys buvo sumažėjusios beveik 5 kartus. Atitinkamai buvo sumažėjęs ir nerūdinių medžiagų poreikis. Pastaruosius keturis metus kelių ir įvairios paskirties statybos apimtys sparčiai augo. Nerūdinių medžiagų pramonė atsigauna. Gavyba ir perdirbimas kai kuriose įmonėse kiekvienais metais padidėja beveik dvigubai. Iš esmės pasikeitė nerūdinių medžiagų pramonės struktūra ir valdymas, atnaujintos perdirbimo technologijos. Gerėja įmonių ekonominė padėtis. Gamyboje diegiami naujos konstrukcijos įrenginiai.

Iš nerūdinių medžiagų gaminamos produkcijos kokybė per dešimtmetį labai pagerėjo. Gamybininkai medžiagų asortimentą siekia pritaikyti aukštos kokybės specializuotos statybos ir konstrukcijų gamybos reikmėms. Perdirbimo technologija ir produkcijos kokybė kontroliuojama ir vertinama pagal naujus Europos standartus. Daugumoje perdirbimo įmonių yra įdiegtos gamybos ir produkcijos kokybės valdymo sistemos.

Kasybos pramonė yra viena iš svarbiausių nacionalinės pramonės šakų, nors Lietuva ir neturi gausių gamtinių išteklių. Tačiau vietinėms reikmėms yra pakankamos žvyro, dolomito, klinčių ir kt. atsargos. Tik reikėtų neužmiršti, kad naudingosios iškasenos sunaudojamos beveik negrįžtamai, todėl šie negausūs gamtos turtais turi būti naudojami labai taupiai ir racionaliai.



# 1. MINERALINIŲ ŽALIAVŲ BAZĖ

## 1.1. BENDROSIOS ŽINIOS

Gamtinės mineralinės žaliavos išgaunamos daugiau ar mažiau perdirbant natūralias uolienas, kurių cheminė sudėtis ir savybės priklauso nuo susidarymo sąlygų ir perdirbimo laipsnio. Gamtinių uolienų sudėtis įvairiose žemės paviršiaus vietose yra skirtinga, o naudingosios iškasenos pasiskirsčiusios nevienodai. Tokiam žemės paviršiaus įvairumui ir uolienų pasiskirstymo nevienodumui atsirasti buvo daug priežasčių. Per milijardus ir milijonus metų gamtos jėgos kūrė žemės gelmes ir formavo jos paviršių. Vienose vietose jos iškėlė aukštus kalnus, kitose vietose žemės paviršių nugramzdino gilyn, o susidariusios įdubos užsipildė vandeniu, susidarė žemynai, jūros ir vandenynai.

Mūsų planetos – Žemės amžius vertinamas 4,5 – 4,7 milijardo metų, ir tai yra besivystantis dangaus kūnas [1]. Karbono periodo pabaigoje Gondvana susijungė su Laurazija ir susidarė milžiniškas žemynas – Pangėja. Iširus Pangėjai, buvusi jos teritorija suskilo į dabartinę Afrikos, P. Amerikos, Antarktidos ir Australijos žemynus bei Indijos platformą.

Prieš milijonus metų susidarę žemynai ir toliau labai lėtai, bet persiformuoja dėl gėlmėse ir aplinkoje vykstančių procesų. Gėlmėse kunkuliuojanti magma, skaldo Žemės pluta, kurios storis kontinente apie (30–70) km, o vandenynuose – tik (5–10) km. Magma pro atsiradusius plyšius atiduoda šilumą: sausumoje – uolienoms, o vandenyne – vandeniui. Ji ardo ir tirpina uolienas, sudaro slėgį į plyšių kraštus, stumia žemynus vieną nuo kito. Žemės plutos trūkinėjimus lydi žemės drebėjimai, ugnikalnių išsiveržimai, vandenynuose kyla milžiniškos bangos.

Mokslininkai [1] per 1964 – 1995 m. surinko duomenis apie žemės drebėjimo vietas ir sudarė tektoniškai neaktyvių, galinčių pasislinkti Žemės plutos blokų schemą. Šiuos blokus sudaro atitinkamos Žemės sausumos ir vandenynų dalys. Blokų lietimosi zonose žemyne ar po vandeniu, gėlmėse ar paviršiuje vyksta tektoniniai procesai, uolienų persiformavimas ir kiti reiškiniai.

Naujausiais tyrimais iš palydovų nustatyta, kad žemynai slenka vidutiniškai ne, kaip buvo manyta (1–5) cm per metus greičiu, o daug greičiau, pvz., pietinė P. Amerikos dalis slenka 17 cm/m. greičiu Ramiojo vandenyno pusėn.

Žemės formavimąsi veikia kitų planetų traukos jėga, o Saulė – savo karščiu, audromis ir spinduliuote. Žemės paviršiaus susiformavimui didelę įtaką turėjo anomalūs reiškiniai, nukritus stambiems asteroidams, kurie susidūrimo metu sukėlė kataklizmus ir paliko ryškių pėdsakų, pvz., performavo kalnus,

vandenynus, keitėsi klimato juostos, į kitas vietas pasislinko žemynai. Klimato kaita, didelių vandens masių persiskirstymas, augmenijos ir gyvūnijos poveikiai bei nuolatiniai geologiniai procesai per milijonus metų keitė žemės paviršių ir geologinių sluoksnių sandarą. Žemės vystymosi būdingieji laikotarpiai apibūdinami eromis ir geologiniais periodais nuo seniausiojo – vėdo iki jauniausiojo – kvartero. Geologiniais periodais Lietuvos teritorijoje susidarę Žemės mantijos uolienų storiai parodyti 1.1 lentelėje [1].

Lietuvos teritorijoje randamų seniausių nuosėdinių uolienų amžius yra apie 700 – 600 mln. metų. Ankstesniųjų geologinių periodų uolienos yra magminės arba metamorfinės. Pastarosios sudaro vadinamąjį kristalinį pamatą, ant kurio slūgso vėliau, iš kalnų geologinių padermių dūlėjimo produktų, augalų ir gyvūnų mineralinių liekanų, įvairių vandens sąnašų ir kitų nuosėdų susidariusios uolienos. Per dešimtis ir šimtus milijonų metų šios nuogulos suakmenėjo, dalis jų virto naudingųjų iškasenų, pvz., klinties, dolomito, kreidos, opokos, molio ir kitų, klodais.

1.1 lentelė. **Geologinių sistemų pagal amžių didžiausi storiai**

Sistemos pavadinimas	Didžiausias uolienų storis, m	Gręžinys (vietovė, rajonas)
Kvarteras	314,9	Vembutai, Plungė
Neogenas	36	Naujony, Anykščiai
Paleogenas	>56,1	Rudamina, Lazdijai
Kreida	222	Vištytis, Vilkaviškis
Jūra	198	Nida, Neringos m.
Triasas	288	Stoniškiai, Šilutė
Permas	156	Usėnai, Šilutė
Karbonas	82	Žemytė, Skuodas
Devonas	1074	Laužai, Plungė
Silūras	836	Nida, Neringos m.
Ordovikas	202	Renava, Mažeikiai
Kambras	172	Žemytė, Skuodas
Vendas	178	Tverečius, Ignalina

Lietuvoje įvairių nuosėdinių uolienų paplitimas priklauso nuo buvusios sausumos ir jūros pasiskirstymo. Respublikos teritorijoje sutinkama visų geologinių sistemų sluoksnių, susiformavusių įvairiais periodais. Nuosėdinių uolienų sluoksniai sudaro Lietuvos paviršiaus geologinę dangą. Joje yra įvairių nuosėdinių uolienų sluoksnių ir telkinių: molio, skalūno, klinties, žvyro, moreninio priemolio, kurios susidarė per paskutiniuosius 700 mln. metų.

Uolienų susidarymo, jų kitimo procesus, naudingųjų iškasenų telkinius ir slūgsojimo sąlygas tyrinėja geologijos mokslas. Lietuvos teritorija pradėta

geologiškai tyrinėti tik nuo 1780 m. Pirmoji speciali geologinė ekspedicija buvo surengta 1829 m., kuriai vadovavo Vilniaus universiteto profesorius E.Eichvaldas. Mineralines žaliavas statybos pramonei pradėjo tyrinėti prieš Pirmąjį pasaulinį karą inžinierius, vėliau Kauno universiteto profesorius P. Jodelė. Vėliau trečiajame – penktajame praėjusio amžiaus dešimtmetyje buvo pradėtos sisteminti ekspedicijų surinktos geologinės žinios ir sudarinėjami geologiniai žemėlapiai. Tuo metu didelį mokslinį indėlį sukrovė į Lietuvos mokslo lobyną profesoriai J. Dalinkevičius, M. Kaveckis ir jų mokiniai. Intensyvūs geologiniai tyrinėjimai vyko 1940 – 1990 m., kai planiniams geologiniams tyrinėjimams 1940 m. spalio 16 d. buvo įsteigtas Lietuvos geologinis komitetas. Po Antrojo pasaulinio karo sugriautam kraštui atstatyti buvo reikalinga daug statybinių medžiagų. Buvo suburtas didelis jaunų geologų būrys įvairių mineralinių žaliavų paieškoms. Greta buvo vystoma statybinių medžiagų ir statybos pramonė, kurios plėtojė statybinių medžiagų gamybą ir jų panaudojimą.

Šiuo metu yra geologiškai ištyrinėta beveik visa Lietuvos teritorija maždaug 20 m gylio. Kai kuriuose rajonuose išgręžti giliai gręžiniai, kur geofizikiniai tyrimai parodė galimų naudingųjų iškasenų telkinius. Taip Lietuvoje buvo atrasti didžiuliai anhidritų klodai, geležies rūdos telkiniai ir kitų naudingųjų iškasenų išteklių. Šie darbai turėjo neįkainojamą vertę Lietuvos statybinių medžiagų pramonės augimui. Pradėjo kurtis specializuotos nerūdinių medžiagų perdirbimo įmonės. Tik turint išsamią geologinę informaciją apie naudingųjų iškasenų telkinių plotus ir kiekius, slūgsojimo sąlygas, žaliavų fizikines bei mechanines savybes, galima organizuoti tokių iškasenų gavybą ir pirminį perdirbimą, taip pat racionaliai parinkti tinkamas kasimo priemones, perdirbimo įrengimus, statyti laikinus kelius, įrengti kasvietę ir pastatyti perdirbimo įmonę.

## **1.2. UOLIENŲ KLASIFIKACIJA**

Uolienos priklausomai nuo susidarymo ir slūgsojimo sąlygų skirtingose teritorijose skiriasi savo mineralogine bei petrografine sudėtimi ir fizikinėmis mechaninėmis savybėmis. Įvairiose pramonės šakose uolienos klasifikuojamos skirtingai – pagal būdingiausias ir tai šakai reikalingiausias požymius. Statybos ir statybinių medžiagų pramonėje uolienos klasifikuojamos pagal genetinę kilmę, fizikines mechanines savybes, perdirbamumą, slūgsojimo bei kasybos sąlygas ir užterštumą.

### **1.2.1. Klasifikacija pagal genetinę kilmę**

Nors visų uolienų pradinė medžiaga yra magma, tačiau per visą Žemės paviršiaus persiformavimo ir atmosferos poveikių laikotarpį vyko ir toliau

tebevyksta uolienu kitimo procesai. Priklausomai nuo uolienu amžiaus ir susidarymo sąlygų jų struktūra ir savybės yra skirtingos, todėl ir jų klasifikacija sudaryta remiantis tais pačiais principais, atsižvelgiant į susiformavimo laikotarpius, struktūrą ir savybes. Uolienu genetinė klasifikacija parodyta 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Uolienu genetinė klasifikacija

Magminės (pirminės)	Masyviosios	Gelminės: granitas, sienitas, dioritas, gabras Išsiliejusios: porfyras, diabazas, trachitas, bazaltas, pofyritas, andezitas
	Vulkaninės	Puriosios: vulkaniniai pelenai ir smėliai, pemza Susicementavusios: vulkaniniai tufai
Nuosėdinės (antrinės)	Mechaninės	Biriosios: žvyras, skalda, smėlis, molis Susicementavusios: smiltainiai, konglomeratai, brekčija
	Chemogeninės	Gipsas, anhidritas, magnezitas, klintis
	Organogeninės	Tankioji klintis, klintainiai, kriauklainiai, kreida, diatomitas, trepelis
Metamorfinės (tretinės)	Pasikeitusios: gelminės nuosėdinės	Gneisas Marmuras, kvarcitas, molio skalūnas

Magminės uolienos yra seniausios (pirminės). Jos susidarė iš magmos, todėl ir vadinamos magminėmis. Šios uolienos skirstomos į dvi grupes. Intruzinės (gelminės) uolienos susidarė gilesniuose sluoksniuose lėtai kristalizuojantis magmai. Jos yra kristalinės struktūros, tankios ir tvirtos. Efuzinės (išsiliejusios) uolienos aušo staigiau ir tik iš dalies susikristalino. Jų struktūra porfyrinė, t. y., kristalai arba jų grupės pasklidę sustingusioje magmoje. Jos susidariusios iš tos pačios magmos, todėl kaip ir gelminės, yra tankios ir tvirtos.

Vulkaninės uolienos susidarė iš ugnikalnių išmestos magmos pelenų ar išpūstos pemzos pavidalo darinių. Jos liko purios arba susicementavo gamtiniais cementais ir virto tufais ar lava.

Nuosėdinės (antrinės) uolienos yra susidariusios iš pirminių uolienu įvairaus stambumo dūlėjimo produktų, ledynų bei vandens srovių atneštų sąnašų, augalų ir gyvų organizmų mineralinių liekanų arba iškritusios nuosėdomis iš persotintų vandeninių tirpalų. Jos taip pat gali būti purios ir susicementavusios.

Metamorfinės (tretinės) uolienos yra susidariusios iš magminių arba nuosėdinių pasikeitus slūgsojimo sąlygoms dėl seisminių ir kitų geologinių

reiškinių. Pakilus temperatūrai ir slėgiui uolienos persikristalizavo, pasikeitė jų struktūra, o iš dalies ir savybės.

### 1.2.2. Klasifikacija pagal fizikines mechanines savybes

Statybos pramonėje naudojamas uolienas tikslinga klasifikuoti pagal fizikines mechanines savybes, nes iš šių savybių rodiklių galima spręsti apie uolienų kasybos būdus, perdurbimo galimybes ir naudojimo sritis. Svarbiausieji rodikliai yra šie: uolienos tankis, stipris, tamprumo modulis, atsparumas šalčiui. Uolienų klasifikacija pagal svarbiausius rodiklius pateikta 1.3 lentelėje.

1.3 lentelė. Svarbiausieji uolienų rodikliai

Uolienos pavadinimas	Uolienos tankis, g/cm <sup>3</sup>	Stipris gniuždant, MPa	Tamprumo modulis, E × 10 <sup>-4</sup>	Atsparumas šalčiui, ciklais
Magminės:				
Gelminės:				
granitas	2,53 – 2,70	100 – 260	5 – 6	100 – 300
gabras	2,85 – 3,05	100 – 350	9 – 11	100 – 300
Išsiliejusios:				
porfyras	2,54 – 2,66	60 – 150	6 – 8	50 – 200
bazaltas	2,22 – 3,07	110 – 500	8 – 8,3	50 – 200
Metamorfines:				
gneisas	2,00 – 2,50	10 – 200	6 – 7	25 – 200
kvarcitas	2,55 – 2,70	100 – 250	7 – 9	100 – 300
Nuosėdinės:				
karbonatinės	1,70 – 2,70	5 – 200	0,2 – 9	0 – 300
smiltainiai	2,00 – 2,50	10 – 250	1,4 – 5	15 – 300

### 1.2.3. Klasifikavimas pagal perduramumą

Uolienų ir naudingųjų iškasenų kasyba ir perduramumas apibūdinamas jų tvirtumu. Rusų mokslininkas prof. M. Protodjakonovas [6] sugrupavo uolienas pagal tvirtumo koeficientą  $f = R_{gn}/10$  (čia  $f$  – uolienos tvirtumo koeficientas,  $R_{gn}$  – uolienos stipris gniuždant). Uolienų klasifikavimas pagal tvirtumo koeficientą ir kategorijas pateiktas 1.4 lentelėje.

Minkštos uolienos lengvai išpurenamos kasant ekskavatoriais arba kitokiomis purenimo priemonėmis ir gali būti nuplaunamos didelio slėgio vandens srove.

Vidutinio tvirtumo uolienos sunkiai kasamos ir nuo masyvo atskiriamos gręžiant ir sprogdinant.

Tvirtos uolienos nuo masyvo atskiriamos ir, jei reikia, smulkinamos gręžiant ir sprogdinant.

Ypatingą reikšmę turi uolienuų pastovumas, kai jos kasamos šachtiniu būdu, tuomet reikia apskaičiuoti šachtų bei požeminių perėjų pastovumą ir tvirtinimo konstrukcijas.

#### 1.4 lentelė. Uolienuų klasifikavimas pagal lyginamąjį tvirtumą

Uolienos kategorija	Uolienuų pavadinimai	Tvirtumo koeficientas
Ypatingai tvirtos	Tvirčiausieji, tankiausieji ir tampriausieji kvarcитай, bazaltai ir kitos panašios uolienos	20
Labai tvirtos	Tvirčiausieji granitai, kvarciniai porfyrų, smiltainiai, klintis	15
Tvirtos	Granitai, tvirti smiltainiai, konglomeratai	10
	Tvirti marmuras, dolomitas, klintis	8
Pakankamai tvirtos	Paprasti smiltainiai,	6
	Smėlingi skalūnai	5
Vidutinio tvirtumo	Tvirti molio skalūnai, netvirti smiltainiai	4
	Klintis, tankūs mergeliai	3
Pakankamai minkštos	Minkšti mergeliai, klintis, kreida, gipsas, paprastas mergelis, akmeningas gruntas	2
Minkštos	Skalda, gruntas su skalda, sukietėjęs molis	1,5
	Molis, molingas gruntas	1
Žemėtos	Minkštas molis, liosas, žvyras	0,8
	Augalinė žemė, durpė, priemolis, šlapias smėlis	0,6
Birios	Smėlis, smulkus žvyras, supilta žemė	0,5
Slankios	Dribsmėlis, dumblas, vandeningas liosas	0

#### 1.2.4. Klasifikavimas pagal slūgsojimo sąlygas

Pagal slūgsojimo sąlygas naudingosios iškasenos gali būti paviršinės ir giluminės. Paviršinės yra žemės paviršiuje arba slūgso po plonu bergždžiosios uolienos sluoksniu. Jas galima eksploatuoti atviruoju būdu, įrengus kasvietę arba karjerą. Giluminės yra giliai žemėje, todėl jas galima kasti požeminiu būdu, įrengus šachtas.

Pagal slūgsojimą gruntinio vandens atžvilgiu naudingosios iškasenos gali būti aukščiau gruntinio vandens, iš dalies apsemtos, visai apsemtos ir po vandeniu – atviruose vandens baseinuose. Jos gali būti kasamos sausuoju būdu, jei telkinį galima nusausinti, arba iš po vandens.

## **1.2.5. Naudingųjų iškasenų užterštumas**

Naudingosios iškasenos labai dažnai būna užterštos nepageidautiniais mineralais, cheminiais junginiais, gretutinėmis uolienomis intarpų, lęšių, sluoksnių, atskirų dalelių pavidalu. Tokios priemaišos gali būti kenksmingos mechaniniu arba cheminiu atžvilgiu tiek perdirbant, tiek naudojant eksploatuojamas žaliavas.

Pagal užterštumą žaliavas galima skirti į tris kategorijas: švarias, mažai užterštas ir labai užterštas. Švarios yra aukščiausios kokybės, jų nereikia valyti arba sodrinti.

Mažai užterštos yra tokios, kurių užterštumas neviršija leidžiamų yra technologinių normų. Jos gali būti naudojamos arba šiek tiek pavalytos perdirbimo metu.

Labai užterštos, kurių be specialių įrenginių teršalams šalinti ir valymo priemonių naudoti negalima.

## **1.3. LIETUVOS MINERALINIŲ ŽALIAVŲ BAZĖ**

### **1.3.1. Bendrosios žinios**

Lietuvos teritorijoje paviršiniame žemės plutos sluoksnyje slūgso nuosėdinės kilmės uolienos. Jos susiklostė ant giliai esančio kristalinio pamato įvairiais geologiniais periodais. Daugumos nuosėdinių uolienų ir naudingųjų iškasenų susiklostymo laikotarpis ir sąlygos siejamos su paskutiniu ledynų pasitraukimo iš Lietuvos teritorijos laikotarpiu. Čia galima rasti įvairiais geologiniais periodais susidariusių naudingųjų iškasenų: devono – dolomito, molio; karbono – gipso; permio – klinties, gipso; triaso – molio; kreidos – opokos, kreidos, mergelio, glaukonito; neogeno – kvarcinio smėlio; kvartero – molio, smėlio, žvyro, riedulių ir kt. Kristaliniame pamate taip pat yra atrastų ir dar neatrastų gamtos turtų. Šiuo metu Lietuvoje geologų yra patvirtinta 20 pavadinimų naudingųjų iškasenų, o eksploatuojamų yra devynios: molis, smėlis, žvyras, kvarcinis smėlis, dolomitas, klintis, opoka, durpės ir nafta.

Svarbiausių statybinių medžiagų (molio, smėlio, žvyro, dolomito, klinties) yra Vilniaus krašte (Trakų, Viniaus, Švenčionių rajonuose), Akmenės – Jurbarko zonoje (ypač Akmenės rajone). Taip pat daug statybinio smėlio ir žvyro randama Kauno, Jonavos rajonuose, dolomito – Pakruojo, Joniškio rajonuose.

Dauguma Lietuvos naudingųjų iškasenų yra geologiškai ištirtos, aprašytos ir įtrauktos į Valstybinį kadastrą. Kai kurios naudingosios iškasenos gali turėti įvairiopa paskirtį, pvz., dolomitas gali būti naudojamas kaip gamtinis statybinis akmuo, chemijos pramonėje, metalurgijoje (magnio gamybai), žemės ūkyje – dirvoms kalkinti ir kitur.

### 1.3.2. Žvyras ir smėlis

Žvyras ir smėlis – nuosėdinės mechaninės biriosios uolienos, susidariusios iš magminių, ankstesniųjų nuosėdinių ir metamorfinių uolienų nuolaužų bei dūlėjimo produktų, susiklosčiusių vietoje arba perneštų ledynų ir galingų vandens srovių. Jas sudaro rieduliai (skersmuo > 63 mm), žvirgždas (4 – 63 mm), smėlis (0,063 – 4 mm), aleuritas (0,063 – 0,005 mm) ir molis (< 0,005 mm). Skirtinguose telkiniuose yra skirtingos granulimetrinės sudėties dalelių mišiniai. Vienuose daugiau žvirgždo, kituose – smėlio, o trečiuose vien tik smėlis. Žvyro telkiniuose žvirgždo dalelių būna nuo 5 iki 60 procentų. Statybos darbams žvyras tinkamas eksploatuoti, jei jame yra daugiau kaip 10 % žvirgždo ir mažiau kaip 5 % molio – aleurito. Gali būti naudojami ir kitokios granulimetrinės sudėties telkiniai, tačiau tais atvejais žaliavai sodrinti reikia sudėtingesnės įrangos ir tai turi ekonomiškai apsimokėti.

Žvyro ir smėlio telkiniai susidarė kalvotose vietose, kai mechanines uolienų nuolaužas pernešdami vandens srautai surūšiavo ir jos nusėdo ramesniuose vandens baseinuose.

Lietuvos teritorijai būdingi paviršiniai kvartero geologinio periodo žvyro telkiniai. Tai geologiškai jaunos uolienos todėl jų dalelės chemiškai nesudūlėjusios. Jų sudėtyje yra įvairių geologinių periodų dalelių, daugiausiai granitinių, karbonatinių ir kvarcinių. Kitų padermių yra tik priemaišų.

Žvyro telkinių, paruoštų pramonei eksploatacijai, Lietuvoje yra 555. Juose pagal pramonines kategorijas išžvalgyta apie 560 mln.m<sup>3</sup>, o paruoštų įsisavinti yra apie 500 mln.m<sup>3</sup>. Preliminariais duomenimis, yra aptikti dar 107 telkiniai, kuriuose slūgso apie 325 mln.m<sup>3</sup> žaliavos. Dauguma telkinių smulkūs – iki 0,5 mln.m<sup>3</sup>, stambesnių, kuriuose žaliavos daugiau kaip 5 mln.m<sup>3</sup>, yra tik 23.

Telkinių slūgsojimo sąlygos yra įvairios – vieni virš gruntinio vandens, kiti iš dalies apsemti, yra ir po vandeniu, pvz., upių dugne. Dangos storis virš telkinių yra 0,1 – 7 m (vidutinis apie 1,1 m), o naudingojo sluoksnio storis 1,1 – 14 m (vidutinis apie 5,5 m). Daugiausiai telkiniai išsidėstę upių slėnių aliuvinėse terasose ir vagose: Nemuno, Neries, Ventos, Dubysos, Šventosios ir kitų.

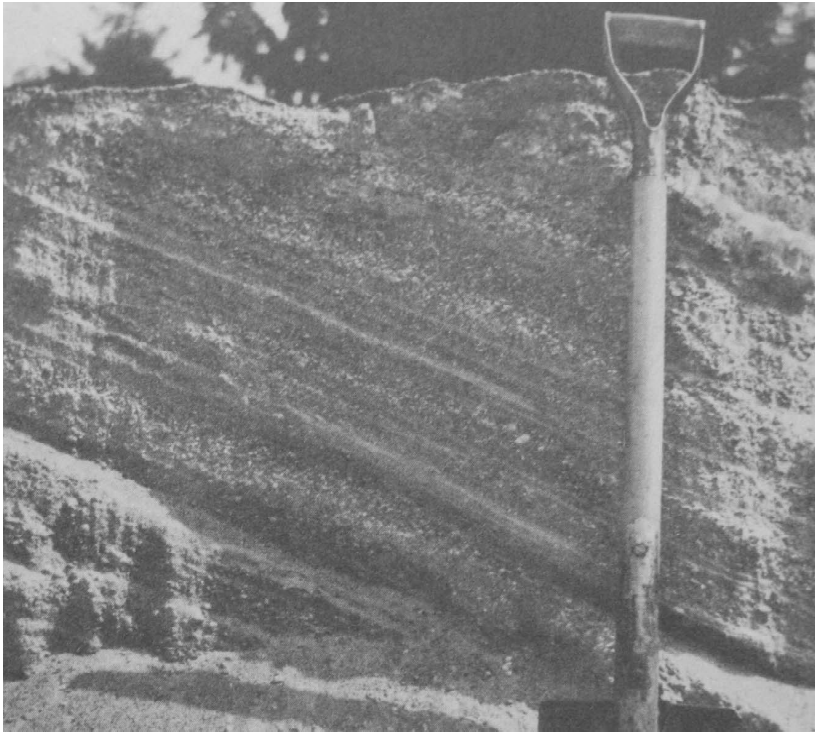
Apie ketvirtadalis išžvalgytų žvyrynų ir tinkamų statybos darbams yra ledyninės kilmės, suklostyti ištirpusio ledo vandens deltų zonos. Daugumos telkinių kokybė gera, vienodas naudingo sluoksnio storis. Todėl šie telkiniai išsamiai išžvalgyti ir eksploatuojami, pvz., Kalnėnų, Dobilų, Poškų, Lemberišio, Šilų, Ginevės, Nemakščių, Svėdasų ir kiti. Telkinių pasiskirstymas fliuvioglacialinių deltų zonose priklauso nuo vykusios sedimentacijos ypatumų kai vandens srautai įtekėdavo į stovinčio vandens baseiną, arba kai srovės greitis sumažėdavo aukštumų pašlaitėse. Ypač būdingos fliuvioglacialinės deltos Žemaičių aukštumų papėdėse.



Kitokios sudėties žvyro telkiniai yra šiaurės Lietuvos tapačių deltų nuosėdose, pvz., Lėvens, Pyvesos, Apaščios, Nemunėlio ir kitų upių zonose. Čia mažiau išryškėjusios fliuvioglacialinės deltos, o nuosėdose vyrauja ledynų sutrintos vietos dolomitų nuolaužos. Šie telkiniai yra maži, o juose esančios dolomito dalelės padūlėjusios ir silpnos todėl šios žaliavos pramoninė vertė menka.



1.1 pav. Rizgonių žvyro karjeras (Jonavos rajonas) [1]



1.2 pav. Gerai surūšiuotas įkypai sluoksniuotas žvyras  
Elmininkų karjere (Anykščių rajonas) [1]

Visų rūšių smėlio išteklių 139 pramoniniuose telkiniuose sudaro apie 146,5 mln. m<sup>3</sup>. Smėlio poreikis statybos darbams yra ribotas todėl smėlio telkinių eksploatuojama mažiau negu žvyro. Smėlis daugiausia naudojamas kelių tiesimo darbams ir silikatinių plytų gamybai. Stengiamasi išnaudoti vietinius telkinius, kad būtų galima sumažinti transporto išlaidas ir atpiginti medžiagas. Smėlio vieno telkinio vidutiniai išteklių sudaro apie 2,8 mln.m<sup>3</sup>, t. y. nedideli klodai. Stambiausi smėlio telkiniai yra išsidėstę pietryčių Lietuvos zandrų bei fluvioglacialinių terasų zonose, taip pat Šimonių girios, Kauno, Klaipėdos, Raseinių ir kituose rajonuose.

Baltijos jūros dugno siauroje pakrantės zonoje, iki 25 - 30 m gylio išplitusios smėlio ir žvyro nuosėdos. Lietuvai priklausančiame pakrantės ruože stambesnės nuosėdos yra susikaupusios į šiaurę nuo Klaipėdos. Čia suneštas smėlis ir žvyras yra geros kokybės, jis mažai užterštas moliu ir silpnomis karbonatinėmis dalelėmis. Iš jūros dugno nerūdines medžiagas galima kasti

žemsiurbėmis ir krovininėmis specialiomis baržomis gabenti į krantą. Kaimyninės Baltijos jūros valstybės jau daug metų smėlių ir žvyrą kasa iš jūros dugno. Apskaičiuota, kad racionalu šias medžiagas kasti net iš 50 m gylio ir gabenti į krantą iki 320 – 480 kilometrų atstumu.

Smėlis plačiai naudojamas ir kitose pramonės srityse: metalurgijoje – formavimo žemės mišiniams gaminti, stiklo ir keramikos pramonėje. Stiklo gamybai tinka tik švarus kvarcinis smėlis.

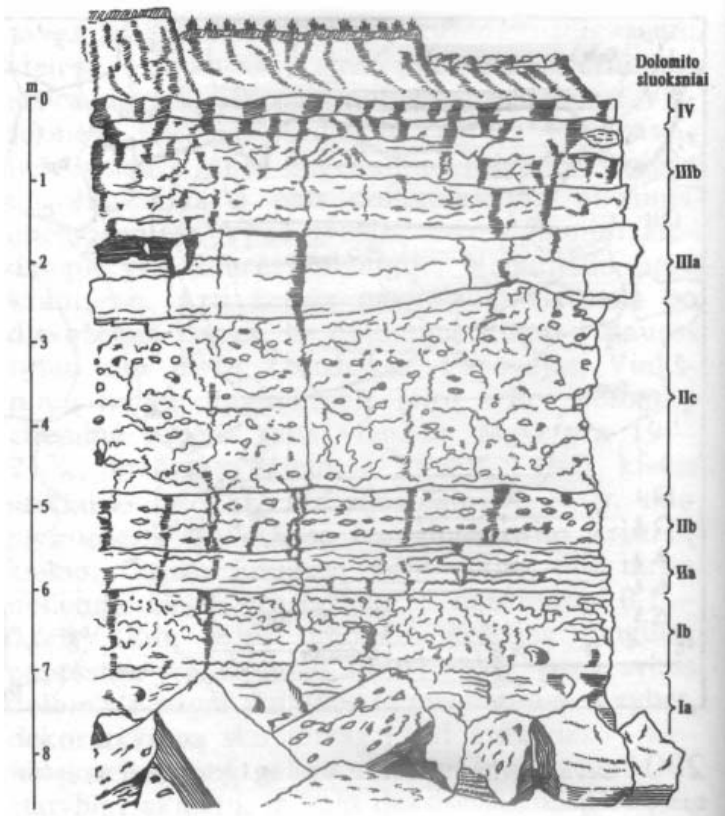
Atskirai vertėtų aptarti neogeno smėlių. Jis sudarytas vien tik iš kvarco grūdelių (jie sudaro daugiau kaip 90 %) ir vadinamas monomineraliniu. Tokio smėlio yra Šventosios slėnyje. Jis susidaręs neogeno laikotarpiu iš sudūlėjusių daug kvarco turėjusių ir kelis kartus vandens perklostytų nuosėdų dalelių. Anykščių kvarcinio smėlio telkinyje kvarco dalelės sudaro apie 97,7 % smėlio masės. Šio telkinio naudingojo sluoksnio storis (1 – 13,8) m (vidutinis storis apie 5 m), dangos storis – apie (2,7–12,9) m. Anykščių telkinyje yra apie 8,5 mln. tonų švaraus kvarcinio smėlio. Jis tinkamas aukštos kokybės stiklui ir net krištalui gaminti.

### **1.3.3. Dolomitas**

Dolomitas – cheminė nuosėdinė uoliena, sudaryta iš to paties pavadinimo mineralo ( $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$ ). Jame yra nemaža (iki 25 %) kitų mineralų – kalcito, gipso, molio mineralų, geležies oksidų ir kitokių priemaišų.

Pagal susidarymo sąlygas skiriamas pirminis ir antrinis dolomitas. Pirminis arba chemogeninis, išsikristalizavęs ir iškritęs nuosėdomis iš persotinto vandeninio tirpalo. Antrinis – susidaręs dolomitizuojantis jau susidariusiems kalcio karbonato uolienoms.

Dideli dolomitų klodai yra šiaurės Lietuvos dalyje – Žagarės, Akmenės, Pakruojo, Joniškio, Rokiškio ir kituose rajonuose. Tačiau Lietuvos teritorijoje esančių dolomitų tik dalis tinkami statybos darbams. Dolomito yra išžvalgyti keturi telkiniai, o eksploatuojami trys – Petrašiūnų, Klovainių ir Skaistgirio. Šių telkinių naudingojo sluoksnio storis yra iki 10 m, o dangos storis irgi beveik toks pat – apie 10 m. Dolomito klodai yra sluoksniuoti. Sluoksnių storis (0,2–1) m (1.3 pav.).



1.3 pav. Petrašiūnų (Pakruojis rajonas) II karjero dolomito klodo sluoksniuotumas (I<sup>a</sup> – IV skirtingo dolomito intervalai) [1]



1.4 pav. Petrašiūnų II karjerodolomito kledo apatinio sluoksnio dolomito blokai, tinkami apdailos plokštėms [1]

Kledo vertikaliojame pjūvyje galima aiškiai išskirti iki 8 sluoksnių. Dolomito telkinių išteklių ir geotechninės sąlygos pateiktos 1.5 lentelėje.

1.5 lentelė. Lietuvos dolomito išteklių ir geotechninės slūsojimo sąlygos

Telkinio pavadinimas	Kledo storis, m	Dangos storis, m	Ištekliai, mln.m <sup>3</sup>
Petrašiūnai II	1,8 – 9 (6,3)	0,8 – 15,7 (4,8)	25,8
Klovainiai	1,9 – 10,6 (6,4)	0,5 – 16,2 (5,4)	29,5
Skaistgiris	2,1 – 9,3 (6,9)	0,1 – 3,5 (1,8)	1,8
Narbučiai	7,2 – 8,1 (7,8)	3,0 – 13,3 (8,1)	20,5

Dolomito fizikinės mechaninės savybės kledo storyje yra nevienodos – viršutinių sluoksnių dolomitas yra kavernuotas, tankus ir stiprus. Gilėjant yra

mažiau kavernų, mažėja stiprumas ir uoliena laipsniškai pereina į dolomitizuotą mergelį. Dolomito uoliena gali būti įvairių stiprio klasių – 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 MPa.

Dolomito akmens fizikinių ir mechaninių savybių rodiklių vertės priklauso nuo sluoksnio gylio ir atitinkamai kinta. Priklausomai nuo stiprumo, tankio ir vandens įgėrio kinta ribose – suminkštėjimo koeficientas yra apie 0,7–0,75. Atsparumas šalčiui – daugiau kaip 15 užšaldymo ir atšildymo ciklų. Dolomito akmens vertę mažina jame esančios kavernos, plyšiai, molio intarpai ir kiti defektai. Dolomitą perdirbant į skaldą, dalelėse defektų lieka mažai, nes trupinama uoliena skilinėja silpniausiose, t. y. defektų, vietose ir jie išnyksta. Todėl skaldos dalelės stipresnės negu stambių uolienos gabalai.

Dolomitas nuo seno naudojamas kaip gamtinis akmuo pastatų ir statinių statybai. Iš jo yra pastatyta dvarų rūmų, tiltų, gyvulininkystės pastatų. Eksperimentais nustatyta, kad iš gelmės iškeltas dolomitas ore, veikiamas atmosferos, tankėja ir stiprėja dėl to, kad jo poros prisipildo persikristalizavusio kalcito. Piritu turintis dolomitas ore silpnėja, nes piritas oksiduojasi, susidaro sieros rūgštis, kuri ardo akmens paviršių. Iš kietesnių ir gražesnę tekstūrą turinčių dolomito sluoksnių gaminamos fasadų apdailos plokštės pastatams ir statiniams aptaisyti.

Dolomitas yra daugiašakio panaudojimo žaliava –jis gali būti naudojamas statyboje, chemijos pramonėje, metalurgijoje metaliniam magniui gaminti ir kitur. Dolomitą eksploatuojant atrankiniu būdu, šią puikią žaliavą galima būtų išnaudoti kur kas racionaliau negu vien statybinei skaldai, keliams ir betonui. Iš dolomito, kuriame yra daugiau kalcio, gaminami dolomito miltai dirvoms kalkinti.

#### **1.3.4. Klintis**

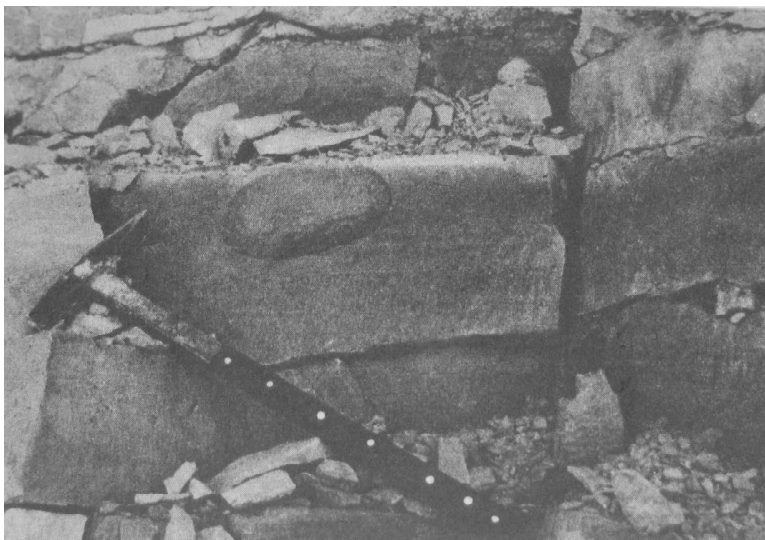
Klintis – nuosėdinė karbonatinė uoliena, kurios sudėtyje vyrauja (daugiau kaip 50 %) mineralas kalcitas ( $\text{CaCO}_3$ ), kitą dalį sudaro įvairios priemaišos – dolomitas, aleuritas, molis ir kt. Klintis yra svarbiausia žaliava kalkių, cemento ir mišriųjų rišamųjų medžiagų gamybai; taip pat ji naudojama popieriaus, cukraus, metalurgijos pramonėje ir daug kur kitur.

Lietuvos teritorijoje klintis susidarė permo periodu. Jos daugiausia yra Akmenės ir kituose aplinkiniuose rajonuose. Klodai slūgso (1–20) m gylyje, o naudingojo sluoksnio storis siekia 30 m. Klintis klostėsi ant nelygaus pagrindo, todėl ties pagrindo pakilimais klinties sluoksniai būna plonesni, o įdubose, ypač karstinėse duobėse, atitinkamai storesni. Dėl tektoninių reiškinių ir ledynų veikos klinties klodų struktūra keitėsi. Akmenės klode galima išskirti tris pluoštus. Apie 15–20 % viso klodo sudaro apatinis pluoštas, kurio storis apie 15 m, t. y. dolomitingoji klintis. Šio pluošto apačioje aptinkama feldšpato, kvarcinio smėlio, aleurito, mergelio, molio ir kt. Šio sluoksnio storis apie 12 m.

Virš molingosios klinties slūgso kalcitinė ir dolomitingoji klintis. Ji sudaro vidurinį sluoksnį, kurio naudingasis storis iki 18 m. Klinties struktūra įvairi – yra kristalinės (apie 90–95 %), organogeninės ir pakitusios. Kristalinės klinties tarp sluoksnių storis iki (10–12) m. Ši klintis yra šviesiai pilkos spalvos, vidutinio tvirtumo, poringa, nesluoksniuota. Kalcito grūdelių skersmuo (0,008–0,03) mm. Pasitaiko ir stambesnių kalcito arba kitų mineralų bei priemaišų grūdelių. Kalcitinė klintis geriausiai tinka rišamosioms medžiagoms gaminti.

Viršutinėje klintinio pluošto dalyje aptinkama, vadinamosios gniutulinės klinties. Ji šviesiai pilka, sudaryta iš smulkių ir vidutinio stambumo pelitomorfino kalcito kristalų, sulipusių į (2–3) mm dydžio gniutulus. Šios klinties tarp sluoksnių storis apie 0,3 m. Gniutulinė klintis gilėdama pereina į kristalinę.

Iki šiol Akmenės rajone geologiškai išžvalgyti trys klinties telkiniai: Karpėnų, Menčių ir Narbučių. Pirmieji du eksploatuojami. Dar yra C<sub>2</sub> kategorijai priskirtų atsargų Vegerių, Bokštų, Alkiškių ir Pakalniškių telkiniuose. Klinties balansinės atsargos parodytos 1.6 lentelėje.



1.5 pav. Klintis Karpėnų karjere (Akmenės rajone) [1]

### 1.6 lentelė. Klinties telkiniai ir perspektyvūs plotai Akmenės rajone

Telkinys, perspektyvus plotas	Dangos storis, m	Klodo storis, nuo – iki ir vidutinis, m	Ištekliai, mln. t (1990-01-01)	Prognozės, mln. t.
Karpėnai	1,3 – 9,3 (5,9)	3,4 – 22,4 (13,7)	97,3	90
Menčiai	3,6 – 13,5 (6,9)	3,5 – 29,8 (24,7)	138,7	-
Narbučiai	3,0 – 13,3 (8,43)	10,5 – 21,3 (16,02)	191,1	-
Vegeriai	0,2 – 9,5 (4,4)	1,9 – 21,5 (13,2)	210	90
Bokštai	2,5 – 10,7 (7,4)	14 – 30 (23,7)	170	350
Pakalniškiai	2,9 – 10,6 (7,3)	7,6 – 32 (21)	580	450
Alkiškiai	5 – 14,5 (9,2)	13,5 – 26,9 (19,1)	115	250

Akmenės rajone galima išplėsti cemento, statybinių kalkių ir klintmilčių gamybą. Taip pat reikėtų geologiškai ištirti šiaurės rytų kryptimi perspektyvų Karpėnų klinties telkinio plotą. Perspektyvūs yra ir kiti greta esantys klinties telkiniai.

#### 1.3.5. Opoka

Opoka laikoma pilka, kieta, kriauklėto lūžio, poringa nuosėdinė uoliena, kurios sudėtyje vyrauja (iki 90 %) amorfinis silicio dioksidas. Opoka Lietuvoje susidarė iš jūrinių mikroorganizmų, kurių skelete buvo silicio, liekanų, arba iš persotintų silicio tirpalų, nusėdus silicio dioksidui. Lietuvos teritorijoje esančioje opokoje mikroorganizmų, kurių skelete buvo silicio, liekanų randama labai mažai, todėl manoma, kad čia opoka susidarė, kai kreidos mergelyje kai kuriuos karbonatus pakeitė iš tirpalų išsiskyres amorfinis silicio dioksidas. Manoma, kad daug SiO<sub>2</sub> buvo atnešta į susidariusį vandens baseiną dėl šio rajono tektoninio aktyvumo. Vakarų Lietuvoje, Šilutės rajone, geologinėse nuogulose randama tamsiai pilkos, mažai karbonatingos, kietos, poringos ir šviesiai pilkos, mergelingos, poringos opokos. Joje vyrauja opalinės padermės su kalcito, chalcedono, kvarco, glaukonito, žėručio, fosfato ir kitomis priemaišomis. Stoniškių ir Žemaitkiemio sklypuose, kurių plotas – 36,6 ha, po (9–13,8) m danga slūgso apie 39 m karbonizuotos opokos ir silicifikuoto mergelio storumė. Opokos ištekliai šiuose kloduose sudaro apie 34,4 mln. t. Šios iškasenos, turinčios aktyvaus amorfinio silicio dioksido, tinkamos kaip aktyvus hidraulinis priedas cemento ir kitų rišamųjų medžiagų gamyboje, o kietesniosios padermės gali būti naudojamos kaip gamtinis statybinis akmuo. Be to, iš opokos galima gaminti adsorbentus, naudojamus chemijos pramonėje, abrazyvus ir kt.



### 1.3.6. Molis

Molis – tai plastiška nuosėdinė uoliena, sudaryta iš molio mineralų: kaolinito, montmorilonito, hidrožeručio ir kitų. Daugiau kaip pusė šių mineralų dalelių yra smulkesnės nei 0,01 mm ir ne mažiau kaip 30 % – smulkesnės nei 0,005 mm. Molyje yra kvarco, feldšpato, karbonatinių dalelių ir organinių medžiagų priemaišų. Molis yra chemiškai sudulėjusių uolienuų likutinis produktas, ypač plačiai žemės paviršiuje paplitusi uoliena. Lietuvoje daugiausiai naudojamas kvartero periodu susidaręs molis.

Molio dalelės yra labai smulkios, todėl vandens buvo lengvai pernešamos ir nusėdavo ramiame baseine. Tačiau į kai kuriuos molio telkinius ledynų buvo atnešta sudulėjusių uolienuų likusių stambių nuolaužų: granito, karbonatų, smėlio, žvirgždo ir kitų priemaišų. Molis, kuriame yra neleistinų karbonatinių priemaišų, keramikos pramonei netinkamas. Dalyje telkinių susiklostė švarus molis, išplautas ledynų tirpsmo vandens. Jis yra geros kokybės ir turi pramoninę vertę.

Pagal molio susidarymo sąlygas galima skirti dvi nelygiavertes paragenetines grupes: ledyninę (glacialinę) ir ledynų tirpsmo vandens (akvaglacialinę). Pirmoje grupėje – molingesnė, nedaug nuolaužų turinti morena. Lietuvoje yra tik vienas toks neeksploatuojamas telkinys. Visi kiti yra kvartero molio telkiniai. Iki šiol Lietuvoje išžvalgyti 45 molio telkiniai, o eksploatuojama tik 20. Kasmet iškasama apie 2 mln. t. Ištekčiai pagal tinkamumą yra tokie: cementui – 26 mln. t, plytoms – 61 mln. t, keramzitui – 16 mln. t. Geriausi moliai yra išsidėstę Jūros – Šešupės, Kauno – Kaišiadorių, Dysnos limnoglacialinėse lygumose. Čia išžvalgyti didžiausi molio telkiniai, kurių plotai dideli, naudingi sluoksniai stori, medžiaga dispersiška. Iš molio gaminama daug statybinės keramikos gaminių: plytų, čerpių, drenažo vamzdžių, keramzito, keraminių plytelių.

### 1.3.7. Neeksploatuojamos žaliavos

#### 1.3.7.1. Anhidritas

Anhidritas – tai sulfatų grupės nuosėdinė uoliena, sudaryta iš to paties pavadinimo mineralo ( $\text{CaSO}_4$ ). Ji dažniausiai būna šviesiai pilka, melsvo atspalvio, tvirta, masyvi, beveik be plyšių ir stambių porų, sudaryta iš smulkių (0,01–1) mm anhidrito kristalų. Anhidritas, prisijungdamas vandenį, virsta gamtiniu gipsu ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Todėl anhidrite daugiausiai aptinkama gipso intarpų taip pat ir kitų (dolomito, molio) priemaišų. Be to, viršutinę ir apatinę klodo dalį dengia nestori gipso sluoksniai.

Anhidritas plačiai paplitęs pietų ir pietvakarių Lietuvoje. Jo klodas iki 90 m storio slūgso po (150–650) m danga. Arčiausiai žemės paviršiaus jis yra

Kauno – Prienu ruože (ties Lapių gyvenvietėje jis yra 153 m gylyje), gilėja Rytų Prūsijos kryptimi ir tęsiasi iki Lenkijos ir toliau. Šis anhidritas susidarė vėlyvojo permio periodu druskėjant didelio ploto baseinui. Perspektyvus plotas yra apie 10 tūkst. km<sup>2</sup>. Apskaičiuoti ištekliai viršija 1000 milijardų tonų. Tai beveik neišsemiamas atsargos. Prieš kelerius metus buvo parengtas Pagirių telkinio (netoli Kauno) kasybos projekto pirmas variantas.

Anhidritą galima eksploatuoti šachtiniu būdu. Jo stiprumas kaip gamtinio akmens yra pakankamas. Po žeme susidariusių ertmių nereikėtų papildomai stiprinti ar ramstyti. Iškasus anhidritą, susidariusias erdves galima būtų panaudoti dujų, maisto produktų atsargoms ar kitoms medžiagoms (net atominio kuro atliekomis) sandėliuoti. Anhidritas yra vertinga žaliava chemijos, statybinių rišamųjų medžiagų pramonei. Iš jo galima gaminti sieros rūgštį, statybinių gipsą, anhidritinį cementą, taip pat jį galima naudoti kaip gamtinį akmenį pastatų statybai, o gražios tekstūros – apdailos plokštėms.

### 1.3.7.2. Gipsas

Gipsas – tai nuosėdinė uoliena, sudaryta iš to paties pavadinimo sulfatų grupės mineralo (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O). Gipso uolienoje dažnai randama dolomito, molio, anhidrito, kalcito ir kitų priemaišų. Jis yra šviesiai pilkos spalvos, įvairaus atspalvio, stambių kristalų arba pluoštinės (selenito) struktūros, minkštas, šiek tiek tirpsta vandenyje. Jis susidaręs išsikristalizavus nuosėdoms iš persotinto ir karštame klimato druskėjančio jūros vandens.

Gipso randama šiaurinėje Lietuvos teritorijos dalyje. Tatulos sluoksnynas yra iki 46 m storio. Klodas, kurį dengia kvartero nuosėdos, siauru ruožu, maždaug (12–20) km, tęsiasi nuo Nemunėlio, Radviliškio per Biržus bei Pasvalį iki Kėdainių. Tektoninių procesų veikiami gipso klodai suskilinėjo. Plyšiais pratekantis vanduo lėtai tirpina gipsą, po žeme atsiranda ertmių, į kurias įgriūva viršutinis dirvos sluoksnis, susidaro vadinamosios piltuvo formos karstinės įdubos. Jų gylis būna (4–15) m, o skersmuo iki (10–30) m.

Šiaurės Lietuvoje esantys gipso klodai yra nevienalyčiai, sluoksniuoti. Tarp sluoksniuose yra molio, dolomito, mergelio, priesmėlio ir kt. Didžiojoje telkiniu dalyje randamas gipsas priskiriamas antrajai rūšiai. Iš viso čia išžvalgyti keturi gipso telkiniai (du Biržų rajone ir du Pasvalio rajone), kurių ištekliai apie 19,2 mln. t. Į Valstybinį išteklių balansą jie neįrašyti. Prognozuojami gipso ištekliai Biržų – Pasvalio rajonuose yra apie 120 mln. t. Vidutinis klodo storis apie (7 – 7,5) m, o dangos storis iki 9 metrų. Gipsas vietinėms reikmėms buvo išgaunamas Karajimiškyje, Kirdonyse ir Pasvalyje.

Dėl gana storo dangos sluoksnio, neaukštos kokybės žaliavos, sudėtingų kasybos sąlygų šie gipso telkiniai pramoninės vertės dar neįgavo. Be to, dalis telkiniu yra gamtos apsauginėje zonoje.

Dideli gipso ištekliai yra pietvakarinėje Lietuvos dalyje, slūgsantys virš anhidrito ir po juo. Virš anhidrito sluoksnio storis yra (2,4–11) m, o po anhidritu – (2,1–9,4) m. Tačiau jis gali būti eksploatuojamas tik kartu su anhidritu, t. y. šachtiniu būdu.

Gipsas naudojamas kaip statybinė rišamoji medžiaga (statybinis gipsas, estrichgipsas, aukštavertis gipsas), cemento gamyboje, medicinoje, daileje ir kitur.

### **1.3.7.3. Kreida, kreidos mergelis**

Kreida – tai nuosėdinė uoliena, susidariusi beveik vien iš smulkiųjų gyvūnų kiaušelių kalcitinių liekanų. Baltoje ir švarioje kreidoje būna daugiau kaip 95 % kalcito ( $\text{CaCO}_3$ ). Dažnai kreida būna užteršta kitomis nuosėdinėmis – molio, aleurito, chalcedono ir kt. priemaišomis. Kai kreidoje yra daugiau kaip 25 % molio, tokia uoliena vadinama kreidos mergeliu, arba tiesiog mergeliu. Lietuvoje švarios kreidos randama mažai. Daugiausiai aptinkama kreidos mergelių. Baltos, švarios kreidos telkiniai paplitę daugiau į pietus Baltarusijoje, Lenkijoje. Šiaurinėje Lietuvos dalyje už ribos Klaipėda – Telšiai – Kėdainiai – Ukmergė – Vilnius kreidos telkinių neaptinkama.

Daugiausia kreidos mergelio randama Varėnos, Kauno ir Jurbarko apylinkėse. Nedideli kiekiai aptinkami Vilniaus ir Šalčininkų rajonuose. Varėnos rajone telkinių (Voriškių, Matuizų, Šarkiškių, Kukiškių, Mielupio ir kitų) mergelio sluoksnio didžiausias storis iki 25,7 m, o vidutinis storis – (12 – 13) m. Šio regiono kreidos mergelio ištekliai apie 30 mln.t. Kauno apylinkėse (Jiesios ir Nemuno slėniuose) yra Marvos, Veršvų, Pajiesio, Pyplių telkiniai, kurių klodo storis yra (1 – 11,7) m, o ištekliai sudaro vos 1 mln.t.

Jurbarko apylinkėse yra išžvalgytas Karališkių mergelio telkinys. Klodo storis – (8–23) m (vidutinis – 9,3 m), ištekliai apie 4,7 mln.t. Tik šis vienas telkinys įtrauktas į Valstybinį žaliavų balansą. Iš viso Lietuvoje yra išžvalgyta 12 telkinių, kuriuose išteklių yra 28,15 mln. t, o įvertintų tik apie 1,2 mln. t.

Mergelis yra vertinga žaliava statybinių rišamųjų medžiagų gamybai. Iš jo sausuoju būdu galima gaminti neaukštos klasės cementą. Daug karbonatų turintis mergelis gali būti naudojamas ir dirvoms kalkinti.

### **1.3.7.4. Rieduliai**

Rieduliai – tai įvairios formos ir įvairios petrografinės sudėties apzultintos kietųjų uolienų nuolaužos, kurių skersmuo didesnis kaip 100 mm. Tai ledynų sutraiškytos, apskaldytos, perneštos ar pervilkotos daugiausiai magminių, karbonatinių ir metamorfinių uolienų liekanos. Į Lietuvą daugiausiai riedulių atvilko ir sudarė riedulynus Fenoskandijos ledynai. Riedulių ypač gausu

Vištyčio, Seirijų, Miroslovo, Daugu, Aukštadvario, Rykantų, Molėtų ir Švenčionių akumuliacinėse kalvose. Ištekiai sudaro apie 0,1 mln.m<sup>3</sup>.

Pagal uolienu sudėtį visi Lietuvos riedulynai skirstomi į tris grupes: magminių – metamorfinių, nuosėdinių ir mišriųjų uolienu. Magminių ir metamorfinių uolienu akmenynai sudaro (90–95) %, o juose šio tipo uolienu yra (99,5–99,7) % . Tarp riedulių vyrauja labai įvairios mineralinės kilmės akmenys: rapakiviai, granitai, aplitai, pegmatitai, granodioritai, granofyrai, sienitai, dioritai, gabrai, diabazai, peridotitai, piroksenitai, porfyrai, porfyritai, smiltainiai, ortogneisai ir paragneisai. Lietuvos vidurio lygumose randama karbonatinės kilmės riedulių (klinties, dolomito).

Riedulių yra įvairus didumo. Labai didelių aptinkama mažai. Didieji akmenys, pavyzdžiui, Puntukas, Barstyčių akmuo, Šilalės kūlis, Vištyčio akmuo, laikomi gamtos paminklais ir saugojami.

Lietuvoje rieduliai naudojami nuo labai senų laikų. Iš sveikų ir skaldytų akmenų buvo statomos pilys, bažnyčios, dvarų rūmai, ūkiniai pastatai, tiltai ir kiti statiniai, tiesiami keliai. Taip pat iš laukuose surinktų riedulių gaminama skalda betonams ir keliams. Gražios tekstūros akmenys naudojami skulptūroms ir paminklams.

## **2. ŽALIAVŲ PAIEŠKA**

### **2.1. BENDROSIOS ŽINIOS**

Mineralinių žaliavų tyrinėjimai atliekami trimis etapais: paieškos, paieškos – žvalgybos ir žvalgybos. Šie trys etapai yra labai svarbūs, sudėtingi ir turi būti atliekami ypač kruopščiai, nes jais remiantis atliekami tolesnieji sudėtingi ir brangiai kainuojantys kasybos ir žaliavos perdirbimo įmonės projektavimo bei statybos darbai. Taip pat nuo telkinio išžvalgyimo tikslumo priklauso išgautos žaliavos kokybės ir eksploatacijos sąlygų atitiktis prognozuotoms, o galutinis rezultatas – iškastos žaliavos eksploataavimo rentabilumas.

Jeigu eksploataavimo metu pasirodo, kad žaliavos kokybė yra geresnė, negu buvo prognozuota, tai gamyba atpinga, o jeigu prastesnė, tokios žaliavos perdirbimo įmonė gali bankrutuoti.

### **2.2. ŽALIAVŲ PAIEŠKOS BŪDAI IR METODAI**

Naudingųjų iškasenų paieška – tai kompleksas darbų, į kuriuos įeina iškasenų buvimo vietos prognozavimas, jų suradimas ir pradinis įvertinimas. Prieš atliekant šiuos darbus, reikia išstudijuoti turimus pradinis duomenis, pvz.,

geologinę informaciją apie rūpimą regioną, jo kraštovaizdį, paviršines anomalijas ir įvairius vietovės perspektyvumo požymius.

Naudingųjų iškasenų pirminei paieškai dažniausiai naudojami du būdai – distanciniai ir kontaktiniai.

Nuotoliniai būdai – tai stebėjimai ir nuotraukos iš Žemės palydovų, bei kosminių laivų; stebėjimai ir nuotraukos iš lėktuvų, malūnsparnių ir kitokių skraidančių aparatų. Nuotoliniu būdu palyginti greitai surinktą informaciją tenka papildomai apdoroti, iššifruoti. Gaunama tik apytikslė, tačiau didelės teritorijos, apžvalginė informacija.

Kontaktiniai (tiesioginiai) – paviršiniai, požeminiai, povandeniniai – kai stebėjimai atliekami vietovėje dalyvaujant žmogui. Surenkama informacija tam tikruose taškuose, ruožuose ar plotuose iš paviršinių stebėjimų, šurfų ar gręžinių. Tai labai daug varginančio rankų darbo arba sudėtingos technikos reikalaujantys būdai.

Surinkus pirminę apžvalginę informaciją apie galimą naudingųjų iškasenų buvimą, sudaromos perspektyvių laukų schemas, pagal kurias bus toliau tikslinamos paieškos.

Perspektyviems laukams tyrinėti yra keli metodai – geologiniai, mineraloginiai, geocheminiai, geofizikiniai.

Geologiniai paieškos metodai dažniausiai remiasi specialių geologinių nuotraukų, padarytų iš kosminių laivų, skraidančių aparatų ar lėktuvų, iššifravimu, vietose surastų geologinių uolienų kilmės bei slūgsojimo sąlygų įvertinimu ir apytikslių prognozių sudarymu.

Mineraloginiai paieškos metodai pagrįsti tiesiogine iš vietovių surinktų uolienų ir mineralų analize. Ieškoma būdingųjų mineralų, arba mineralų-palydovų, pagal kuriuos galima būtų prognozuoti naudingųjų iškasenų buvimą tyrinėjamojoje teritorijoje.

Geocheminiai paieškos metodai pagrįsti analitinės chemijos analizės principais, į kuriuos įeina tokie veiksmai: ėminio paėmimas ir paruošimas, cheminių elementų – indikatorių bei terpių parinkimas, bandiniuose esančių cheminių elementų ir junginių identifikavimas, tyrimo rezultatų apdorojimas ir įvertinimas. Greta cheminių tyrimų taikomi įvairūs spektrometrinės analizės metodai, kuriais galima nustatyti tiriamųjų medžiagų cheminę sudėtį, struktūrą ir daug kitų rodiklių.

Geofizikiniai paieškos metodai pagrįsti uolienų gravitacinėmis, magnetinėmis, elektrinėmis, tamprumo, radioaktyvumo, šiluminėmis savybėmis, kurios matuojamos žemės paviršiuje, tam tikrame gylyje arba kasiniuose. Dažniausiai taikomi tokie fizikiniai naudingųjų iškasenų paieškos metodai:

- gravitacinė paieška, kai tiriamas svorio jėgos pasiskirstymas įvairiuose Žemės taškuose;
- magnetinė paieška, kai tiriamos Žemės magnetinio lauko anomalijos;

- elektrinė paieška, kai matuojamas elektros laukų stiprumas ir pasiskirstymas;
- seisminė paieška, kai matuojamas seisminių bangų sklidimo greitis;
- geoterminė paieška, kai matuojamas uolienuų temperatūros pasiskirstymas.

Geofizikiniais paieškos metodais, gautiems tyrimo rezultatams iššifruoti ir apdoroti reikalingi aukštos kvalifikacijos specialistai.

### **2.3. TELKINIO PROGNOZĖS SUDARYMAS**

Pirminės paieškos būdais ir metodais, nustačius naudingųjų iškasenų aptikimo faktą tam tikroje teritorijoje, prognozuojamo telkinio ribos nužymimos žemėlapyje. Šis žemėlapis vadinamas prognozių žemėlapiu. Tokiame žemėlapyje gali būti nurodyta vienos kokios nors arba kelių naudingųjų iškasenų, esančių toje teritorijoje, slūgsojimo vieta. Žemėlapio mastelis parenkamas priklausomai nuo analizuojamos teritorijos didumo. Labai didelės teritorijos (pvz., Rusijos) mastelis gali būti 1: 10 000 000, Lietuvos teritorijai pakanka stambesnio mastelio, pvz., 1: 500 000, o atskiriems rajonams žemėlapio mastelis gali būti 1: 10 000 arba 1: 1000. Žemėlapio pavadinime nurodomas prognozuojamųjų naudingųjų iškasenų pavadinimas, o jei vaizduojamas kelių iškasenų išsidėstymas, tai nurodomi visų pavadinimai ir sutartieji žymėjimo ženklai.

Prognozuojamos naudingosios iškasenos žymimos geologiniuose žemėlapuose, kuriuose telkinių vietos nudažomos spalvomis, o jei reikia, tai parodomi atitinkami struktūriniai uolienuų sluoksniai.

Yra du prognozių žemėlapių sudarymo būdai – geologinis ir matematinis:

- geologinis, kai nurodomas geologinis pagrindas, iškasenų aptikimo būdas, slūgsojimo sąlygos, prognozės duomenų lentelės ir kita informacija;
- matematinis, kai prognozių žemėlapiams sudaryti naudojama specialioji programinė įranga ir kompiuterinė technika surinktai (dažniausiai nuotolinei) informacijai iššifruoti ir prognozuojamiems telkiniams braižyti žemėlapyje.

Naudingųjų iškasenų buvimą atitinkamoje teritorijoje pagal surinktos informacijos turiningumą galima prognozuoti tokiomis kategorijomis:

- $P_1$  – paieškomis nustatyta, kad atitinkamame plote yra naudingoji iškasena ir tą plotą galima detalai žvalgyti;
- $P_2$  – tam tikrų naudingųjų iškasenų aptikta, bet nenustatytas jų išplitimas;
- $P_3$  – yra požymių, kad tam tikrų naudingųjų iškasenų galima ieškoti.

Kitame – žvalgyimo etape atliekami tikslesnės naudingųjų iškasenų paieškos ir technologiniai tyrimai. Iškasenos pagal atsargų išžvalgyimo laipsnį skirstomos į keturias kategorijas:

- A kategorijos iškasenų atsargos yra detaliai išžvalgytos ir ištirtos – tiksliai nustatytos jų slūgsojimo sąlygos, telkinio geometrinė forma ir sandara;
- B kategorijos atsargos yra detaliai išžvalgytos ir ištirtos, kad galima būtų spręsti apie naudingųjų iškasenų telkinio geometrinę formą;
- C<sub>1</sub> kategorijos atsargos yra detaliai išžvalgytos ir ištirtos tiek, kad būtų galima susidaryti bendrą vaizdą apie naudingųjų iškasenų slūgsojimo sąlygas, telkinio geometrinę formą ir sandarą;
- C<sub>2</sub> kategorijos atsargos yra nustatytos tik apytiksliai.

Išžvalgyimo laipsnis priklauso nuo gręžinių, iš kurių tyrimui imami uolienų ėminiai, tankio. A kategorijos tyrimams gręžiniai gręžiami šachmatų tvarka, kas 75 m, B kategorijos tyrimams – tik kas 150 m, o C<sub>1</sub> ir C<sub>2</sub> tyrimams – dar rečiau. Taip pat atitinkamai imamos skirtingos ėminių masės ir atliekamų bandymų skaičius. Todėl informacija apie atitinkamų naudingųjų iškasenų atsargas ir jų savybes būna nevienodai patikima.

## 2.4. PAIEŠKŲ PROJEKTAVIMAS IR METODIKA

Naudingųjų iškasenų paieškos projektuojamos tam tikromis stadijomis, parenkant atitinkamas metodikas. Paieškų projektavimas – tai veiksmų sistema, į kurią įeina geologinių prognozių analizė, paieškos metodų parinkimas, techninis ir ekonominis pagrindimas. Paieškos metodika – tai paieškos metodų visuma ir jų taikymo eiliškumas, esant atitinkamoms geologinėms bei kraštovaizdžio sąlygoms, kad būtų galima tinkamai įvertinti ieškomųjų naudingųjų iškasenų prognozuojamą vietą ir kiekį.

Projekte numatomos keturios paieškų vykdymo stadijos:

- I. Stadija. Prognozuojamos teritorijos atitinkamo mastelio (1: 500 000 – 1: 1000) geologinių žemėlapių, nuotraukų, turimų aprašų ir kitų šaltinių analizė.
- II. Stadija. Iš vietovėje surinktų duomenų 1: 50000 – 1: 1000 mastelio geologinės nuotraukos padarymas.
- III. Stadija. Naudingosios iškasenos paieškos darbai – tiksliniai darbai perspektyviuose plotuose pagal numatytą metodiką.
- IV. Stadija. Paiešką įvertinantys darbai – analitiniai skaičiavimai, kuriais galima būtų pagrįsti prognozuojamų naudingųjų iškasenų pirminės žvalgybos darbų tikslingumą.

Labai svarbios pirmosios dvi projektavimo stadijos, nes nuo jų priklauso tolesnių darbų sėkmė. Kuo tikslesnė pirminė informacija, tuo greičiau nustatomos prognozuojamo naudingųjų iškasenų telkinio teritorijos ribos. Vietovėje darbų apimtis sumažėja, kai projekte tiksliai numatyti paieškos maršrutai, metodai, techninės priemonės ir netipinės priemonės, atsižvelgiant į paieškomos iškasenos bei vietovės ypatumus. Visa iki tol turima grafinė

informacija pažymima prognozuojamos teritorijos landšaftiniame žemėlapyje, o kita aprašoma paaiškinimuose.

Trečiosios stadijos paieškos darbai projekte gali būti atliekami, norint surasti naują iškasenų telkinį arba išplėsti jau eksploatuojamą. Paieška atliekama pagal paviršinį arba giluminį variantą. Paviršinis – kai numatoma surinkti informaciją apie naudingąsias iškasenas pagal paviršiuje, arba iš iškastų šurftų paimtus uolienų bandinius. Giluminis – kai gręžiami gręžiniai ir imami kernų bandiniai; taip pat gali būti taikomi ir fizikiniai giluminiai paieškos metodai.

Sudarant paieškos projektą, sprendžiami tokie klausimai: visų darbų apimtis, paieškos tinklo parametrai, racionalių metodų komplekso sudarymas, darbų apimtis taikant atskirus paieškos metodus, grafinis projekto apipavidalinimas.

Paskutinėje projekto stadijoje apskaičiuojama ieškomųjų naudingųjų iškasenų pramoninė vertė ir numatomas plotas, kuriame tikslinga pradėti pramoninę C<sub>2</sub> kategorijos iškasenų žvalgybą, esant reikalui ir P<sub>1</sub> kategorijos išteklių prognozei.

Prognozių projekte apibūdinamos tokios prognozuojamųjų naudingųjų iškasenų slūgsojimo sąlygos: klodo ar gyslos forma, dangos storis, naudingojo sluoksnio storis, klodo posvyris, vientisumas, aplinka ir kita informacija.

## 2.5. PROGNOZUOJAMŲJŲ IŠTEKLIŲ KIEKIO ĮVERTINIMAS

Naudingųjų iškasenų prognozuojamosios atsargos apskaičiuojamos pagal geologines prognozes, o balansinės – remiantis geologinės žvalgybos tyrimo duomenis. Žaliavų bazinių ir prognozuojamųjų išteklių ypatumai parodyti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. **Balansinių ir prognozuojamųjų jų išteklių ypatumai**

Charakteristika	Balansinės atsargos	Prognozuojamosios atsargos
Paskirtis	Duomenys naudojami planuojant atitinkamų pramonės šakų plėtrą.	Duomenys naudojami planuojant geologinę žvalgybą.
Kategorijos	A, B, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> .	P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> .
Kokybė	Atskirai tyrinėjamas kiekvienas telkinys.	Gali būti priimtos pagal analogiją iš panašių telkinių.
Ribų nustatymas	Pažymimos blokų ribos pagal išžvalgyimo kategorijas.	Grafiniuose dokumentuose telkinio tikslios ribos nenurodomos.
Apskaičiavimas ir įvertinimas	Nustatomas pagal geologinės žvalgybos ataskaitas ir skaičiavimus.	Apskaičiuojama apytiksliai.
Tvirtina	Valstybinė komisija.	Specialistų komisija.



Prognozuojamųjų naudingųjų iškasenų tūris apskaičiuojamas, naudojantis geometrinėmis formulėmis ir pataisos koeficientais:

$$Q = A \cdot H, \quad (2.1)$$

čia  $Q$  – naudingosios iškasenos tūris, m<sup>3</sup>;  
 $A$  – telkinio horizontaliojo pjūvio plotas, m<sup>2</sup>;  
 $H$  – naudingojo sluoksnio vidutinis storis, m.

Kai prognozuojamasis telkinys yra gyslų, lęšių ar kitokių formų, jo tūriui apskaičiuoti taikomos kitos tinkamos formulės.

Naudingojo komponento išteklių apskaičiuojami, atsižvelgiant to komponento koncentracijos naudingojoje iškasenoje patikimumą ir iškasenos produktyvumą:

$$Q_k = Q \cdot K_F \cdot K_k \cdot C / 100, \quad (2.2.)$$

čia  $Q_k$  – naudingojo komponento išteklių, m<sup>3</sup>;  
 $K_p$  – patikimumo koeficientas (mažas – 0,3–0,5; didelis – 0,5–0,8; labai didelis – 0,8–1);  
 $K_k$  – iškasenos produktyvumo koeficientas (jis įvertina galimo iškasti ir viso naudingo tūrio santykį);  
 $C$  – prognozuojamojo komponento vidutinė tūrinė koncentracija iškasenoje, %.

P<sub>1</sub> kategorijos išteklių prognozuojami, taikant ekstrapoliacijos metodą telkinio kraštuose ar dugne už ploto (ar gylio) ribų, kuriuose išžvalgytas C<sub>2</sub> kategorijos telkinys.

P<sub>2</sub> kategorijos išteklių prognozuojami kaip galimi rasti naujose teritorijose, remiantis geofizikiniais, geocheminiais tyrimais, kuriais aptiktos naudingosios iškasenos atskiruose nedideliuose plotuose.

P<sub>3</sub> kategorijos išteklių prognozuojami kaip potencialiai galimi rasti, remiantis palankiomis prielaidomis, geologinių struktūrų sandara ir kitais požymiais. Šie išteklių įvertinami turint geologinę vietovės nuotrauką arba regiono geologinių tyrimų medžiagą.

Prognozuojamuosius naudingųjų iškasenų išteklius reikia žinoti, projektuojant geologinės žvalgybos darbus, planuojant žaliavas perdirbančių gamyklų plėtrą ar veiklos trukmę, naujų gamyklų steigimo perspektyvas, išsaugant neužstatytas teritorijas, kuriose prognozuojama iškasenų kasyba, sprendžiant teritorijų privatizavimo klausimus ir priimant kitus teisinius aktus.

### 3. ŽALIAVŲ ŽVALGYBA

#### 3.1. BENDROSIOS ŽINIOS

Po prognozuojamųjų žaliavų išteklių patvirtinimo eina kitas geologinių tyrinėjimų etapas – telkinio išsamus žvalgymas, kurio pagrindu nustatoma pramoninė žaliavų vertė pagal tokius rodiklius: žaliavos kokybę ir kiekį, technologines savybes, slūgsojimo ir kasybos sąlygas, vietovės ypatumus, kasybos ekonomines prognozes. Žvalgyba pagal stadijas gali būti parengtinė, išsami ir eksploatacinė.

Mineralinių žaliavų kiekiai telkinyje, apskaičiuoti masės ar tūrio vienetais pagal geologinės žvalgybos duomenis ir atitinkantys pramonės reikalavimus, vadinami žaliavų atsargomis, kurios įrašomos į Valstybės naudingųjų iškasenų balansą. Priklausomai nuo žaliavų rūšies jų ištekliai gali būti matuojami ir milijardais tonų, ir tik kilogramais. Jų vertę lemia ne kiekiai, o poreikiai ir rinkos kaina.

Pagal išteklius telkiniai skirstomi į unikalius, stambius ir smulkius. Unikalių pagal išteklius ir vertę yra vienetai. Stambių telkinių yra dešimtys, jie sudaro pagrindinę pramonės įmonių žaliavų bazę. Smulkius telkinius, kurių yra gana daug, viena gamykla dažniausiai naudoja kelis, sudarydama vieną gamybinį vienetą, arba eksploatuoja po vieną smulkios vietinės reikšmės įmonės.

Ta pati žaliava gali būti naudojama įvairiose srityse. Jos vertę reikėtų nustatyti kompleksiskai ir siekti didžiausios ekonominės naudos.

Technologinės žaliavų savybės apibūdinamos kaip: žaliavų kokybės, mineralinės sudėties bei struktūros ypatybių ir fizikinių mechaninių savybių rodiklių visuma. Žaliavų kasybai didelę reikšmę turi slūgsojimo sąlygos ir vietovės specifika.

Į žaliavų žvalgybą įeina tokie darbai:

- žvalgomosios žaliavos, fizikinių cheminių ir techninių savybių bendroji charakteristika, mineralinė sudėtis ir panaudojimo sričių nustatymas; žaliavos įvertinimas pagal pramonines kategorijas (A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, kartais ir P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>);
- žaliavos išteklių apskaičiavimas;
- naudingojo komponento kiekio apskaičiavimas;
- žaliavos technologinių savybių įvertinimas;
- telkinio slūgsojimo sąlygų įvertinimas;
- dangos sluoksnio storio nustatymas ir jo fizikinių mechaninių savybių apibūdinimas;
- kasybos darbų ir žaliavos panaudojimo ekonominių rodiklių apskaičiavimas.

Apdorojant geologinės žvalgybos metu surinktą ir laboratorijoje gauta tyrimo medžiagą, sudaromi vietovės ir naudingųjų iškasenų telkinio geologiniai žemėlapiai. Juose pateikiama svarbiausioji informacija: telkinio planai ir pjūviai, žvalgybos tinklas (kur buvo imti bandiniai), rastų uolienų sluoksnių charakteristikos, sutartieji ženklai ir jų paaiškinimai. Kita informacija pateikiama aiškinamajame rašte.

Taip sutvarkyta geologinės žvalgybos ataskaita pateikiama ekspertams ir Valstybinei žaliavų išteklių komisijai tvirtinti. Jei ataskaita patvirtinama, tai tokios žaliavos įrašomos į Valstybės žaliavų balansą.

### **3.2. ŽVALGYBOS GEOLOGINĖ UŽDUOTIS**

Geologinė užduotis yra geologinės žvalgybos darbų projektavimo pagrindas. Užduotyje nurodomi žvalgomųjų vienos ar kelių naudingųjų iškasenų pavadinimai, vietovės ir telkinio pavadinimai, jų koordinatės žaliavų geologinės paieškos projekto žemėlapiuose arba planšetėse.

Žvalgant naują telkinį, dažniausiai duodama, vadinamoji, pradinė produktyviausio lauko žvalgybos užduotis. Jeigu pirminės žvalgybos etape mažame telkinio plote aptinkama toks žaliavų kiekis, kuris buvo deklaruotas paieškos projekte, tai žvalgybos darbai gali būti išplėsti iki viso telkinio, o jeigu žaliavos randama mažiau arba ji prastos kokybės, tai žvalgybos darbai gali būti nutraukti, perkelti į kitą lauką, organizuota papildoma paieška ar priimtas kitoks sprendimas.

Žvalgant eksploatuojamą telkinį, užduotis duodama norint išplėsti, arba patikslinti žaliavų atsargas pagal eksploatuojančios firmos užsakymą.

Geologinės žvalgybos užduotyje nurodomi svarbiausieji darbai: nustatyti iškasenų erdvinį išsidėstymą, telkinio struktūros ypatumus, hidrogeologines sąlygas, slūgsojimo gylį ir dangos storį, atlikti žaliavos technologinius tyrimus, apskaičiuoti žaliavos išteklius pagal užduotyje nurodytas kategorijas, sudaryti telkinio planus ir pjūvius, apskaičiuoti telkinio eksploatavimo ekonominį efektyvumą. Į užduotį taip pat gali būti įtraukti ir specialios geologinės paskirties darbai, pvz., išanalizuoti gruntinio ar požeminio vandens šaltinius ir išteklius, gretutinių ar retųjų naudingųjų iškasenų išteklius, patikrinti pagrindo gruntą reikiamiems statybos objektams ir pan.

Prieš pradėdant žvalgybos darbus, be užduoties reikia turėti telkinio paieškos metu sudarytą dokumentaciją, kurioje turi būti nurodyti pradiniai duomenys: telkinio planai ir pjūviai su trumpais geologiniais aprašymais, anksčiau atliktų darbų charakteristikos, žaliavos technologinės savybės ir telkinio hidrogeologinės sąlygos.

Geologinės žvalgybos užduotis turi būti suderinta su atitinkamomis valstybinėmis ir administracinėmis teritorijos, kurioje yra telkinys, institucijomis. Žvalgybai pradėti reikia gauti leidimą. Tokių dokumentų

išdavimo tvarką reglamentuoja Lietuvos Respublikos įstatymai ir Vyriausybės nutarimai.

### **3.3. ŽVALGYMO SISTEMOS IR TECHINIŲ PRIEMONIŲ PARINKIMAS**

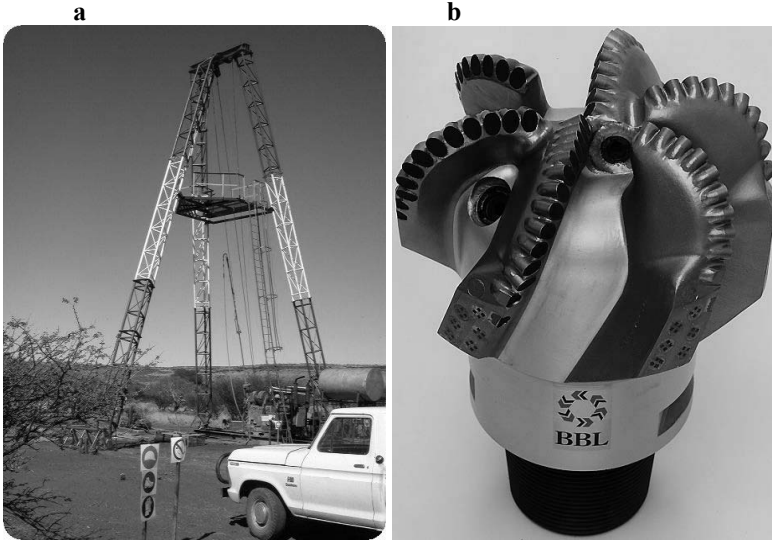
Žvalgyimo sistema vadinama pasirinktu būdu sudaryta numatomų žvalgyti telkinio pjūvių išdėstymo visuma. Kiekvienas numatomas pjūvis turėtų eiti per vienodžiausią ir didžiausią telkinio storį. Pagal numatomą telkinio išsidėstymą erdvėje daromi orientaciniai vertikalieji, horizontalieji ir kombinuotieji pjūviai bei sanklotos plokštumos. Kai žvalgomas telkinys yra lėšio, gyslos ar kitokios sudėtingos formos, tai parenkama atitinkamai kitokia, savita žvalgyimo sistema.

Priklausomai nuo žaliavos ir telkinio specifikos bei slūgsojimo sąlygų parenkamos atitinkamos žvalgyimo priemonės. Plačiausiai taikomas šurfų grėžimo ar kasimo būdas. Šurfų gylis gali būti nuo keliolikos iki kelių šimtų ar tūkstančio metrų. Gražto skersmuo parenkamas pagal grėžinio gylį ir norimos iškelti žaliavos kiekį. Dažniausiai naudojama grėžimo įranga su (36–295) mm, o kartais ir didesnio skersmens gražtais.

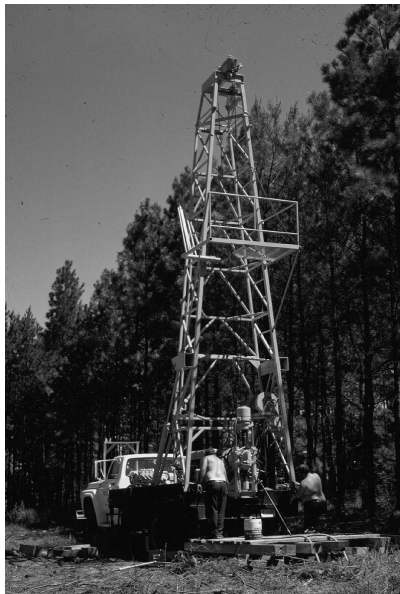
Pagal iš numatyto gylio iškeltą medžiagą (kernus) galima spręsti apie uolienų sluoksnių storį, inžinerines geologines, hidrogeologines ir kitas telkinio savybes ar sąlygas.

Greta grėžiamų šurfų žaliavoms žvalgyti gali būti daromi kasiniai: šulinėliai ar grioviai, nuvalomi natūralūs, atodangų ar karjerų šlaitai ir pan., kad galima būtų pamatyti uolienų sluoksnių vertikalųjį pjūvį. Taip pat galima taikyti ir geofizikinius bei geocheminius metodus, kuriais galima patikslinti telkinio geometrines ir fizikines charakteristikas.

Žvalgyimo priemonė parenkimos atsižvelgiant į telkinio specifiką ir vietovę, kurioje jis žvalgomas: geologinės sanklodos, užimamo ploto ir formos, žaliavos susidėstymo ir fizikinių savybių vienodumo plane bei pjūviuose, paviršiaus reljefo, slūgsojimo gylio, hidrogeologinių sąlygų ir pan. Priemonių pasirinkimas taip pat priklauso nuo žvalgyimo tikslų ir kokią informaciją apie telkinį norima surinkti. Žvalgyba gali būti pradinė, detalioji, papildomoji ir eksploatacinė.



3.1 pav. Grežimo bokštas (a) ir vamzdinio grąžo galvutė kietoms uolienoms gręžti (b)



3.2 pav. Automobilinis gręžimo įrenginys

**a****b**

3.3 pav. Vamzdiniu grąžtu išgręžti akmens uolienuų kernai; jie sudėti paėmimo tvarka ir nurodyti jų slūgsojimo gyliai (a); kernų gręžimo grąžto galvutės (b)

**a****b**

3.4 pav. Kilnojamas geologinis gręžimo įrenginys:

a – bendras vaizdas; b – spiraliniu grąžtu iškeliama puri uoliena.

Atliekant pradinę žvalgybą, stengiamasi numatyti minimalias darbų apimtis, nes žvalgyimo metu gali paaiškėti, kad ieškomų žaliavų kiekiai maži, prasta jų kokybė, sunkios kasybos sąlygos, taigi tokių žaliavų eksploatacija nerentabili. Tokiais atvejais reikia siekti, kad žvalgyimo darbų išlaidos būtų mažiausios arba kad jie būtų naudingi ir kitais aspektais, pvz., surinkta ir susisteminta informacija apie žvalgomos vietovės geologinę sanklodą, kuri ateityje gali būti labai naudinga statybos darbams ir kitokiai ūkinei veiklai.

Kai vykdoma detali žaliavų žvalgyba, darbų ekonomija nėra svarbiausias veiksnys, nes telkinio įsisavinimas nulemia darbų tikslingumą ir prioritetą. Žvalgyimo išlaidos bus kompensuojamos iš pelno, gauto eksploatuojant telkinį. Tačiau didelius reikalavimus žvalgyimo duomenų tikslumui kelia telkinį eksploatuojanti įmonė. Detalios žvalgybos metu pateikta net smulkmeniška informacija apie žaliavą ir jos slūgsojimo sąlygas yra labai vertinga ir gali praversti parenkant kasybai, perdirbimui ir eksploatacijos sąlygoms tinkamą įrangą.

Kai sudaromi eksploatuojamo žaliavų telkinio perspektyviniai planai, vykdoma papildomoji žvalgyba. Šiuo atveju žvalgyimo priemonių parinkimui turi įtakos greta telkinio esančios perdirbimo įmonės funkcionavimas, nes galima pasinaudoti jau turima informacija apie žaliavų technologines savybes, hidrogeologines ir geotechnines eksploatacijos sąlygas, kurios dažniausiai būna tokios pat kaip ir eksploatuojant ankstesnę telkinio dalį. Žvalgybos darbams galima plačiai taikyti pigiausias priemones, pvz., įvairius gręžimo metodus, nustatyti arba prognozuoti atidengtų horizontų kitimo dėsningumus pagal informaciją, surinktą eksploatacijos metu, ir pan.

Eksploatacinė žvalgyba reikalinga anksčiau nurodytame telkinio žaliavų slūgsojimo riboms, žaliavų kokybei, jų atsargoms patikslinti. Tam naudojama atitinkama žvalgyimo įranga: gręžimo, kasimo ir kitos priemonės.

### **3.4. ŽVALGYMO TINKLO TANKUMAS**

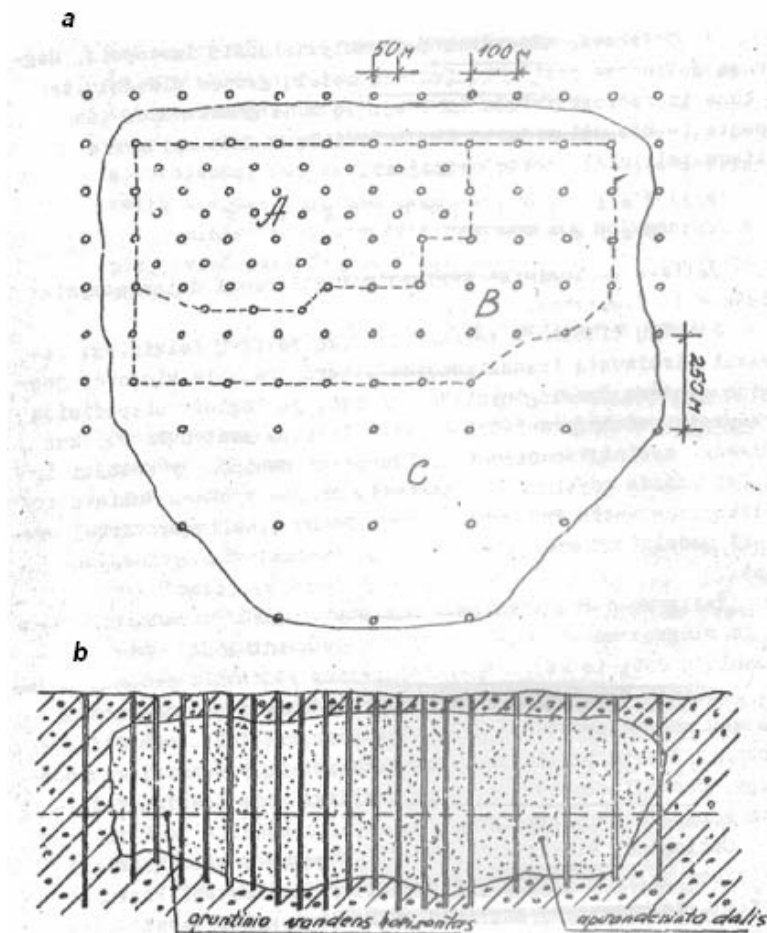
Pagal žvalgyimo tinklo tankumą nustatomas išžvalgytų žaliavų išsidėstymo patikimumas. Todėl vienas iš svarbiausių uždavinių – tinkamai parinkti žvalgyimo tinklo tankumą. Sprendžiant šį uždavinį, žvalgomasis plotas sudalijamas atitinkamo didumo lopinėliais, kurių matmenys lemia tinklo tankumą. Apskaičiuojami šių lopinėlių plotai ir nustatomi juose esančio naudingo sluoksnio storio matmenys, pagal kuriuos sudaroma viso naudingo sluoksnio erdvinė konfigūracija ir apskaičiuojamas jo tūris.

Žvalgyimo tinklo tankumas nustatomas arba optimizuojamas įvairiais būdais priklausomai nuo turimų duomenų, objekto specifikos, žvalgyimo tikslo. Dažniausiai taikomi du žvalgyimo tinklo sudarymo metodai – analitinis ir išretintasis.

Analitinis metodas pagrįstas teorine žvalgyimo tinklo charakteristikų ir žaliavų telkinio rodiklių priklausomybe, pvz., apskaičiuojamas žaliavos

reikiamo rodiklio kitimo variacijos koeficientas, išsidėstymo sklaidos koeficientas, žaliavos kredo vidutiniai matmenys įvairiomis kryptimis ir kt. Šių rodiklių vertinimo metodika sudaro sąlygas tipizuoti žvalgomuosius objektus ir taikyti analogijos metodus.

Kiekybinė žvalgomojo tinklo analizė apibūdina telkinio išžvalgymo kokybę, pagal kurią nustatomos išžvalgymo kategorijos, t. y. žaliavų kiekio apskaičiavimo tikslumas, slūgsojimo sąlygų įvertinimas ir pan. 3.5 pav.



3.5 pav. Nerūdinių statybinių medžiagų telkinio žvalgymo schema:



a – telkinio plano schema; b – telkinio pjūvio schema;  
A, B ir C – atitinkamai žaliavų kategorijos.

Analitiniai metodai paprastai taikomi ankstyvosios žvalgybos stadijoje, kai apie žaliavų telkinį turimi tik pradiniai duomenys ir manoma, kad jie yra nepakankamai išsamūs.

Žvalgymo tinklo tankumas apskaičiuojamas pagal žvalgomuosius pjūvius, įgalinančius reikiamu tikslumu įvertinti telkinio vidutinius rodiklius ir žaliavų kieki. Skaičiuojama matematinės statistikos metodais:

$$N = (t_a \cdot k \cdot V / P)^2, \quad (3.1)$$

čia  $N$  – būtinas žvalgymo taškų skaičius;  
 $t_a \cdot k$  – Stiuđento kriterijaus vertė, esant pasirinktam patikimumui  $\alpha$  ir laisvės laipsniui  $k$ ;  
 $V$  – žvalgomojo rodiklio variacijos koeficientas;  
 $P$  – vidutinės rodiklio vertės pasirinktoji paklaida.

Variacijos koeficientas apibūdina žaliavos žvalgomojo rodiklio kitimo ribas, įvertinant statistinį empirinių duomenų pasiskirstymą. Esant normaliajam pasiskirstymui, jo vertė (%) apskaičiuojama pagal tokią formulę:

$$V = (S / \bar{X}) \cdot 100, \quad (3.2)$$

čia  $S$  – žvalgomojo rodiklio standartinis nuokrypis;  
 $\bar{X}$  – rodiklio vidutinė vertė.

Žvalgomojo rodiklio standartinis nuokrypis apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}; \quad (3.3)$$

čia  $X_i$  – atskiroji rodiklio vertė;  
 $\bar{X}$  – vidutinė rodiklio vertė;  
 $n$  – verčių skaičius.

Žaliavų atskirų kategorijų atsargų apskaičiavimo tikslumas imamas (10 – 20) %, o apskaičiavimo patikimumas gali būti apie (70 – 95) %, laisvės laipsniai nustatomi iteracijos metodu – nuo  $\infty$  iki  $N - 1$ , atitinkamai koreguojant  $N$  pagal  $t_{\alpha k}$ .

Atskiro lopinėlio plotas apskaičiuojamas kaip viso telkinio ploto ir lopinėlių skaičiaus santykis:

$$L_{lop} = F / N, \quad (3.4)$$

čia:  $L_{lop}$  – lopinėlio plotas, m<sup>2</sup>;  
 $F$  – viso telkinio numatomas plotas, m<sup>2</sup>;  
 $N$  – lopinėlių skaičius.

Žvalgymo geometrinis tinklas apibūdinamas telkinio sudalyto ploto lopinėlių didumu pagal žaliavų slūgsojimo ir jų mažėjimą bei erdvinę konfigūraciją. Šioms charakteristikoms turi įtakos žvalgomojo rodiklio anizotropijos koeficientas. Telkinio formos anizotropijos koeficientas gali būti nustatomas kaip jo storumės vidutinės vertės ir slūgsojimo bei plonėjimo pagal izohipses matmenų santykis. Gali būti apskaičiuojami ir kitų rodiklių (kiekio, produktyvumo ir pan.) anizotropijos koeficientai. Žvalgymo tinklo tankumas, įvertinus anizotropiją, apskaičiuojamas taip:

$$a = \sqrt{F_{lop} / \lambda}, \quad b = a \cdot k, \quad (3.5)$$

čia:  $a$  – atstumas tarp žvalgomųjų taškų pagal profilį (sluoksnio plonėjimą), m;  
 $b$  – atstumas tarp žvalgomųjų taškų pagal sluoksnio tįsojimą, m;  
 $\lambda$  – rodiklio anizotropijos koeficientas;  
 $k$  – koeficientas.

Žvalgymo tinklo tankumas nustatomas kiekvienai atsargų kategorijai ir tarp jų sudaromos tam tikros sąsajos, kad vėliau žvalgymo tinklą būtų galima sutankinti arba išretinti.

Taikant išretintąjį žvalgymo tinklą, ieškoma eksperimentinių priklausomybių tarp išžvalgymo rodiklių ir žvalgymo tinklo parametrų. Gautieji rezultatai nepriklauso nuo skaičiavimams panaudoto matematinio modelio ir yra būdingi tik tam objektui. Tas pats modelis ne visada tinka kitiems objektams, nes neskaičiuojamos telkinio tipinės charakteristikos. Šis metodas taikomas žvalgymo tinklo analizei, kai reikia detalizuoti tam tikros ploto dalies žvalgymą arba vykdyti papildomą žvalgymą.

Žvalgomojo rodiklio vidutinės vertės, telkinio ploto ar atsargų apskaičiavimo paklaidai atskirame taške arba grupėje taškų nustatyti naudojama tokia formulė:

$$\delta_{(ab)} = \left| \bar{X} - X_i \right| / X_i \cdot 100, \quad (3.6)$$

čia  $\delta_{(ab)}$  – paklaidos vertė, %;  
 $X_i$  – tikroji rodiklio vertė;

$\bar{X}$  – apskaičiuotoji rodiklio vertė  $a-b$  lopinėlyje.

Kai paklaidai apskaičiuoti taškų skaičius didėja, tai jos absoliutinė vertė mažėja.

### **3.5. ŽALIAVŲ TELKINIO KONTŪRŲ NUSTATYMAS IR DALIJIMAS BLOKAIS**

Žaliavų telkinio išsidėstymas plote ir storumėje, taip pat jo suskirstymas dalimis pagal vidinę sandarą ir produktyvumą leidžia įvertinti objekto ypatumus ir eksploatacines savybes bei sąlygas. Geologinė telkinio sandara pagal geologinių tyrinėjimų duomenis yra atvaizduojama grafiškai geologiniuose žemėlapiuose, kuriuose parodomi planai ir pjūviai. Žemėlapiai sudaromi pagal struktūrinės geologijos reikalavimus. Telkinio ribos žemėlapyje braižomos sutartomis linijomis. Kai išžvalgoma tik dalis telkinio, tai naudingo ploto taša iki 1 – 2 žvalgyimo tinklo žingsnio nustatoma ekstrapoliavimo būdu. Kiekvienas telkinio blokas pažymimas skirtingu numeriu arba indeksu.

Kai telkinys yra sudėtingos konfigūracijos, tai planai ir pjūviai sudaromi pagal atskiras horizontaliąsias ir vertikaliausias plokštumas. Atskiruose lopinėliuose tarp taškų, kuriuose rasta ir nerasta žaliavos kontūrinės linijos brėžiamos per vidurį atstumo tarp šių taškų. Jeigu telkinyje yra įvairių žaliavų (tai būdinga metalų rūdų telkiniams), tokiu atveju telkinio kontūrai arba blokai vaizduojami dar ir atskiruose žemėlapiuose pagal žaliavų rūšis. Atskirus blokus pagal vertikaliają arba horizontaliąją plokštumą tikslinga išskirti tuo atveju, kai bloke vienos rūšies žaliava sudaro ne mažiau kaip 70 % visų naudingųjų žaliavų. Toks suskirstymas sudaro palankias sąlygas eksploatuoti telkinį. Blokai eksploatuojami nuo viršutinio sluoksnio žemyn, todėl jų turis apskaičiuojamas ir žemėlapiuose vaizduojamas tokia pat tvarka.

### **3.6. GEOLOGINĖ DOKUMENTACIJA IR ŽALIAVOS BANDYMAS**

#### **3.6.1. Geologinė dokumentacija**

Geologinė žvalgybos darbų rezultatai, gauti apibendrinus didelės apimties gręžinių, kasinių, lauko stebėjimo duomenis, pateikiami geologiniuose žemėlapiuose, lentelėse ir aiškinamajame rašte. Juose turi būti apibendrinti ne tik geologiniai žaliavų telkinio duomenys, bet ir žaliavos technologinių tyrimų rezultatai. Taigi geologinė ataskaita yra svarbiausias oficialus dokumentas apie išžvalgytą žaliavų telkinį. Ataskaita, patvirtinta Vyriausybės sudarytos komisijos, yra pagrindas išžvalgyto telkinio žaliavų atsargas įtraukti į Valstybinį gamtinių išteklių kadastrą.

Geologinei dokumentacijai yra keliami gana aukšti reikalavimai:

- 1) surinktų ir pateiktų duomenų objektyvumas;
- 2) pakankamas duomenų informatyvumas;
- 3) visuose dokumentuose vartojami vienodi sutartiniai žymėjimai;
- 4) trumpas ir aiškus tekstinis aprašymas;
- 5) kruopštus dokumentų sugrupavimas ir sutvarkymas.

Geologinė dokumentacija gali būti pateikta pagal tam tikrą paskirtį, pvz., pirminė (lauko tyrimų), apdorotoji (kamerinė), teminė (specialioji), suvestinė (apibendrinamoji).

Pirminė dokumentacija – tikslus ir objektyvus tiriamojo objekto geologinių detalių aprašymas pagal gamtines ir dirbtines atodangas. Pirminę dokumentaciją sudaro kasinių, sienelių, dangos, pakopų, iškasų fotografijos, eskizai, aprašymai.

Pirminė dokumentacija rašoma specialiuose žurnaluose. Brėžiniai vaizduojami masteliu 1 : 20 – 1 : 200, o ypač svarbių detalių – masteliu 1 : 1 arba 1 : 10, nurodoma bandinių paėmimo vieta pagal markšneiderinius taškus.

Apdorotoji (kamerinė) dokumentacija rengiama pagal pirminę dokumentaciją, įvertinus žaliavų technologinių tyrimų ir mineraloginės bei petrografinės analizės duomenis. Visi aprašyti duomenys saugojami informaciniuose diskeliuose, segtuvuose, žurnaluose, kartotekose ir pan.

Teminė dokumentacija sudaroma, kai atliekami specialieji žaliavos tyrimai (mineraloginiai, geofizikiniai, geocheminiai) ir kai tyrinėjami žaliavos telkinio geologinės struktūros kitimo dėsniniai. Tyrinėjimo duomenys vaizduojami specialiuose žemėlapiuose, planuose ir grafikuose masteliu nuo 1 : 1 (1 : 20) iki 1 : 1000 arba (1 : 10000).

Suvestinėje dokumentacijoje yra apibendrinta visų tipų geologinė dokumentacija apie visapusišką telkinio geologinę struktūrą, žaliavų kokybę, išteklius, slūgsojimo ir eksploatacijos sąlygas, prognozuojamus išteklius ir eksploatacinės bei papildomosios žvalgybos galimybes.

Geologinė dokumentacija sudalijama ir archyvuojama dalimis: grafinė dalis, fotografijos, lentelės, žaliavos bandiniai ir aprašymai.

## **4. MARKŠNEIDERINIAI MATAVIMAI**

### **4.1. BENDROSIOS ŽINIOS**

Markšneiderystės terminas (vok. *Mark* – riba ir *scheiden* – skirti) atsirado XVI a., kai buvo vykdomi požeminiai kasybos darbai ir reikėjo matuoti ir nustatyti darbų ribas šachtose po žeme. Šis terminas kasybos praktikoje išliko iki šiol. Markšneiderystė kaip matavimo metodas išsivystė į atskirą savarankišką mokslo ir technikos šaką. Ji nagrinėja geometrinių matavimų ir apskaičiavimų specifiką

kalnakasyboje. Markšeideriniai matavimai atliekami visuose naudingųjų iškasenų įsisavinimo etapuose: žaliavų žvalgybos, žaliavų gavybos įmonės projektavimo, įmonės statybos ir telkinio eksploatavimo laikotarpiu.

Žaliavų telkinio žvalgymo metu markšeideris daro paviršiaus geodezinę nuotrauką, stebi ir aprašinėja natūralias atodangas, sudaro vietovės topografinius žemėlapius (planus), kurie vėliau naudojami geologiniam žvalgymui ir telkinio žemėlapiams sudaryti. Pagal markšeiderio sudarytus topografinius žemėlapius vietovėje žymimi gręžiniai, kasiniai, žvalgymo linijos ir pan. Markšeideris kartu su geologu sudarinėja grafinę medžiagą, kuri apibūdina telkinio vietą, geometrinę konfigūraciją plane ir erdvėje, slūgsojimo ir kitas aplinkos sąlygas. Apdorojant žvalgybos medžiagą, markšeideris padeda apskaičiuoti naudingųjų iškasenų išteklius.

Žaliavų gavybos įmonės (karjero, šachtos, kasyklos rūdyno ir pan.) projektavimo metu markšeiderio uždaviniai tokie: nurodyti iškasenų slūgsojimo ribas; galimas žaliavų dangos ir atliekų sandėliavimo bei kaupimo vietas; numatomų statyti telkinio teritorijoje statinių išdėstymą; numatyti priemones, kurios apsaugotų projektuojamą įmonę nuo neigiamų kasybos pasekmių; kartu su geologu patikslinti žaliavų išteklius, reikalingus projektuojamai įmonei; sudaryti perspektyvinį kasybos planą pagal žaliavų slūgsojimo vietą.

Statant žaliavų gavybos įmonę, markšeideris atlieka tokius darbus: patikrina projekte statinių išdėstymą, atsižvelgdamas į žaliavų telkinio vietą; perkelia projekte numatytų objektų išdėstymą į statybos vietą ir nūžymi jų koordinatas; statybos metu kontroliuoja statinių statybos tikslumą, ypač kai statomos šachtos ar kiti sudėtingi objektai; sudaro kasybos pradžios grafinę dokumentaciją.

Telkinio eksploatavimo metu markšeiderio darbų apimtys labai padidėja, ypač jei kasyba šachtinė. Markšeideris nūžymi tam tikrų numatytų periodų darbų apimtį; daro iškasų ar požeminių ėjimų topografinias nuotraukas (ši medžiaga nuolat papildoma); tvarko iškastų žaliavų kiekio ir kokybės apskaitą; apskaičiuoja žaliavų nuostolius ir telkinio išsekimą; nustato saugaus kasimo ribas; nuolat tikslina projekte numatytas žaliavų slūgsojimo vietas ir sąlygas; kai kasama požeminiu būdu, nuolat stebi žemės paviršiaus pokyčius; apmatuoja atliekų kaupyklas. Kai įmonė likviduojama arba konservuojama, markšeideris parengia reikiamą dokumentaciją apie išnaudotą teritoriją, žaliavų likučius, ją sutvarko ir atiduoda į archyvą saugoti.

Čia aprašyta tik nedidelė markšeiderio darbų dalis. Gamybos sąlygomis jam tenka atlikti daug ir labai įvairių darbų. Didelę jų darbų dalį sudaro geodeziniai matavimai ir skaičiavimai. Ypač sudėtingi ir atsakingi yra požemės kasybos darbai, nes reikalingas didelis matavimo ir apskaičiavimo tikslumas, be to, darbai po žeme yra labai pavojingi visiems kasybos darbuotojams.

## 4.2. MARKŠEIDERINĖ GRAFINĖ DOKUMENTACIJA

Kasybos ir geologinės žvalgybos įstaigos privalo turėti būtinų dokumentų kompleksus, susidedančius iš pirminės, apskaičiuotosios ir grafinės dalių. Šie dokumentai turi tenkinti tokius svarbiausius reikalavimus:

1. Dokumentai turi būti tikslūs, t. y. objekto elementų geometrinis vaizdavimas turi atitikti mastelio tikslumą, pvz., pasirinkus elemento grafinio vaizdavimo tikslumą  $\pm 0,2$  mm, kai mastelis 1 : 500, tikslumas turi būti ne mažesnis kaip  $\pm 10$  cm. Šis reikalavimas taikomas elementams, kurių kontūrai natūroje yra ryškūs.

2. Dokumente turi būti pakankamai aiškiai atvaizduota elemento aplinkos padėtis, paviršiaus reljefas, iškasos, žaliavų telkinio slūgsojimo kontūrai dokumento sudarymo momentu ir pokyčiai eksploataavimo metu.

3. Grafinė medžiaga turi būti vaizdi ir patogi matavimams, t. y., kad būtų galima reikiamu tikslumu matuoti linijas ir kampus.

4. Brėžiniai turi būti braižomi ant aukštos kokybės medžiagos, kad dėl dažno naudojimo ji nesusidėvėtų.

5. Dokumentuose turi būti vartojami standartiniai objektų žymėjimo ženklai.

Markšeiderinių dokumentų sudėtis kasybos įmonėje priklauso nuo telkinio tipo, jo geologinės sandaros ir kasybos būdo.

Grafinę dalį sudaro tokie brėžiniai.

**Projekcijos** – erdviųjų objektų vaizdavimas plokštumoje. Markšeiderinėje praktikoje kiekviena projekcija (pjūvis tam tikrame telkinio gylyje) turi būti pažymėta atskirai. Tam tikrais atvejais, kad būtų vaizdžiau, gali būti sudarytos aksonometrinės ar stereometrinės projekcijos.

**Planai** – žemės paviršiaus ir iškasų ortogonaliosios projekcijos, sudarytos horizontalioje plokštumoje, kur pažymėtos aukščio (koordinatės  $z$ ) skaitinės vertės arba nubraižytos ir pažymėtos horizontalės (izohipsės).

**Vertikaliosios projekcijos** – ortogonaliosios projekcijos vertikalioje plokštumoje. Jos kartu su horizontaliosiomis projekcijomis gali sudaryti erdvinį objekto vaizdą ir padidina telkinio kontūrų vaizdavimo tikslumą, ypač kai telkinys yra pasvirusioje plokštumoje.

**Pjūviai** – kai objekto elementai atvaizduoti jį kertančiose plokštumose. Markšeiderinėje praktikoje taikomi vertikalieji ir horizontalieji pjūviai, vaizduojantys telkinio storumės ir iškasų struktūrą. Pjūviai daromi per žvalgymo taškus ir eksploataavimo iškasas.

**Profiliai** – brėžiniai, kuriuose vaizduojami tik tam tikri telkinio naudingųjų iškasenų sluoksniai. Vertikalieji pjūviai čia gali būti daromi tiese arba laužtine linija. Vertikaliojo pjūvio mastelis parenkamas 10 kartų stambesnis už horizontalųjį.

Kasybos įmonė paprastai turi du dokumentacijos kompleksus. Į pirmąjį kompleksą įeina: reljefo ir situacijos brėžiniai; markšneiderinio ir atraminio geodezinio tinklo taškų išdėstymo brėžiniai; telkinio ribų brėžiniai; numatomų atliekų kaupimo vieta; visos teritorijos planšėčių išdėstymo schema ir kiti, telkinio slūgsojimo sąlygas apibūdinantys, brėžiniai. Jų mastelis 1 : 2000 arba 1 : 5000.

Antrąjį dokumentacijos kompleksą sudaro telkinio atidengimo ir paruošimo eksploatuoti brėžiniai; kapitalinių kasinių su kelių išdėstymo bei tiesimo planais ir išgaunamos žaliavos klodų slūgsojimo brėžiniai. Jų mastelis: mažiems telkiniams – 1:500, vidutiniams – 1:1000, stambiams – 1:2000. Šis dokumentų kompleksas apibūdina telkinio eksploatacijos sąlygas.

#### **4.3. MARKŠNEIDERINIAI DARBAI ŽVALGOMOJOJE TERITORIJOJE**

Markšneideriniai darbai reikalingi kai vykdoma geologinė žaliavų paieška, žvalgymas ir kasybos įmonės projektavimas. Į šių darbų sudėtį įeina:

- markšneiderinio ir geologinėms nuotraukoms daryti geodezinio tinklo sudarymas;
- topografinių nuotraukų ir topografinio tinklo geologiniams žemėlapiams sudarymas;
- reikiamų objektų žymėjimas vietovėje pagal brėžinius;
- kasinių markšneiderinis aptarnavimas.

Sudarant markšneiderinį ir geodezinėms nuotraukoms bei geologiniams žemėlapiams daryti geodezinį tinklą, vadovaujamosi geodezinės tarnybos sudarytu valstybiniu geodezinio pagrindu. Geologijos dokumentacijai skirtiems sudaryti skirtiems naujiems geodezininiams tinklams išplėsti, naudojami geodeziniai prietaisai ir taikomos geodezijos dokumentų sudarymo taisyklės.

Suderinus vietovės valstybinį geodezinį pagrindą ir markšneiderinį geodezinį tinklą, pagal šio tinklo koordinates parengiama geologinė dokumentacija. Vėliau šis tinklas panaudojamas brėžiniuose atvaizduotiems objektams (gręžinių tinklui, kasinių vietoms, kasybos grioviams ar šachtoms ir kt.) nužymint natūroje.

Vykdamas geologinius žvalgyimo ir kasybos darbus pagal patvirtintą projektą, objektų nužymėjimas natūroje suprantamas kaip veiksmų visuma, susidedanti iš lauko matavimų, kamerinių skaičiavimų, reikiamų taškų žymėjimo atitinkamos žemės paviršiaus vietose. Žymėti pradedama nuo geodezinio pagrindo taško, kuris turi nurodytas kartografines koordinates. Nuo šio taško pradedamos matuoti arba analitiškai skaičiuoti brėžiniuose pažymėtos teritorijos (poligono) atitinkamos linijos (atstumai), kampai ir aukščiai.

#### 4.4. NAUDINGŪJŲ IŠKASENŲ TELKINIO GEOMETRINĖS RIBOS

Naudingųjų iškasenų telkinio formos geometrinė interpretacija ir atvaizdavimas brėžiniuose vadinamas kasybos geometrija ir suprantamas kaip savita mokslo šaka. Kasybos geometrinė grafinė medžiaga skiriama į dvi dalis:

- struktūrinę, kurioje parodoma erdvinė telkinio forma ir jos struktūriniai savitumai;
- kokybinę, kurioje parodomi telkinio kokybiniai savitumai (žaliavos komponentų kiekiai, tarpai ir pan.).

Pagal geologinės markšneiderinės informacijos pobūdį telkinių slūgsojimo geometrinės ribos gali būti regioninės (naudingųjų iškasenų išsidėstymas tam tikrame regione); detalaus išžvalgymo (perspektyvių plotų geologinė dokumentacija); eksploatacinės geometrinės (pagrindinės, naudojamos eksploatacijos metu, kad būtų galima tiksliai vykdyti kasybos darbus). Eksploatacinėje dokumentacijoje telkinio dalys priklausomai nuo telkinio didumo atvaizduojamos masteliu nuo 1 : 100 iki 1 : 2000.

Topografiniams plotams apskaičiuoti galima taikyti grafinius metodus, pvz., šių plotų sudėtį, atimtį, daugybą ir dalybą. Taip pat galima taikyti stereometrinius telkinio kūno vaizdavimo metodus pagal plokščiąsias ar stereometrines projekcijas. Šiuos skaičiavimus nesunku atlikti, kai naudojama skaičiavimo technika su tam skirta programine įranga.

Telkinio geometrinėms riboms nustatyti taikomi įvairūs metodai: izolinijų, geologinių pjūvių, profilių, o kai klodai sudėtingi, – erdvinių grafikų.

Dažniausiai praktikoje taikomas izolinijų metodas. Jis ypač patogus, kai klodas yra išplitęs plokštuminėje erdvėje, tada izolinijos vaizdžiai gali parodyti ne tik klogo stovymą, bet ir struktūrą pagal sluoksnius.

Geologinių pjūvių ir profilių metodas gali būti taikomas įvairios formos (net gyslų, lęšių ir pan.) telkiniui atvaizduoti. Pjūviai daromi išilgai ir skersai telkinio.

Kai nepakanka izolinijų ar pjūvių metodų sudėtingos konfigūracijos (šakotų gyslų, kišenių, sudėtingų lęšių ir pan.) telkiniui atvaizduoti, dar taikomas ir erdvinių grafikų vaizdavimo metodas.

Telkinio kaip geometrinio kūno ribos apibūdinamos sąlyginiais paviršiais:

- tikrieji skyrimo paviršiai – plokštumos tarp skirtingų uolienuų;
- sąlyginiai paviršiai – kai tarp naudingosios iškasenos ir ją supančios uolienos nėra aiškios ribos (pvz., telkinio krašte pereinamajame sluoksnyje).

Be to, erdviniam telkinio kūnui apibūdinti vartojami vadinamieji geometriniai parametrai:

- taškų, esančių telkinio riboje, koordinatės;
- kampai, tarp telkinio kraštus ribojančių linijų;



- telkinio storis;
- telkinio slūgsojimo gylis;
- iškasenų plytėjimo linija – horizontali linija (tiesė ar kreivė) žemės paviršiuje, rodanti iškasenų išsidėstymo kryptį;
- iškasenų mažėjimo linija – didžiausio mažėjimo zonoje statmena plytėjimo linijai;
- plytėjimo kampas – plytėjimo linijos azimutas;
- iškasenų mažėjimo kampas – vertikalusis kampas tarp horizontaliosios plokštumos ir mažėjimo linijos.

Geometriniai parametrai gali būti nustatyti tiesioginiais arba netiesioginiais matavimais bei analitiniais skaičiavimais, o pagal šiuos parametrus galima nustatyti arba patikslinti iškasenų išsidėstymo geometrinę konfigūraciją vietovėje.

#### **4.5. TELKINIO ATSARGŲ, GAVYBOS, DANGOS IR ŽALIAVŲ NUOSTOLIŲ APSKAIČIAVIMAS**

##### **4.5.1. Išžvalgytų žaliavų atsargų klasifikacija**

Naudingųjų iškasenų telkinio analizė atliekama baigus žvalgyimo darbus. Vienas iš svarbiausių analizės uždavinių – kuo tiksliau apskaičiuoti naudingųjų iškasenų atsargas ir nustatyti tokius rodiklius:

- naudingųjų iškasenų atsargas ir sugrupuoti jas pagal rūšis;
- nustatyti naudingųjų iškasenų kokybę;
- nustatyti naudingųjų iškasenų technologines savybes ir pateikti rekomendacijas dėl jų pramoniniam panaudojimui;
- pateikti duomenis apie geologines ir geotechnines telkinio atidengimo ir gavybos sąlygas;
- nurodyti atsargų apskaičiavimo patikimumo patikimumą ir ekonominį eksploatavimo pagrindimą.

Žaliavų atsargos apskaičiuojamos neskaitant nuostolių, kurie gali susidaryti eksploatavimo, perdurbimo ir sodrinimo metu. Žaliavų sudėtis ir savybės nustatomos, kai jos yra natūralios būsenos. Atsargos apskaičiuojamos masės (tonomis) arba tūrio ( $m^3$ ) vienetais, o juodųjų metalų (geležies, mangano, titano, vanadžio, chromo ir kt.) rūdose dar nurodomas metalo kiekis (%). Spalvotųjų metalų (vario, cinko, švino ir kt.) be rūdos kiekio, apskaičiuojamos metalo atsargos tonomis, o brangiųjų metalų (aukso, platinos, sidabro) – kilogramais.

Įrašant naudingųjų iškasenų išteklius į Valstybinių atsargų kadastrą, atsargos apibūdinamos taip:

- išžvalgytosios – visos telkinyje rastos atsargos;

- balansinės – visų kategorijų atsargos, tinkamos naudoti, taikant esamas technologijas;
- kondicinės – nustatomos valstybinės institucijos pagal kiekvieno telkinio techninius ekonominius skaičiavimus;
- nebalansinės – atsargos, kurias šiuo metu eksploatuoti netikslinga.

Visos žaliavų atsargos apskaičiuojamos remiantis surinkta informacija pagal atitinkamas kategorijas – A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ir P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>.

Žaliavų gavybos įmonė projektuojama ir statoma, kai atsargos ištyrinėtos pagal kategorijas tokiomis proporcijomis:

- paprastos struktūros telkinio: A+B kategorijos atsargos sudaro ne mažiau kaip 30 % ir iš jų ne mažiau kaip 10 % yra A kategorijos;
- sudėtingos struktūros nevienodo storio telkinio: B kategorijos atsargos yra ne mažiau kaip 20 %, o C<sub>1</sub> kategorijos – ne daugiau kaip 80 %;
- labai sudėtingos struktūros, nevienodo storio telkinio arba telkinio, kuriame netolygiai išsidėstęs naudingasis komponentas. Leidžiama statyti įmonę pagal C<sub>1</sub> kategorijos atsargas.

Tais atvejais, kai atsiranda naudingųjų iškasenų vartotojas, jis tam tikromis sąlygomis gali statyti įmonę, remdamasis savo ekonominiais apskaičiavimais.

Žaliavos pagal paruošimo laipsnį kasybai atviruoju arba šachtiniu būdu skirstomos taip:

- atidengtos – telkinio dalis, nuo kurios nuvalytas viršutinis paviršius, nuo viršutinės pakopos nuimtos tuščios padermės, įrengti privažiavimai;
- paruoštos nuvalyti – kai nuimta danga ir tuščioji padermė, įrengtos įvažiavimo iškasos ir pakopos, likęs nenuvalytas tik kasimo aikštelės paviršinis sluoksnis, kurio storis iki 0,5 – 1,0 m;
- paruoštos kasti – kai nuvalytas paviršius ir pagal technines bei saugaus darbo taisyklės telkinį galima eksploatuoti;
- laikinai neeksploatuotinos – esančios po statiniais, giluminiais sluoksniais, palikti dėl nesaugaus darbo, po keliais ir pan.;
- laikinai užpiltos – užpiltos tuščiąja paderme, nuošliaužomis;
- laikinai apsemtos – apsemtos gruntinio arba kritulių vandens, tačiau jas galima iškasti išsiurbus arba nudrenavus vandenį.

#### 4.5.2. Atsargų kiekio apskaičiavimo metodika

Telkinio rodikliai (tūris ir masė) apskaičiuojami pagal tam tikrą metodiką. nustatomi telkinio kontūrai, viso telkinio arba jo dalių plotai, vidutinė naudingojo sluoksnio storumė, naudingojo komponento masė.

**Telkinio kontūrų nustatymas.** Pagal iš gręžinių ar iškasų paimtus bandinius nustatomi naudingųjų iškasenų slūgsojimo ribų vidiniai ir išoriniai

kontūrai. Vidinį kontūrą sudaro gręžiniai, kuriuose dar rasta žaliavos, o išorinį – kuriame žaliavos nerasta arba rasta labai mažai. Ruožas tarp vidinio ir išorinio kontūro vadinamas tarpkontūrinium. Dažniausiai telkinio ribos žymimos linija, nubrėžta per tarpkontūrinio ruožo vidurį.

**Ploto apskaičiavimas.** Telkinio plotas brėžinyje apskaičiuojamas vienu iš tokių metodų:

- geodeziniu planimetru;
- visą plotą sudalijus į plokščias taisyklingos formos figūras, kad jų plotams apskaičiuoti būtų galima pritaikyti žinomas geometrinės formules;
- ant brėžinio uždėjus specialią skaidrę – paletę, pritaikytą plotams apskaičiuoti.

Planimetru plotas apskaičiuojamas du kartus, esant skirtingai polio padėčiai. Gauti rezultatai gali skirtis ne daugiau kaip  $\pm 3\%$ .

Plotams apskaičiuoti naudojamos paletės gali būti trijų tipų:

- su 0,5 arba 1,0 cm kvadratėliais – telkinio plotas apskaičiuojamas pagal kvadratėlių skaičių matuojamame plote;
- su kvadratine tvarka išdėstytais taškais – plotas apskaičiuojamas, padauginus skaičiuojamajame plote esančių taškų skaičių iš taškui priskirto ploto;
- su lygiagrečių linijų palete plotas apskaičiuojamas pagal stygų, kertančių poligono plotą, ilgių sumą, padauginą iš atstumo tarp stygų.

Apskaičiuojant plotus, atitinkamai įvertinami poligono kraštuose esančių nepilnų kvadratėlių, kraštinių taškų ir kraštinių linijų mažesni ploteliai. Apskaičiavimo tikslumas turi būti ne mažesnis kaip  $\pm 3\%$ .

**Telkinio naudingojo sluoksnio vidutinės storumės apskaičiavimas.**

Telkinio naudingojo sluoksnio vidutinė storumė apskaičiuojama pagal gręžinių gylių koordinačių skirtumą tarp naudingojo sluoksnio viršaus ir apačios. Apskaičiavus šį skirtumą kiekviename taške, iš (4.1) formulės randamas storumės aritmetinis vidurkis.

$$\bar{h} = \Sigma h_i S_i / S_i, \quad (4.1)$$

čia:  $\bar{h}$  – telkinio vidutinė storumė;  
 $h_i$  – telkinio storumė i-tajame taške;  
 $S_i$  – i-tajam taškui priskirtas plotas.

Kai žinomas telkinio plotas ir tūris, tai jo vidutinė storumė apskaičiuojama pagal tūrio  $V$  ir ploto  $S$  santykį

$$\bar{h} = V / S, \quad (4.2)$$

Kai telkinio konfigūracija sudėtinga arba kai naudingajame sluoksnyje yra tuščių padermių tarp sluoksnių, skaičiuojant atsargas, šie tarp sluoksniai į telkinio storumę neįskaičiuojami.

#### 4.5.3. Atsargų apskaičiavimo būdai

Naudingųjų iškasenų ir naudingojo produkto atsargų kiekiui apskaičiuoti yra daug būdų. Būdo pasirinkimas priklauso nuo daug veiksnių: telkinio konfigūracijos, slūgsojimo sąlygų, žvalgyimo sistemos, žaliavos kokybės ištyrimo laipsnio ir kasybos būdo. Dažniausiai taikomi tokie būdai:

**Vidutinis aritmetinis.** Šis būdas taikomas, kai yra taisyklingas žvalgyimo tinklas ir telkinio storumė bei naudingojo komponento kiekis iškasenoje kinta nedaug. Atsargos apskaičiuojamos pagal (4.1), (4.2) ir (4.3) formules.

**Geologinių blokų** būdas taikomas kai telkinio sudėtis yra nevienalytė. Telkinys suskirstomas į dalis (geologinius blokus), kuriuose žaliava yra kaip galimai vienodesnė. Kiekviename bloke atsargos apskaičiuojamos pagal vidutinį aritmetinį būdą, o viso telkinio kaip atskirų blokų suma.

**Lygiagrečių pjūvių** metodas taikomas didelės storumės telkinių atsargoms apskaičiuoti, kai žvalgyimo gręžiniai išdėstyti lygiagrečiomis linijomis. Telkinio tūris apskaičiuojamas, darant pjūvius pagal gręžinių linijas ir esamus matmenis tarp pjūvių linijų bei naudingojo sluoksnio storumę.

**Izolinių metodas** gali būti taikomas kai telkinio naudingojo sluoksnio storumė brėžinyje atvaizduota izolinijomis. Ties kiekviena izolinija matuojamas jos apibrėžtas plotas ir padauginamas iš sluoksnio storio, kuris yra nurodytas tarp dviejų gretimų izolinių. Kiekviena izolinija atitinka tam tikrą telkinio sluoksnio aukštį. Susumavus visų sluoksnių tūrius, gaunamas viso telkinio tūris. Šis būdas patogus, kai telkinyje naudingosios iškasenos susiklosčiamas sluoksniais: tada galima apskaičiuoti atskirų nevienodų sluoksnių tūrius.

Apskaičiuojant telkinio dalių tūrius, naudingojo komponento kiekius ir kitus geologinius bei techninius rodiklius, duomenys surašomi į nustatytos formos lenteles. Taip sutvarkius duomenis lengviau sudaryti apibendrintus viso telkinio rodiklius, kurie turi būti įrašyti į žaliavų išteklius Valstybinių atsargų kadastrę, projektuojant ir statant žaliavų perdirbimo įmonę, naudojami telkinio eksploataavimo metu.

#### 4.5.4. Atsargų kiekio apskaičiavimas

Žaliavų atsargos apskaičiuojamos, kai baigta telkinio geologinė žvalgyba ir apibendrinti žvalgyimo metu gauti rezultatai. Skaičiavimais nustatomi tokie žaliavų telkinio rodikliai: tūris, masė, naudingojo komponento kiekis (pvz., stambios frakcijos kiekis, metalo kiekis rūdoje ir pan.). Taip pat apskaičiuojamas ir dangos tūris, kurį reikia nukasti atidengiant telkinį.

Atsargų tūriui apskaičiuoti naudojama tokia pagrindinė formulė:

$$V = S \cdot \bar{d}, \quad (4.3)$$

čia  $V$  – naudingųjų iškasenų telkinio tūris,  $m^3$ ;  
 $S$  – telkinio plotas,  $m^2$ ;  
 $\bar{d}$  – vidutinis telkinio storis, m.

Atsargų masė apskaičiuojama pagal tokią formulę:

$$Q = V \cdot \bar{\rho} = S \cdot \bar{d} \cdot \bar{\rho}, \quad (4.4)$$

čia:  $Q$  – atsargų masė, t;  
 $\bar{\rho}$  – vidutinis gamtinės žaliavos tankis,  $t/m^3$ .

Atskiro komponento kiekiui telkinyje apskaičiuoti taikoma tokia formulė:

$$P = Q \cdot C / 100, \quad (4.5)$$

čia  $P$  – naudingojo komponento kiekis telkinyje, t;  
 $C$  – naudingojo komponento koncentracija telkinyje, %.

Jei atsargas reikia apskaičiuoti kitokiais vienetais, tai atitinkamai pakeičiami pradiniai matavimo vienetai. Atsargų kiekis dažniausiai apskaičiuojamas dviem būdais: pagal blokus arba pagal pjūvius.

Pagal blokus skaičiuojama, kai telkinio erdvinė konfigūracija paprasta. Čia galima skirti tris skaičiavimo atvejus: vidutinį aritmetinį, geologinių blokų ir eksploatacinių blokų. Vidutinį aritmetinį būdą tikslinga taikyti tada, kai dar nesudarytas telkinio žvalgyimo tinklas ir nepakanka geologinių duomenų apie telkinio geologinę sandarą. Kai apie telkinį surenkama pakankamai duomenų ir kai iš viso telkinio galima išskirti vienalytės geologinės sandaros blokus, atsargų kiekis skaičiuojamas geologinių blokų metodu. Eksploatacinių blokų apskaičiavimo metodas nuo ankstesniųjų skiriasi tuo, kad čia atsargos apskaičiuojamos atsižvelgiant rekomenduojamą eksploataavimo tvarką.

Atsargos pagal blokus apskaičiuojamos tokia tvarka:

$$V = S \cdot \bar{d}, \quad (4.6)$$

čia  $V$  – apskaičiuojamo bloko tūris,  $m^3$ ;  
 $S$  – bloko projekcijos plotas,  $m^2$ ;  
 $\bar{d}$  – vidutinis naudingas sluoksnio storis, m.

Jeigu telkinys susiklostęs ne horizontaliai ir projekcijos plotas nesutampa su naudingo sluoksnio tikruoju plotu, tai formulės atitinkamai koreguojamos, įvertinant sluoksnio posvyrio kampą:

$$S = S' / \sin(90 - \alpha), \quad (4.7)$$

čia  $S$  – tikrasis telkinio (bloko) plotas,  $m^2$ ;  
 $S'$  – projekcijos plotas,  $m^2$ ;  
 $\alpha$  – kampas tarp horizontaliosios plokštumos ir naudingojo sluoksnio posvyrio plokštumos.

Pjūvių metodu atsargos apskaičiuojamos, kai naudingasis sluoksnis yra palyginti storas ir jo erdvinė konfigūracija sudėtinga, pvz., vamzdžio tipo, laužyta ir pan. Blokų tūriai aproksimuojami į geometrinius erdvinius kūnus (prizmes, pleištus, nupjautinės piramidės ir pan.) ir atitinkamai apskaičiuojami jų tūriai.

Atitinkamų rodiklių (tankio, storio, koncentracijos, drėgnumo ir kt.) vidutinės vertės apskaičiuojamos kaip vidutinės aritmetinės. Jeigu reikia, tai atitinkamai apskaičiuojami ir telkinyje esančių gretutinių komponentų kiekiai. Apskaičiavus atsargas atskiruose blokuose, atliekami apibendrinti viso telkinio atsargų skaičiavimai. Sudaromas viso telkinio balansas, susumuojamos blokų grupės pagal žaliavų ištyrimo kategorijas.

#### 4.5.6. Žaliavų nuostoliai ir jų apskaičiavimas

Žaliavų nuostoliai numatomi telkinio ruošimo eksploatuoti ir eksploatavimo stadijose. Nuostoliai klasifikuojami pagal tam tikrus požymius.

**Kiekybiniai nuostoliai** – tai ta žaliavos dalis, kuri visam laikui lieka neiškasta (telkinio kraštuose ar dugne) arba neišskirta iš uolienos, nukasama su dangos uoliena (lieka sąvartyne) ir kuri išsibarsto sandėliuojant arba transportuojant.

**Kokybės nuostoliai** – nuostoliai, kurie susidaro kasimo metu, kai žaliavoje dėl įvairių priežasčių mažėja naudingojo komponento kiekis, palyginti su vidutiniu telkinio naudingojo komponento kiekiu (telkinio krašte, kai patenka tuščiųjų padermių ir pan.).

**Projektiniai** –tai visi projekte numatyti nuostoliai.

**Nomatyviniai nuostoliai** – optimalūs naudingojo komponento eksploatavimo nuostoliai per visą telkinio (dalies, sluoksnio) eksploatavimo periodą. Šie nuostoliai nustatomi techniniais ekonominiais skaičiavimais, naudojant turimas kasybos ir perdirbimo priemones.

Žaliavos nuostoliai nustatomi tiesioginiais matavimais arba apskaičiuojami pagal galimą išgauti ir išgautą naudingą produktą. Nuostoliai procentais pagal išgautą naudingąjį produktą apskaičiuojami iš formulės:

$$Q_n = (q / Q) 100; \quad (4.8)$$

čia  $Q_n$  – žaliavos nuostoliai visame telkinyje arba jo dalyje, t arba  $m^3$ ;  
 $q$  – išmatuoti arba apskaičiuoti nuostoliai, t arba  $m^3$ ;

$Q$  – iškastos žaliavos kiekis, t arba  $m^3$ .

Netiesioginis žaliavos nuostolių nustatymo metodas taikomas, kai tiesioginiu būdu faktiškų nuostolių neįmanoma išmatuoti. Paprastai leistinieji išgauto komponento nuostoliai turėtų būti ne didesni kaip (5 – 10) %, arba (1 – 3) % visos iškastos žaliavos.

## **5. GAMTINIŲ MINERALINIŲ ŽALIAVŲ SAVYBĖS**

### **5.1. BENDROSIOS ŽINIOS**

Žaliavos technologiniai bandymai yra labai svarbus geologinių tyrimų etapas, nes jų metu nustatoma žaliavų kokybinė ir kiekybinė vertė. Bandymo tikslai: žaliavos kokybinių ir kiekybinių rodiklių vidutinių verčių nustatymas, naudingųjų komponentų ribų telkinyje nustatymas, taip pat mineraloginių, petrografinių, fizikinių, cheminių, mechaninių ir technologinių savybių įvertinimas, kitų klausimų sprendimas (gavybos apimtys planavimas, žaliavų panaudojimo sritys, kasybos ir perdirbimo specifika, galimi žaliavos nuostoliai, papildomai nustatomi kasybos ir perdirbimo stadijose, ir kt.).

Žaliavų savybių bandymą tikslingai skirti į dvi stadijas.

Pirmoji stadija vykdoma statybinių medžiagų žaliavų paieškos ir žvalgybos metu. Ją atlieka geologinė tarnyba savo pajėgomis arba geologų užsakytu bandymus gali atlikti specializuotos tos srities akredituotos laboratorijos. Šioje stadijoje nustatomi uolienuų susidarymo geologiniai periodai, supaprastinta petrografinė sudėtis ir pagrindinės fizikinės ir mechaninės savybės. Šių bandymų tikslas – nustatyti viso žaliavų telkinio arba jo dalies svarbiausias charakteristikas ir nurodyti galimas jų naudojimo sritis.

Antroji žaliavų bandymo stadija – kai telkinys pradedamas eksploatuoti ir pradedama gaminti atitinkamos paskirties produkcija. Iš geologinių aprašymų ir žemėlapių žinomos apytikrės telkinio išsidėstymo ribos, sluoksniuotumas ir žaliavos kokybė. Tačiau ši medžiaga parengta pagal žvalgyimo metu pasirinktą gręžinių tinklą, o pradėjus telkinį eksploatuoti, gali būti aptiktos didelės žaliavos kokybės ir kiekio neatitiktys ar jų slūgsojimo ribų netikslumai, kurie geologinės žvalgybos metu buvo nepastebėti, dėl per reto gręžinių tinklo. Norint užtikrinti gerą produkcijos kokybę, būtina nuolat tikrinti žaliavos ir produkcijos kokybę. Šioje stadijoje tikrinamos ne tik bendrosios savybės, bet ir specialiosios žaliavos ir produkcijos savybės pagal naudojimo paskirtį arba atitinkamus normų, standartų ir projektų reikalavimus.

Žaliavos ir produkcijos bandymai atliekami pagal Lietuvos nacionalinius (LST) ir Lietuvoje galiojančius Europos Sąjungos standartus (LST EN).

Bandymo metodika apima žaliavos imčių paėmimą, bandinių paruošimą, bandymą ir bandymo kontrolę, gautų rezultatų apdorojimą jų patikimumo apskaičiavimą pagal viso telkinio ar jo atskirų blokų tūrį. Taikomi tokie bandymo metodai: geologiniai (cheminiai, mineraloginiai, geofizikiniai), techniniai (tankis, stiprumas, poringumas, atsparumas šalčiui ir kt.), technologiniai (kasumas, transportuojamumas, perdirbamumas ir pan.), prekiniai (produkcijos sandėliavimo ir transportavimo, kokybės užtikrinimo sąlygos).

Žaliavų bandymai atliekami per visą geologinės žvalgybos laikotarpį ir periodiškai telkinio eksploatacijos metu. Žvalgybos metu nustatomas naudingojo produkto susiklostymas telkinyje, koncentracija, kenksmingų priemaišų tipas ir kiekis, o eksploatacijos metu atliekamais bandymais, tikslinami duomenys, kurie buvo pateikti geologinėse ataskaitose. Be to, šie bandymo rezultatai reikalingi žaliavų perdirbimo technologiniams procesams, produkcijos išėgai ir kokybei reguliuoti.

Nerūdinių medžiagų tinkamumas tam tikros paskirties statybos darbams, statybinių gaminių arba konstrukcijų gamybai įvertinamas laboratorijoje bandymais nustačius atitinkamus šių medžiagų reikalingų savybių rodiklius. Svarbiausi bandymo objektai – svarbiausių savybių rodiklių verčių: (mineralinės ir petrografinė sudėties, tankio, stiprio, vandens įmirkio, atsparumo šalčiui ir aplinkos poveikiams) nustatymas. Laboratoriniai medžiagų savybių bandymai atliekami pagal galiojančiuose standartuose nurodytas metodikas. Savybės apibūdinamos bendrųjų techninių reikalavimų ir bandymo metodų standartuose nurodytais rodikliais arba kategorijomis, pvz., stipris – MPa, vandens įmirkis – masės arba tūrio procentiniais vienetais, atsparumas dėvėjimuisi – kategorijomis ir pan.

Nerūdinių medžiagų savybių rodikliams nustatyti imami ėminiai, pagal kuriuos būtų galima objektyviai įvertinti tam tikrą medžiagos kiekį – partiją, siuntą, krūvą sandėlyje ir pan. Labai svarbu pasiekti savybių rodiklių pastovumo, t. y., esant nuolatinei gamybai, vienos rūšies produkcijos kiekvienos partijos visos savybės būtų vienodos. Šitaip vartotojams padedama užtikrinti jų produkcijos kokybės vienodumą. Produkcijos savybių vienodumas tikrinamas matematinės statistikos metodais.

Reikia atkreipti dėmesį, kad visose bandymo stadijose (pvz., svėrimo, matavimo, metodikos ir kt.) dėl įrenginių ir matavimo priemonių netobulumo, aplinkos sąlygų nevienodumo, subjektyvių veiksnių ir kitokių priežasčių gali pasitaikyti klaidų ir netikslumų.

Bandymo rezultatuose pasitaikančias klaidas galima skirti į tris grupes: sisteminės, atsitiktinės ir apsirikimus.

*Sisteminės klaidos* turi dėsningumo savybių, pvz., yra nesubalansuotos svarstyklės (visada rodo didesnę arba mažesnę masę), persislinkusi matavimo



prietaiso rodyklė ir pan. Tokias klaidas galima aptikti, atliekant atitinkamą patikrą, o gautus rezultatus pataisyti.

*Atsitiktinės klaidos* pasireiškia nuokrypiais nuo tikrosios matavimo vertės vienodai į didesniąją arba mažesniąją pusę. Šios paklaidos įtaka gali būti sumažinama, atliekant pakankamą, standartų nurodytą, matavimų skaičių.

*Apisirkimai* – tai rezultatai, gerokai besiskiriantys nuo įprastai gaunamų. Tokie rezultatai turi būti patikrinami. Skaičiuojant vidutinę vertę, klaidingi rezultatai atmetami.

## **5.2. UOLIENŲ IR IŠ JŲ PAGAMINTŲ STATYBINIŲ PRODUKTŲ SAVYBIŲ KLASIFIKACIJA**

Pagal naujus Europos standartus statybinių mineralinių medžiagų (akmens, skaldos, žvyro ir pan.) savybės ir jų nustatymo metodai skirstomos į tokias grupes:

- a) fizikinės savybės (savitasis tankis, tūrinis tankis, piltinis tankis, poringumas, vandens įgeriamumas, traukiamasis, brinkimas ir pan.);
- b) mechaninės savybės (stiprumas, tamprumas, skalumas, atsparumas smūgiams, atsparumas dėvėjimuisi ir pan.);
- c) geometrinės savybės (granulimetrinė sudėtis, dalelių ir jų paviršiaus forma, smulkiųjų dalelių kiekis);
- d) cheminės savybės (cheminė sudėtis, atsparumas cheminiams poveikiams, sąveika su aplinka, tirpumas);
- e) savybės apibūdinančios ilgaamžiškumą (atsparumas šalčiui, atsparumas dūlėjimui ir kitiems atmosferos poveikiams).

Šių savybių bandymo rodikliai nustatomi akredituotose nerūdinių medžiagų bandymo laboratorijose, o gautieji bandymo rezultatai apdorojami atitinkamuose standartuose nurodytais metodais (nerūdinių medžiagų bandymo standartų pavadinimai nurodyti šios knygos prieduose).

## **5.3. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ BENDRIEJI BANDYMO METODAI**

### **5.3.1. Medžiagos ėminio paėmimas ir paruošimas bandymui**

Ėminys – tai tam tikras mineralinės žaliavos ar iš jos pagamintos produkcijos kiekis, imamas tos žaliavos ar produkcijos savybėms nustatyti. Žvalgymo ir žaliavų perdirbimo metu yra atrenkami būdingi žaliavos ar produkcijos ėminiai. Jie atitinkamai grupuojami, vidurkinami, sumažinami ir nustatomi reikalingi jų savybių rodikliai. Ėminiai pagal paėmimo būdą ir paskirtį skirstomi taip:

- *vienetinis ėminys* – iš vieno grėžinio arba iškastos žaliavos, arba iš vienos partijos produkcijos vienu kartu paimtas medžiagos kiekis;
- *suminis ėminys* – ėminys sudarytas iš vienetinių ėminių, paimtų tuo pačiu metu arba sukauptų per tam tikrą laikotarpį;
- *reprezentatyvusis ėminys* – suminis ėminys, paimtas pagal iš anksto sudarytą planą ir atstovaujantis tam tikram pasirinktam žaliavų ar produkcijos kiekiui;
- *dalinis ėminys* – ėminio dalis, atskirta iš suminio ar vienetinio ėminio standartų nurodytu dalijimo būdu;
- *laboratorinis ėminys* – dalinis ėminys laboratoriniam bandymui atlikti.

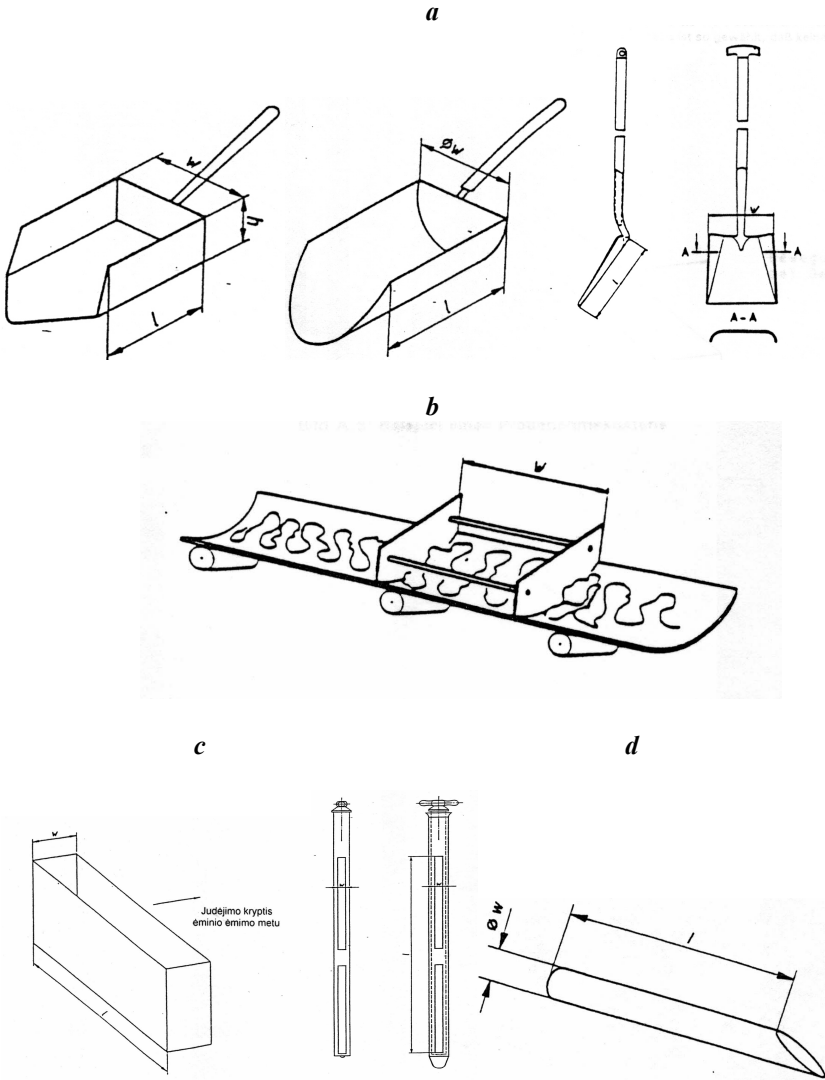
Priklausomai nuo žaliavų ar produkcijos atmainos žvalgymo ar gamybos metu bandymams atrenkami nuo 1 kg iki 100 kg ėminiai.

Ėminiai gali būti imami taškiniu būdu (iš kasinio), linijiniu būdu (iš ilgo griovio), ploto būdu (iš tam tikro ploto) ir tūrio būdu (iš tam tikro ploto ir skirtingo gylio). Priklausomai nuo dydžio ėminys gali būti paimamas rankiniu būdu, iš grėžinio, kasant žemės darbų mašinomis arba specialiais prietaisais. Birių medžiagų ėminiai imami specialiais vamzdiniais ėmikliais. Iš krūvos gali būti imama tam skirtais kastuvais arba kitais standartuose nurodytai prietaisais, (6.1 pav.). Ėminiui paimti naudojamos standartinės priemonės: specialūs vamzdiniai ėmikliai, tam tinkami vamzdžiai, semtuvai, kastuvai, ėmimo rėmai, tam skirtos dėžės ir kitos pagalbinės priemonės.

Ėminys gali būti imamas nuo nejudančios transporterio juostos, byrant medžiagai iš latako arba nuo juostos, iš pneumatinio transporto linijos, iš pakuočių, kaušinio krautuvo, iš krūvos, iš transporto priemonių (vagonų, sunkvežimių, laivų ir kt.) (5.1 pav.).

Žaliavos ėminių bandymo rezultatai turi atstovauti visam telkiniui arba atitinkamai jo žvalgomajai daliai ir turi būti pakankamai objektyvūs, t. y. atitikti žvalgomųjų uolienu fizikinių ir mechaninių savybių rodiklius.

Tinkamas, kruopštus ėminio paėmimas ir transportavimas leidžia gauti patikimus rezultatus, o tinkamų ėmimo priemonių taikymas padeda išvengti klaidingų ėminių. Kai ėminys sudaromas iš nevienalytės partijos įvairių vietų imant tinkamą pavienių ėminių skaičių, paklaidą galima sumažinti iki priimtino dydžio. Kai gamybos metu produkcija homogenizuojasi, didelis vienkartinis ėminys gali reprezentuoti visą nustatytą produkcijos kiekį.



5.1 pav. Prietaisai ėminiui paimti:

a – samteliai ir kastuvai; b – ėminio paėmimo nuo transporterio juostos dėžė; c – ėminio sudėjimo dėžė; d – ėmimo vamzdžiai.

Pavieniai ėminiai imami atsitiktinumo principu iš atskirų vertinamos medžiagos, kuriai turi atstovauti ėminys dalių.

Jungtinio ėminio mažiausią masę rekomenduojama apskaičiuoti pagal formulę:

$$M = 6 \times \sqrt{D} \times \rho_p, \quad (5.1)$$

čia:  $M$  – ėminio masė, kg;  
 $D$  – didžiausių dalelių skersmuo, mm;  
 $\rho_p$  – piltinis tankis, Mg/m<sup>3</sup>.

Kai tikrinamas didelis medžiagos kiekis, sumaišius reikiamą kiekį pavienių ėminių, paimtų pagal jungtinio ėminio ėmimo planą, sudaromas jungtinis ėminys. Ėminio planas turi būti sudarytas atsižvelgiant į dalelių stambumą, partijos pobūdį ir dydį, vietines sąlygas ir ėminio ėmimo tikslą. Ėminys ir ėmimo sąlygos turi būti aprašyti pagal standartuose nurodytą metodiką.

Smulkios nerūdinės medžiagos byrėdamos į prizmės formos krūvas, daugiau ar mažiau segreguojasi, t. y. skirtingose krūvos vietose būna skirtingo stambumo. Todėl iš tokios krūvos, kurios pagrindas artimas apskritimui ir kurioje nepastebima ryškių sluoksniavimosi pėdsakų, imamą ėminių reikia sudaryti taip, kad iš apatinio trečdaliao pavienių ėminių būtų paimta 19 kartų daugiau, o iš vidurinio trečdaliao – 7 kartus daugiau negu iš viršutinio trečdaliao. Tokius pavienius ėminius sumaišius gaunamas apytikriai vidutinis jungtinis ėminys.

Kai reikia įvertinti nerūdinių medžiagų, kurios yra stambių gabalų pavidalo, savybes, bandymui atrenkamas pagal standartuose nurodytą metodiką tam tikras visai medžiagai būdingų vienetinių gabalų kiekis (masė arba skaičius), pagal kurį būtų galima įvertinti visą kontroliuojamos medžiagos kiekį.

Gamybos sąlygomis pagaminta produkcija skirstoma partijomis. Gaminamos produkcijos ėminys turi atstovauti tikrinamos produkcijos, kuri yra gamintojo ar tiekėjo sandėlyje, arba siunčiamos medžiagos partijos kiekiui. Dažniausiai vertinamas tam tikras medžiagos kiekis – partija.

**Medžiagos partija** – tai per pasirinktą gamybos ciklą pagaminto vienodų savybių produkto nustatytas kiekis: siunta arba jos dalis – vagonas, laivas, sandėlyje – krūva; gali būti vertinamas ir kitoks sutartas medžiagos kiekis. Priklausomai nuo medžiagos atmainos partijai gali būti priskiriama gana didelė produkcijos dalis (nuo 10 t iki 5000 t). Iš partijos medžiagos bandymui dažniausiai imamas suminis ėminys iš sandėlio, transporto priemonės (automobilio, vagono, laivo), taikant atsitiktinių skaičių ar kitus atsitiktinio ėmimo būdus.

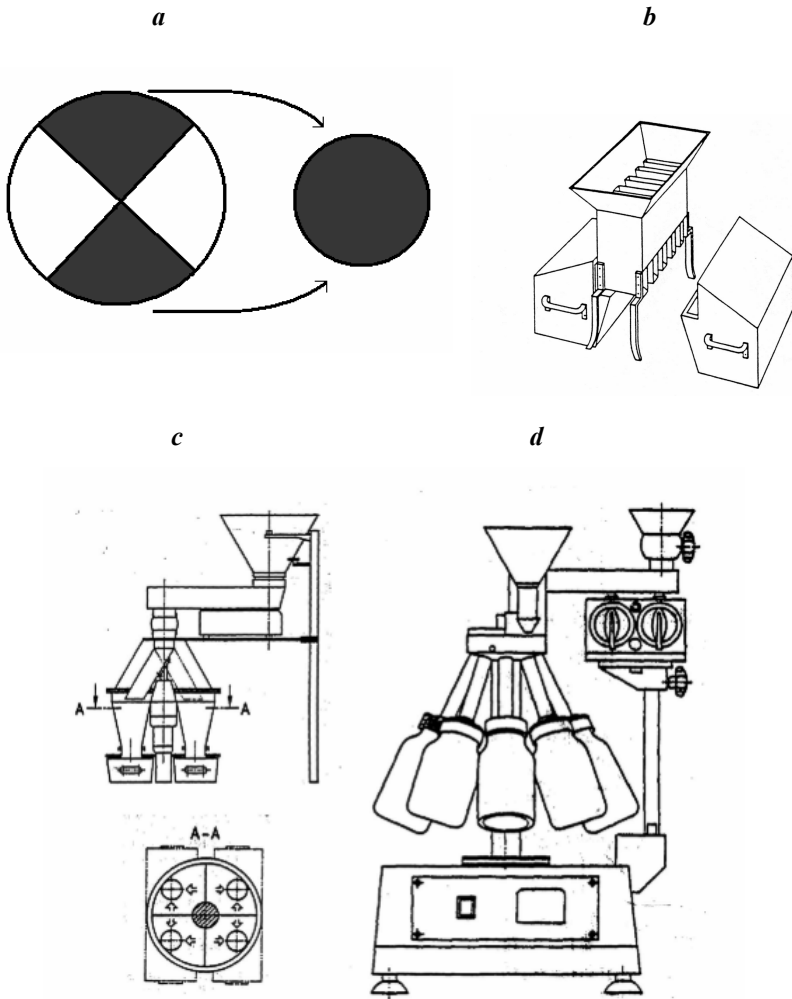
### 5.3.2. Ėminio paruošimas bandymui

Ėminys, pristatytas į laboratoriją, turi būti kruopščiai patikrinamas ir atitinkamai paruošiamas bandymui. Pagal tos medžiagos bandymo standartą jis gali būti plaunamas, džiovinamas, smulkinamas, sijojamas, dalijamas į dalis arba kitaip paruošiamas. Įranga, naudojama bandiniui paruošti, turi atitikti standartų reikalavimus ir metrologiškai patikrinta.

Ėminys bandymui turi būti ruošiamas taip, kad nepakistų tos medžiagos bandomos savybės, kurių kokybinius rodiklius reikia nustatyti. Paprastai iš vieno ėminio paruošiama tiek bandinių, kad galima būtų išbandyti reikiamas savybes ir palikti dalį ėminio, jei dėl kokių nors priežasčių bandymus reikėtų pakartoti arba kiltų abejonių dėl bandymo rezultatų atitikties visam bandomosios medžiagos kiekiui arba rezultatų patikimumo. Jei pastebima, kad bandinių ruošimo metu kuri nors savybė gali būti pakitusi, bandymui ruošiamas kitas bandinys.

Bandant birias nerūdines medžiagas, labai svarbu paruošti atskirus pavienius bandinius, kurių savybės būtų vienodos tarpusavyje ir atitiktų viso bandomosios medžiagos kiekio savybes. Todėl ėminių reikia ypač kruopščiai dalyti į vienodos kokybės bandinius. Tam tikslui naudojami specialūs standartiniai rankinio ir mechaninio dalijimo prietaisai (5.2 pav.). Dalijimo metodikos ir padalijimo tikslumai nurodyti standartuose.

Ruošiant bandinius, svarbu, kad jie nebūtų užteršiami kitomis pašalinėmis medžiagomis ir nebūtų prarasta kuri nors medžiagos dalis. Kai kurių savybių rodiklius galima nustatyti tiriant vieną ir tą patį bandinį, pvz., tiriant vieną bandinį galima nustatyti: petrografinę ir mineralinę sudėtį, piltinį tankį, dalelių tankį, vandens įmirkį ir pan.



5.2 pav. Ēminio dalijimo prietaisų schemas ir paskirtis:

a – dalinimas ketvirčiavimo būdu; b – lovelinis dalytuvas;  
 c – stambių užpildų mechaninis dalytuvas; d – smulkiųjų užpildų  
 mechaninis dalytuvas.

### 5.3.3. Petrografinės ir mineraloginės sudėties nustatymas

Aprašant iš ėminio paimtų uolienu petrografinę ir mineraloginę sudėtį, turi būti nurodoma jų genetinė kilmė, kurios apytikriai būtų galima spręsti apie jų fizikines ir mechanines savybes. Kaip žinoma, uolienos pagal susidarymo sąlygas skirstomos į tris pagrindines grupes: magmines, nuosėdines ir metamorfines.

Magminės uolienos susidarė žemės paviršiuje arba jos gelmėse. Gelmėse susidariusios uolienos gali būti skirstomos į dvi grupes: gelmines ir išsiliejusias. Gelminės uolienos, susikristalizavusios gelmėse, sudaro didelius masyvus, jų struktūra stambiakristalė, kristalai matomi plika akimi. Išsiliejusios uolienos, susidariusios arčiau žemės paviršiaus, slūgso mažesniais masyvais, jų struktūra smulkiakristalė. Jos paprastai būna tankios ir stiprios, todėl naudojamos kaip gamtinis akmuo ir iš jų gaminama skalda. Ekstruzinės arba vulkaninės uolienos susidarė iš lavos žemės paviršiuje, jų struktūra smulkiakristalė arba stikliška. Jos yra poringos ir mažesnio stiprumo.

Nuosėdinės uolienos susidarė iš magminių dūlėjimo bei erozijos produktų. Šios uolienos susikaupė arba yra sunęstos ir slūgso klodais žemės paviršiuje. Nuosėdinės uolienos gali būti purios arba susicementavusios gamtiniais cementais. Šios uolienos dažnai būna nevienalytės, sluoksniuotos arba susiklosčiusios lęšiais. Birios plačiai naudojamos keliams, betonams ir skiediniams, o susicementavusios skaldai arba kaip žaliava statybinių medžiagų gamybai.

Metamorfinės uolienos tai tos pačios gelminės arba nuosėdinės uolienos, kurių sudėtis ir struktūra yra pasikeitusi dėl Žemės plutoje atsiradusios aukštos temperatūros ir (arba) didelio slėgio. Metamorfinių uolienu struktūra yra anizotropinė. Jų savybės panašios kaip tų uolienu, iš kurių jos yra susidariusios.

Pagal petrografinę sudėtį ir mineralų analizės duomenis apytikriai galima prognozuoti daugumos nerūdinių medžiagų savybes. Skalda, pagaminta iš vienodų uolienu, apibūdinama pagal petrografinę sudėtį, nurodant kiekį kitokių (rūdingų, sieringų, reaktingų ir pan.) įsimašiusių mineralų, kurie gali būti kenksmingi arba reaguojantys su cimente esančiais šarmais, jei tokia skalda naudojama betonams.

Skaldos, pagamintos iš įvairios sudėties uolienu, taip pat žvyro, žvirgždo ir žvirgždo skaldos, petrografinė sudėtis apibūdinama šias medžiagas sudarančių mineralų kiekiais.

Petrografinė sudėtis nustatoma vizualiai arba optiniais prietaisais. Mineralinei sudėčiai nustatyti gali būti taikomi ir cheminės analizės metodai arba gaminami šlifai mikroskopinei analizei. Skalda arba žvyras sijojami per standartinius sietus, kad daleles pagal stambumą būtų galima suskirstyti į standartinės frakcijos. Kiekvienos frakcijos dalelės atrenkamos į vienodos

mineralinės sudėties grupes ir nurodomos atskirų frakcijų ir viso bandomos medžiagos kiekio procentinės masės.

Aprašant nerūdinių medžiagų petrografinę sudėtį, turi būti vartojami standartuose nurodyti terminai.

Uolienų aprašymas gali būti neišplėstas ir išplėstas. Neišplėstame aprašyme nurodoma tik uolienų kilmė, pvz., nuosėdinės (silikatinės ir karbonatinės), magminės, išsiliejusios, vulkaninės, metamorfinės. Išplėstame aprašyme nurodoma ne tik uolienų kilmė, bet ir jų pavadinimai ir procentiniai kiekiai, pvz.:

magminės – granitas, sienitas, grandioritas, dioritas, gabras;

magminės išsiliejusios – doleritas, diabazas;

vulkaninės – riolitas, trachitas, andezitas, dacitas, bazaltas;

nuosėdinės nuotrupinės – smiltainis, konglomeratai, brekčija, arkozė, pilkasis smiltainis, kvarcitas, skalūnas, molio skalūnas;

nuosėdinės cheminės ir biogeninės – klintis, kreida, dolomitas, titnagas;

metamorfinės – amfibolitas, gneisas, raginukė, kalcitinis/dolomitinis marmuras, serpentinitas, kristališkasis skalūnas, molio skalūnas, milonitas;

uolienas sudarantys pagrindiniai mineralai: kvarcas, feldšpatas, žerutis kalcitas ir kt.; kriauklių nuolaužos ir jų kiekiai.

Jei uolienos naudojamos užpildams, standartai rekomenduoja nurodyti jų sudėtį. Kai medžiagoje yra daugiau kaip 50 % vienos uolienos, ši medžiaga pavadinama jos vardu, pvz., kvarcinis smėlis, nes jame yra daugiau kaip 50 % kvarco dalelių, arba bazaltinis žvirgždas, nes jame yra daugiau kaip 50 % bazalto dalelių. Jei medžiagoje nėra vyraujančios uolienos arba mineralo, medžiaga yra vienodai „heterogeniška“, tai ją galima pavadinti pagal sudėtinės dalis, pvz., heterogeniškas kvarco ir feldšpato smėlis arba heterogeniškas silikatinis žvyras ir pan.

#### **5.3.4. Bandymo įranga ir jos kalibravimas**

Nerūdinių medžiagų bandymui naudojami prietaisai turi būti tokio tikslumo, koks nurodytas jų gamybos ir bandymo standartuose. Šie prietaisai traktuojami kaip atitinkamo tikslumo klasės matavimo priemonės. Medžiagų bandymo standartuose yra nurodytas reikalaujamas atskirų savybių rodiklių matavimo tikslumas. Visais atvejais matavimo priemonės tikslumas turi būti ne mažesnis už medžiagos bandymo standarte nurodytą matuojamojo rodiklio matavimo tikslumą. Tikslumui palaikyti eksploatacijoje metu matavimo priemonės periodiškai kalibruojamos.

**Kalibravimas** – matavimo priemonės visos skalės ir etalono rodmenų atitikimo patikrinimas sistemingsiomis paklaidoms įvertinti ir, esant reikalui, kalibruojamos matavimo priemonės skalės padalos vertei patikslinti.



Kalibruojant tikrinamas priemone matuojamų linijinių matmenų tikslumas ir sistemingosios paklaidos, kurios nurodytos matavimo priemonę pagaminusios firmos pase. Tikrinant medžiagų masės matavimo priemones, laikomasi standartuose nurodyto tikslumo. Užrašant į žurnalą, jei nenurodyta kitaip, masės matavimo priemonės tikslumas apvalinamas iki  $\pm 1\%$  nustatytosios masės.

Įrenginių ir matavimo priemonių dėvėjimosi metu tikslumo tolerancijų pakitimas priklauso nuo eksploataavimo sąlygų. Jos neturi būti didesnės už leistiną nuokrypį, jei nenurodyta kitaip.

Nerūdinių medžiagų bandymo įranga metrologiškai tikrinama ir kalibruojama Vyriausybės nustatytu periodiškumu arba medžiagų bandymo standartuose nurodytu dažnumu.

Laboratorijose dažniausiai naudojamos tokios matavimo priemonės:

- masei matuoti – svarstyklės ir svarsčiai;
- temperatūrai matuoti – termometrai ir termoporos;
- ilgiui matuoti – plieninės liniuotės, slankmačiai, mikrometrai, indikatoriai;
- laikui matuoti – specialūs, kartais sieniniai, laikrodžiai ir laikmačiai, kurių tikslumas ne mažesnis kaip 1 s;
- tūriui matuoti naudojami stikliniai tūrio matuokliai, kurie turi atitikti A arba B tikslumo klasę, ir specialūs tūrio matavimo indai;
- džiovinimo krosnyse turi būti įrengti termoregulatoriai, kuriais galima būtų reguliuoti ir palaikyti temperatūrą  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  tikslumu (kiekvienos krosnies temperatūros reguliavimo ir rodymo įranga turi atitikti reikalaujamas ribas ir tikslumą);
- dalelių stambumui matuoti naudojami analizinių sietų rinkiniai, kurie turi atitikti Europos ir ISO standartus (metrologiškai tikrinamas kiekvienas sietas atskirai).

Bandymams naudojama pagalbinė įranga, kuri gali palengvinti rankų darbą ir padeda išvengti bandymo paklaidų dėl subjektyvių personalo savybių. Sijotuvai, kuriuose tvirtinami analiziniai sietai, turi būti įrengti taip, kad sijojimo metu bandomoji medžiaga galėtų judėti visame sieto plote. Eksikatoriai ir eksikatorinės krosnelės turi turėti priešlifuitus ir oro nepraleidžiančius dangčius. Butelių vartytuvai ir vartymo būgnai sudėtus indus (butelius) turi nustatytą trukmę nustatyti greičiu kratyti arba vartyti. Kaitinimo prietaisai turi būti įrengti pagal saugaus darbo taisykles.

Bandymo įrangą metrologiškai pagal sudarytą grafiką tikrina akredituotos metrologinės patikros įstaigos. Tarpines patikras gali atlikti pačios bandymo laboratorijos, turinčios patikrintus darbinius tikslumo patikros ir kalibravimo etalonus, kurių tikslumas didesnis nei tikrinamos matavimo priemonės. Darbiniai etalonai turi būti saugojami tam skirtose patalpose. Su jais leidžiama dirbti tik specialiai parengtam personalui.

Kilus įtarimui, kad prietaiso arba matavimo priemonės tikslumas nepakankamas, jis turi būti tuojau pat metrologiškai tikrinamas. Kiekvienas įrenginys turi būti metrologiškai tikrinamas po einamojo ar kapitalinio remonto. Su metrologiškai nepatikrinta įranga atlikti bandymų neleidžiama.

## 5.4. FIZIKINIŲ SAVYBIŲ BANDYMO METODAI

### 5.4.1. Tankio (savitojo, tūrinio, piltinio, santykinio, mikroužpildų) nustatymas

Bendruoju atveju medžiagos tankis – tai medžiagos vienetinio tūrio masė, paprastai išreiškiama kilogramais kubiniame metre ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) arba megagramais kubiniame metre ( $\text{Mg}/\text{m}^3$ ). Natūralios medžiagos gali būti tankios, poringos, birios, sutankintos, purios, sausos, drėgnos, įmirkusios arba kitokios būsenos. Jų tankis visada priklauso nuo būsenos. Todėl kalbant apie medžiagos tankį, būtina nurodyti jos būseną. Standartuose pateikti tokie tankio apibūdinimai: savitasis tankis, tūrinis tankis, piltinis tankis ir santykinis tankis. Priklausomai nuo medžiagos būsenos taikomas atitinkamas jos tankio nustatymo būdas. Medžiagos tankiai nustatomi ir jų skaitinės vertės apskaičiuojamos pagal standartų nurodytą metodiką.

Uolienoms ir iš jų pagaminti produkcijai yra būdingos keturios tankio vertės: savitojo tankio, tūrinio tankio, piltinio tankio ir santykinio tankio. Šios sąvokos apibūdina skirtingos būsenos medžiagos tankį. Techniniams skaičiavimams visos tankio vertės yra reikalingos, o gamyboje dažniausiai reikalingos tūrinio ir piltinio tankio vertės, nes pagal jas apskaičiuojami sandėlių plotai, transporto priemonių poreikiai ir kai kurie perdirbimo įrenginių parametrai.

#### 5.4.1.1. Savitasis tankis

Savitasis tankis yra absoliučiai tankios (be porų) medžiagos tūrio vieneto masė. Medžiagų savitasis tankis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) arba ( $\text{Mg}/\text{m}^3$ ) nustatomas laboratorijoje ir išreiškiamas medžiagos masės  $m$  ir jos absoliutinio tūrio  $V_a$  santykiu ir apskaičiuojamas pagal (5.1) formulę:

$$\rho_0 = m / V_a \quad (5.1)$$

čia  $\rho_0$  – medžiagos savitasis tankis,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  
 $m$  – medžiagos masė, kg;  
 $V_a$  – absoliučiai tankios medžiagos tūris,  $\text{m}^3$ .

Uolienos yra daugiau ar mažiau poringos, todėl nustatant savitąjį tankį, jos smulkiai sumalamos, kad neliktų porų. Miltelių tūris išmatuojamas specialiu tūrio matuokliu pagal jų išstumto vandens (ar kito skysčio) tūrio pokytį.

Kitas būdas – sveriant piknometrą su milteliais ir vandeniu, o po to sveriant piknometrą tik su vandeniu. Savitasis tankis apskaičiuojamas pagal piknometro su milteliais ir vandeniu (arba kitu skysčiu) ir piknometro tik su vandeniu masių skirtumą. Absoliučiai tankios uolienos tūrį galima išmatuoti žinomais būdais, jos nesusmulkinus.

Savitąjį tankį galima nustatyti standartiniu prietaisu – piknometru pagal masių skirtumą. Medžiaga išdžiovinama iki pastoviosios masės ( $100 \pm 10$ ) °C temperatūros aplinkoje, atvėsinama iki ( $25 \pm 0,1$ ) °C. Tankiui nustatyti naudojamas vanduo arba kitoks su medžiaga nereaguojantis ( $25 \pm 0,1$ ) °C skystis.

Nustačius savitąjį tankį piknometru, jo skaitinė vertė apskaičiuojama pagal (5.2) formulę:

$$\rho_0 = \frac{m_1 - m_0}{V}, \quad (5.2)$$

čia:  $m_1$  – piknometro su vandeniu ir supilta medžiaga masė, g;  
 $m_0$  – piknometro su vandeniu masė, g;  
 $V$  – piknometro tūris, ml.

Savitojo tankio vienetinio bandymo skaitinė vertė iš trijų bandymų priimtinių rezultatų apskaičiuojama  $0,001 \text{ Mg/m}^3$  tikslumu.

Uolienu savitasis tankis yra fizikinis rodiklis ir dažniausiai naudojamas apskaičiuojant medžiagų poringumą, santykinį tankį ar kitas fizikines technines charakteristikas. Tos pačios kilmės medžiagų savitasis tankis skiriasi nedaug – uolienu jis yra ( $2200\text{--}3300$ )  $\text{kg/m}^3$ . Uolienu, kuriose yra metalų priemaiša, savitasis tankis didesnis proporcingai metalo kiekiui. Didžiausias tankis būna tų medžiagų, kurių cheminėje sudėtyje yra sunkiųjų metalų, dažniausiai geležies, švino ir kt. Pavyzdžiui, barito uolienos ( $\text{BaSO}_4$ ) tankis yra  $4500 \text{ kg/m}^3$ .

Savitasis tankis yra svarbi savybė, tačiau praktikoje jis naudojamas tik apskaičiuojant medžiagų poringumą arba tuštymėtumą.

#### 5.4.1.2. Tūrinis tankis

Tūrinis tankis yra natūralios būsenos medžiagos tūrio vienetui masė,  $\text{kg/m}^3$ . Tai labai svarbus ir dažnai vartojamas rodiklis. Kartais ši tankio kategorija technikoje vadinama tiesiog uolienos ar medžiagos dalelių tankiu. Uolienos ar jos dalelės tūrinis tankis apskaičiuojamas nustačius jos masę ir tūrį iš (5.3) formulės:

$$\rho_t = m/V, \quad (5.3)$$

čia  $\rho_t$  – medžiagos tūrinis tankis, kg/m<sup>3</sup>;  
 $m$  – medžiagos masė, kg;  
 $V$  – medžiagos tūris, m<sup>3</sup>.

Medžiagos tūrinis tankis, kaip fizikinis rodiklis, nustatomas išdžiovinus ją iki pastoviosios masės (100 ± 10) °C temperatūros aplinkoje. Tačiau, jei reikia, gali būti nustatomas ir kitokios būsenos, pvz., orausausės, įdrėkusios, įmirkusios vandenyje arba kitokiame skystyje ir pan., medžiagos dalelės arba gaminio tankis.

Taisyklingos geometrinės formos kūno tūris išmatuojamas linijinio matavimo priemonėmis. Netaisyklingos geometrinės formos kūno tūris nustatomas pagal jo išstumto vandens arba kitokio skysčio tūrį. Grūdelių arba gabalinių nerūdinių medžiagų tūrinis tankis nustatomas specialiais piknometrais arba stikliniais matavimo cilindrais, kuriais galima pasiekti standartų nurodytą rezultatų tikslumą. Kitas tūrinio tankio nustatymo būdas – kai medžiaga sveriamą vandenyje arba kitokiame skystyje. Jos tūrinis tankis apskaičiuojamas pagal kūno masės palengvėjimo skystyje dėsnį.

Tam tikros būsenos nerūdinių medžiagų tūriniam tankiui nustatyti standarte yra nurodyti keli metodai, atitinkantys medžiagų būseną:

***išdžiovintų medžiagos dalelių tūrinis tankis***, kaip medžiagos fizikinis ir techninis rodiklis, naudojamas kitoms medžiagos savybėms, pvz., įdrėkimui, įmirkimui ir kt. įvertinti;

***tariamasis dalelių tūrinis tankis*** – krosnyje išdžiovintų dalelių masės ir tūrio, kuri jos užima vandenyje, įskaitant jose esančias uždaras poras, santykis;

***orausausės medžiagos tūrinis tankis*** – techninis rodiklis, dažniausiai naudojamas parenkant gabenimo priemones, sudarant medžiagų kompozicijas ir kt.;

***įmirktų nusausinto paviršiaus medžiagos dalelių tūrinis tankis*** – svarbus rodiklis, kuris naudojamas kitoms savybėms įvertinti, pvz., vandens įmirkiui, iš kurio galima spręsti apie medžiagos atsparumą šalčiui, atvirąjį ir uždarąjį poringumą, laidumą vandeniui ir kt.

Priklausomai nuo dalelių stambumo ir tankio tūriniam tankiui nustatyti taikomi keli metodai:

vielos krepšelio metodas – dalelėms nuo 31,5 mm iki 63 mm;

piknometro metodas – dalelėms nuo 4 iki 31,5 mm ir dalelėms nuo 0,063 mm iki 4 mm;

stambių uolienos gabalų, įmirktų iki pastoviosios masės, metodas;

poringų medžiagų dalelių tūrinio tankio nustatymas.

Dalelių tūriniai tankiai ( $\rho_a$ ,  $\rho_{td}$ , ir  $\rho_{ssd}$ )\* (\*žymėjimai pagal standartą) megagramais kubiniame metre apskaičiuojami pagal tokias formules:

$$\text{sausų dalelių tankis } \rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}, \quad (5.4)$$

$$\text{tariamasis tankis } \rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}, \quad (5.5)$$

įmirkytų vandenyje ir nusausinto paviršiaus dalelių tankis

$$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}, \quad (5.6)$$

čia  $M_1$  – įmirkyto ir ore nusausinto paviršiaus medžiagos dalelių masė, g;  
 $M_2$  – krepšelio su įmirkytomis dalelėmis tariamoji masė vandenyje, g;  
 $M_3$  – tuščio krepšelio tariamoji masė vandenyje, g;  
 $M_4$  – krosnyje išdžiovinto bandinio masė ore, g;  
 $\rho_w$  – vandens tankis, atitinkantis temperatūrą ( $M_2$ ) nustatymo metu,  $\text{Mg/m}^3$ .

Stambių uolienos gabalų, kurių masė ne mažesnė kaip 150 g, įmirkytų iki pastoviosios masės, tūrinis tankis nustatomas vielos krepšelio metodu. Geležinkelio balasto medžiagos bandymui atrenkama 10 būdingų gabalų, kurių dydis nuo 40 mm iki 50 mm arba nuo 50 mm iki 63 mm. Kiekvieno gabalo masė turi būti ne mažesnė 150 g, bet ne didesnė kaip 350 g.

Poringų medžiagų dalelių tūrinis tankis, nustatomas tais pačiais metodais kaip ir sunkiųjų uolienu, tik kai dalelės neskęsta vandenyje, jos dedamos į vielos krepšelius su dangteliais, kad neišplauktų poringos dalelės. Įmirkant medžiagas, vandens sluoksnis virš dalelių turi būti ne plonesnis kaip 50 mm.

Medžiagos masė nustatoma sveriant reikiamo tikslumo svarstyklėmis. Dalelių tūrinis tankis iš trijų bandymų nustatomas  $0,01 \text{ Mg/m}^3$  tikslumu.

Uolienos ar iš jų pagaminta produkcija gali būti sausas, orausausės, drėgnos ar įmirkusios, todėl jų tūrinis tankis priklauso nuo įdrėkimo laipsnio. Normatyvinėje literatūroje paprastai nurodomas sausas medžiagos tūrinis tankis. Uolienos, kurių tankis mažesnis kaip  $2000 \text{ kg/m}^3$ , laikomos lengvomis, kurių tankis nuo  $2000 \text{ kg/m}^3$  iki  $3000 \text{ kg/m}^3$ , vadinamos normalaus tankumo, o kurių tankis didesnis kaip  $3000 \text{ kg/m}^3$ , vadinamos sunkiomis. Analogiškai vadinami ir užpildai, pagaminti iš šių uolienu: lengvieji, normalieji ir sunkieji. Kai medžiaga drėgna arba įmirkusi, jos tankis atitinkamai didesnis.

Uolienu tūrinis tankis yra labai nevienodas. Jis daugiausiai priklauso nuo medžiagos kilmės ir poringumo. Skaldos dalelių tankis ne visuomet sutampa su uolienos, iš kurios ji pagaminta, tankiu. Esant toms pačioms sąlygoms, jis gali būti toks pat arba didesnis. Skaldos tankio padidėjimą galima paaiškinti tuo, kad trupinama uoliena trūkinėja per silpniausias vietas, tai yra per tuštumas, plyšius

ir poras. Skilinėjimo plokštumose esančios tuštumos, poros ir plyšiai išnyksta, lieka tik atviros įdubos dalelių paviršiuose. Sumažėjus tuštumų, medžiagos tankis padidėja. Sutrupinus medžiagą, galima pasiekti, kad jos tūrinis tankis būtų lygus savitajam tankiui.

Iš tūrinio tankio galima spręsti apie medžiagos poringumą, stiprumą, vandens įgeriamumą, ilgaamžiškumą ir kitas savybes. Specialioje literatūroje yra empirinių duomenų apie medžiagų stiprumo, šilumos imlumo, šilumos laidumo priklausomybę nuo jų tankio. Šios priklausomybės išreikštos koreliacinėmis kreivėmis arba matematinėmis formulėmis. Kaip pavyzdį galima parodyti, kaip nuo tankio priklauso karbonatinių uolienuų stipris:

Tūrinis tankis $\rho_p$ , kg/m <sup>3</sup>	Iki 2000	2000-2100	2100-2200	2200-2300	2300-2500	2500-2550	Daugiau kaip 2550
Stipris $R_{gn}$ , MPa	Iki 10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	Daugiau kaip 80

Kaip matyti iš pateiktų duomenų, artėjant tūriniam tankiui prie savitojo tankio, stiprumas gniuždamt labai padidėja. Šie empiriniai duomenys stiprumui apibūdinti yra orientaciniai ir gali būti vartojami tik apytikriam stiprumo įvertinimui. Konkrečiais atvejais reikėtų šią priklausomybę nustatyti eksperimentiniais tyrimais.

#### 5.4.1.3. Piltinis tankis

Piltinis tankis būdingas birioms medžiagoms (žvirgždui, skaldai, smėliui, mikroužpildui ir pan.). Šis rodiklis yra labai svarbus apskaičiuojant medžiagų sandėliavimo ir gabenimo talpyklių tūrius, gaminamų statybinių elementų mišinių sudėtis, klojant kelių paklotes ir daug kur kitur.

Piltinis tankis nustatomas taip: bandomoji medžiaga laisvai iš tam tikro aukščio supilama į specialų standartinį žinomos talpos indą ir pasverama. Iš masės ir tūrio santykio apskaičiuojamas birios medžiagos piltinis tankis:

$$\rho_p = m / V_p, \quad (5.7)$$

čia:  $\rho_p$  – piltinis tankis, kg/m<sup>3</sup> arba (g/cm<sup>3</sup>);  
 $m$  – medžiagos masė, kg arba (g);  
 $V_p$  – į indą supiltos medžiagos, tūris (lygus indo tūriui), m<sup>3</sup> arba (cm<sup>3</sup>).

Piltinio tankio vertė priklauso nuo medžiagos drėgnio, sutankinimo laipsnio, dalelių formos, granulimetrinės sudėties, dalelių ir matavimo indo geometrinių matmenų. Nustatant piltinį tankį, reikia naudotis atitinkamai

bandymo metodą reglamentuojančiais standartais. Labai svarbu parinkti tinkamos formos ir tinkamų matmenų matavimo indą, nes prie indo sienelių susidaro ne toks tankus, vadinamais, priesienio, sluoksnis dėl to, kad apskritos dalelės į indo sienelę atsiremia tašku ir negali tankiai susidėstyti. Siekiant išvengti pastebimos priesienio sluoksnio įtakos, indo skersmuo ir aukštis turi būti daugiau kaip 10 kartų didesni už bandomos medžiagos dalelių skersmenį. Piltiniam tankiui nustatyti standartinio indo tūris priklausomai nuo dalelių frakcijos stambumo parenkamas pagal (5.1) lentelę.

5.1 lentelė. **Mažiausias matavimo indo tūris, atsižvelgiant į užpildo stambumą**

Didžiausias medžiagos dalelių stambumas ( $D$ ), mm	Standartinio indo tūris, l
Iki 4 mm	1,0
Iki 16 mm	5,0
Iki 31,5 mm	10,0
Iki 63 mm	20

Jeigu piltinis tankis nustatytas ne pagal standartą, tai turi būti nurodytos bandymo sąlygos: indo tūris, sutankinimo laipsnis, drėgmė ir kt.

Smulkių mineralinių miltelių piltinio tankio vertė ypač daug priklauso nuo sutankinimo laipsnio. Sausi laisvai supilti milteliai dėl smulkiųjų dalelių paviršiaus molekulinį jėgų sąveikos yra labai purūs. Pagal standartus, be laisvai supiltų miltelių piltinio tankio, turi būti nustatytas ir supresuotų (iki 40 MPa slėgiu) miltelių tankis.

Piltinis tankis nustatomas, išdžiovinus medžiagą, esant  $(100 \pm 10)$  °C temperatūrai, iki pastoviosios masės, ir atvėsinus iki  $(23 \pm 5)$  °C, esant  $(50 \pm 10)$  % santykinio oro drėgmei, nusistovėjus medžiagos ir aplinkos drėgmės pusiausvyrai. Medžiagą pilant į standartinį indą ir nubraukiant perteklių nuo pripildyto indo viršaus, reikia saugoti, kad medžiaga inde nesutankėtų, nes piltinio tankio bandymo rezultatai gali būti netikslūs. Pagal piltinį ir tūrinį dalelių tankius apskaičiuojamas grūdėlinių medžiagų tuštymėtumas.

**Kitokios būklės medžiagos piltinis tankis** yra piltinis tankis nustatomas, kai medžiaga yra ne išdžiovinata arba laisvai supilta, arba kitokios būklės. Dažniausiai pasitaiko du kitokios būklės medžiagos piltinio tankio nustatymo atvejai.

1) sutankintos medžiagos piltinis tankis nustatomas pagal standartinę metodiką, skirtumas tik toks, kad medžiaga, supilta į standartinį indą, iki reikiamo laipsnio sutankinama ant vibracinio stalo arba kitaip sukrotant;

2) drėgnos medžiagos piltinis tankis nustatomas naudojant standartinę metodiką, tik medžiaga gali būti reikiamo drėgnumo arba ir sutankinta iki reikiamo laipsnio. Šie rodikliai būdingi betono ir skiedinio užpildams.

Piltinis tankis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\rho_b = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (5.8)$$

čia  $\rho_b$  – piltinis tankis, Mg/m<sup>3</sup> arba kg/m<sup>3</sup>;  
 $m_2$  – matavimo indo ir bandinio masė, kg;  
 $m_1$  – tuščio matavimo indo masė, kg;  
 $V$  – matavimo indo tūris, l.

Piltinis tankis apskaičiuojamas iš trijų priimtinių bandymų 0,01 Mg/m<sup>3</sup> tikslumu.

**Mikroužpildo** tariamasis piltinis tankis nustatomas žibale. Išdžiovintas ir pasvertas tam tikras bandomos medžiagos dalelių bandinys, subertas į graduotą stiklinį cilindrą, kuriame yra įpiltas tam tikras kiekis žibalo, disperguoja ir nusėda. Nustatomas nusėdusių dalelių užimamas tūris, kuris naudojamas tariamajam piltiniam tankiui apskaičiuoti. Tariamasis tankis (Mg/m<sup>3</sup>) apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$\text{Tariamasis piltinis tankis} = m/V, \quad (5.9)$$

čia  $m$  – mikroužpildo dalelių masė, g;  
 $V$  – piltinis tūris, nustatytas matavimo cilindras, ml.

Tariamasis piltinis tankis iš trijų bandymų apskaičiuojamas 0,01 Mg/m<sup>3</sup> tikslumu.

#### 5.4.1.4. Santykinis tankis

Santykinis tankis parodo kurią medžiagos tūrio dalį sudaro kietoji medžiaga. Santykinis tankis apskaičiuojamas pagal (5.10) arba (5.11) formules:

$$d = V_a / V \text{ arba } d = (V_a / V) \times 100 \%, \quad (5.10)$$

$$d = \rho / \rho_0 \text{ arba } d = (\rho / \rho_0) \times 100 \%; \quad (5.11)$$

čia  $d$  – medžiagos santykinis tankis, vieneto dalimis arba procentais;  
 $V_a$  – medžiagos absoliutinis (be porų) tūris, ml;  
 $V$  – medžiagos dalelės tūris, ml;  
 $\rho_0$  – medžiagos savitasis tankis, Mg/m<sup>3</sup>;  
 $\rho$  – medžiagos dalelės tūrinis tankis, Mg/m<sup>3</sup>.



Absoliučiai tankių medžiagų santykinis tankis lygus vienetui arba 100 %. Daugumos tankių uolienu santykinis tankis yra didesnis kaip 90 %, o poringų – mažesnis kaip 70 %.

#### 5.4.1.5. Poringumas ir tuštymėtumas

**Poringumas** parodo kurią medžiagos tūrio dalį užima poros. Poringumas apskaičiuojamas pagal (5.12) formulę ir išreiškiamas vieneto dalimis arba procentais:

$$P = 1 - d \text{ arba } P = (1 - d) \cdot 100. \quad (5.12)$$

Nerūdinių medžiagų poringumas yra jų struktūros rodiklis, nuo kurio priklauso laidumas šilumai bei garsui, vandens įgėris, atsparumas šalčiui, stiprumas ir kai kurios kitos savybės. Kai uolienu ar iš jų pagamintų betono užpildų poringumas didesnis kaip 10 %, jie vadinami poringaisiais, kartais aktytaisiais, pvz., tufas, pemza, poringoji lava ir daug kitų.

Poros pagal formą gali būti apskritos, pailgos, kapiliarinė arba įvairiaformės. Paprastai geresnės techninės savybės yra tų medžiagų, kurių poros smulkios ir apskritos. Kita vertus, labai svarbu, ar medžiagoje esančios poros yra uždaros ar atviros, t. y. susisiekiančios. Pagal porų uždaramumą ar atvirumą medžiagos atitinkamai vadinamos uždaroporėmis ir atviraporėmis. Atviraporės medžiagos įgeria daug vandens, o įgėrusios darosi laidesnės šilumai, mažiau atsparios šalčiui, jų stiprumas santykiškai mažesnis negu uždaroporų.

**Tuštymėtumas** parodo kurią tūrio dalį piltinėje medžiagoje užima tyštymės.

Jis apskaičiuojamas pagal (5.13) formulę ir išreiškiamas vieneto dalimis arba procentais:

$$v = \frac{\rho_p - \rho_d}{\rho_p} \cdot 100, \quad (5.13)$$

čia

$v$  - santykinis tuštymėties kiekis, %;

$\rho_b$  – piltinis tankis,  $\text{Mg/m}^3$ ;

$\rho_p$  – sausų arba išdžiovintų dalelių tūrinis tankis,  $\text{Mg/m}^3$ , nustatytas pagal standartinę metodiką, naudojant tą patį ėminį.

Birių medžiagų tuštymėtumas priklauso nuo dalelių formos, granulometrinės sudėties, drėgnumo, sutankinimo laipsnio ir kt. Vienos frakcijos dalelių tuštymėtumas būna apie (40 – 50) %. Tačiau sutankinto iš penkių ar daugiau frakcijų mišinio tuštymėtumas gali siekti tik 8 % arba net mažiau. Kai reikia, kad tuštymėtumas būtų kuo mažesnis, pvz., betono ir skiedinių mišinių, užpildų granulometrinė sudėtis optimizuojama iš penkių ar

net dešimties frakcijų dalelių. Tačiau kai reikia gauti tuštymėtą, pvz., drenavimo mišinį, iš jo pašalinamos smulkiosios dalelės ir taip padidinamas tuštymėtumas.

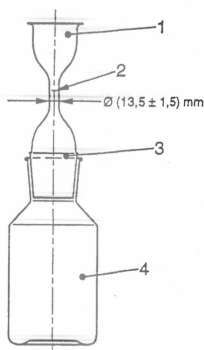
#### 5.4.2. Atsparumas vandens poveikiui

Įmirkis – džiovinimo krosnelėje išdžiovintos medžiagos dalelių (gabalo) masės padidėjimas dėl vandens (arba kitokio skysčio) patekimo į atviras poras. Įmirkis priklauso nuo medžiagoje esamų atvirų porų kiekio. Kuo jų daugiau, tuo didesnis įmirkis. Stambiųjų dalelių, išdžiovintų iki pastoviosios masės ir po to įmirkytų iki pastoviosios masės, įmirkis vandenyje apskaičiuojamas pagal tokią lygtį:

$$W_{cm} = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \cdot 100 ; \quad (5.14)$$

čia:  $W_{cm}$  – dalelių įmirkis, %;  
 $M_1$  – įmirkytų nusausinto paviršiaus dalelių bandinio masė, g;  
 $M_2$  – išdžiovinto krosnyje bandinio masė, g.

Išdžiovintų poringos medžiagos dalelių įmirkis nustatomas standartiniu metodu, naudojant piknometrą su prišliuotu piltuvu ir tinkleliu.



5.3 pav. Piknometro pavyzdys:

1 – piltuvas; 2 – graduotas kaklelis; 3 – prišliuotas tuščiaaviduris kamštis;  
 4 – piknometro indas.

Įmirkis apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$W_F = \frac{M_w - (m_2 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \cdot 100 , \quad (5.15)$$

- čia
- $W_F$  – išdžiovintos medžiagos dalelių įmirkis, %;
  - $M_w$  – įmirkusio nusausinto paviršiaus dalelių bandinio masė, g;
  - $m_1$  – piknometro su piltuvu ir tinkleliu (jei jis naudojamas) masė, g;
  - $m_2$  – piknometro su piltuvu, išdžiovintu bandiniu ir tinkleliu (jei jis naudojamas) masė, g.

Vandens įmirkis yra labai svarbi visų statybinių medžiagų savybė. Ribojamas tų medžiagų vandens įgėris, kurios eksploatuojamos drėgnoje arba su vandeniu susiliečiančioje aplinkoje, pvz., kelių, krantinių, pamatų medžiagų ir pan. Iš vandens įmirkio galima spręsti apie uolienos atsparumą šalčiui, stiprio sumažėjimą ir ilgaamžiškumą. Kuo daugiau uoliena įmirksta, tuo mažesnis jos ilgaamžiškumas.

Įmirkis nustatomas 0,1 % tikslumu.

### 5.4.3. Atsparumas temperatūros poveikiui (atsparumas šalčiui, karščiui, ugniai, deformavimuisi)

#### 5.4.3.1. Atsparumas šaldymui ir atšildymui

Atitinkamo didumo nerūdinės medžiagos bandiniai atmosferos slėgio sąlygomis įmirkomi ir šaldomi vandenyje. Šaldomi minus 17,5 °C ir po to atšildomi 20 °C temperatūros vandenyje. Po 10 bandymo ciklų tyrinėjami šie medžiagos pakitimai: supleišėjimas, suskilinėjimas ir, esant reikalui, stiprumas. Rekomenduojama bandyti nuo 8 mm iki 16 mm frakcijos daleles, bet, jei reikia, gali būti naudojamos visos 5.2 lentelėje nurodytos dalelių frakcijos.

#### 5.2 lentelė. Bandinio masė kartotiniam šaldymo ir atšildymo bandymui

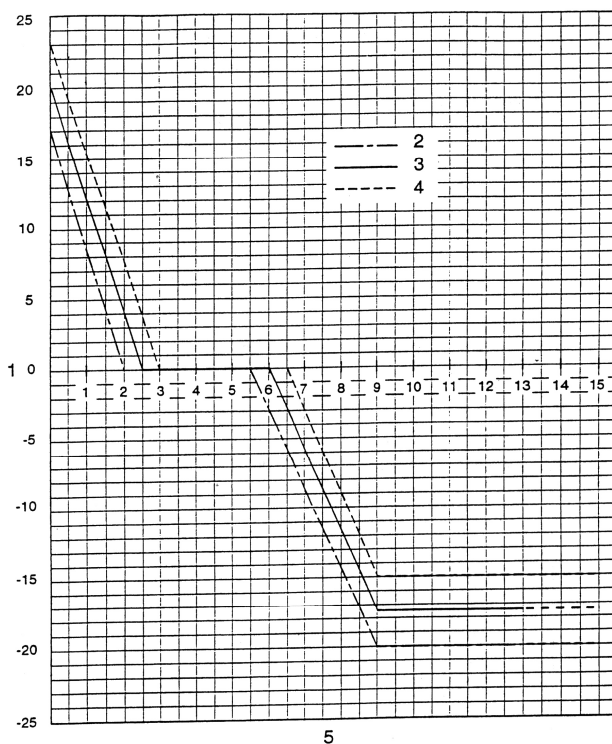
Didžiausias dalelių matmuo, mm	Reikalinga dalelių masė arba tūris	
	Įprastųjų uolienu, g	Poringųjų medžiagų (laisvai supiltų dalelių), ml
nuo 4 iki 8	1 000	500
nuo 8 iki 16	2 000	1 000
nuo 16 iki 32	4 000 <sup>1)</sup>	1 500
nuo 32 iki 63	6 000 <sup>1)</sup>	-

<sup>1)</sup> Tikslinga imti didesnę kiekį.

Bandymui turi būti išplauti mažiausiai trys bandiniai, o sulipę dalelių grumsteliai sutrupinami. Bandiniai išdžiovinami (110 ± 5) °C temperatūros krosnyje iki pastoviosios masės, paskui atvėsunami iki aplinkos temperatūros ir

tuoj pat pasveriami. Poringos medžiagos dalelės taip pat išdžiovinamos iki pastoviosios masės.

Medžiagų kartotinio šaldymo ir atšildymo bandymas yra sudėtingas ir turi būti atliekamas labai kruopščiai. Reikia iki  $\pm 3$  °C tikslumu išlaikyti nurodytas užšaldymo ir atšildymo temperatūras ir tiksliai laikytis standarto nurodytų bandymo trukmių. Po 10 bandymo ciklų dalelės sijojamos per dvigubai tankesnę už apatinę frakcijos sietą (pvz., nuo 8 mm iki 16 mm skersmens dalelės sijojamos per 4 mm akelių sietą). Bandinys ant nurodyto sieto plaunamas ir sijojamas. Liekana ant šio kontrolinio sieto išdžiovinama ( $110 \pm 5$ ) °C temperatūros krosnyje iki pastoviosios masės, atvėsinama iki aplinkos temperatūros ir tuoj pat pasveriami ir nustatomas bandinio palengvėjimas dėl sutrupėjusių dalelių bandymo metu. Šaldymo ir atšildymo režimo kreivė parodyta 5.4 pav.



5.4 pav. Temperatūros kitimo vonelės viduje šaldant grafikas:

1 – temperatūra, °C; 2 – apatinė riba; 3 – norminė riba; 4 – viršutinė riba; 5 – trukmė, h.

Nerūdinių medžiagų, ypač tų, kurios naudojamos kelių konstrukcijoms, atsparumas kartotiniam šaldymui ir atšildymui yra labai svarbi savybė, nes eksploatacijos sąlygomis jos yra veikiamos ne tik drėgmės, kintamos temperatūros, bet dažnai ir cheminių tirpalų, kurie naudojami ant kelio atsiradusiam ledui nutirpinti.

Kartotinio šaldymo ir atšildymo bandymo rezultatai, kaip trijų bandinių vidurkis, apskaičiuojami pagal tokią formulę:

$$F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100, \quad (5.16)$$

čia  $F$  – trijų bandinių masės sumažėjimas procentais po kartotinio šaldymo ir atšildymo bandymo;  
 $M_1$  – trijų bandinių masė iki bandymo, g;  
 $M_2$  – po bandymo išdžiovintų iki pastoviosios masės visų trijų bandinių liekanų ant kontrolinio sieto masė, g.

Atsparumas kartotiniam šaldymui ir atšildymui vertinamas kategorijomis, kurios nurodytos 5.3 lentelėje.

5.3 lentelė. **Kategorijos pagal atsparumo šaldymui ir atšildymui didžiausias vertes**

Masės nuostoliai po šaldymo ir atšildymo bandymo, proc.	Kategorija
$\leq 1$	$F_1$
$\leq 2$	$F_2$
$\leq 4$	$F_4$
$> 4$	$F_{\text{Deklaruojamas}}$
Reikalavimų nėra	$F_{\text{NR}}$

Pagal atsparumo šaldymui ir atšildymui kategoriją galima prognozuoti medžiagų ilgaamžiškumą. Kai medžiaga numatoma naudoti ekstremaliomis sąlygomis, bandant jų atsparumą įmirkymui ir atšildymui, gali būti naudojamas prisotintas druskos arba karbamido tirpalas. Tuomet 5.3 lentelėje nurodytos ribinės vertės negalioja.

Atsparumą šaldymui ir atšildymui galima nustatyti paspartintu magnio sulfato poveikio metodu. Metodo esmė tokia: nuo 10 mm iki 14 mm stambumo užpildo laboratorinis bandinys bandomas penkiais ciklais, t. y. penkis kartus įmirkomas prisotintame magnio sulfato tirpale ir po kiekvieno įmirkymo džiovinamas ( $110 \pm 5$ ) °C temperatūros krosnyje. Du krepšeliai su bandiniu pakabinami inde su prisotintu magnio sulfato tirpalu, kad virš dalelių būtų 20 mm tirpalo sluoksnis, ir mirkomas ( $17 \pm 0,5$ ) h. Tarp krepšelių, indo sienelių ir susikaupusių magnio sulfato druskos nuosėdų turi būti mažiausiai 20 mm tarpai. Tarp pasikartojančios

kristalizacijos ir magnio sulfato atsinaujinančio įsigėrimo į medžiagos poras dalelės ardamos. Nuo ardomojo poveikio dalelės skilinėja ir smulkėja. Susmulkėjimas nustatomas pagal smulkesnių kaip 10 mm dalelių kiekį, kuris įvertinamas sijojant per 10 mm akelių sieta.

Kiekvieno bandinio magnio sulfato bandymo rezultato vertė ( $MS$ ) masės procentais apskaičiuojama pagal formulę:

$$MS = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100 ; \quad (5.17)$$

čia  $M_1$  – pradinė bandinio masė  $\pm 0,1$  g tikslumu;  
 $M_2$  – bandinio, persijoto per 10 mm akelių sieta, masė po bandymo  $\pm 0,1$  g tikslumu.

Galutinis rezultatas apskaičiuojamas kaip abiejų bandinių rezultatų vidurkis, paskutinį skaičių apvalinant iki sveikojo skaičiaus.

#### 5.4.3.2. Atsparumas karščio poveikiui

Nerūdinės medžiagos yra nedegios, tačiau veikiamos aukštos temperatūros kai kurios jų gali pleišėti, skilinėti, deformuotis, gali pakisti jų masė ir pan. Šių savybių techninių rodiklių vertės nustatomos pagal atitinkamus standartus, pvz., deformatyvumas gali būti nustatomas tiesioginiu būdu – matuojant deformacijas tiesiogiai medžiagos kaitinimo metu, arba netiesioginiu būdu, t. y. matuojant gaminio (pvz., betoninio), pagaminto su tiriamąja medžiaga deformacijas.

Karščiui neatsparios tos uolienos, kuriose yra kvarco kristalų, nes kvarco, įkaitinto iki  $573$  °C, pasikeičia kristalinė struktūra, staigiai padidėja tūris. Tūrinės deformacijos sukelia vidinius įtempimus, dėl kurių medžiaga gali supleišėti ir suirti.

Karščiui neatspari yra klintis, nes ( $700 - 800$ ) °C temperatūroje išdega ir virsta degtomis kalkėmis. Dėl tos pačios priežasties neatsparus aukštai temperatūrai ir dolomitas, ypač tas, kuriame yra daugiau kalcio karbonato. Neatsparus aukštai temperatūrai ir gamtinis gipsas. Maždaug  $150$  °C temperatūroje jis atiduoda dalį kristalinio vandens ir tampa pusvandeniu statybinis gipsu.

### 5.5. MECHANINĖS SAVYBĖS

#### 5.5.1. Stiprumas (gniuždant, tempiant, skeliant, glemžiant, ilgalaikis)

Vienalyčių akmens uolienų stiprumas tiesiogiai nustatomas pagal bendrąsias stiprumo nustatymo taisykles, naudojant atitinkamo stiprio

nustatymo standartinę metodiką ir laboratorinę įrangą. Iš uolienos gaminami nustatytos taisyklingos geometrinės formos bandiniai ir apskaičiuojamųjų stipris pagal formulę:

$$R = P / A, \quad (5.18)$$

čia  $R$  – medžiagos stipris, MPa;  
 $P$  – ardančioji jėga, Pa;  
 $A$  – jėgos veikiamas plotas, m<sup>2</sup>.

Ardančioji jėga  $P$  parenkama pagal bandymo metodiką. Tai gali būti gniuždymo, tempimo, skėlimo, glemžimo jėga. Atitinkamai parenkamas ir jėgos veikiamas pavojingas plotas.

Silpnomis laikomos tokios uolienos arba uolienu dalelės, kurių stipris mažesnis kaip 20 MPa. Silpnų dalelių kiekis skaldoje arba žvirgžde nustatomas rankinio atrinkimo ir bandymo metodu. Iš skaldos arba žvirgždo ėminio imamas tam tikras kiekis (50 arba 100) dalelių ir pasveriamas. Jos visos bandomos pagal pasirinktą metodiką specialia adata arba plaktuku. Bandymo metu atrenkamos silpnos dalelės ir apskaičiuojama jų masė procentais.

Stipris lenkiant nustatomas bandant uolienos prizmes apkrautas viena koncentruota jėga. Jis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$R_l = \frac{3P \cdot l}{2b \cdot h^2}, \quad (5.19)$$

čia:  $R_l$  – stipris lenkiant, MPa;  
 $P$  – ardančioji lenkimo jėga, Pa;  
 $l$  – tarpatramis, m;  
 $b$  – bandinio (prizmės) plotis, m;  
 $h$  – bandinio (prizmės) aukštis, m.

Netaisyklingos formos dalelių arba uolienu mišinio dalelių (pvz., žvirgždo) stipris nustatomas pagal kitų mechaninių savybių rodiklius: atsparumą trupinimui, smūgiams, dilinimui, dėvėjimuisi, gludinimui ir kt.

### 5.5.2. Stipris gniuždant cilindre

Skaldos ir žvirgždo stiprį galima nustatyti pagal skalumą gniuždant specialiaame plieniniame 150 mm arba 75 mm skersmens cilindre (5.5 pav.).

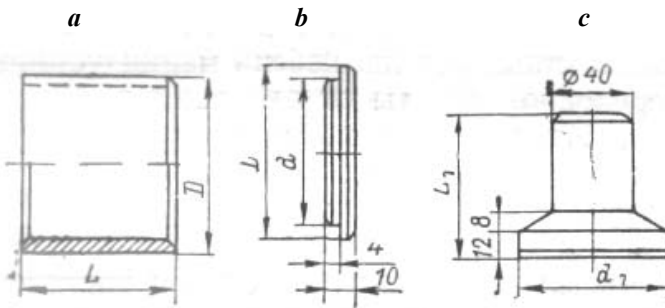
Cilindro skersmuo parenkamas pagal dalelių skersmenį: iki 8 mm stambumo dalelėms – 75 mm cilindras, o frakcijoms nuo 8 mm iki 32 mm – 150 mm cilindras. Stambesnės kaip 32 mm dalelės skaldomos ir po to nustatomas jų skalumas. Cilindrų gniuždymo jėgos nustatytos tokios: 75 mm skersmens cilindro –  $5 \cdot 10^4$  N, o 150 mm cilindro –  $20 \cdot 10^4$  N. Bandomos siaurų frakcijų

dalelės –  $d : D = 1 : 2$  (čia  $d$  ir  $D$  – atitinkamai apatinio ir viršutinio frakcijos sietų akelių skersmenys). Po gniuždymo dalelės sijos per sietą, kurio akelių matmuo yra keturis kartus mažesnis už  $d$  – apatinio sieto akelių matmenį. Skalumas procentais apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_r = [(m - m_1) / m] \cdot 100 ; \quad (5.20)$$

čia  $T_r$  – dalelių trapumas, %;  
 $m$  – bandinio masė, kg;  
 $m_1$  – liekana ant kontrolinio sieto, kg.

Šis metodas yra labai paprastas ir spartus. Taikomas skaldis ir žvirgždo gamyklose einamajai kontrolei, betono gamybos įmonėse ir kelių tiesimo organizacijose užpildų stiprumo kontrolei.



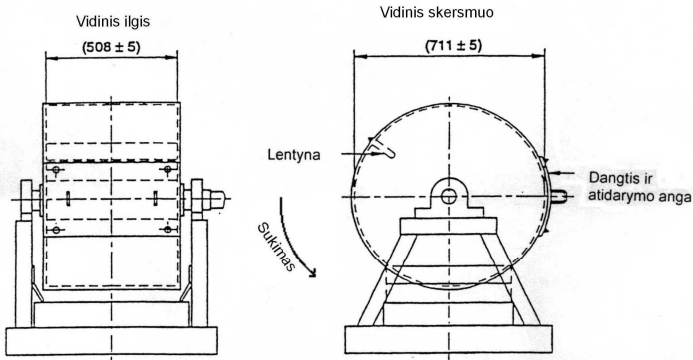
5.5 pav. Dalelių skalumo bandymo cilindro schema:

a – cilindras; b – išimamas cilindro dugnas; c – plunžeris, per kurį gniuždomos į cilindrą supiltos dalelės.

### 5.5.3. Atsparumo trupinimo nustatymas Los Andželo metodu

Atsparumui trupinimui nustatyti medžiagos dalelių bandinys plieniniais rutuliais trupinamas sukamajame būgne. Po to bandinys sijos ant 1,6 mm akelių sieto. Po siojimo nustatoma likusi bandinio dalis procentais. Šis metodas vadinamas Los Andželo metodu. Bandymui paruošiamas 15 kg (10 – 14) mm dalelių frakcijos ėminys. Bandinio dalelių frakcinė sudėtis turi būti tokia: 12,5 / 14 mm frakcijos dalelių – (60 – 70) %, o 10 / 12,5 mm frakcijos dalelių – (30 – 40) %. Standartas leidžia bandyti ir kitokių frakcijų daleles, bet reikia laikytis jame pateiktų papildomų nurodymų. Prieš bandymą bandinys nuplaunamas ir išdžiovinamas ( $100 \pm 5$ ) °C temperatūros džiovinimo krosnyje. Bandomas atvėsintas iki aplinkos temperatūros. Iš paruošto ėminio bandymui atskiriamas ( $5\ 000 \pm 5$ ) g bandinys.





5.6 pav. Tipinis bandymo Los Andželo metodu įrenginys

Į Los Andželo būgną, kuriame yra vienuolika, (45 – 49) mm skersmens ir (400 – 445) g masės rutulių (visų rutulių masė turi būti (4 690 – 4 860) g), subertas bandinys uždengiamas specialiu dangčiu ir būgnas paleidžiamas suktais pastoviu (31 – 33) suk./min greičiu iki 500 sukčių.

Bandymo rezultatas – Los Andželo rodiklis  $LA$  – apskaičiuojamas pagal formulę:

$$LA = \frac{5000 - m}{50}, \quad (5.21)$$

čia  $m$  – liekanos ant 1,6 mm akelių sieto, g.

Rezultatas apvalinamas iki artimiausio sveikojo skaičiaus. Nerūdinių medžiagų atsparumas trupinimui pagal Los Andželo rodiklį vertinamas kategorijomis. Jos pateiktos 5.4 lentelėje.

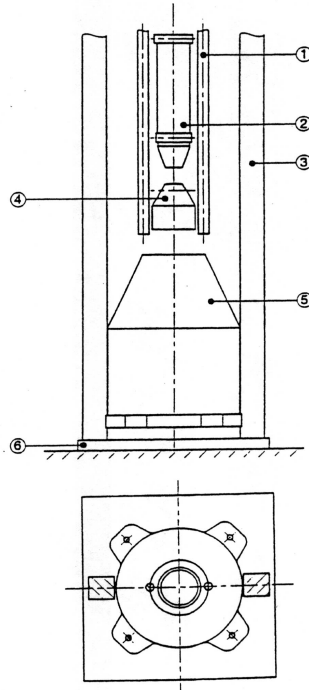
5.4 lentelė. Kategorijos pagal Los Andželo rodiklio didžiausias vertes

Los Andželo rodiklis	Kategorija $LA$
$\leq 15$	$LA_{15}$
$\leq 20$	$LA_{20}$
$\leq 25$	$LA_{25}$
$\leq 30$	$LA_{30}$
$\leq 35$	$LA_{35}$
$\leq 40$	$LA_{40}$
$\leq 50$	$LA_{50}$
$> 50$	$LA$ Deklaruojamas
Reikalavimų nėra	$LA_{NR}$

Medžiagų atsparumas trupinimui gali būti nustatomas ir smūginiu metodu.

#### 5.5.4. Atsparumo trupinimui nustatymas smūginiu metodu

Smūginis trupis *SZ* yra medžiagos mechaninio atsparumo matas. Nuo 8 mm iki 12,5 mm frakcijos dalelės bandomos standartiniame smūgiavimo įrenginyje (5.7 pav.) dešimčia ( $50 \pm 0,1$ ) kg masės plaktu smūgių iš 370 mm aukščio.



5.7 pav. Bendras smūginio įrenginio vaizdas:

- 1 – apkrovimo ir reguliavimo įtaisų kreipiamosios; 2 – plaktas;
- 3 – rėmas; 4 – grūstuvai su apkrovimo ir reguliavimo įtaisais;
- 5 – priekalas; 6 – pagrindo plokštė.

Bandymui paruošti imamas 5 kg ėminys iš (8–10) mm ir du po 2,5 kg ėminiai – nuo 10 mm iki 11,5 mm ir nuo 11,5 mm iki 12,5 mm frakcijos dalelių. Ėminiai nuplaunami, išdžiovinami iki pastoviosios masės ( $110 \pm 5$ ) °C temperatūros krosnyje ir atvėsunami iki (15 – 35) °C temperatūros. Iš paimtos

medžiagos paruošiami mažiausiai 3 bandiniai, kurių kiekvienas sudaromas iš 50 % nuo 8 mm iki 10 mm ir po 25 % frakcijų nuo 10 mm iki 11,5 mm ir nuo 11,5 mm iki 12,5 mm; sveriami 0,5 g tikslumu. Bandinio masė turi būti lygi 0,5 piltinio tankio ( $Mg/m^3$ ) vertės, kuri nustatoma standartiniu metodu. Jo masė neturi būti didesnė kaip 1 % masės vardinės vertės.

Sutrumpintas bandinys sijojamas per 5 analizinius sietus, kurių akelių matmenys yra tokie: 0,2 mm, 0,63 mm, 2 mm, 5 mm ir 8 mm. Išbiros per penkis analizinius sietus susumuojamos ir jų suma  $M$  yra masės dalis procentais.

Smūginio trupio vertė  $SZ$  procentais apskaičiuojama pagal formulę:

$$SZ = (M / 5); \quad (5.22)$$

čia  $M$  – išbirų per 5 analizinius sietus masės dalių suma, proc.

Atsparumas trupinimui vertinamas kategorijomis (5.5 lent.).

5.5 lentelė. **Kategorijos pagal didžiausias smūginio trupio vertes**

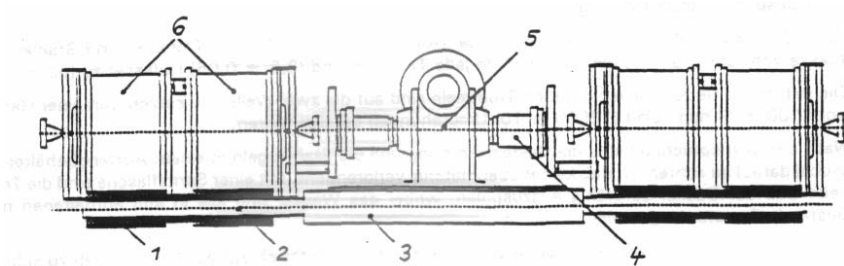
Smūginio trupio vertė, %	Kategorija $SZ$
$\geq 18$	$SZ_{18}$
$\geq 22$	$SZ_{22}$
$\geq 26$	$SZ_{26}$
$\geq 32$	$SZ_{32}$
$> 32$	$SZ$ Deklaruojamas
Reikalavimų nėra	$SZ_{NR}$

### 5.5.5. Atsparumas dėvėjimuisi

Atsparumas dėvėjimuisi įvertinamas Devalio  $M_{DE}$  rodikliu, (literatūroje sutinkamas mikro-Devalio pavadinimu). Jis nustatomas standartiniu Devalio (mikro-Devalio) aparatu pagal standartinę metodiką.  $M_{DE}$  rodiklis apskaičiuojamas pagal smulkesnių negu 1,6 mm dalelių, kurios susidaro bandant medžiagą standartiniame būgne, santykinį kiekį.

Bandymui nuplaunamas ir  $(110 \pm 5)$  °C temperatūros krosnyje iki pastoviosios masės išdžiovinamas 2 kg masės nuo 10 mm iki 14 mm frakcijos dalelių ėminys, kurį turi sudaryti nuo 30 % iki 40 % dalelių nuo 10 mm iki 11,2 mm (arba 12,5 mm) frakcijos dalelės ir nuo 60 % iki 70 % dalelių nuo 11,2 mm (arba 12,5 mm) iki 14 mm.

Devalio aparatas gali būti vieno, dviejų arba keturių būgnų. Jų skersmuo –  $(200 \pm 1)$  mm. Į kiekvieną būgną dedama po  $(5\ 000 \pm 5)$  g plieninių  $(10 \pm 0,5)$  mm skersmens rutulių.



5.8 pav. Devalio aparato schema:

1 – atraminiai ritiniai; 2 – tvirtinimo velenas; 3 – rėmas; 4 – lanksti mova;  
5 – variklis; 6 – būgnai.

Bandymui paruošiami du po  $(500 \pm 2)$  g bandiniai. Į būgnus subėrus bandinius, į kiekvieną dar įpilama po  $(2,5 \pm 0,05)$  l vandens. Būgnai sukami  $(100 \pm 5) \text{ min}^{-1}$  greičiu  $(12\,000 \pm 10)$  sūkių.

Po bandymo surenkama visa medžiaga ir siojama per 1,6 mm akelių sietą. Dalelės, likusios ant 1,6 mm akelių sieto, išdžiovinamos  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  temperatūros krosnyje iki pastoviosios masės ir nustatoma jų masė.

Kiekvienam bandiniui apskaičiuojamas Devalio rodiklis  $M_{DE}$ , suapvalinant 0,1 tikslumu, pagal formulę:

$$M_{DE} = \frac{500 - m}{5}; \quad (5.23)$$

čia  $m$  – stambesniosios frakcijos, likusios ant 1,6 mm akelių sieto, g.

5.6 lentelėje nurodytos medžiagos atsparumo kategorijos pagal  $M_{DE}$  rodiklį.

5.6 lentelė. **Kategorijos pagal atsparumą dėvėjimuisi didžiausias vertes**

Devalio rodiklis	Kategorija $M_{DE}$
$\leq 10$	$M_{10}$
$\leq 15$	$M_{15}$
$\leq 20$	$M_{20}$
$\leq 25$	$M_{25}$
$\leq 35$	$M_{35}$
$> 35$	$M_{DE}$ Deklaruojamas
Reikalavimų nėra	$M_{DE}^2\text{NR}$

### 5.5.6. Atsparumas gludinimui

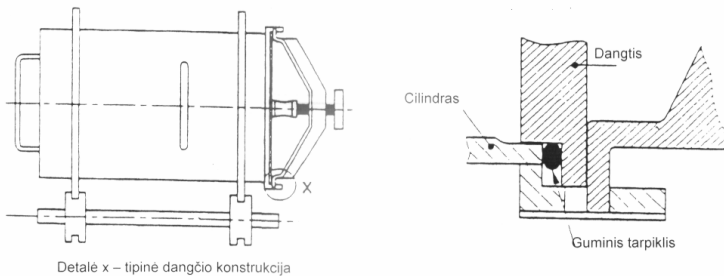
Atsparumas gludinimui (akmens gludinamumo vertė – *PSV*) bandomas specialiu standartiniu aparatu ir pagal standartinę metodiką. Medžiagos atsparumo gludinimui kategorijos nustatomos pagal *PSV* rodiklio vertę. Pagal šį rodiklį galima įvertinti medžiagų, esančių kelio dangos paviršiuje, atsparumą transporto priemonių padangų mechaniniam poveikiui. Bandymui imama nuo 7,1 mm iki 10 mm dalelių frakcija, dervos mišiniu specialioje formoje įtvirtinama ir bandoma gludinimo aparatu, masyviu guminiu ratu arba švytuokliniu aparatu, bandinį veikiant prie švytuoklės pritvirtintu lygios gumos gludikliu.

### 5.5.7. Atsparumas paviršiaus dilinimui

Atsparumas paviršiaus dilinimui (medžiagos dilumo vertė – *AAV*) nustatomas dviem bandymais. Bandymui imamos dalelės, išbirusios per 14 mm akelių analizinį sietą ir likusios ant strypinio sieto su 10,2 mm tarpeliais tarp strypų. Dalelės prietaise įtvirtinamos derva. Uždedama apkrova ir bandinys dilinamas ant rato uždėta juosta su abrazyvu. Pagal *AAV* rodiklio vertę nustatoma medžiagos atsparumo dilinimui kategorija.

### 5.5.8. Atsparumas dėvėjimuisi nuo dygliuotų padangų poveikio (Šiaurės metodas)

Atsparumas dėvėjimuisi nuo dygliuotų padangų poveikio (Šiaurės metodas) nustatomas bandant vienos nuo 11,2 mm iki 16,0 mm stambumo frakcijos daleles. Paruoštas bandinys suberiamas į būgną su plieniniais rutuliais ir vandeniu. Riedant būgnui, medžiaga trinasi. Po nustatyto sūkių skaičiaus medžiaga išpilama iš būgno ir sijojama per 2 mm akelių sietą. Atsparumas dėvėjimuisi apskaičiuojamas pagal bandinio masės santykinius nuostolius.



5.9 pav. Dėvėjimosi aparato schema

Šie mechaninio atsparumo bandymai – atsparumo gludinimui, paviršiaus dilinimo ir dygliuotų padangų poveikio yra specifiniai, palyginti sudėtingi ir atliekami tik esant būtinam reikalui. Todėl čia apie juos daugiau nekalbėsime. Plačiau jie aprašyti LST EN 1097-8 ir LST EN 1097-9 standartuose.

## **5.6. GEOMETRINĖS SAVYBĖS**

### **5.6.1. Granulimetrinė sudėtis**

Tai skirtingo stambumo dalelių kiekis (masės procentais) biriose medžiagose arba konglomeratuose. Iš granulimetrinės sudėties galima spėsti apie dalelių stambumą, piltnių tankį, grūdėtos sistemos sutankinimo galimybę ir laukiamą tuštymetumą po sutankinimo.

Nerūdinių medžiagų dalelės gali būti trijų atmainų: gamtinės (pagamintos iš uolienu tik mechaninio perdirbimo būdu), dirbtinės (pagamintos pramoniniu būdu, žaliavą paveikus termiškai arba kitaip modifikavus) ir antrinės (perdirbtos iš statyboje naudotų konstrukcinių neorganinių medžiagų).

Granulimetrinė sudėtis būdinga ir smulkioms medžiagoms, tokioms kaip mikroužpildas, kurio dalelių didžioji dalis išbyra per 0,063 mm akelių sietą ir kuris gali būti naudojamas statybinių mišinių ir medžiagų tam tikroms savybėms pagerinti. Mikroužpildo granulimetrinė sudėtis nustatoma sijojant jį specialiu aparatu oro sraute arba mechaniškai sijojant per standartinius sietus, arba taikant sedimentacijos, t. y. nusėdinamo tam tikro tankio skysčiuose metodą.

Granulimetrinei sudėčiai nustatyti dažniausiai taikomi būdai, pagrįsti grūdinės medžiagos dalijimu į frakcijas pagal dalelių stambumą, sijojant per standartinių sietų komplektą arba kitokiu būdu (oro arba skysčio sraute). Skaldos ir žvirgždo dalelių, stambesnių kaip 63 mm, didumas išmatuojamas specialiais matavimo žiedais arba kitomis matavimo priemonėmis. Dažniausiai naudojamas sijojimo per analizinių sietų su kvadratinėmis akelėmis komplektą metodas. Sietų skaičius ir sietų akelių matmuo komplekte parenkamas atsižvelgiant į medžiagos tipą, norimą gauti frakcijų skaičių ir sudalijimo tikslumą. Granulimetrinei sudėčiai nustatyti naudojami standartiniai, metrologiškai patikrinti sietai ir standartinė metodika.

Nerūdinių medžiagų dalelių frakcijos stambumas apibūdinamas dviejų gretimų sietų akelių matmenimis – apatinio sieto, kurio akelių matmuo  $d$  mm, ir viršutinio, kurio akelių matmuo  $D$  mm. Dalelės, išbirusios per viršutinį sietą ir likusios ant apatinio sieto, traktuojamos kaip dalelių frakcija ir jų stambumas užrašomas kaip  $d/D$  mm. Betonų užpildai yra stambieji, kurių dalelės stambesnės kaip 4 mm, ir smulkieji, kurių dalelės smulkesnės kaip 4 mm. Standartinių sietų akelių matmenys nurodyti 5.7 lentelėje.

5.7 lentelė. **Standartinių analizinių sietų akelių matmenys dalelių stambumui apibūdinti**

Pagrindinio sietų rinkinio akelių matmenys, mm	Pagrindinio rinkinio ir papildomo rinkinio Nr. 1 sietų akelių matmenys, mm	Pagrindinio rinkinio ir papildomo rinkinio Nr. 2 sietų akelių matmenys, mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63

PASTABA Lentelėje skliausteliuose suapvalinti skaičiai gali būti vartojami dalelių stambumo žymėjimui supaprastinti.

Dalelių stambumas žymimas dviejų gretimų sietų, kurių vienas būtinai yra iš pagrindinio rinkinio, o antras gali būti iš pagrindinio, papildomo Nr.1 arba papildomo Nr. 2 rinkinio, akelių matmenimis. Vienos frakcijos dalelių stambumo santykis  $D/d$  turi būti ne mažesnis kaip 1,4.

Atestuojant užpildus pagal gamybinės kontrolės duomenis, būtina, kad per ne ilgesnį kaip 6 mėnesių laikotarpį ne mažiau kaip 90 % įvairių partijų nustatytų granulimetrinių sudėčių patektų į gamintojo pateiktą tipinių granulimetrinių sudėčių leistinių nuokrypų ribas.

**Stambiojo užpildo** stambumo žymėjimas  $d/D$  ir parinkta kategorija turi atitikti 5.8 lentelėje nurodytus bendruosius granulimetrinės sudėties reikalavimus.

### 5.8 lentelė. Užpildų granulimetrinės sudėties bendrieji reikalavimai

Užpildas	Frakcija	Išbiros per sietus, masės procentais					Kategorija $G^d$
		$2D$	$1,4D^{a \& b}$	$D^c$	$d^b$	$d/2^{a \& b}$	
Stambusis	$D/d \leq 2$ arba $D \leq 11,2$ mm	100 100	98 iki 100 98 iki 100	85 iki 99 80 iki 99	0 iki 20 0 iki 20	0 iki 5 0 iki 5	$G_{C85/20}$ $G_{C80/20}$
	$D/d > 2$ ir $D > 11,2$ mm	100	98 iki 100	90 iki 99	0 iki 15	0 iki 5	$G_{C90/15}$
Smulkusis	$D \leq 4$ mm ir $d = 0$	100	95 iki 100	85 iki 99	-	-	$G_{F85}$
Natūralios granulimetrinės sudėties 0/8	$D = 8$ mm ir $d = 0$	100	98 iki 100	90 iki 99	-	-	$G_{NG90}$
Frakcijų mišinys	$D \leq 45$ mm ir $d = 0$	100 100	98 iki 100 98 iki 100	90 iki 99 85 iki 99	-	-	$G_{A90}$ $G_{A85}$

<sup>a</sup> Kai numatyto gretimo sieto akelių matmenys neatitinka ISO 565:1990 R 20 serijos, imamas kitas iš eilės artimiausias sietas.

<sup>b</sup> Betonams su trūkios granulimetrinės sudėties užpildais arba tam tikros paskirties betonams gali būti keliami papildomi reikalavimai.

<sup>c</sup> Tam tikrais atvejais išbirų per sietą su  $D$  akelėmis gali būti daugiau kaip 99 %. Tuo atveju gamintojas privalo pateikti tipinę granulimetrinę sudėtį ir nurodyti pagrindinio rinkinio ir papildomo rinkinio Nr. 1 sietų akelių matmenis  $D$ ,  $d$ ,  $d/2$  arba pagrindinio rinkinio ir papildomo rinkinio Nr.2 sietų akelių matmenis  $d$  ir  $D$ . Sietai, kurių akelės didesnės už tankesniojo sieto akelės mažiau kaip 1,4 karto, iš rinkinio gali būti išimami.

<sup>d</sup> Kitų užpildų standartai nustato kitokius kategorijų reikalavimus.

Stambiųjų frakcinių užpildų, kurių

a)  $D > 11,2$  mm ir  $D/d > 2$  arba

b)  $D \leq 11,2$  mm ir  $D/d > 4$ ,

išbiros per vidurinį sietą turi tenkinti tokius papildomus reikalavimus:

- 1) visos granulimetrinės sudėtys turi atitikti 5.9 lentelėje nurodytas absoliutines verčių ribas;
- 2) gamintojas turi registruoti ir, jei reikia, deklaruoti tipinės granulimetrinės sudėties išbiras per vidurinį sietą bei jų nuokrypius pagal 5.9 lentelę.



**5.9 lentelė. Išbirų per vidurinį sietą absoliutinės ribos ir leistinieji nuokrypiai**

<i>D/d</i>	Vidurinio sieto akelių matmuo, mm	Išbirų per vidurinį sietą absoliutinės ribos ir leistinieji nuokrypiai, masės procentais		Kategorija $G_T$
		Absoliutinės ribos	Gamintojo pateikti tipinės sudėties leistini nuokrypiai	
$< 4$	$D/1,4$	25 iki 70	$\pm 15$	$G_T 15$
$\geq 4$	$D/2$	25 iki 70	$\pm 17,5$	$G_T 17,5$

PASTABA Kai apskaičiuotojo vidurinio sieto akelių matmenys neatitinka ISO 565:1990 R20 serijos, gali būti imamas kitas iš eilės artimiausias naudojamo rinkinio sietas.

Vienos frakcijos stambiesiems užpildams, kurių

a)  $D > 11,2$  mm ir  $D/d \leq 2$  arba

b)  $D \leq 11,2$  mm ir  $D/d \leq 4$ ,

5.9 lentelėje nurodyti papildomi reikalavimai gali būti netaikomi.

**Smulkiojo užpildo**, kurio stambumas apibūdinamas viršutinio sieto akelių matmenimis  $D$ , granulimetrinė sudėtis turi tenkinti 5.8 lentelėje nurodytus bendrusius reikalavimus.

Smulkiojo užpildo granulimetrinės sudėties nuokrypių verčių kontrolei taikomi tokie papildomi reikalavimai.

Gamintojas privalo registruoti ir, jei reikia, dokumentuoti gaminamo smulkiojo užpildo tipinę granulimetrinę sudėtį. Užpildo tipinę granulimetrinę sudėtį išreiškia išbirų, per 5.9 lentelėje nurodytų akelių sietus, kiekiu masės procentais.

Dažniausiai naudojamų smulkiųjų užpildų tinkamumo reikalavimai pateikti 5.10 lentelėje.

**5.10 lentelė. Gamintojo deklaruotos bendrojo naudojimo smulkiojo užpildo tipinės granulimetrinės sudėties leistinieji nuokrypiai**

Sieto akelių matmuo, mm	Leistinieji išbirų nuokrypiai, masės procentais		
	0/4	0/2	0/1
4	$\pm 5^a$	-	-
2	-	$\pm 5^a$	-
1	$\pm 20$	$\pm 20$	$\pm 5^a$
0,250	$\pm 20$	$\pm 25$	$\pm 25$
0,063	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 5$

<sup>a</sup> Papildomai prie  $\pm 5$  % leistinojo išbirų per  $D$  sietą masės nuokrypio galioja 5.8 lentelėje pateikti išbirų reikalavimai.

**Gamtinis 0/8 mm frakcijos užpildas** turi atitikti 5.8 lentelėje nurodytus bendruosius granulimetrinės sudėties reikalavimus.

Gamtinio 0/8 mm frakcijos užpildo nuokrypių kontrolei taikomi tokie papildomi reikalavimai:

- a) gamintojas privalo registruoti ir, jei reikia, deklaruoti kiekvieno gaminamo užpildo tipinę granulimetrinę sudėtį;
- b) granulimetrinės sudėties leistini nuokrypiai turi būti 5.11 lentelėje.

5.11 lentelė. **Natūralios granulimetrinės sudėties 0/8 mm užpildo gamintojo deklaruotos tipinės granulimetrinės sudėties leistinieji nuokrypiai**

Sieto akelių matmuo, mm	Išbirų leistini nuokrypiai, masės procentais
8	± 5
2	± 10
1	± 10
0,250	± 10
0,125	± 3
0,063	± 2

**Mišriajame užpilde** turi būti stambiųjų ir smulkiųjų dalelių, kurių  $D \leq 45$  mm ir  $d = 0$ . Jie turi atitikti 5.8 lentelėje nurodytus pasirinktos kategorijos granulimetrinės sudėties bendruosius reikalavimus. Mišrusis užpildas taip pat turi tenkinti išbirų (masės procentais) per abu kiekvienai stambumo grupei būdingus 5.12 lentelėje nurodytus sietus ir tarpinius sietus reikalavimus.

Granulimetrinė sudėtis nustatoma pagal standartų nurodytas metodikas. Prieš bandymą medžiaga, nuplaunama (jei reikia), išdžiovinama ( $110 \pm 5$ ) °C temperatūros krosnyje iki pastoviosios masės ir atvėsinama iki aplinkos temperatūros. Jei džiovinamos medžiagos dalelės sušoka, tai prieš sijojimą susidarę grumsteliai turi būti sutrinami. Bandymui skirtas ėminys sudalijamas į reikiamą bandinių skaičių. Jei medžiagų mišinys sudarytas iš aiškiai skirtingų tankių dalelių, būtina išvengti mišinio susisluoksniavimo. Įprastų uolienuų, kurių tankis nuo 2,00 Mg/m<sup>3</sup> iki 3,00 kg/m<sup>3</sup>, bandinių masė pagal standartą nurodyta 5.13 lentelėje.

5.12 lentelė. **Mišriojo užpildo granulimetrinės sudėties reikalavimai**

Užpildo stambumas, mm		Išbirų per apatinį sietą absoliutinės vertės, masės procentais	
Pagrindinis ir 1-as papildomas rinkinys	Pagrindinis ir 2-as papildomas rinkinys	40 ± 20	70 ± 20
		Sietai, mm	
-	0/6,3 (6)	1	4
0/8	0/8	1	4
-	0/10	1	4
0/11,2 (11)	-	2	5,6 (5)
-	0/12,5 (12)	2	6,3 (6)
-	0/14	2	8
0/16	0/16	2	8
-	0/20	2	10
0/22,4 (22)	-	2	11,2 (11)
0/31,5 (32)	0/31,5 (32)	4	16
-	0/40	4	20
0/45	-	4	22,4 (22)

PASTABA Skliausteliuose skaičiais nurodytos frakcijos gali būti žymimos supaprastintai.

5.13 lentelė. **Bandinio masė, atsižvelgiant į dalelių stambumą**

Didžiausių dalelių stambumas, mm	Mažiausia bandinio masė, kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

Kai dalelės yra kitokio stambumo, negu nurodyta 5.13 lentelėje, mažiausia bandinio masė parenkama interpoliacijos principu. Kai medžiagos tankis mažesnis negu 2,00 kg/m<sup>3</sup> arba didesnis negu 3,00 kg/m<sup>3</sup> bandinio masė koreguojama priklausomai nuo jų tankio taip, kad bandinio medžiagos tūris būtų toks kaip įprastųjų uolienuų tankio bandinio.

Medžiagos gali būti sijojamos per sietų komplektą rankiniu būdu arba mechanškai kratant specialiu aparatu. Baigus sijoti, ant kiekvieno sieto liekanos atskirai pasveriamos ir apskaičiuojama jų procentinė masė 0,1 % tikslumu.

Granulimetrinės sudėties bandymo rezultatai surašomi į lentelę arba dar nubraižomas tipinis granulimetrinės sudėties grafikas.

Smulkiųjų dalelių (išbirusių per 0,063 mm akelių sieta), kurių buvimas gali būti nepageidautinas, masė apskaičiuojama pagal tokią formulę:

$$\frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \cdot 100 \quad (5.24)$$

čia:  $M_1$  – pradinė išdžiovinto bandinio masė, kg;  
 $M_2$  – liekanų ant 0,063 mm akelių sieta masė, kg;  
 $P$  – išbirų ant sietų rinkinio dugno masė, kg.

Medžiagų, kurių negalima džiovinti, esant 110 °C temperatūrai, turi būti ruošiami du bandiniai ir nustatoma jų masė. Drėgniui nustatyti vienas iš dviejų bandinių džiovinamas (110 ± 5)°C temperatūros džiovykloje. Antrojo iš dviejų bandinių granulimetrinė sudėtis nustatoma jį plaunant ir sijoiant šlapiuoju būdu nedžiovintą. Tarus, kad antrojo bandinio drėgnis yra toks pat kaip ir pirmojo, apskaičiuojama pradinė tariamai sauso bandinio masė.

**Mikroužpildo** granulimetrinė sudėtis turi tenkinti 5.14 lentelėje nurodytus reikalavimus.

5.14 lentelė. **Mikroužpildo granulimetrinės sudėties reikalavimai**

Sieto akelių matmuo, mm	Išbira per sieta, masės procentais	
	Absoliučiuųjų pavieniųjų rezultatų sritis	Gamintojo deklaruojama didžiausių verčių sritis <sup>a</sup>
2	100	–
0,125	85 iki 100	10
0,063	70 iki 100	10

<sup>a</sup> Deklaruota granulimetrinės sudėties srities vertė, nustatyta iš 20 paskutinių verčių. 90 % duomenų turi neišeiti už šios srities verčių ribų, o visi duomenys turi neišeiti už granulimetrinės sudėties srities absoliučiuųjų verčių ribų.

**Specialios paskirties užpildo** tam tikros paskirties betonui granulimetrinė sudėtis nustatoma pagal ISO 565:1990 nurodytą R 20 sietų eilę, parinkus šiuos sietų derinį: 0,063 mm; 0,125 mm; 0,250 mm; 0,500 mm; 1 mm; 2 mm; 4 mm; 8 mm; 16 mm; 31,5 mm; ir 63 mm.

**Smėlio stambumas** apibūdinamas vienu iš dviejų rodiklių: išbira per 0,5 mm akelių sieta arba stambumo moduliui.

5.15 lentelė. **Smėlio stambumo įvertinimas pagal išbirą per 0,5 mm akelių sieta**

Išbira per 0,5 mm sieta, %		
5 – 45	30 – 70	55 – 100
Stambus	Vidutinio stambumo	Smulkus

Smėlio stambumo modulis apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$M_{st} = \frac{\sum(m_4 + m_2 + m_1 + m_{0,5} + m_{0,25} + m_{0,125})}{100} \quad (5.25)$$

čia nuo  $m_4$  iki  $m_{0,125}$  – atitinkamai visa liekana ant sietų su (4; 2;1; 0,5; 0,25 ir 0,125 mm akelėmis), %.

Smėlio stambumo apibūdinimas pagal stambumo modulį nurodytas 5.16 lentelėje.

5.16 lentelė. **Smėlio stambumas pagal stambumo modulį  $M_{st}$**

Stambus	Vidutinio stambumo	Smulkus
4,0 – 2,4	2,8 – 1,5	2,1 – 0,6

Tiek išbira per 0,5 mm tankumo sieta, tiek stambumo modulis nusako smėlio stambumą apskritai, tačiau neparodo smėlio tikslios granulimetrinės sudėties, kuri reikalinga kitiems smėlio techniniams rodikliams (pvz., savitajam paviršiui, skaičiuojamajam santykiniam tankiui ir kt.) apskaičiuoti.

**5.6.2. Savitasis paviršius**

Savitasis dalelių paviršius – tai visų dalelių paviršiaus ploto ir jų masės (kartais tūrio) santykis, išreikštas  $m^2/kg$  arba  $m^2/m^3$ . Rutulio formos dalelės savitasis paviršius apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$s = 6/(\rho \cdot d); \quad (5.26)$$

čia  $s$  – savitasis paviršius,  $m^2/kg$ ;  
 $\rho$  – dalelės tūrinis tankis,  $kg/m^3$ ;  
 $d$  – dalelės skersmuo, m.

Dažnai natūralios kilmės ar skaldytos dalelės forma yra daugiau ar mažiau nutolusi nuo rutulio formos, todėl apskaičiuojant jos savitąjį paviršių, reikėtų imti paviršiaus padidėjimą pagal formos koeficiento vertę. Skaldytų dalelių

formos koeficientas yra apie 0,4 – 0,85. Kuo dalelės forma artimesnė rutulio formai, tuo jos formos koeficientas artimesnis vienetui.

Skaldytų dalelių savitasis paviršius dar priklauso ir nuo paviršiaus šiurkštumo, t. y. skilimo plokštumos lygumo. Amorfinių ir smulkiakristalių stiprių medžiagų skilimo plokštumos paprastai būna lygios, o kuo kristalai stambesni, tuo šiurkštesnis skilimo paviršius. Sutrupintų aktyviųjų medžiagų paviršius taip pat yra akytas ir šiurkštus, todėl jų savitasis paviršius sąlygiškai yra didesnis už tankios uolienos tokio pat stambumo dalelių savitąjį paviršių, pvz., pemzos skaldos savitasis paviršius yra apie du kartus didesnis už granito ir apie tris kartus didesnis už žvirgždo, o pemzos smėlio – apie du kartus didesnis už paprasto smėlio tokio pat stambumo dalelių savitąjį paviršių. Atskirų frakcijų dalelių skaičiuojamieji savitieji paviršiai pateikti 5.17 lentelėje.

5.17 lentelė. Dalelių skaičiuojamieji savitieji paviršiai

Dalelių frakcija, mm	Dalelių vidutinis skaičiuojamasis skersmuo, mm	Skaičiuojamasis savitasis paviršius, m <sup>2</sup> /kg
16/32	30...26	0,07...0,08
8/16	15...13	0,14...0,17
4/8	7,5...6,5	0,30...
2/4	3,7...3,3	0,6...0,67
1/2	1,8...1,6	1,23...1,4
0,5/1	0,9...0,8	2,45...2,78
0,25/0,5	0,45...0,4	4,94...5,55
0,125/0,25	0,22...0,2	7,41...11,11
0,063/0,125	0,10...0,06	22,22...37,05
0,063/0,005	0,03...0,002	74,10...222,22
mažiau kaip 0,005 (molio dalelės)	apie 0,001	apie 450

PASTABA 5.17 lentelėje pateikti dalelių skaičiuojamieji savitieji paviršiai yra tik orientaciniai, nes dalelės sijojamos per sietus su kvadratinėmis akelėmis, o skaičiavimuose jos aproksimuojamos į rutulius; be to, reiktų įvertinti dalelių formą ir paviršiaus šiurkštumą, todėl faktiškosios vertės gali būti didesnės arba mažesnės.

Dalelių mišinio savitasis paviršius gali būti apskaičiuojamas pagal atskirų frakcijų dalelių vidutinius skersmenis, nustatytus iš granulometrinės sudėties. Kuo siauresnės frakcijos, tuo tiksliau galima apskaičiuoti frakcijų dalelių vidutinius skersmenis ir savitąjį paviršių.

Smulkiųjų dalelių (miltelių pavidalo), kurias sunku suskirstyti frakcijomis, savitasis paviršius gali būti nustatomas specialiais standartiniais aparatais pagal standartų nustatytą slėgiu suslėgtų miltelių oro pralaidumą. Tokių medžiagų kaip mineraliniai milteliai (mikroužpildai), cementas ir pan. stambumas apibūdinamas savituoju paviršiumi.

Smulkių statybinių medžiagų savitasis paviršius turi įtakos jų technologinėms savybėms, nes jas naudojant mišiniams gaminti ir sumaišius su jungiančiąja faze (vandeniui, derva, bitumu ir pan.) atsiranda vienokie arba kitokie sudėtingi paviršių sąveikos reiškiniai: paviršiaus įtempiai, elektros potencialų atsiradimas ir mažėjimas paviršiniuose sluoksniuose, adhezija, kohezija, adsorbcija, difuzija, cheminė sąveika, reiškiniai susiję su tūrio kaita, paviršių mechaninė trintis (maišant ir formuojant gaminius) ir kt. Laikui bėgant ir keičiantis gaminamos medžiagos struktūrai, vieni iš šių reiškių išryškėja, kiti pranyksta, kol nusistovi tam tikra reiškių vyksmo pusiausvyrą ir lieka pastovios gaminių fizikinės ir mechaninės savybės. Tačiau gaminių eksploatacijos metu dėl aplinkos poveikio gali suaktyvėti paviršiniai reiškiniai tiek gaminio paviršiuje, tiek gaminio viduje fazių lietimosi paviršiuose. Termodinaminių procesų greitis priklauso nuo fazių paviršių lietimosi ploto. Kuo fazių lietimosi plotas didesnis, tuo visi procesai medžiagų paviršiuose ir paviršiniuose sluoksniuose vyksta intensyviau ir sparčiau.

## **5.7. DALELIŲ FORMA**

### **5.7.1. Bendrosios žinios**

Nerūdinių medžiagų dalelės gali būti įvairios formos: skeltos, apskritos, plokščios, pailgos. Žvyro dalelės gali būti apskritos, plokščios ir pailgos, skaldos dalelės – kampuotos, aštriabriaunės, plokščios ir pailgos. Plokščių ir pailgų dalelių kiekis skaldoje priklauso nuo trupintuvo tipo, trupinimo plokščių briaunų susidėvėjimo, uolienos atmainos ir kitų aplinkybių. Pagal Europos standartus nerūdinių medžiagų dalelių forma įvertinama dviem rodikliais: plokštumo rodikliu ir formos rodikliu.

### **5.7.2. Plokštumo rodiklis**

Plokštumo rodiklis nustatomas sijojant per analizinius sietus su kvadratinėmis akelėmis ir per specialius strypinius bandymo sietus. Sijojant per sietus su kvadratinėmis akelėmis bandinys padalijamas į dalelių frakcijas  $d_i/D_i$ . Po to kiekvienos frakcijos  $d_i/D_i$  dalelės persijojamos per strypinius sietus, kurių tarpų tarp strypų plotis yra  $D/2$ . Dalelės išbirusios per strypinį sieta, laikomos plokščiomis. Strypinių sietų tarpų pločiai (mm) pateikti 5.18 lentelėje.

5.18 lentelė. **Strypinių sietų tarpų pločiai**

Frakcijos dalelių stambumas $d_i/D_i$ , mm	Strypinių sietų tarpų pločiai, mm
63/80	$40 \pm 0,3$
50/63	$31,5 \pm 0,3$
40/50	$25 \pm 0,2$
31,5/40	$20 \pm 0,2$
25/31,5	$16 \pm 0,2$
20/25	$12,5 \pm 0,2$
16/20	$10 \pm 0,1$
12,5/16	$8 \pm 0,1$
10/12,5	$6,3 \pm 0,1$
8/10	$5 \pm 0,1$
6,3/8	$4 \pm 0,1$
5/6,3	$3,15 \pm 0,1$
4/5	$2,5 \pm 0,1$

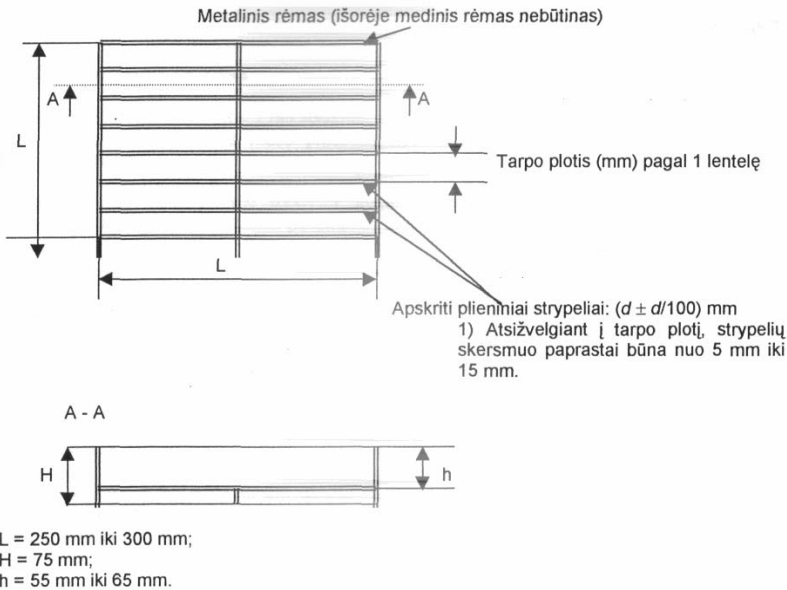
Visų dalelių plokštumo rodiklis apskaičiuojamas kaip per strypinį sietą išbirusių dalelių kiekio visos išdžiovinto bandinio masės santykis. Kai reikia rasti kiekvienos frakcijos  $d_i/D_i$  dalelių plokštumo rodiklį, apskaičiuojamas per atitinkamą strypinį sietą išbirusių dalelių ir visos tos frakcijos masės santykinis kiekis. Bandomos dalelės, kurių skersmuo yra nuo 4 mm iki 80 mm. Bandinio masė tokią, kaip nurodyta 5.19 lentelėje.

5.19 lentelė. **Bandinio masė plokštumo rodikliui nustatyti**

Stambiausiųjų dalelių matmuo $D$ , mm	Bandinio masė (minimali), kg
63	45
32	6
16	1
8	0,1

**PASTABA** Jei stambiausiųjų dalelių matmenys kitokie, bandinio masė nustatoma interpoliuojant 5.18 lentelės duomenis, jei dalelių tankis mažesnis kaip  $2,00 \text{ Mg/m}^3$  arba didesnis kaip  $3,00 \text{ Mg/m}^3$ , bandinio tūris imamas kaip normalių uolienų.





5.10 pav. Strypinio sieto vaizdas

Suminis dalelių plokštumo rodiklis  $Fl$  apskaičiuojamas pagal tokią lygtį:

$$Fl = (M_2 / M_1) \cdot 100 ; \quad (5.27)$$

čia

$M_1$  – visų  $d_i/D_i$  frakcijų masių suma, g;

$M_2$  – visų  $d_i/D_i$  frakcijų išbirų per atitinkamo tankumo  $D_i/2$  strypinius sietus masių suma, g.

Suminė dalelių plokštumo rodiklio vertė suapvalinama iki artimiausio sveikojo skaičiaus.

Jei reikia, kiekvienos frakcijos dalelių plokštumo rodiklis apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$Fl_i = (m_i / R_i) \cdot 100 , \quad (5.28)$$

čia

$R_i$  – atitinkamos  $d_i/D_i$  dalelių frakcijos masė, g;

$m_i$  – atitinkamos  $d_i/D_i$  dalelių frakcijos išbiros per  $D_i/2$  tankumo strypinį sietą masė, g.

Medžiagos stambiųjų dalelių plokštumo rodiklis nustatomas pagal standartinę metodiką ir gamintojo arba tiekėjo turi būti deklaruojama kategorija pagal 5.20 lentelėje pateiktą plokštumo rodiklio vertę, atsižvelgiant medžiagos naudojimo ypatumus arba tikslą.

5.20 lentelė. **Medžiagos kategorijos pagal plokštumo rodiklio didžiausias vertes**

Plokštumo rodiklis	Kategorija <i>Fl</i>
≤ 15	<i>Fl</i> <sub>15</sub>
≤ 20	<i>Fl</i> <sub>20</sub>
≤ 35	<i>Fl</i> <sub>35</sub>
≤ 50	<i>Fl</i> <sub>50</sub>
> 50	<i>Fl</i> Deklaruojamas
Reikalavimų nėra	<i>Fl</i> <sub>NR</sub>

Šis plokštumo rodiklio nustatymo metodas yra palyginti objektyvus, nes gaunami rezultatai mažai priklauso nuo operatoriaus. Tačiau jis nepatogus tuo, kad reikia turėti daug strypinių bandymo sietų. Todėl gali būti taikomas kitas alternatyvus dalelių formos įvertinimo metodas – pagal formos rodiklį.

### 5.7.3. Formos rodiklis

Dalelių formos rodiklis nustatomas matuojant dalelės ilgį  $L$  ir storį  $E$  specialiu formos matavimo slankmačiu. Bandinys išdžiovinamas ( $110 \pm 5$ )°C temperatūros džiovykloje. Formos rodiklis apskaičiuojamas pagal dalelių, kurių matmenų santykis  $L/E$  didesnis kaip 3, kiekį masės procentais.

Vienkartinio bandinio masė, atsižvelgiant į dalelių stambumą, turi būti tokia, kokia nurodyta 5.19 lentelėje. Bandomos vienos siauros  $d_i/D_i$  frakcijos, kurios  $D_i \leq 2d_i$ , dalelės. Dalelių formos matavimo slankmačiu nustatomas kiekvienos dalelės ilgis  $L$  ir storis  $E$ . Dalelės, kurių  $L/E > 3$ , atskiriamos. Laikoma, kad šios dalelės yra ne kubo formos. Jos pasveriamos.

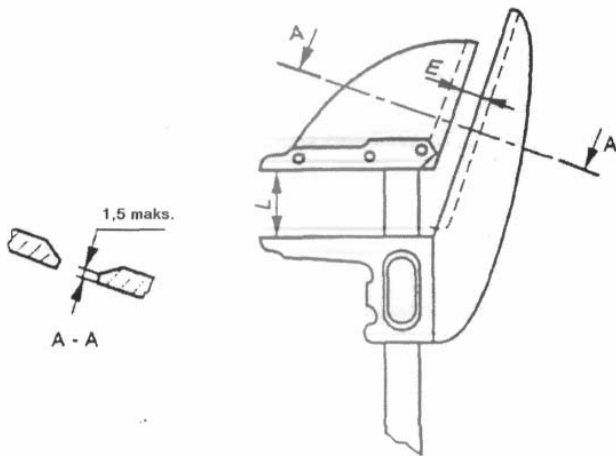
Dalelių formos rodiklis ( $SI$ ) apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$SI = (M_2 / M_1) \cdot 100 ; \quad (5.29)$$

čia

$M_1$  – vienkartinio bandinio masė, g;

$M_2$  – ne kubo formos dalelių masė, g.



5.11 pav. Formos matavimo slankmatis

I frakcijas nesudalytų dalelių formos rodiklis ( $SI$ ) apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$SI = (\Sigma M_{2i} / \Sigma M_{1i}) \cdot 100; \quad (5.30)$$

čia  $\Sigma M_{1i}$  – išbandytų frakcijų dalelių masių suma, g;  
 $\Sigma M_{2i}$  – išbandytų frakcijų ne kubo formos dalelių masių suma, g.

I frakcijas sudalyto dalelių mišinio, formos rodiklis ( $SI$ ) apskaičiuojamas pagal tokią lygtį:

$$SI = \frac{\Sigma(V_i \cdot SI_i)}{\Sigma V_i}, \quad (5.31)$$

čia  $V_i$  – išbandyto ėminio  $i$ -tosios frakcijos dalelių masės dalis, %;  
 $SI_i$  – išbandytos  $i$ -tosios frakcijos ne kubo formos dalelių masės dalis, %.

Dalelių formos rodiklio ( $SI$ ) vertė apvalinama iki artimiausio sveikąjo skaičiaus. Medžiagos dalelių formos rodiklis tiekėjo turi būti deklaruojamas pagal 5.21 lentelėje pateiktas kategorijas, atsižvelgiant šios medžiagos naudojimo ypatumus arba tikslą.

5.21 lentelė. **Medžiagų kategorijos pagal didžiausias dalelių formos rodiklio vertes**

Dalelių formos rodiklis	Kategorija <i>SI</i>
≤ 15	<i>SI</i> <sub>15</sub>
≤ 20	<i>SI</i> <sub>20</sub>
≤ 40	<i>SI</i> <sub>40</sub>
≤ 55	<i>SI</i> <sub>55</sub>
> 55	<i>SI</i> Deklaruojamas
Reikalavimų nėra	<i>SI</i> <sub>NR</sub>

#### 5.7.4. Kriauklių kiekio įvertinimas

Vandens gyvūnų mineralinių liekanų – kriauklių ir jų liekanų gali būti jūrinės kilmės nuosėdinėse uolienose, susiklosčiusiose pajūriuose, prie upių arba ežerų. Kriauklės dėl mažo mechaninio stiprumo ir sudėtingos formos yra nepageidautinos priemaišos tose nerūdinėse medžiagose, kurios naudojamos keliams, betonams ir kitoms konstrukcinėms medžiagoms. Kriauklių kiekis ribojamas stambiuosiuose betono užpilduose.

Kriauklės atrenkamos rankomis ir apskaičiuojamas jų kiekis procentais. Iš (110 ± 5) °C temperatūros aplinkoje iki pastoviosios masės išdžiovinto ėminio atskiriamas bandinys ir sijojamas per 4 mm akelių sietą. Bandinio masė, atsižvelgiant į dalelių stambumą, turi būti tokia, kokia nurodyta 5.22 lentelėje.

5.22 lentelė. **Bandinių masė**

Didžiausias dalelių stambumas <i>D</i> , mm	Bandinio masė (mažiausia), kg
63	45
32	6
16	1
8	0,1

Kriauklių kiekis *SC* bandinyje apskaičiuojamas pagal formulę:

$$SC = (M_2 / M_1) \cdot 100 \quad ; \quad (5.32)$$

čia

*M*<sub>1</sub> – bandinio masė, g;

*M*<sub>2</sub> – kriauklių ir kriauklių nuotrupų masė, g.

Gali būti nustatomas kriauklių kiekis atskirose dalelių frakcijose arba visame mišinyje. Jis apskaičiuojamas pagal tas pačias formules kaip ir dalelių formos rodiklis. Medžiagų kategorijos, įvertinant kriauklių kiekį, nurodytos 5.23 lentelėje.

5.23 lentelė. **Medžiagos kategorijos pagal didžiausią kriauklių kiekį stambiajame užpilde**

Kriauklių kiekis, %	Kategorija <i>SC</i>
≤ 10	<i>SC</i> <sub>10</sub>
> 10	<i>SC</i> Deklaruojamas
Reikalavimų nėra	<i>SC</i> <sub>NR</sub>

### 5.7.5. Smulkiųjų kiekio įvertinimas

Smulkelėmis laikomos nerūdinių medžiagų dalelės, kurios išbyra sijojant per 0,063 mm akelių sieta. Tai gali būti pagrindinės uolienos, dulquio ir molio dalelės. Dažnai per didelis jų kiekis žvirgžde, skaldoje arba smėlyje yra nepageidautinas arba net kenksmingas. Jų stambumas toks pat arba panašus kaip ir mikroužpildo. Tačiau mikroužpildas specialiai ruošiamas arba gaminamas tam tikriems tikslams. Jo mineralinė ir granulimetrinė sudėtis yra parenkamos tikslingai. Tam tikrais atvejais smulkelės galima priskirti prie mikroužpildo, jei jos pagal technines charakteristikas jį atitinka ir gali pakeisti. Smulkiųjų kiekis gali būti nustatomas trimis būdais.

**Sijojimo metodas.** Smulkiųjų kiekis užpilduose, nustatytas sijojimo metodu, gamintojo arba tiekėjo turi būti deklaruojamas pagal 5.24 lentelėje pateiktas kategorijas.

Smėlio ekvivalento metodas. Metodo esmė tokia. Smėlio bandinio dalis matavimo cilindre užpilama mažu flokulianto (medžiagos, padedančios smulkioms dalelėms sulipti į purius dribsnius) kiekiu ir pakratoma, kad bandinyje nuo smėlio dalelių atsiskirtų prikibusios molio dalelės. Po to į smėlį papildomai įpilama flokulianto ir permaišoma, kad smulkiosios dalelės suspesijoje pakiltų virš smėlio. Po 20 minučių apskaičiuojama smėlio ekvivalento vertė pagal nusėdusių dalelių sluoksnio aukštį procentais nuo viso flokuljavusios medžiagos cilindre aukščio.

Koncentruotas flokulianto tirpalas gaminamas iš anhidritinio kalcio chlorido (CaCl<sub>2</sub>), glicerino, formaldehido tirpalo (40 % tūrinės koncentracijos) ir distiliuoto arba demineralizuoto vandens.

Bandymui naudojami du specialūs stikliniai arba skaidrios plastmasės cilindrai ir specialus slėgas, kuris reikalingas nusėdusiam smėliui suslėgti.

Bandomi du 0/2 mm frakcijos dalelių bandiniai, kurių drėgnis  $w$  masės procentais turi būti  $2 < w > 0$ . Bandinio masė apskaičiuojama pagal tokią lygtį:

$$\frac{120 \cdot (100 + w)}{100}; \quad (5.33)$$

čia  $w$  – smėlio drėgnis, masės procentais.

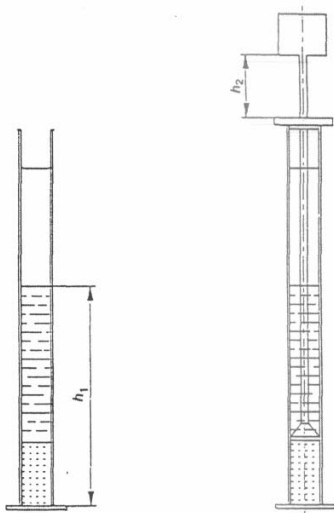
5.24 lentelė. Kategorijos pagal didžiausią smulkelių kiekį

Užpildo atmaina	Išbiros per 0,063 mm akelių sieta, masės procentais	Kategorija $f$
Stambusis užpildas	$\leq 1,5$	$f_{1,5}$
	$\leq 4$	$f_4$
	$> 4$	$f_{\text{Deklaruojamas}}$
	Reikalavimų nėra	$f_{\text{NR}}$
Gamtinis 0/8 mm užpildas	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$> 16$	$f_{\text{Deklaruojamas}}$
	Reikalavimų nėra	$f_{\text{NR}}$
Mišrusis užpildas (sudarytas iš stambiojo ir smulkiojo)	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 11$	$f_{11}$
	$> 11$	$f_{\text{Deklaruojamas}}$
	Reikalavimų nėra	$f_{\text{NR}}$
Smulkusis užpildas	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$\leq 22$	$f_{22}$
	$> 22$	$f_{\text{Deklaruojamas}}$
	Reikalavimų nėra	$f_{\text{NR}}$

Pagal standartinę metodiką greta bandomi du bandiniai. Į cilindrą sifonu iki apatinės žymės įpilama plovimo tirpalo (pagaminto iš  $(125 \pm 1)$  ml koncentruoto flokulianto, atskiesto iki  $(5 \pm 0,01)$  l distiliuotuoju vandeniu), paskui suberiamas bandinys. Siekiama, kad iš bandinio išeitų oras ir kad jis visiškai sudrėktų. Užkimšti cilindrai kratomi kratytuvu. Po to cilindro sienelių vidinės pusės nuplaunamos taip, kad visos dalelės galėtų laisvai nusėsti. Plaunant plovimo tirpalo pripilama iki viršutinės cilindro žymės. Į cilindrą atsargiai leidžiamas slėgas, kol atsiremia į nuosėdas. Prie cilindro pritvirtinama

liniuotė ir matuojamas nusėdusių dalelių sluoksnio aukštis  $h_1$  ir visas aukštis  $h_2$  nuo cilindro dugno iki viršutinės cilindro žymės.

Apskaičiuojami kiekvieno cilindro išmatuotų aukščių santykiai  $(h_2/h_1) \cdot 100$  vienos dešimtosios tikslumu. Šis smėlio ekvivalento metodas leidžia santykiškai įvertinti užpildo švarumą, t. y. molio ir dulquio kiekį užpilde.



5.12 pav. Cilindras smulkelių kiekio rodikliui nustatyti smėlio ekvivalento metodu ir reikalingų aukščių matavimo principas

**Metilenmėlynojo metodas** pagrįstas tuo, kad smulkelės savo paviršiumi adsorbuoja metilenmėlynąjį I suspensiją, paruoštą iš nerūdinės medžiagos bandinio ir vandens, vis įpilama po mažą porciją metilenmėlynojo tirpalo. Dažiklio pertekliaus ribai nustatyti po kiekvieno tirpalo papildymo dažiklio adsorbcija bandinyje nustatoma filtravimo popieriaus, dažymo bandymu, t. y. siekiama momento, kai užlašinus lašą ant filtravimo popieriaus aplink nudažytą dėmę atsiranda nenuspalvintas ratilas, kuris parodo kad pasiekta adsorbavimo riba. Šitaip nustatoma, kiek metilenmėlynojo adsorbuoja molio ir dulquio dalelės. Iš bandymui sunaudoto metilenmėlynojo kiekio sprendžiama, kiek smėlyje yra smulkelių.

Bandoma pagal standartinę metodiką. Bandymui imamas  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  temperatūros krosnyje išdžiovintas 200 gramų 0/2 mm frakcijos smėlio

bandinys. Jis suberiamas į stiklinę, kurioje įpilta ( $500 \pm 5$ ) ml vandens. Paruošiamas metilenmėlynojo tirpalas.

Suspensija 5 min maišoma maišikliu, kurio apšukos ( $600 \pm 60$ )  $\text{min}^{-1}$ . Po to įpilama 5 ml dažiklio tirpalo ir dar maišoma. Jei aplink lašo dėmę ant filtravimo popieriaus nepasirodo bespalvis ratilas, tai maišant kas 1 min vis įpilama dažiklio ir po kiekvieno įpylimo bandoma, ar aplink lašo dėmę ant filtravimo popieriaus neatsirado bespalvio ratilo.

Metilenmėlynojo rodiklio vertė *MB* išreiškiama dažiklio masės gramais kilogramui 0/2 mm frakcijos užpildo ir apskaičiuojama pagal lygtį:

$$MB = (V / M) \cdot 10 ; \quad (5.34)$$

čia  $V$  – visas supilto standartinio dažiklio tirpalo tūris, ml;  
 $M$  – bandinio masė, g.

Šis metilenmėlynojo metodas, kaip ir smėlio ekvivalento metodas, leidžia santykiškai įvertinti užpildo švarumą, t. y. molio ir dulquio kiekį užpilde.

## **5.8. CHEMINĖS SAVYBĖS (REAKTYVUMAS, TIRPUMAS, PRIEMAIŠŲ KIEKIS IR KT.)**

### **5.8.1. Bendrosios žinios**

Kai kurios nerūdinių medžiagos gali chemiškai reaguoti su kitomis medžiagomis, turėti vandenyje arba kituose skysčiuose tirpių cheminių junginių ir priemaišų, keisti struktūrą veikiamos temperatūros ir drėgmės arba kisti veikiamos aplinkos ir laiko. Visi medžiagos struktūros kitimai ir virsmai vadinami cheminių savybių pokyčiais ir nustatomi cheminės analizės metodais.

Priklausomai nuo kilmės, naudojimo tikslo ir eksploatacijos sąlygų medžiagos, jei to reikalaujama, turi būti chemiškai išbandomos ir deklaruojamos jų cheminių savybių rodiklių vertės. Yra sudarytas nerūdinių medžiagų cheminių savybių bandymo Europos standartas, kuriame nurodyti cheminiai reagentai, bandymo įranga ir bandymo metodika. Cheminiai bandymai yra palyginti sudėtingi, todėl juos gali atlikti tik kvalifikuoti specialistai tinkamai įrengtoje cheminėje laboratorijoje. Čia pateikiami tik cheminio bandymo principai.

### **5.8.2. Vandenyje tirpių chloridų nustatymas**

Dauguma chloridų yra tirpūs vandenyje ir dėl to gali sumažėti medžiagos stiprumas. Chloridai skatina metalų koroziją, ypač pavojingi jie gelžbetoninėms konstrukcijoms. Todėl jų buvimas nerūdinėse medžiagose daugeliu atvejų yra nepageidautinas arba griežtai ribojamas. Jei reikalaujama, medžiagų gamintojas



arba tiekėjas chloridų kiekį (masės procentais) privalo deklaruoti. Chloridų kiekiui nustatyti taikomi keli metodai.

**Volhardo metodas.** Šis metodas laikomas pagrindiniu ir taikomas medžiagoms, kurios tiesiogiai kontaktavo su chloridais arba buvo druskingame vandenyje, pvz., tipiškose yra jūros dugno išgautos arba kai kurios dykumų sričių medžiagos. Jos bandomos smulkiai sumaltos. Chloridų kiekis nustatomas azoto rūgštimi pagal standartinę metodiką ekstrahuojant vandenyje.

**Potenciometrinis metodas.** Chloro jonai nusodinami iš ekstrakto standartiniu sidabro nitrato tirpalu. Titruojama potenciometrinio metodu, naudojant tinkamą elektrodą kaip indikatorių. Chloridų kiekis tirpale nustatomas pagal sidabro nitrato tirpalo sąnaudas potenciometrinės kreivės kirtimo taške.

**Mohro metodas.** Bandomos medžiagos chloridų jonai sparčiai ekstrahuojasi kambario temperatūros vandenyje. Ekstraktas analizuojamas Mohro metodu, pagal kurį chloridai titruojami sidabro nitratu; indikatorius yra kalio chromatas. Šis metodas spartesnis už ekstrahavimą Volhardo metodu, tačiau jis tinka tik patikrinimui prieš atliekant bandymą. Jei šiuo patikrinimu nustatoma, kad yra chloridų, tuomet atliekamas pagrindinis bandymas Volhardo metodu.

### 5.8.3. Vandenyje tirpių sulfatų nustatymas

Sieros junginiai gali būti tirpūs vandenyje bei rūgštyse ir dėl to eksploatacijos sąlygomis gali sumažėti medžiagos stiprumas. Siera skatina metalų koroziją, todėl ji kenksminga armuotoms konstrukcijoms. Daug sulfatų gali būti aukštakrosnių šlakuose, kurie naudojami kaip ir nerūdinės medžiagos. Bendras sieros kiekis, susidaręs iš visų komponentų, betonuose ir skiediniuose yra ribojamas.

Nerūdinės medžiagos bandinio vandenyje tirpių sulfatų jonai ekstrahuojami vandeniu. Vandenyje tirpūs sulfatai nustatomi juos nusodinus bario chloridu, jo tirpalo pilant tiek, kad bandomojo tirpalo pH būtų nuo 1 iki 1,5. Užvirinus sulfatas nusėda. Sulfatų jonų kiekis pateikiamas procentine bandinio masės dalimi, apskaičiuotas ir išreikštas kaip  $SO_3$  pagal tokią formulę:

$$\text{tirpaus } SO_3 = 2 \cdot W \cdot 0,343 \cdot m ; \quad (5.35)$$

čia

$m$  – bario sulfato nuosėdų masė, g;

$W$  – vandens ir bandinio masių santykis (gramais grame).

Nustatant visos sieros kiekį (ne tik vandenyje tirpių sulfatų) medžiagoje, bandinys apdorojamas bromu ir azoto rūgštimi, kad visi sieros junginiai virstų sulfatais. Sulfatas kaip  $BaSO_4$  iškrinta nuosėdomis ir pasveriamas. Visas sieros kiekis pateikiamas kaip medžiagos masės dalis procentais.

#### 5.8.4. Rūgštyje tirpių sulfatų ir sulfidų nustatymas

Rūgštyje tirpūs sulfatai, ekstrahuoti iš medžiagos bandinio praskiesta druskos rūgštimi, nustatomi gravimetriniu metodu.

Nustatant rūgštyje tirpius sulfidus, bandinys suskaidomas druskos rūgštimi redukuojančioje aplinkoje. Sulfidai virsta į sieros vandenilį, o šis dujų srove nukreipiamas į amoniakinį cinko tirpalą. Iškritęs cinko sulfidas nustatomas jodometriniu metodu.

#### 5.8.5. Karbonatų kiekio nustatymas

Jei reikalaujama karbonatų kiekis nustatomas pagal standartinę metodiką. Bandymui medžiaga susmulkinama, kad išbirtų per sieta su 0,125 mm akelėmis. Imamas ( $100 \pm 5$ ) °C temperatūros aplinkoje iki pastoviosios masės išdžiovintas 2 g bandinys ir apdorojamas fosforo rūgštimi, kad susiskaidytų jame esantys karbonatai. Bandymui paimtas ( $1 \pm 0,05$ ) g bandinys dedamas į distiliavimo kolbą. Ši prijungiama prie aparato su absorbciniais vamzdeliais. Vamzdeliuose absorbuojamos anglies dvideginio dujos. Pagal absorbuotų dujų masę nustatomas karbonatų kiekis.

#### 5.8.6. Priemaišų, turinčių įtakos betono apdailos paviršiui, nustatymas

*Reaktyvaus geležies sulfido dalelių nustatymas.* Kai nerūdinėse medžiagose yra reaktyvaus geležies sulfido dalelių, jos, patekusios į betono arba skiedinio paviršių arba arti jo, gali sudaryti didesnio arba mažesnio intensyvumo rudas dėmes. Šių dėmių niekuo negalima pašalinti. Jas belieka iškapoti, o iškapotas vietas vėl užtaisyti.

Bandymui atrenkama apie 50 dalelių, kuriose gali būti geležies sulfidų. Jų reaktyvumas nustatomas, įdėjus jas į prisotintą kalkių tirpalą. Per 5 min susidaro mėlynai žalios spalvos drebučių pavidalo geležies sulfato nuosėdos. Šios nuosėdos ore ir šviesoje greitai virsta rudos spalvos geležies oksidu.

Reaktyvaus geležies sulfido buvimas nustatomas apžiūrėjus, ar neatsirado dėmių.

*Lengvųjų teršalų nustatymas.* Metodas taikomas rusvųjų anglių ir akmens anglių dalelėms aptikti. Dėl betone arba skiedinyje esančių anglių paviršiuje gali atsirasti dėmių arba išsproginėjimų. Dažniausiai statybos tikslams naudojamų gamtinių uolienu dalelių lyginamasis tankis būna  $> 2,0$ . Smulkiųjų dalelių bandinį pamerkus į vandenį, dalelės, kurių lyginamasis tankis  $< 2,0$ , išplaukia į paviršių. Pasvėrus išplaukusias daleles, nustatomas jų kiekis masės procentais.

Lengvųjų priemaišų masė  $m_{LPC}$ , kaip medžiagos masės dalis, apskaičiuojama pagal formulę:

$$m_{LPC} = (m_2 / m_1) \cdot 100; \quad (5.36)$$

čia  $m_1$  – sauso bandinio masė, g;  
 $m_2$  – sausų lengvųjų priemaišų masė, g.

Rezultatai pateikiami 0,1 % tikslumu. Šis metodas netinka bandyti poringoms uolienoms, kurių lyginamasis tankis  $< 2,0$ .

### 5.8.7. Organinių priemaišų, turinčių įtakos cemento rišimuisi ir kietėjimui, nustatymas

**Humuso kiekio nustatymas.** Humusas yra organinė medžiaga, kuri grunte susidaro suirus gyvūnų ir augalų liekanoms. Jo kiekis nerūdinėje medžiagoje nustatomas pagal spalvą, kuri atsiranda bandinį skalaujant natrio šarme. Humusas su NaOH sąveikauja ir tirpalas patamsėja. Spalvos intensyvumas priklauso nuo humuso kiekio. Jei tirpalas nenusidažo arba lieka šviesios spalvos, humuso medžiagoje nėra arba jo yra mažai.

Bandymo ataskaitoje nurodoma, ar tirpalo spalva yra šviesesnė, ar tamsesnė už standartinę.

**Fulvo rūgšties kiekio nustatymas.** Fulvo rūgštis lėtina cemento hidrataciją. Jos gali būti smulkiuose nerūdinėse medžiagose, pvz., smėlinguose gruntuose, stabilizuojamuose cementu. Ši rūgštis tirpsta druskos rūgštyje ir nusidažo geltona spalva. Spalvos intensyvumas priklauso nuo fulvo rūgšties koncentracijos. Junginys Fe(III), jungdamasis su druskos rūgštimi, nusidažo rudai. Ši spalva pranyksta, kai Fe(III) junginiai pereina į Fe(II) junginius, pridėjus alavo dichlorido tirpalo.

Fulvo rūgšties kiekis nustatomas lyginant tirpalo spalvą su tokia pat spalva iš standartinių spalvų lentelės.

**Šarmų silicio dioksido reakcija.** Kai kurios uolienos gali reaguoti su kalio ir natrio šarmų hidroksidais. Tai labai svarbu betono užpildams, kurie naudojami su šarmų turinčiu cementu. Nepalankiomis sąlygomis ir drėgnoje aplinkoje šarmai reaguoja su amorfiniu silicio dioksidu, todėl betonas gali imti plėstis, o vėliau pleišėti arba irti. Dauguma šitokių reakcijų vyksta tarp šarmo ir tam tikros silicio dioksido atmainos (šarminė silicio dioksido reakcija). Kita, rečiau pasitaikanti yra šarminė karbonatų reakcija.

Šarminės silicio dioksido reakcijos poveikis nustatomas tiesioginiu bandymu – gaminant betono arba skiedinio bandinius su bandomaisiais (įtariamais reaktyvumu) ir su nereaktyviais tos pačios atmainos užpildais.

Uolienų reaktyvumą galima įvertinti pagal cheminius metodus nustatytą amorfinio silicio dioksido kiekį.

**Organinių teršalų nustatymas skiedinio metodu.** Skiedinio metodu įvertinamas poveikis eksploatacinėms savybėms ir kiekybiškai nustatoma, kokią įtaką užpilduose esančios organinės priemaišos gali turėti skiedinio rišimuisi ir kietėjimui. Metodo esmė yra ta, kad gaminami du vienodos sudėties skiediniai ir bandomas jų kietėjimo intensyvumas ir stipris gniuždant. Vienas skiedinys gaminamas su tiekėjo užpildu, o kitas, lygiagretus, su iškaitintu užpildu, kad organinės priemaišos būtų suirusios. Bandinys su iškaitintu užpildu yra kontrolinis ir lyginamas su originaliu užpildu. Kietėjimo intensyvumo bandymas įvertina skiedinio rišimosi greitėjimą arba lėtėjimą pagal stiprį po 28 parų arba ilgesnio kietėjimo.

Bandymo rezultatai vertinami pagal bandomosios medžiagos tinkamumą tam tikrai naudojimui sričiai.

### 5.8.8. Tirpumo vandenyje nustatymas

Nerūdinės medžiagos dažniausiai eksploatuojamos ten, kur yra daug drėgmės. Todėl svarbu, kad jos būtų atsparios vandens poveikiui. Ištirpus kai kuriems uolienos komponentams, gali sumažėti jos stiprumas ir atsparumas šalčiui.

Bandymui imamas ( $10 \pm 0,2$ ) g susmulkintos medžiagos bandinys ir pagal standartinę metodiką ekstrahuojamas dvigubai didesniu už jo masę vandens kiekiu. Po ekstrahavimo bandinys nusodinamas. Didžioji nusistovėjusio skysčio dalis filtruojama. Bandinio medžiaga surenkama, išdžiovinama ir pasverama. Medžiagos tirpumas vandenyje  $WS$  masės procentais apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$WS = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 ; \quad (5.37)$$

čia  $m_1$  – bandinio masė prieš ekstrahavimą, g;  
 $m_2$  - bandinio masė po ekstrahavimo, g.

Rezultatai pateikiami 0,1 % tikslumu.

### 5.8.9. Kaitmenų nustatymas

Kaitmenų kiekis parodo medžiagos jautrumą aukštos temperatūros poveikiui. Kaitmenims nustatyti medžiagos bandinys 0,1 g tikslumu pasveriamas iškaitintame ir pasvertame tiglyje. Tiglis dedamas į ( $975 \pm 25$ ) °C temperatūros elektrinę mufelinę krosnelę. Tiglis krosnelėje laikomas mažiausiai 60 min, po to eksikatoriuje atvėsinamas iki kambario temperatūros ir

pasveriamas antrą kartą. Kaitmenys masės procentais apskaičiuojami pagal formulę:

$$\text{Kaitmenys} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100; \quad (5.38)$$

čia  $m_1$  – bandinio masė prieš iškaitinimą, g;  
 $m_2$  – bandinio masė po iškaitinimo, g.

Nerūdinių medžiagų cheminių savybių didžioji dalis nustatomos pagal užsakovo pageidavimą žaliavų paieškos ir žvalgybos stadijoje. Pagrindiniai savybių rodikliai nurodomi geologinėse ataskaitose. Jeigu įtariama, kad kai kurios uolienos gali netikti tam tikrai paskirčiai, medžiagos pakartotinai bandomos, taikant atitinkamą standartinę įrangą ir standartines metodikas.

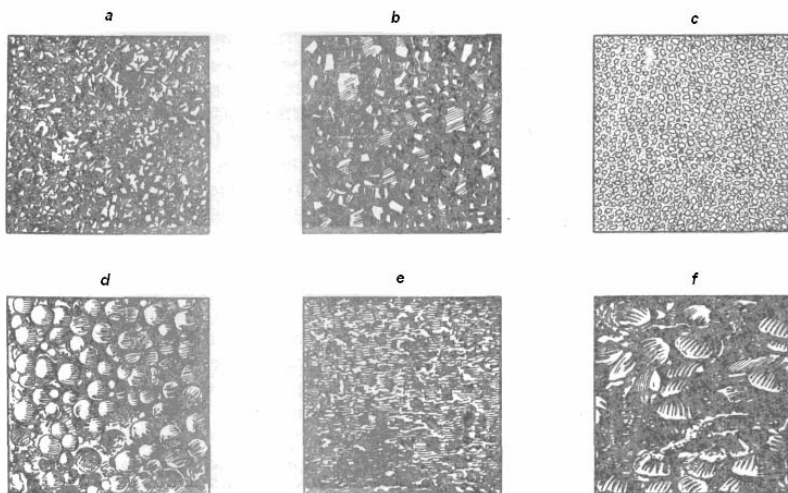
### 5.8.10. Uolienu struktūra

Uolienu struktūrą tikslinga vertinti pagal naudojimo sritis. Natūrali struktūra svarbi gaminant natūralaus akmens apdailos medžiagas. Trupintos uolienos naudojamos gaminti dirbtinio akmens apdailos medžiagoms, kurių struktūrą galima projektuoti tinkamai derinant uolienu spalvas, grūdeliu stambumą, paviršiaus apdirbimo faktūrą ir kt.

Gamtinių uolienu struktūra apibūdinama jas sudarančių kristalų, koloidinių dalelių, kapiliarų, oro porų ir kitų darinių susidėstymo būdu ir jų geometriniais matmenimis uolienos tūryje. Paprastai skiriami tokie struktūros tipai: kristalinė, pegmatinė, porfyrinė, stikliškoji, grūdėtoji. Vienodos mineraloginės sudėties uolienos gali turėti skirtingą struktūrą, atitinkamai ir skirtingas savybes.

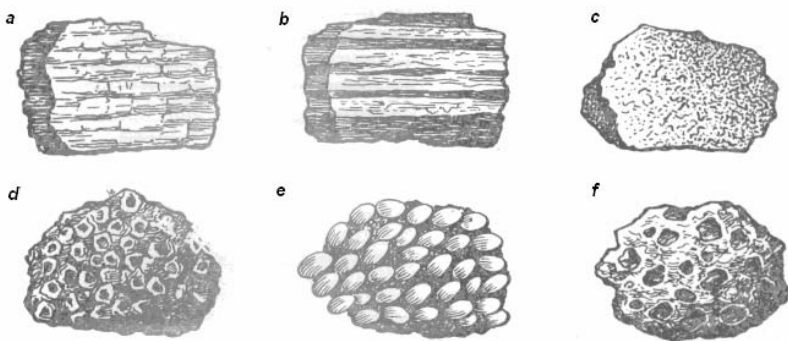
Struktūra ir tekstūra labai svarbi apdailos akmenims. Reikėtų skirti du akmens paviršiaus struktūros atvejus – natūraliąją ir dirbtinę. Natūralioji matoma nušlifavus arba nupoliravus akmenį. Tokiame paviršiuje išryškėja akmens sandaros „raštas“ – tekstūra: matyti atskiri kristalai, įvairių mineralų intarpai, sluoksniai, poros spalvos ir kt.

Dirbtinė paviršiaus struktūra gaunama akmens paviršių apdirbant įvairiais įrankiais arba mechaniniais prietaisais. Apdirbant paviršių galima paryškinti natūralią akmens struktūrą arba paslėpti jos defektus.



5.13 pav. Uolienų struktūros tipai:

a – kristalinė; b – porfyrinė; c – grūdėta; d – porėta;  
e – kriptokristalinė; f – kriauklėtoji.



5.14 pav. Uolienų tekstūros tipai:

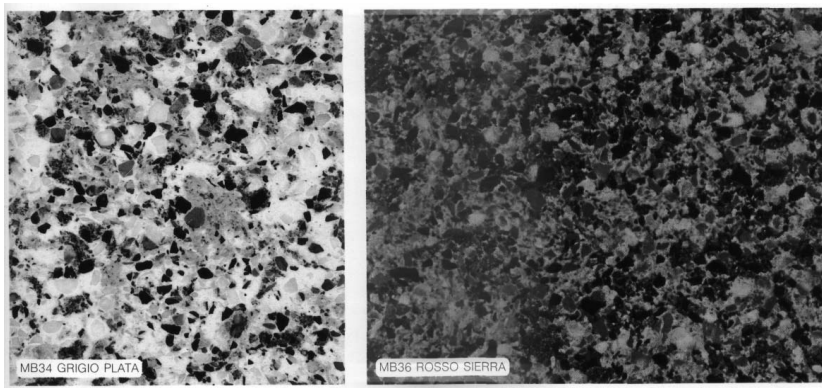
a – skalūnuotoji; b – juostuotoji; c – žemės; d – pemzinė;  
e – kriauklinė; f – kavernuotoji.

Poliruotame uolienos paviršiuje galima pamatyti uolieną sudarančių darinių geometrinius matmenis, susidėstymą ir jų spalvas bei atspalvius. Toks

dalelių ir spalvinės gamos išsidėstymas vadinamas uolienos tekstūra. Tekstūra labai svarbi pastatų ir statinių apdailai naudojamų uolienų savybė.

Apdailai naudojamų natūralių ir dirbtinių akmenų paviršiaus struktūra ir tekstūra gali būti natūrali ir dirbtinė. Natūrali – kuri matoma nušlifavus arba nupoliravus akmenį. Tokiame paviršiuje galima matyti atskirus kristalus, daleles, tarpus, sluoksnius, poras ir kitokius darinius ir jų spalvas – tekstūrą. Dirbtinė paviršiaus struktūra gaunama tam tikrais rankiniais arba mechaniniais įrankiais apdorojus akmens paviršių. Apdorojant galima paryškinti akmens struktūrą arba paslėpti pasitaikančius jos defektus.

*a*



*b*



5.15 pav. Poliruotų akmenų struktūra:

a – granitų; b – marmurų.

## 5.9. ILGAAMŽIŠKUMAS

Ilgaamžiškumas – tai nerūdinės medžiagos savybė išlaikyti tinkamą struktūrą ir pagrindines fizikines ir mechanines savybes statybinėje konstrukcijoje, kol ši tinkama eksploatuoti esamomis sąlygomis. Medžiagų ilgaamžiškumas dažniausiai apibūdinamas pagal atsparumą šalčiui. Šis rodiklis yra vienas iš svarbiausių konstrukcijoms, eksploatuojamoms lauko sąlygomis. Tačiau ilgaamžiškumo sąvoka platesnė už atsparumo šalčiui sąvoką, nes konstrukcijos, eksploatuojamos lauko sąlygomis yra veikiamos kompleksinio atmosferos, nuolatinių ir laikinųjų apkrovų ir kitokių poveikių. Medžiagų ilgaamžiškumas dažnai nustatomas iš patirties, stebint eksploatuojamas konstrukcijas.

## 5.10. MEDŽIAGŲ KOKYBĖS RODIKLIŲ STABILUMAS

Nerūdinių medžiagų gamyklų laboratorijose yra tikrinama žaliavų ir iš jų pagamintos produkcijos kokybė. Visais atvejais siekiama produkcijos kokybės stabilumo, nei ji įvertinama pagal savybių rodiklių stabilumą. Stabilumą padeda užtikrinti tinkama technologinių įrenginių bei technologinių procesų parametrų priežiūra ir produkcijos kokybės kontrolė.

Statybinės organizacijos suinteresuotos gauti medžiagas, kurių pagrindinių savybių rodiklių vertės būtų stabilios eksploatacijos metu. Kita vertus, didinant medžiagų techninių rodiklių stabilumą ir tobulinant perdirbimo technologiją, galima racionaliau naudoti žaliavas, diferencijuoti medžiagų kokybę pagal kategorijas ir padėti užtikrinti statybinų konstrukcijų kokybės vienodumą.

Žaliavos ar produkcijos atitinkamų savybių rodiklių vidutinės vertės ir leistini jų nuokrypiai apskaičiuojami, taikant standartuose nurodytus matematinės statistikos metodus. Paprastai nurodomas standartinis nuokrypis, variacijos koeficientas, išsidėstymo anizotropiškumas ir kiti rodikliai, reikalingi savybėms objektyviai įvertinti.

Produkcijos bet kurios savybės rodiklio vertės stabilumas išreiškiamas to rodiklio vidutinės statistinės vertės per pasirinkto (nustatyta) laikotarpį kitimu. Techninių rodiklių stabilumui įvertinti turi būti taikomi matematinės statistikos metodai. Kiekvienos savybės rodiklio vidutinė vertė nustatoma iš formulės:

$$\bar{X} = (\Sigma X) / n; \quad (5.39)$$

čia

$X$  – rodiklio vienetinė vertė;

$\bar{X}$  – vidutinė statistinė rodiklio, nustatyto per tam tikra laiko trukmę vertė;

$n$  – rodiklio vienetinių verčių skaičius per tą laikotarpį.



Rodiklio verčių vidutinis kvadratinis nuokrypis (standartinis nuokrypis)  $\sigma$  apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n}}; \quad (5.40)$$

čia  $\sigma$  – vidutinis standartinis rodiklio vertės nuokrypis.

Variacijos koeficientas  $V$ , kuris gali apibūdinti bet kurio rodiklio verčių santykinę sklaidą per tam tikrą laiko trukmę, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V = (\sigma / \bar{X}) \cdot 100. \quad (5.41)$$

Norint sudaryti savybės rodiklio verčių sklaidos histogramą ir pasiskirstymo kreivę, reikia žinoti pasiskirstymo plotį. Jis nustatomas iš tokios formulės:

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (5.42)$$

čia  $R$  – rodiklio verčių pasiskirstymo intervalo plotis;  
 $X_{\max}$  ir  $X_{\min}$  – atitinkamai didžiausia ir mažiausia rodiklio vertės.

Bandomos savybės rodiklio vertės stabilumas yra tuo didesnis, kuo mažesnė variacijos koeficiento vertė. Jei variacijos koeficiento vertė neviršija 13 %, tai rodiklio vertės patikimumas yra apie 95 %. Toks savybės rodiklio vertės patikimumas dažniausiai tenkina bendruosius tikslumo ir stabilumo reikalavimus.

## 5.11. BANDYMO REZULTATŲ PAKARTOJAMUMAS IR ATKURIAMUMAS

Pakartojamumo ir atkuriamumo sąvokos būdingos nerūdinių medžiagų bandymui laboratorijose. Bandant medžiagas atsiranda paklaidų įvairiose bandymo stadijose: imant ir dalijant ėminių, paruošiant bandinį, atliekant bandymą, apskaičiuojant bandymo rezultatus ir surašant bandymo protokolą. Gali būti paklaidų tarp skirtingose laboratorijose gautų medžiagos bandymo rezultatų. Todėl gali atsirasti reikalas pakartoti bandymus arba ieškoti kur yra padaryta klaida.

Standartuose yra nurodytos ir apibūdintos rezultatų pakartojamumo ir atkuriamumo arba palyginimo sąlygos ir pateiktos formulės atitinkamomis sąlygomis gautų rezultatų standartiniams nuokrypiams apskaičiuoti.

## 6. MINERALINIŲ ŽALIAVŲ KASYBA

Mineralinių žaliavų kasyba susideda iš nuosekliai sujungtų darbo operacijų nuo telkinio paruošimo eksploatuoti iki žaliavos perdirbimo arba net iki produkcijos, tinkamos naudoti statyboje, pagaminimo. Prie stambių žaliavų telkinių karjeras gali veikti kaip savarankiškas juridinis padalinys, kuris žaliavą gali tiekti vienai arba kelioms perdirbimo įmonėms. Kitas atvejis – kai prie žaliavų telkinio yra viena įmonė, kurioje sujungtos žaliavos išgavimo ir perdirbimo operacijos. Tokiose įmonėse nerūdinės medžiagos gali būti perdirbamos net pačiame karjere iki tinkamos kokybės statybinio produkto – statybinio smėlio, žvirgždo, skaldos ir pan. Lietuvoje daugiausia tokių įmonių, kurios žaliavą išgauna ir pačios perdirba iki produkcijos. Jose žaliavos išgavimo, transportavimo, perdirbimo ir produkcijos sandėliavimo operacijos nuosekliai sujungtos.

Nerūdinės medžiagos priklausomai nuo jų slūgsojimo sąlygų gali būti išgaunamos trimis būdais: 1) atviruoju būdu – karjeruose, 2) požeminiu – šachtiniu būdu ir 3) povandeniniu būdu – iš po vandeniu esančių (upėse, ežeruose, jūrose) telkinių. Sausumoje dar gali būti telkinių, kurių dalis esti virš gruntinio vandens paviršiaus, o kita dalis apsemta vandens. Tokie telkiniai eksploatuojami mišriuoju būdu: atviruoju – ta dalis, kuri yra virš vandens, o povandeniniu – kuri yra po vandeniu. Lietuvoje didžioji dalis nerūdinių medžiagų kasamos atviruoju būdu ir tik nedidelė dalis – mišriuoju. Tačiau ateityje bus galima kasti žvyrą Baltijos jūros šelfe povandeniniu būdu. Taip pat yra galimybė šachtiniu būdu eksploatuoti anhidritą, granitą ir geležies rūdą, kurie slūgso (200 -500) m gelmėje.

Kasyba atviruoju būdu yra 2 – 2,5 karto pigesnė negu šachtiniu būdu. Be to, darbas ne toks pavojingas, mažesni žaliavų nuostoliai, didesnis darbo našumas. Yra ir kitų pranašumų. Tačiau, kasant žaliavas atviruoju būdu, nuniokojami dideli žemės paviršiaus plotai, teršiami vandens telkiniai ir oro baseinas. Išnaudojus telkinį, nualintus plotus reikia rekultivuoti.

### 6.1. TELKINIO PARUOŠIMAS EKSPLOATUOTI

Karjero įrengimas susideda iš trijų etapų: karjero vietos paruošimo, dangos nukasimo ir naudingųjų žaliavų gavybos. Visas šių darbų kompleksas baigiamas kelių nutiesimu ir reikalingų pagrindinių ir pagalbinių inžinerinių tinklų bei įrenginių ir technologinės įrangos komplektavimu.

Darbus galima pradėti tik tuomet, kai įstatymų nustatyta tvarka būna sudarytas žaliavų eksploatavimo ir karjero įrengimo projektas, sutvarkyti dokumentai dėl žemės sklypo paskyrimo karjerui įrengti ir, jei reikia, žaliavų perdirbimo įmonei ir keliams įrengti.

Remiantis geologiniais žemėlapiais ir kita geologinės žvalgybos medžiaga, karjero įrengimas pradedamas nuo privažiavimo kelių nutiesimo ir teritorijos nuvalymo. Paskirto ir nužymėto žemės sklypo dalyje, kurioje numatoma pradėti kasybos darbus, turi būti nugriaunami pastatai ir statiniai, perkeliama esanti reikalingi inžineriniai tinklai, nukertami medžiai, išraunami krūmai, jei reikia, įrengiama nusausinimo sistema ir kt. Po to nuimamas žaliavas dengiantis dirvos sluoksnis. Šis dirvožemis (vertingiausia dirvos dalis) sandėliuojamas atskirai, kad jį galima būtų panaudoti išnaudotam plotui rekultivuoti, arba, jei rekultivacijai jo nereikės, – kitiems tikslams. Gilesnio sluoksnio danga nukasama ir pilama į krūvas arba nuvežama į žemės kaupimo aikšteles, iš kurių ji gali būti panaudota iškasai rekultivuoti arba kitiems statybos darbams. Nuvalytas plotas turėtų būti ne mažesnis už reikalingą nukasti per vienerius žaliavos kasybos metus, kad būtų išgautas planuotas žaliavų kiekis.

## 6.2. KARJERO DALYS

**Karjero laukas** – plotas arba ploto dalis, kur yra numatytos eksploatuoti naudingosios iškasenos. Jis perduodamas žaliavas eksploatuojančiai įmonei visam laikui arba laikinai naudoti. Karjero lauke arba šalia jo gali būti paskirtas **žemės sklypas** kasybos įmonei statyti.

**Baras** – naudingųjų iškasenų sluoksnio, kurį gali kasti vienas įrenginys (pvz., ekskavatorius, jei reikia, prieš tai sprogdinti, ir transporto priemonės iškastai žaliavai išvežti), storis ir plotis. Baras taip pat gali būti iš po vandens vienu įrenginiu (žemkasės arba žemsiurbės) ėjimu iškasamo žaliavų sluoksnio plotis.

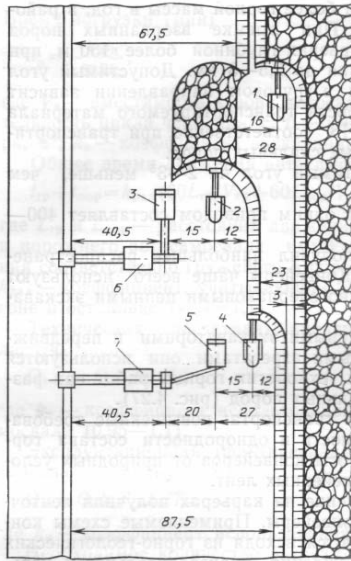
**Pakopa** – naudingųjų iškasenų sluoksnio, kurį gali iškasti įrenginys (pvz., ekskavatorius) vienu ėjimu storis, įvertinus leistiną susidarančio šlaito nuolydį.

**Pakopos šlaitas** – iškasos krašto pasvirusioji plokštuma, susidariusi pagal kasamos žaliavos natūralųjį byrėjimo kampą ir ribojanti pakopos kraštą iš kasamosios pusės.

**Šlaito nuolydžio kampas** – kasvietės šlaito posvyrio kampas su horizontaliąja plokštuma. Jis priklauso nuo uolienos struktūros. Akmens uolienų (dolomito, granito ir pan.) šis kampas gali būti iki 90°, o biriųjų uolienų (žvyro, smėlio ir pan.) priklausomai nuo jų drėgnumo ir priemaišų kiekio jose – apie (30 – 60)°.

**Darbo horizontas** – aikštelė, kurioje dirba pagrindiniai kasybos įrenginiai. Jis keičiasi, pakopomis kintant iškasos gyliui.

**Transportavimo aikštelės** – (10–15) m pločio juostos, kuriose įrengti keliai, jungiantys iškasą su žemės paviršiumi. Greta įrengiamos (3 – 5) m pločio **apsauginės** aikštelės, kurios apsaugo kelius nuo šlaitų ir riedulių griūčių.



6.1 pav. Baro ir pakopos brėžinys:

1, 2 ir 4 – ekskavatoriai; 3 ir 5 trupinimo ir perkrovimo agregatai;  
6 ir 7 – savaeigiai perkrovimo įrenginiai.

### 6.3. SĄLYGOS, TURINČIOS ĮTAKOS KARJERO PARAMETRAMS

Darbo našumas, kasimo saugumas ir iškastos žaliavos kokybės išlaikymas daugiausiai priklauso nuo žaliavos slūgsojimo sąlygų, medžiagos savybių ir kasimo būdo. Priklausomai nuo žaliavos sluoksnio storio darbai gali būti vykdomi vienu arba keliais horizontais. Dirbant skirtinguose horizontuose turi būti griežtai laikomasi darbo saugos taisyklėse nurodytų pakopų aukščio, jų šlaitų nuolydžių ir transportavimo aikštelių pločio parametrų.

Kasant minkštas uolienas, kad būtų išvengta griūčių, pakopos aukštis turi būti ne didesnis kaip ekskavatoriaus kaušo didžiausias pakilimo aukštis nuo horizonto. Tik kasant birias uolienas, priklausomai nuo aplinkos sąlygų taisyklių pakopos aukštis gali būti šiek tiek didesnis, bet būtina laikytis darbo saugos.

Kasant akmens uolienas, kurio išpurenamos sprogdinimu, pakopos aukštis turi būti ne didesnis kaip 1,5 ekskavatoriaus kaušo didžiausio pakilimo nuo horizonto aukščio, tačiau išpurentų uolienų sluoksnio storis turi būti ne didesnis kaip ekskavatoriaus kaušo didžiausias pakilimo nuo horizonto aukštis.

Pakopos šlaito nuolydis, kasant akmens uolienas, turi būti ne didesnis kaip 80°, kasant minkštas uolienas – 60°, o kasant birias uolienas, šlaito nuolydis turi būti ne didesnis kaip šių uolienų natūralus byrėjimo kampas.

#### 6.4. KARJERO NUSAUSINIMAS

Jei reikia, karjeras nusausinamas dviem etapais. Kai numatomoje kasvietėje yra paviršinio vandens, atitinkamas pirminis paviršiaus nusausinimas. Kad nusistovėtų gruntinio vandens horizontas ir sutvirtėtų viršutinis žemės sluoksnis, nuo nusausinimo iki karjero įrengimo turi praeiti maždaug 6 – 12 mėnesių. Pradėjus kasti, jei gruntinio vandens horizontas per aukštas, įrengiamas eksploatacinė nusausinimo sistema. Tuo tikslu iškasamas gilus vandens surinkimo baseinas ir jame įrengiama siurblinė, o, jei galima, nuo šio baseino iškasamas atitinkamo gylio vandens nuleidimo griovys. Kad vanduo iš viso ploto galėtų sutekėti į surinkimo baseiną, įrengiama atitinkama vandens surinkimo griovelių sistema.

Prieš įrengiant siurblinę reikia žinoti į baseiną sutekančio vandens debitą, kurį galima prognozuoti pagal surinktus geologinius duomenis ir apskaičiuoti pagal nusausinimo sistemų skaičiavimo principus arba pasinaudoti analogijos metodu pagal jau eksploatuojamuose karjeruose veikiančias nusausinimo sistemas. Siurblio našumas parenkamas su didele atsarga, nes reikia atsižvelgti į laikiną vandens debito padidėjimą dėl lietaus. Pagal debitą parenkamas siurblio našumas ir jo variklio galia. Vamzdynas derinamas pagal siurblio našumą. Siurblių našumas ir vamzdžių skersmenys gali būti maždaug tokie kaip nurodyta 6.1 lentelėje.

6.1 lentelė. Siurblio našumo ir vamzdžio skersmens derinimas

Siurblio našumas, m <sup>3</sup> /h	50	100	125	200	250	300
Vamzdyno skersmuo, mm	100	150	150	200	200	200

Aplink telkinį ar jo dalį gali būti įrengiama uždara drenažo sistema. Ji patogesnė, nes mažiau trukdo kasybos darbams, bet brangesnė.

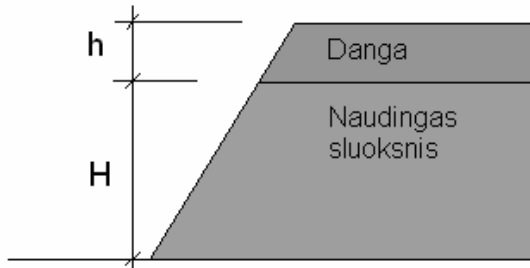
Visos nusausinimo sistemos apskaičiuojamos pagal hidraulinių sistemų įrengimo metodus, kurie pateikiami specialiojoje literatūroje.

#### 6.5. KARJERO ATIDENGIMAS

Prie karjero atidengimo darbų priskiriamas uolienos sluoksnio, dengiančio naudingąsias iškasenas, nuėmimas ir kiti darbai, kurie sudarytų sąlygas kasti naudingąsias iškasenas, įrengti karjero inžinerinius tinklus ir transportavimo

kelius. Nuodanga turi būti nuimta švariai, kad jos likučiai neužterštų kasamos žaliavos.

Dangos storio ir išgaunamos naudingosios iškasenos sluoksnio storio santykis vadinamas nuodangos koeficientu  $K$ . Tai yra santykinai ekonominis rodiklis, pagal kurį galima apskaičiuoti kasybos darbų sąnaudas. Jis turi įtakos naudingųjų iškasenų savikainai.



6.2 pav. Dangos koeficiento apskaičiavimo schema

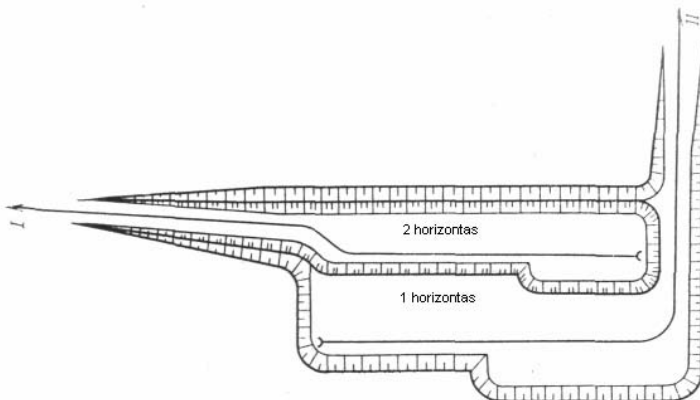
$$K = h/H \quad (6.1)$$

čia

$K$  – dangos koeficientas;

$h$  ir  $H$  – atitinkamai dangos ir naudingosios iškasenos sluoksnių storiai, m.

Dangos koeficientas gali būti apskaičiuotas ir kitokiais vienetais: dangos ir naudingosios iškasenos tūrių santykiu  $V_d/V_n$  ( $m^3/m^3$ ) arba atitinkamai masių santykiu ( $t/t$ ). Jis apskaičiuojamas dviem atvejais. Žaliavų žvalgybos metu apskaičiuotas koeficientas vadinamas geologiniu dangos koeficientu, o kitas, išmatuotas eksploatacijos metu, – einamuoju koeficientu. Šių koeficientų vertės gali būti skirtingos dėl kelių priežasčių: žvalgybos metu netiksliai išmatuotų sluoksnių storio, tarp žaliavos pasitaikančių bergždžių uolienu sluoksnių, telkinio pado nelygumo, kasimo priemonių netobulumo (žaliavos liekanų ant telkinio pado) ir kt.



6.3 pav. Kasinio (tranšėjos) kasimo schema

Dangos nuėmimo darbai turi būti derinami su žaliavos kasybos darbais, kad dangos nukasimas ir pašalinimas netrukdytų kasybos darbams.

Metinį dangos tūrį, kurį reikia nukasti stacionariai eksploatuojant karjerą, galima apskaičiuoti pagal tokią formulę:

$$Q = (Q_m + n \cdot Q'_m - V) \cdot k, \quad (6.2)$$

čia:  $Q$  – reikalingas nukasti per metus dangos tūris,  $m^3$ ;  
 $Q_m$  – per ateinančius metus planuojamas iškasti žaliavos tūris,  $m^3$ ;  
 $Q'_m$  – ateinančiais metais per mėnesį planuojamas iškasti žaliavos tūris,  $m^3$ ;  
 $n$  – kiek mėnesių ateinančiais metais bus kasama atidengtame ruože;  
 $V$  – atidengtų žaliavų tūris ateinančių metų pradžioje,  $m^3$ ;  
 $k$  – eksploatacijos koeficientas.

Kai telkinys eksploatuojamas sezoniškai, dangos nuėmimo darbai turi lenkti kasybos darbus mažiausiai dviem savaitėmis, kad būtų tvarkingai paruošiamas naujas žaliavos kasimo ir jos išvežimo ruožas.

Dideliuose telkiniuose kiekvieną dieną arba apimtis per nustatytą laikotarpį atliekamų dangos nuėmimo ir žaliavos kasimo darbų apmatuoja ir apskaičiuoja markšeideris.

## 6.6. DANGOS NUĖMIMO DARBAI

Kai danga sudaryta iš minkštų, pusiau kietų ir kietų uolienu, kasama ekskavatoriais, mechaniniais kastuvais, o minkštas uolienas, galima kasti draglainais. Nukamos uolienos kraunamos į transporto priemones ir išvežamos į tam tikslui skirtas vietas arba laikinas saugojimo aikšteles. Ekskavatoriams, eksploatuojamiems iškasose, reikalingos išskirtinės sąlygos.

Parentant ekskavatorių dangai nuimti, ypač daug dėmesio reikia skirti darbų organizavimui – įvertinti kaušo siekio spindulį, pakilimo aukštį ir kaušo iškrovimo į transporto priemones galimybę. Norint iškasti didžiausią žaliavos kiekį vienoje ekskavatoriaus stovėjimo vietoje, kasvietėje jis turi būti pastatomas taip, kad kasamo ruožo plotis būtų pakankamas ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$B = R_k + R_{kr} - b - \frac{a}{2}; \quad (6.3)$$

čia  $B$  – vienu ėjimu kasamo ruožo plotis, m;  
 $R_k$  – kasimo spindulys, m;  
 $R_{kr}$  – krovimo spindulys, m;  
 $b$  – atstumas tarp apatinio iškasos krašto iki transportavimo kelio, m;  
 $a$  – transportavimo kelio plotis, m.

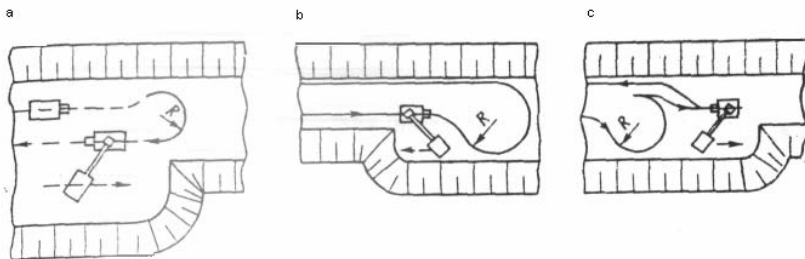
Ekskavatoriaus našumas, kasant minkštas uolienas, apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$Q = 3600 \cdot q \cdot k_u / (k_p \cdot t_c); \quad (6.4)$$

čia  $Q$  – ekskavatoriaus techninis našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $q$  – ekskavatoriaus kaušo talpa, m<sup>3</sup>;  
 $k_u$  – kaušo užpildymo koeficientas (apie 1,02 – mechaniniam kastuvui ir 0,9 – draglainui);  
 $k_p$  – uolienos išpurenimo koeficientas;  
 $t_c$  – ciklo trukmė (apie (12 – 30) s).

Dangos nuėmimo darbų sparta priklauso nuo kasimo ir transportavimo priemonių darnaus darbo. Darbo našumas būna didesnis, kai nukasta uoliena ne išvežama, o kraunama šalia iškasos ant šlaito arba kai naudingas sluoksnius plonas.





6.4 pav. Kasimo ir automobilių judėjimo schemas

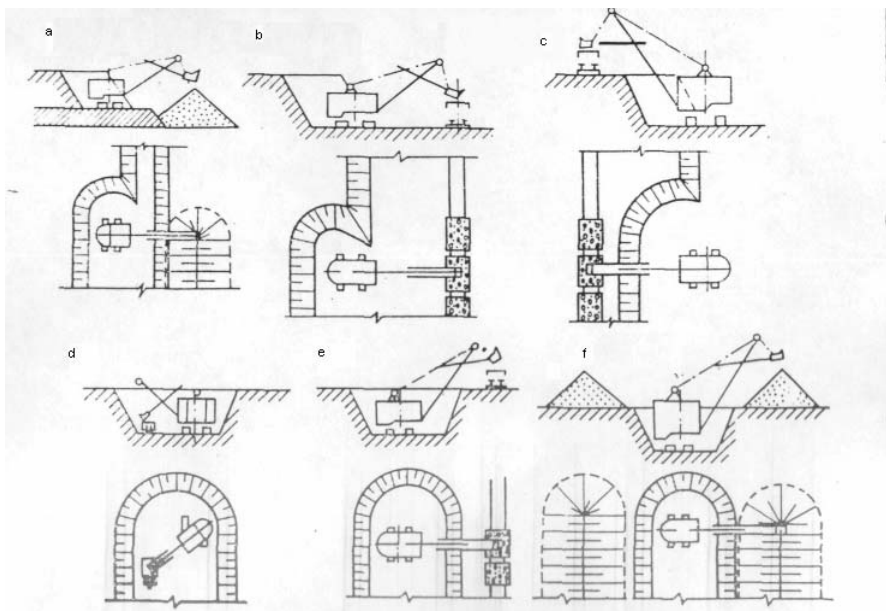
Kai vienu draglaino ėjimu iškasamas visas naudingas sluoksnis, dangos uolieną galima pilti atgal į iškasą. Tokia darbų technologija palengvina karjero rekultivavimą.

Jei dangos uolienos minkštos (I – IV kategorijos gruntas), sluoksnis nestoras, o transportavimo atstumas nedidelis, ją galima nuimti ne tik ekskavatoriais, bet ir skreperiais arba buldozeriais. Įkalnė skreperiu važiuoti su pilnu kaušu turi būti ne didesnė kaip  $14^\circ$ , o su tuščiu kaušu –  $24^\circ$ . Skreperiai ir buldozeriai priklausomai nuo grunto kategorijos vienu ėjimu nudrožia (0,1 – 0,3) m storio sluoksnį.

Buldozeriai dažniausiai naudojami dangai nuimti mažuose ir laikinuose karjeruose, kai dangos storis iki 1,5 m, o grunto perstūmimo atstumas iki 100 m.

Ekskavatoriais, skreperiais ir buldozeriais danga nuimama atitinkamu tikslumu. Tai priklauso nuo dangos ir naudingųjų iškasenų reljefo ir kietumo. Švariausiai dangą galima nuvalyti skreperiais ir buldozeriais. Dangos likučiai gali užteršti kasamas žaliavas. Norint išvengti užteršimo, dažnai kartu su danga, jei galima, nukasamas plonas (0,1 – 0,3) m naudingosios iškasenos sluoksnis. Kai visa danga arba jos dalis sudaryta iš uolienu, kurios gali tikti kokiems nors statybos darbams, pvz., kelių pagrindams, užpilams ir pan., ji gali būti tam tikslui ir sunaudojama. Taip galima padidinti kasybos darbų rentabilumą.

Kasimo ekskavatoriais ir skreperiais našumas priklauso nuo darbų organizavimo schemas. Visais atvejais siekiama, kad kasimo ir transportavimo mašinų judėjimo atstumai būtų trumpiausi, o posūkių kampai mažiausi. Todėl iš anksto turi būti pasirinktos tipinės arba konkrečiam karjerui sudarytos kelių ir mašinų judėjimo schemas. Tipinės kasybos darbų organizavimo schemas, kai danga kasama ir pilama į iškasą, parodytos 6.5 pav.

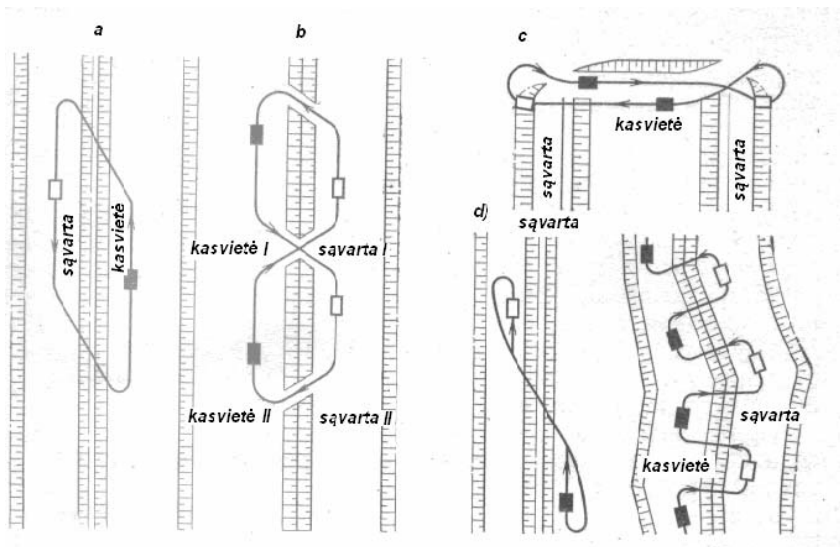


6.5 pav. Kasimo schemas:

- a) – kasama vienoje pakopoje ir įrengtas vienas išvažiavimas iš iškasos;
- b) – kasama vienoje pakopoje ir įrengti du išvažiavimai iš iškasos;
- c) – kasama dviejuose horizontuose ir įrengtas vienas centrinis išvažiavimas; d) – kasama dviejuose horizontuose ir įrengti du šoniniai išvažiavimai; e) – kasama dviejuose horizontuose ir įrengti vienas centrinis ir du šoniniai išvažiavimai.

Iš čia pateiktų schemų rekomenduojamos dvi pastarosios, nes dangos nuėmimo ir naudingųjų iškasenų kasybos darbus galima vykdyti nepriklausomai vienus nuo kitų. Norint sumažinti tuščiosios eigos ir prastovų trukmes, tikslinga parinkti vieno kasamo baro plotį, kuris sudarytų apie (50 – 75) % didžiausio draglains iškrovimo spindulio.

Dangą kasant skreperiais, taikomos tokios skreperio judėjimo schemas:



6.6 pav. Skreperio judėjimo schemas:

a – judėjimas elipse, kai kasimas ir iškrovimas išdėstyti lygiagrečiai;  
 b – judėjimas aštuoniuke kai kasimo ir iškrovimo kryptys yra statmenos;  
 c – judėjimas į abi puses, kai danga nuimama siaurame ruože ir sukraunama abiejose iškasos pusėse; d – judėjimas zigzagais, kai reikia nukasti siaurą ir ilgą ruožą.

Nukastą dangos uolieną reikia sandėliuoti taip, kad tai nekeltų pavojaus darbams ir antrą kartą jos nereikėtų perkasti. Šiai uolienai sandėliuoti reikalingas plotas gali būti apskaičiuotas pagal formulę:

$$S = \frac{Q \cdot K_d \cdot K_p \cdot n}{h_0 \cdot K'_d}; \quad (6.5)$$

čia  $S$  – plotas, reikalingas dangos uolienai sandėliuoti,  $m^2$ ;  
 $Q$  – karjero metinis našumas,  $m^3$ ;  
 $K_d$  – tuščiosios uolienos koeficientas;  
 $K_p$  – išpurenimo koeficientas;  
 $K'_d$  – sandėliavimo ploto panaudojimo koeficientas;  
 $h_0$  – sandėliuojamos uolienos sluoksnio storis, m.

Tuščiosios uolienos sandėliavimo išlaidos sudaro apie (12–15) % dangos nuėmimo išlaidų. Tai priklauso nuo įrenginių naudojimo efektyvumo, žemės

vertės ir aplinkos sąlygų. Dangai nukasti gali prireikti apie (25 – 30) % karjere dirbančių darbininkų.

## **6.7. KARJERO TRANSPORTAS**

### **6.7.1. Bendrosios žinios**

Karjerui priskiriamas transportas, reikalingas dangos uolienai nuvežti į sandėliavimo vietą, iškastai žaliavai nuvežti į perdirbimo cechą, produkcijai nuvežti į sandėlius arba, jei reikia, išvežti iš sandėlių iki realizavimo vietos. Karjero administracija gali samdyti transportą iš transporto įmonės. Transportas turi užtikrinti normalų, ekonomišką ir saugų karjero darbą. Keliai ir transporto priemonės parinkami atsižvelgiant į daugelį veiksnių: karjero eksploatavimo sąlygas, darbų apimtį, vežimo atstumą, darbų trukmę, klimato sąlygas, ekonomiškumą ir kt.

Karjero transportas būna dviejų tipų: periodinis (bėginis ir nebėginis, taip pat automobiliai, žemės kasimo mašinos) ir nuolatinis (konvejerinis ir hidraulinis).

Žemės kasimo mašinų komplektą, skirtą dangai nuimti, žaliavai kasti ir transportuoti mažais atstumais, sudaro vienakaušiai ir daugiakaušiai ekskavatoriai, lyniniai skreperiai, savaeigiai skreperiai ir buldozeriai. Dažniausiai naudojami vienakaušiai ekskavatoriai, kurie kasamą uolieną permeta iš kasvietės ant kasvietės krašto arba iškastą uolieną perkelia iš vienos vietos į kitą. Daugiakaušiai ekskavatoriai labiau tinka naudoti didelio našumo karjeruose. Plačiai naudojami ir savaeigiai skreperiai. Daug pagalbinių kasimo ir uolienų perstūmimo darbų atliekama buldozeriais.

Konvejerinis transportas, sudarytas iš stacionarių ir kilnojamųjų konvejerių, specialios konvejerinės pakrovimo ir iškrovimo arba krūvų formavimo įrangos, naudojamas dangos uolienoms ir žaliavai transportuoti. Konvejerinis transportas tinka naudoti kartu su nepertraukiamo kasimo mašinomis, pvz., daugiakaušiu ekskavatoriumi. Kad galima būtų naudoti konvejerinį transportą, turi būti sudaromos tam tikros sąlygos: didelis transportuojamos medžiagos kiekis; specifinis kasimo būdas; ribotas transportuojamos uolienos dalelių stambumas, jos drėgnis ir lipnumas; nedidelis transportavimo atstumas ir kt.

Kiekviena karjerų transporto rūšis turi savų techninių ir eksploatacinių ypatumų, ir į tai būtina atsižvelgti parenkant transporto priemones konkrečiam karjerui ir konkrečioms sąlygoms.

### **6.7.2. Bėginis transportas**

Bėginis transportas naudojamas labai našiuose ir ilgai eksploatuojamuose karjeruose, kai reikia vežti dideliu atstumu ir didelį kiekį žaliavos. Bėginio transporto privalumai: didelis gabenimo našumas; didelis patikimumas nepriklausomai nuo metų laiko ir klimato sąlygų; neribojamas gabenimo atstumas; didelis transporto priemonių stiprumas ir ilgaamžiškumas; nedidelė gabenimo kaina.

Bėginis transportas turi ir trūkumų: didelės išlaidos keliams įrengti; dideli kelio posūkių spinduliai; nedideli leistinieji kelio nuolydžiai ir kt. Keliai gali būti normalaus arba siaurojo geležinkelio pločio. Vagonų traukai gali būti naudojami šilumvežiai, motorvežiai arba stacionarūs lyniniai trauktuvai. Vagonų judėjimo greitis apie (15–20) km/h.

Bėginį transportą tikslinga įrengti tik didelio našumo karjeruose, kuriuos numatoma eksploatuoti ilgą laiką ir kai dideli žaliavos kiekiai sukonzentruoti nedideliame plote. Jei žaliavos sluoksnis nestoras, reikėtų papildomų išlaidų keliui dažni ilginti arba perkelti.

### **6.7.3. Automobilių transportas**

Nerūdinėms statybinėms medžiagoms transportuoti plačiausiai naudojamas automobilių transportas. Jis tinka dangos uolienoms, karjero inžinerinei įrangai aptarnauti, žaliavoms ir pagamintai produkcijai vežti. Automobilių transportą efektyviausia naudoti, kai: ribotas eksploatuojamo lauko plotas; nedideli žaliavų išteklių arba numatoma neilga eksploatavimo trukmė (laikinuose karjeruose); plonas žaliavų naudingas sluoksnis ir pan.

Automobilių transporto privalumai: nesudėtinga įrengti kelius; didelis manevringumas; galima dirbti sudėtingomis kasybos sąlygomis; automobiliai gali įveikti dideles įkalnes ir nuolydžius (iki 15 %); paprasta organizuoti transportavimo darbus; uolienai pakrauti galima panaudoti kasimo mašinas ir pan.

Automobilių transporto trūkumai: neekonomiška gabenti dideliais atstumais; nemažos autoparko išlaikymo ir remonto išlaidos; palyginti didelės transportavimo išlaidos.

Karjeruose paprastai dirba specialios paskirties didelės keliamosios galios (iki 70 t) savivarčiai sunkvežimiai, kartais ir su savivartėmis priekabomis. Jų judėjimo greitis priklauso nuo kelio būklės ir transportavimo atstumo. Karjero ribose – iki 50 km/h.

Karjeruose automobilių keliai būna trejopos paskirties ir atitinkamų klasių: pastovieji (pagrindiniai), laikinieji ir vikšrinio transporto. Pastovieji įrengiami pagrindinėje kasvietėje ir už iškasos ribų. Gali būti susiję su karjero darbu ir su juo nesusiję. Jie skirti ryšiams su kitomis įmonėmis, geležinkelio stotimis,

uostais ir gyvenvietėmis palaikyti. Kai karjeruose dirba ypač sunkus autotransportas, privažiavimo keliai nutiesiami iki karjero. Tokie keliai panaudojami ir technologiniams tikslams.



6.7 pav. Automobilių pakrovimas karjere

Vidaus keliai – tai keliai, skirti gamyklos vidaus transportui, ir karjero vidaus keliai. Nerūdinių medžiagų karjero viduje pagal reikalą nutiesiami keliai visoms transporto priemonėms arba tik pagalbinėms aptarnavimo priemonėms – pagalbinėms medžiagoms pristatyti, privažiavimai prie pastatų, aikštelių, sandėlių. Šie keliai yra nuolatiniai, todėl jiems parenkama atitinkama danga.

Laikinieji keliai būna prie kasančiojo ekskavatoriaus ir prie sankasų. Kelio konstrukcija parenkama atsižvelgiant į automobilių keliamąją galią, numatomą karjero eksploataavimo trukmę, sezoniškumą ir kitas sąlygas. Visais atvejais kelias turi būti saugus ir nekenksmingas transporto priemonėms.

Pagrindinio ir laikinojo kelio važiuojamosios dalies plotis gali būti apskaičiuojamas pagal (6.6) arba (6.7) formulę:

$$\text{vienos važiavimo juostos} - B_1 = A + 2n, \quad (6.6)$$

$$\text{dviejų važiavimo juostų} - B_2 = 2A + m + 2n, \quad (6.7)$$

čia:  $B_1$  ir  $B_2$  – atitinkamai vienos ir dviejų juostų važiuojamosios dalies plotis, m;  
 $A$  – automobilio plotis ties užpakaliniais ratais, m;  
 $n$  – vėžės plotis, (apie (0,4 – 1,0) m);  
 $m$  – tarpo tarp prasilenkiančių automobilių plotis, (apie (0,7 – 1,7) m).

Kelkraščiai priklausomai nuo kelio pločio ir juostų skaičiaus būna nuo 1,0 m iki 2,0 m. Kelio posūkio spindulys turi būti ne mažesnis kaip 20 m. Kad automobiliai galėtų laisvai privažiuoti prie kraunančiojo ekskavatoriaus, tikslinga organizuoti žiedinį jų judėjimą ir kad kraunant būtų kuo mažesnis ekskavatoriaus posūkio kampas.

Vikšriniam transportui (traktoriams, buldozeriams, ekskavatoriams, kranams) įrengiami laikinieji keliai. Vikšriniam transportui neleidžiama važinėti bendros paskirties keliais, nes jis labai gadina kelio dangą.

Medžiagų transportavimo našumas daug priklauso nuo ekskavatoriaus kaušo talpos ir automobilių keliamosios galios suderinimo. Kai kaušo talpa didesnė už automobilio kėbulo talpą arba kai kaušu pakraunamos medžiagos masė didesnė už automobilio keliamąją galią, gali būti sugadintas automobilis. Tačiau kai į automobilio kėbulą telpa daug kaušų medžiagos, pailgėja pakrovimo trukmė ir sumažėja darbų našumas.

Organizuojant transportavimo darbus, reikia apskaičiuoti ir suderinti pakraunamos medžiagos kiekį su transporto priemonių, kurios galėtų pervežti iškasamą arba pakraunamą medžiagos kiekį, skaičiumi. Žaliavai pervežti iš karjero iki perdirbimo įmonės reikalingas automobilių skaičius priklauso nuo kelių kokybės ir atstumo tarp žaliavos telkinio ir perdirbimo įmonės. Šis atstumas nėra pastovus. Kai žaliavos naudingas sluoksnius yra nestoras, kasvietė

nuolat tolsta nuo įmonės, kinta kelių kokybė, transportavimo savikainai daugiau įtakos turi gamtinės sąlygos.

Per pamainą automobiliu pervežamos medžiagos kiekį galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$Q = 60TK_iP/t_r; \quad (6.8)$$

čia  $Q$  – per pamainą pervežamos medžiagos kiekis, t;  
 $T$  – valandų skaičius pamainoje;  
 $P$  – automobilio pervežamos medžiagos masė, t;  
 $t_r$  – vieno reiso trukmė, min;  
 $K_i$  – darbo laiko panaudojimo koeficientas.

Automobilio vieno reiso trukmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$t_r = t_1 + \frac{l}{v_1} + t_2 + \frac{l}{v_2} + t_3; \quad (6.9)$$

čia  $t_1$  – automobilio pakrovimo trukmė, h;  
 $t_2$  – automobilio iškrovimo trukmė, h;  
 $t_3$  – automobilio manevravimo trukmė, h;  
 $l$  – transportavimo atstumas, km;  
 $v_1$  – pakrauto automobilio greitis, km/h;  
 $v_2$  – nepakrauto automobilio greitis, km/h.

Reikalingą automobilių skaičių galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$N = Q_e / Q; \quad (6.10)$$

čia  $N$  – reikalingas automobilių skaičius;  
 $Q_e$  – kasimo ekskavatoriaus našumas per pamainą, t.

Jeigu karjere dirba daugiau kaip vienas ekskavatorius, tai reikalingas automobilių skaičius, įvertinus jų gedimo tikimybę, turi būti atitinkamai didesnis.

Technologiniams poreikiams parenkami tokios galios automobiliai, kad vežimo kaina būtų mažiausia. Ji gali būti apskaičiuojama pagal formulę:

$$C_a = (C_m / P_m) \rightarrow \min; \quad (6.11)$$

čia  $C_a$  – vežimo kaina, Lt/t;  
 $C_m$  – automobilio pamainos eksploatacijos savikaina, Lt/t;  
 $P_m$  – automobilio pamainos eksploatacijos našumas, t/pam.

Savivarčiai automobiliai parenkami taip, kad jų kėbulų talpa būtų 4 – 10 kartų didesnė už ekskavatoriaus kaušo tūrį. Tuomet ekskavatorius ir automobiliai dirba efektyviausia.



#### 6.7.4. Juostinis transportas

NERŪDINĖMS medžiagoms transportuoti stacionariuose ir laikiniuose karjeruose, perdirbimo įmonėse, tarpinio sandėliavimo aikštelėse plačiai naudojami įvairių tipų transporteriai. Jais galima transportuoti karjero dangos uolienas ir iškastą žaliavą.

Transporterių privalumai: nepertraukiamas medžiagos transportavimas; konstrukcijos paprastumas; paprasta priežiūra; didelis našumas; greitas jo ilgio ir krypties pakeitimas; nedideli pirminiai kapitaliniai įdėjimai; galimi dideli polinkių kampai, todėl žaliavą galima transportuoti iš giles iškasos.

Transportavimas transporteriais turi ir esminių trūkumų: negalima transportuoti stambių gabalų (stambesnių kaip 400 mm) medžiagų; našumas priklauso nuo gamtinių sąlygų; ribotas transportavimo atstumas; sunku manevruoti teritorijoje.

Pagal paskirtį karjeruose naudojamus transporterius galima skirstyti taip:

***kasvietės transporteriai*** – skirti medžiagai transportuoti nuo ekskavatoriaus iki surenkamojo arba pakeliamojo transporterio ir perstumiami kartu su ekskavatoriumi;

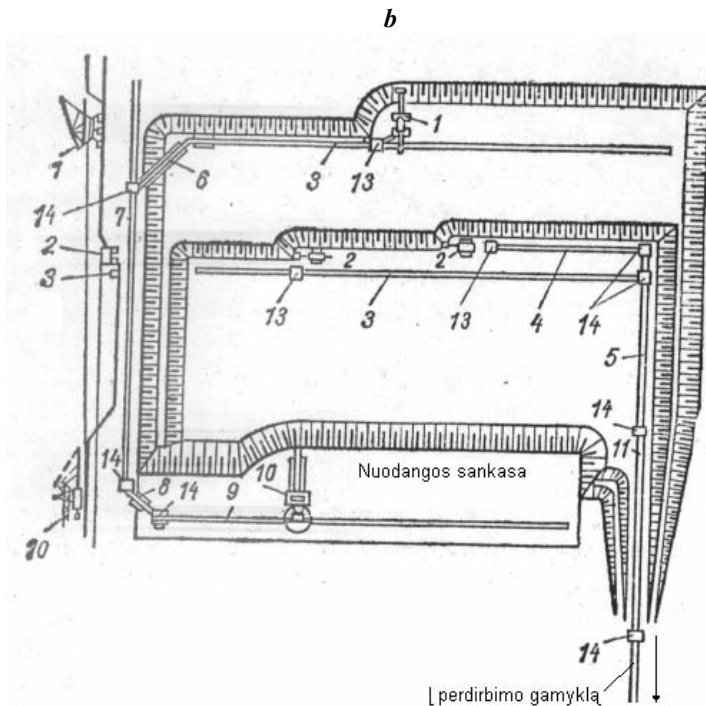
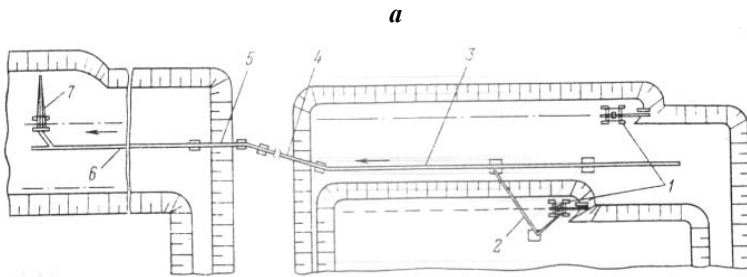
***surenkantieji transporteriai*** – tai pusiau stacionarūs transporteriai, ant kurių nuo vieno arba kelių ekskavatorių kraunamos medžiagos ir transportuojamos iki pakeliamojo transporterio;

***pakeliantieji transporteriai*** – stacionarūs transporteriai, skirti medžiagoms pakelti iš karjero ant šlaito;

***šlaitiniai transporteriai*** – naudojami dangos uolienoms transportuoti ir supilti į aukštas krūvas.

Pagal konstrukcinius ypatumus karjeruose naudojami transporteriai skirstomi taip: juostiniai, plokšteliniai, grandikliniai, kaušiniai, sliekiniai, vibraciniai.

Plačiausiai naudojami paprasti juostiniai transporteriai. Jie skiriami nerūdinėms medžiagoms transportuoti horizontalia kryptimi net iki kelių kilometrų atstumu arba jas pakelti tam tikru kampu į reikiamą aukštį. Gali būti stacionarieji ir kilnojamieji. Stacionarieji transporteriai įrengiami tais atvejais, kai numatoma ilgai eksploatuoti juos vienoje vietoje, pvz., nuo kasvietės iki perdirbimo įmonės, įmonių galerijose ir kitur. Jų rėmai surenkami iš (2–15) m ilgio plieninių sekcijų, o juostos sujungiamos iš vieno arba kelių ritinių pagal rėmo ilgį. Juostos gaminamos iš guma arba polimerais įmirkyto sintetinio audinio.



6.8 pav. Žaliavos transportavimo juostiniu transporteriu schema:

**a** – kasant rotoriniais ekskavatoriais: 1 – rotoriniai ekskavatoriai, 2 – perkrovimo įrenginys, 3 – iškasos transporteris, 4 – iškėlimo transporteris, 5 –magistralinis transporteris, 6 – dangos nuėmimo transporteris, 7 – krūvų krautuvas;

**b** – didelio telkinio atidengimo ir kasybos schema: 1 – rotorinis ekskavatorius dangai nuimti, 2 –vienkaušis ekskavatorius, 3, 4,5,6,7,9,10,11,12, – transporteriai kasvietėje, 8 – perkrovimo įrenginys, 10 – žingsniuojantysis ekskavatorius, 13 –pakrovimo įrenginys, 14 – perkrovimo įrenginiai.

Nerūdinės medžiagos yra kietos ir abrazyvios, todėl transporterių juostos turi būti stiprios ir atsparios dėvėjimuisi. Kilnojamieji transporteriai gali būti su rėmine atrama arba su dvirate važiuokle. Jų ilgis nuo 5 m iki 15 m. Šie transporteriai ir naudojami ten, kur dažnai reikia keisti jų kryptį arba padėtį. Juostiniu transporteriu galima transportuoti birias nerūdines medžiagas aukštyn, kai juostos pakilimo kampas yra iki 18°. Jei pakilimo kampas didesnis, birios medžiagos pradeda slysti atgal. Transportuojant drėgnas arba šlapias medžiagas, juostos posvyrio kampas turi būti parenkamas atsižvelgiant į vietines sąlygas ir transportuojamos medžiagos ypatybes: dalelių stambumą, drėgnį ir formą, granulimetrinę sudėtį, gamtines sąlygas ir kt. Kai transportuojamos lipnios medžiagos, juostoms valyti įtaisomi specialūs grandikliai. Taip pat transporteriuose turi būti įrengti avarinio sustabdymo ir juostos fiksavimo mechanizmai, kurie neleidžia juostai suktis atgal. Horizontaliuosiuose transporteriuose paprastai sumontuojami išilginio, o nuožuliuosiuose – vertikalaus juostos įtempimo mechanizmai.

Prie transporterių statomi papildomi įrenginiai: pakrovimo, nukrovimo, juostos valymo ir juostos centravimo. Pakrovimui naudojami bunkeriai, loviai, tiektuvai. Medžiagą ant transporterio juostos tikslinga krauti per pasvirusį ardyną, kurio tarpai tarp ardelių turi būti du kartus mažesni už stambiausių gabalų skersmenį. Per ardyną išbirusios smulkesniosios dalelės ant juostos sudaro paklotą, o vėliau nuo ardyno viršaus byrantys stambesnieji gabalai, krisdami ant pakloto, mažiau gadina juostą.

Transporterių juostos plotis būna nuo 0,4 m iki 1,6 m, judėjimo greitis dažniausiai būna nuo 0,8 m/s iki 3,0 m/s. Horizontalieji transporteriai, kurių posvyrio kampas gali būti iki – 3° arba + 6°, esti iki 1500 m ilgio, o nuožulieji – iki 300 m ilgio. Jų našumas – apie (350 – 900) t/h arba (200 – 550) m<sup>3</sup>/h purios uolienos.

Prie ekskavatorių gali būti agreguojami savaeigiai transporteriai, turintys dvi pavaras – vieną juostai, kitą važiuoklei. Jie gali būti reversiniai ir nereversiniai, o pagal darbo režimą – atsitraukiantieji (judantys periodiškai) ir šaudykliniai (atsitraukiantys automatiškai).

Specialios paskirties transporterių, kurie įrengiami prie daugiakaušių ekskavatorių, juostos plotis gali būti iki 3,2 m, o greitis iki 8 m/s. Kai reikia medžiagą transportuoti dideliu atstumu, sudaroma linija iš atskirų tam tikro ilgio transporterių, nes vienas varantysis velenas gali traukti riboto ilgio juostą. Varomajai jėgai padidinti juostos gali būti tvirtinamos prie varančiųjų lynų arba grandinių.

Juostinio transporterio našumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = k_p \cdot b^2 \cdot \rho_p \cdot v; \quad (6.12)$$

čia  $Q$  – transporterio našumas, t/h;

$b$  – darbinis juostos plotis, m ( $b = 0,9B - 0,05$ , čia  $B$  – juostos plotis, m);

$\rho_p$  – medžiagos piltinis tankis, t/m<sup>3</sup>;

$v$  – juostos judėjimo greitis, m/s;

$k_p$  – našumo įvertinimo koeficientas, kai juosta remiasi į atrامينius ritinius (kai kraštiniai ritiniai pasvirę  $\alpha = 20^\circ$  kampū,  $k_p = 470$ , o kai  $\alpha = 30^\circ$ ,  $k_p = 560$ ).

Atitinkamai reikalingą juostos plotį  $B$  galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$B \geq k \sqrt{Q / (\rho_p \cdot v)}; \quad (6.13)$$

čia  $k$  – koeficientas, įvertinantis ant juostos esančios medžiagos netolygumą ( $k = 0,04 - 0,05$ ).

Apskaičiuotas juostos plotis turi tenkinti tokias sąlygas:

$$B \geq 2d_{max} + 200 - \text{kai stambiausių dalelių yra iki } 15\%, \text{ arba } B \geq 3,3 d_m;$$

čia  $d_m$  – medžiagos dalelių vidutinis skersmuo, mm.

Transporterio pavaros galia, kai medžiagą reikia pakelti į tam tikrą aukštį, apskaičiuojama pagal formulę:

$$N = Q \cdot H / 367 + Q \cdot L_h / 367 + 0,2 \cdot q \cdot v \cdot L_h \cdot n; \quad (6.14)$$

čia  $N$  – pavaros galia, kW;

$H$  – medžiagos pakėlimo aukštis, m;

$L_h$  – juostos ilgis horizontalia kryptimi, m;

$q$  – ant 1 m ilgio juostos atkarpos esančios medžiagos masė, kg/m;

$n$  – koeficientas, įvertinantis juostos pasipriešinimą į ritinėlius ( $n = 0,04$ ).

Nuožuliųjų transporterių apkrautos juostos greitis sumažėja priklausomai nuo posvyrio kampo ir nustatomas taip:

Juostos posvyrio kampas, laipsniais	4	8	12	16	18	22
Greičio sumažėjimo koeficientas	0,93	0,87	0,81	0,73	0,69	0,63

Variklio galia turi būti didesnė už apskaičiuotąją, kad ji pajėgtų nugalėti pasipriešinimą, kai dėl atsiktinių priežasčių sustojusį transporterį su apkrauta

juosta reikia vėl paleisti. Tokiu atveju transporteriui paleisti reikalinga momento galia padidėja du ir daugiau kartų.

Juostiniai transporteriai netinka transportuoti drėgnoms medžiagoms, esant neigiamai temperatūrai, nes juosta apsivelia ir apšąla, praslysta ją varantys velenai, grandikliai nepajėgia valyti juostos. Todėl transporteriai, dirbantys lauko sąlygomis, priskirtini prie sezoninio darbo įrenginių.

### 6.7.5. Plokšteliniai, kaušiniai ir sliekiniai transporteriai

**Plokšteliniai** transporteriai naudojami aštribriaunėms gabalinėms medžiagoms transportuoti nedideliais atstumais. Jų standžios tiekimo plokštelės gali atlaikyti smūgines apkrovas, todėl jie gali būti naudojami po priėmimo bunkeriais arba atlieka tiektuvų funkcijas, pvz., akmens medžiagas tiekia į trupintuvą arba priima medžiagas tiesiai iš transportavimo ir kasimo priemonių. Jų grandininė mechaninė pavara gali veikti didele galia, todėl galima transportuoti ir labai drėgnas medžiagas. Plokštelinės juostos greitis būna (1 – 1,5) m/s. Našumas priklauso nuo juostos pločio, posvyrio kampo ir medžiagos savybių. Jie priskiriami sunkiųjų transporterių grupei.

**Kaušiniai** transporteriai skirti birioms nerūdinėms medžiagoms pakelti vertikaliai arba dideliu posvyrio kampu iki 50 m aukščio. Jie dažniausiai naudojami medžiagų sandėliavimo arba perdirbimo vietose. Geriau tinka smulkioms medžiagoms (smėliui, maltai klinčiai ir pan.) transportuoti. Kad medžiagos neterštų dulkėmis aplinkos ir išbirusios iš kaušų dalelės nekeltų pavojaus, kaušai juda uždaramame apsauginiame korpuse. Medžiagos pakraunamos ir iškraunamos savitaka pro specialias kraunamąsias angas. Transportuojant smulkias medžiagas, kaušai juda apie (1,25 – 2,00) m/s, o transportuojant stambiagrūdes medžiagas – apie (0,4 – 1,0) m/s greičiu. Atsižvelgiant į medžiagų stambumą, parenkama atitinkama kaušų forma.

Kaušinio transporterio našumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = 0,6 \cdot q \cdot k_u \cdot \rho_p \cdot n ; \quad (6.15)$$

čia

$Q$  – našumas, t/h;

$q$  – vieno kaušo talpa, l;

$k_u$  – koeficientas, įvertinantis kaušo pripildymą ( $k_u$  apie 0,6 – 0,8);

$\rho_p$  – medžiagos piltinis tankis, t/m<sup>3</sup>;

$n = 60 \nu/T$  – iškrovimų skaičius per minutę (čia  $\nu$  – kaušų greitis,

$T$  – žingsnis tarp kaušų, m).

**Sliekiniai** transporteriai naudojami birioms nerūdinėms medžiagoms transportuoti horizontaliai arba kelti iki 20° kampu. Našumas priklauso nuo

transporterio vamzdžio skersmens ir slieko apsučių greičio. Transportuojant birias medžiagas, vamzdžio pripildymo koeficientas  $k_u = (0,25 - 0,45)$ , o slieko apsučių greitis apie (90 – 120) aps./min. Transporterio ilgis būna iki 40 m, o našumas iki 40 m<sup>3</sup>/h. Našumą galima apskaičiuoti pagal formulę

$$Q = 3600 \cdot A \cdot v \cdot k_u ; \quad (6.16)$$

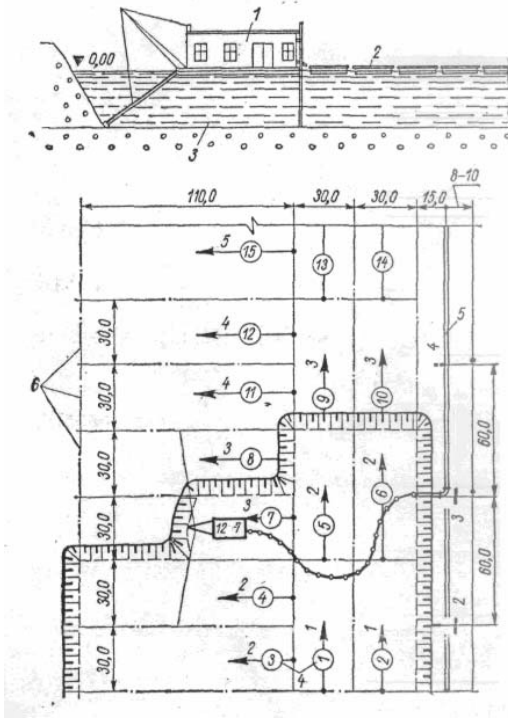
čia  $Q$  – našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $A$  – transporterio vamzdžio skerspjūvio plotas ( $\pi D^2/4$ ; čia  $D$  – vamzdžio skersmuo nuo 0,15 m iki 0,6 m), m<sup>2</sup>;  
 $v$  – medžiagos judėjimo greitis vamzdyje, m/s;  
 $k_u$  – vamzdžio užpildymo koeficientas.

Šio tipo transporteriai naudojami pakrovimo ir iškrovimo darbams ir įkomponuojami į perdirbimo linijas. Pakeliant medžiagas transporterio našumas priklauso nuo vamzdžio posvyrio kampo. Esant 5° pakilimo kampui, našumas sumažėja iki 10 %, esant 10° kampui, – 20 %, o esant 20° kampui, – iki 35 %.

Transportuojant gabalines nefracines medžiagas, didžiausias gabalo skersmuo, turi būti apie 4–6 kartus, o transportuojant vienos frakcijos medžiagas, – apie 8–10 kartų mažesnis už spiralės žingsnį. Slieko spiralės žingsnis dažniausiai būna lygus vamzdžio skersmeniui.

#### 6.7.6. Hidraulinis transportas

Iš po vandens žemkasėms arba žemsiurbėms iškastos uolienos dažniausiai transportuojamos hidrauliniu transportu pulpos pavidalu. Iškastos uolienos būna susimaišiusios su vandeniu ir sudaro vadinamąją pulpą. Pulpas transportavimas vamzdžiais, loviais arba specialaus profilio latakais vadinamas hidrauliniu transportavimu. Pagal tekėjimo pobūdį skiriamos hidraulinio transporto dvi rūšys: savitakis – kai pulpa vamzdžiais teka dėl aukščių skirtumo ir gravitacinės jėgos, ir slėginis – kai slėgį sudaro siurblių sistema. Savitakis transportas naudojamas, kai yra pakankamas pradinio ir galinio taško aukščių skirtumas, kuris užtikrina pakankamą pulpos tekėjimo greitį ir gali nugalėti medžiagos tekėjimo trinties jėgą, neleidžia pulpai sluoksniuotis bei dalelėms nusėsti ir kauptis transporto priemonėse.



6.9 pav. Kasimo iš po vandens žemsiurbe ir transportavimo vamzdynu schema:

- 1 – plaukiojančioji žemkasė; 2 – pulpos vamzdynas; 3 – kasvietės padas;
- 4 – užeių numeracija (skaičiai skritulėliuose); 5 – magistralinis pulpos vamzdynas; 6 – žemsiurbės užeių barai

Slėginiam transportui reikalinga slėgio siurblių sistema, kuri sudarytų reikiamą slėgį pakelti pulpai vamzdžiais į tam tikrą aukštį arba padidinti jos tekėjimo greitį horizontaliame tinkle, kad ji nesisluoksniuotų ir dalelės nenusėstų vamzdyne. Hidraulinis transportas galima transportuoti kietas daleles tik tuo atveju, jei tekėjimo greitis visoje trasoje viršija kritinį, t. y. tokį, kai dalelės negali nusėsti arba kai sėdimo jėga yra mažesnė už tekėjimą skatinančią jėgą. Kritinis greitis priklauso nuo transportuojamų dalelių tankio, dalelių skersmens, pulpos koncentracijos ir vamzdyno skersmens. Iš nerūdinių medžiagų ir vandens sudarytos pulpos kritinis greitis būna nuo 1,5 m/s iki 5 m/s. Esant tokiems greičiams, smulkios ir lengvos dalelės sklendžia pulpos sraute,

vidutinės retkarčiais atsitrenkia į vamzdžio arba latako dugną, o stambiosios ir sunkiosios rieda dugnu.

Hidraulinio transporto sistemos apskaičiuoti naudojami specialia, tam reikalui skirta literatūra, nes skaičiavimai pagal hidraulikos dėsnius arba atskiriems atvejams sudarytas empirines formules yra sudėtingi. Čia pateikiami tik svarbiausi kai kurių rodiklių apskaičiavimo principai, nuo kurių priklauso hidraulinio transporto veikimo esmė.

Pulpos kritinis greitis nustatomas laboratoriniais tyrimais arba naudojamos analoginiais gamybos duomenimis, kartais tinka literatūroje nurodyti duomenys. Jį galima apskaičiuoti pagal A. Jufino formulę [6]:

$$v_k = 8 \cdot \sqrt[3]{D} \cdot \sqrt[6]{c_0 \cdot \psi} ; \quad (6.17)$$

čia  $v_k$  – kritinis pulpos greitis, m/s;  
 $D$  – vamzdžio skersmuo (nuo 0,20 m iki 0,80 m);  
 $c_0$  – pulpos tūrinė koncentracija, vieneto dalimis;  
 $\psi$  – transportabilumo koeficientas, apskaičiuojamas kaip atskirų frakcijų dalelių šio koeficiento verčių svertinis vidurkis ir nustatomas taip:

Dalelių frakcija, mm	0,05-0,10	0,10-0,25	0,25-0,50	0,50-1,00	1,00-2,00	2,00-3,00	3,00-5,00	5,00-10,0	10,0-20,0
Koeficiento $\psi$ vertė	0,02	0,20	0,40	0,80	1,20	1,50	1,80	1,90	2,00

Smėlio ir žvirgždo mišinio transportavimo greitis turi būti didesnis už ribinį kritinį. Tuo atveju transportavimo kritiniam greičiui apskaičiuoti galima naudotis to paties autoriaus formule:

$$v_k = 11 \cdot \sqrt[6]{(D^2 \cdot c_0 \cdot d_m) / (0,62 + 0,44 \cdot d_m)} ; \quad (6.18)$$

čia  $d_m$  – transportuojamų dalelių vidutinis skersmuo, mm.

Vamzdyno skersmuo apskaičiuojamas iš debito lygties:

$$D = 0,0188 \cdot \sqrt[4]{\frac{Q}{\phi_0 v_k}} ; \quad (6.19)$$

čia  $D$  – vamzdyno skersmuo, m;  
 $Q$  – reikalingas transportuoti uolienos kiekis, m<sup>3</sup>/h;  
 $\phi_0$  – uolienos tūrinė koncentracija pulpoje, vieneto dalimis;  
 $v_k$  – kritinis greitis, m/s.



Transportuojant pulpą slėginuose vamzdžiuose, susidaro nemaži slėgio nuostoliai, kurie priklauso nuo tekėjimo greičio, vamzdyno skersmens ir sienelių šiurkštumo, pulpos ir dalelių tankio, grūdelių stambumo ir vandens klampio. Prieš pradėdant vamzdyną eksploatuoti, jis turi būti išbandytas slėgiu du arba tris kartus didesniu už darbinį.

Savitakių hidraulinių srautų mažiausias tekėjimo greitis, kuris neleisėtų dalelėms nusėsti, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$v = 64 \cdot \sqrt{Ra} \cdot \sqrt{(\rho_p - 1)w_m} ; \quad (6.20)$$

čia

$R$  – latakų hidraulinis skersmuo, m;

$a = [d_m / (0,5d_m + 0,8) \cdot d_m]^{0,2}$ , vieneto dalimis;

$d_m$  – dalelių frakcijos vidutinis skersmuo nuo 0 iki 80 mm;

$\rho_m$  – pulpos tankis, t/m<sup>3</sup>;

$w_m$  – dalelių laisvo sėdimo skystyje greitis, m/s (vadinamas hidrauliniu dalelių stambumu).

Dalelių nusėdimas latakų priklauso ir nuo kitų veiksnių: tekančios pulpos sluoksnio storio, pulpos koncentracijos, latakų posvyrio kampo ir kt. Latakų ir griovių mažiausi nuolydžiai pateikiami 6.2 lentelėje.

6.2 lentelė. Latakų ir griovių mažiausi nuolydžiai

Uolienos pavadinimas	Latakai ir betoniniai grioveliai	Grioveliai grunte
Molis ir priemolis	0,015 – 0,025	0,02 – 0,03
Smulkus smėlis	0,025 – 0,030	0,03 – 0,04
Vidutinio stambumo smėlis	0,030 – 0,035	0,04 – 0,05
Stambus smėlis	0,035 – 0,050	0,05 – 0,06
Smulkus žvyras	0,050 – 0,100	–

Parentant hidraulinio transporto tipą, reikia laikytis principo, kad medžiagos vieneto transportavimo išlaidos būtų mažiausios.

## 6.8. SPROGDINIMO DARBAI

### 6.8.1. Sprogumas

Sprogdinimu purenamos tvirtos monolitinės uolienos, kai mechaniniais parentuvais jų išparenti negalima, o kasimo mašinos nepajėgia atsikelti gabalų nuo masyvo. Sprogdinimo būdas ir sprogstamosios medžiagos parentamos atsizvelgiant į uolienų savybes. Svarbiausia iš jų yra sprogumas. Sprogumas apibūdinamas

etaloninės sprogstamosios medžiagos kiekiu ( $\text{kg/m}^3$ ), reikalingu išsprogdinti stačiakampe piltuvo pavidalo (apverstą kūgio, kurio viršūnės kampas  $90^\circ$ ) duobei, kai sprogmenys sudėti vieno metro gylio ir 40 mm skersmens špure (išgrąžoje) išgręžtame  $45^\circ$  kampu. Toks sprogimo poveikis prilyginamas vienetui. Priklausomai nuo uolienos fizikinių ir mechaninių savybių, sluoksniuotumo ir reikiamo uolienos išpurenimo laipsnio (gabalų stambumo ir granulimetrinės sudėties) sprogdinant galima pasiekti norimą tikslą:

sujudinti tam tikrą uolienos dalį, bet labai jos nesuardyti, nesusmulkinti (sprogimo poveikis mažesnis kaip vienetas);

suardyti uolienas ir jas šiek tiek perstumti (sprogimo poveikis lygus vienetui); uolienas visiškai sutrupinti ir perstumti numatyta kryptimi ir reikiamu atstumu (sprogimo poveikis lygus 2–3);

susmulkinti didelius negabaritinius gabalus (akmenis), t. y. tokius, kurie netelpa į ekskavatoriaus kaušą, transporto priemonę arba į pirminio trupintuvo kraunamąją angą.

Paprastai siekiama taip susmulkinti uolienas, kad jos tiktų tolesniam technologiniam perdirbimui:

uolienos luitai turi tilpti į ekskavatoriaus kaušą:  $D_l = k \cdot \sqrt[3]{V}$ , čia  $D_l$  – luito skersmuo, m;  $V$  – ekskavatoriaus kaušo tūris,  $\text{m}^3$ ;  $k$  – koeficientas (karjerų ekskavatoriams  $k = 0,7$ , statybos ekskavatoriams  $k = 0,5$ );

gabalai turi tilpti į pirminio trupintuvo priėmimo angą (trupintuvai normaliai dirba, kai didžiausi gabalai mažesni kaip 0,85 priėmimo angos pločio);

kai uoliena transportuojama juostiniais transporteriais, gabalai  $D$  (mm) turi būti ne didesni už apskaičiuotus pagal tokią formulę:  $D = 0,5 B - 200$ ; čia  $B$  – transporterio juostos plotis, mm.

Projektuojant sprogdinimo darbus, numatoma, koks turi būti susprogdintos uolienos gabalų skersmuo, kuris siejamas su pakrovimo, transportavimo ir trupinimo įranga. Specialiuose nerūdinių medžiagų technologijos žinynuose pateikiamos rekomendacijos, kokio pajėgumo vienokius ar kitokius ekskavatorius, transportavimo priemones ir trupintuvus tikslinga komplektuoti žaliavos perdirbimo įmonėms. Atsižvelgiant į tai galima projektuoti sprogdinimo darbus. Šie darbai yra sudėtingi ir labai pavojingi ne tik darbuotojams, bet ir aplinkai. Todėl juos gali vykdyti tik specialiai išmokyti ir turintys atitinkamą kvalifikaciją specialistai. Šiems darbams galioja specialios normos ir taisyklės. Darbams pradėti turi būti gautas specialus leidimas.

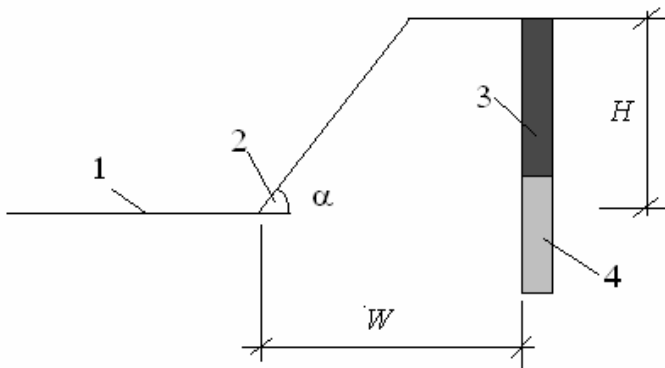
Sprogdinimo darbai dažniausiai (iki 98 %) atliekami gręžinių užtaisų metodu. Jie susideda iš dviejų dalių: paruošiamųjų – gręžinių išgręžimo tam tikra tvarka ir sprogmenų sudėjimo, jų sujungimo ir sprogdinimo. Špurai negabaritiniuose gabaluose gali būti gręžiami rankiniais (22–32) mm grąžtais. Monolitinės uolienos gręžiamos bendrosios paskirties vertikalojo ir nuožuliniojo

gręžimo staklėmis. Uolienoms atskelti nuo masyvo ir sutrupinti staklėmis gali būti gręžiami vertikalūs, nuožulnūs ir poromis sugretinti gręžiniai. Priklausomai nuo uolienų stiprumo ir norimo gauti jų susmulkinimo laipsnio gręžinių skersmuo gali būti nuo 120 mm iki 320 mm, o gylis iki 40 m.

Sprogmenų kiekis, užtaisų išdėstymo tankumas, gręžinių gylis apskaičiuojamas pagal vadinamąją pado atsparumo liniją.

### 6.8.2. Atsparumo linija

Atsparumo linija yra horizontalus atstumas nuo gręžinio centro iki kirtavietės apatinės briaunos.



6.10 pav. Skaičiuojamosios pado linijos apskaičiavimo schema:

1 – kasimo horizontas; 2 – kasvietės šlaito kampas; 3 – špuras;  
4 – sprogdinimo užtaisas.

Pado atsparumo linija apskaičiuojama pagal (6.21) formulę:

$$W = \sqrt{p \cdot (L - l_s - l_u) / m \cdot q \cdot H}; \quad (6.21)$$

čia

$W$  – atsparumo linijos ilgis, m;  
 $p$  – sprogdinimo talpa viename gręžinio metre, kg;  
 $L$  – visas gręžinio gylis, m;  
 $l_s$  – suminio oro tarpų ilgis gręžinyje, m;  
 $l_u$  – gręžinio užtaisymo (virš sprogdinimo) ilgis, m;  
 $H$  – pakopos aukštis, m.



6.11 pav. Vaizdas po sprogdinimo

Kai gręžiniai vertikalūs, šios skaičiuojamosios atsparumo linijos ilgis turi tenkinti saugaus darbo sąlygas. Jeigu ši linija būtų trumpa, gręžimo staklės turėtų stovėti arti šlaito ir galėtų nušliaužti kartu su viršutine šlaito briauna. Todėl turi būti išlaikyta tokia sąlyga:

$$W \geq H \cdot c \cdot t \cdot g \cdot \alpha + b ; \quad (6.22)$$

čia  $\alpha$  – šlaito nuolydžio kampas, laipsniais;  
 $b$  – atstumas nuo šlaito briaunos iki gręžimo staklių vikšrų ( $b \geq 3$  metrai).

Gręžiamo špuro skersmuo būna šiek tiek didesnis už grąžto skersmenį dėl to, kad gręžimo metu grąžtas vibruoja ir suardo uolieną ne tik po ašmenimis, bet ir aplinkui. Įvairių grąžtų centre paprastai esti anga, pro kurią galima tiekti suslėgtą orą arba vandenį, kad iš gręžinio nuolat būtų šalinamos grąžto susmulkintos uolienos dalelės.

Gręžinio gylis (ilgis) apskaičiuojamas atsižvelgiant į pakopos aukštį pagal formulę:

$$L = H / \sin \beta + l ; \quad (6.23)$$

čia  $L$  – visas gręžinio gylis (nuožulnaus – ilgis), m;

$\beta$  – gręžinio posvyrio kampas, laipsniais (parenkamas lygus saugiam posvyrio kampui);  
 $H$  – pakopos aukštis, m;  
 $l$  – įgręžimo gylis, m (imamas nuo 5  $d$  iki 15  $d$ ; čia  $d$  – gręžinio skersmuo).

Uolienoms sprogdinti naudojamos apie 30 pavadinimų sprogstamosios medžiagos. Šių medžiagų svarbiausios savybės – tankis, atsparumas vandeniui, sprogimo metu išskiriamos šilumos kiekis, galia, detonavimo greitis, laikymo trukmė, pakuotė ir kt. nurodomos jų pasuose arba specialioje sprogdinimo darbų literatūroje. Sprogstamosios medžiagos parenkamos pagal uolienų savybes ir sprogdinimo tikslą. Gręžinio skersmuo derinamas prie sprogstamųjų medžiagų tipinių paketų skersmens. Apskriti nustatyto ilgio paketai, paliekant apskaičiuotus tarpus tarp jų, nuleidžiami į išgręžtus gręžinius ir tarpusavyje sujungiami detonuojančiosiomis virvutėmis, o nuo detonatoriaus iki sprogdinimo valdymo pulto – elektros laidais. Sudėjus sprogstamasias medžiagas, gręžinys iš viršaus užtaisomas (15–25)  $d$  ilgiu.

Sprogmenų kiekis vienam metrui gręžinio apskaičiuojamas pagal formulę:

$$p = 0,785d^2\rho ; \quad (6.24)$$

čia  $p$  – sprogmenų kiekis, kg/m;  
 $d$  – gręžinio skersmuo, m;  
 $\rho$  – sprogmenų išdėstymo tankis, kg/m<sup>3</sup>.

Sprogmenys išdėstomi dviejuose trečdaliuose apatinės gręžinio dalies. Oro tarpai tarp sprogmenų pakuočių parenkami (0,17 – 0,35)  $l_u$  ( $l_u$  – užtaiso ilgis). Mažesni tarpai daromi sprogdinant kietas uolienas. Jeigu sprogdinamojo šlaito aukštis mažesnis kaip 15 m, tai sprogmenys dedami tik dviejuose gyliuose: apie 0,6 – 0,7 sprogmenų kiekio dedama giliau, kita dalis – aukščiau.

Kai užtaisai išdėstomi tankiai, vieno užtaiso ilgis:

$$l_u = (0,20 - 25) d, \text{ o kai retai, } - l_u = (0,15 - 20) d.$$

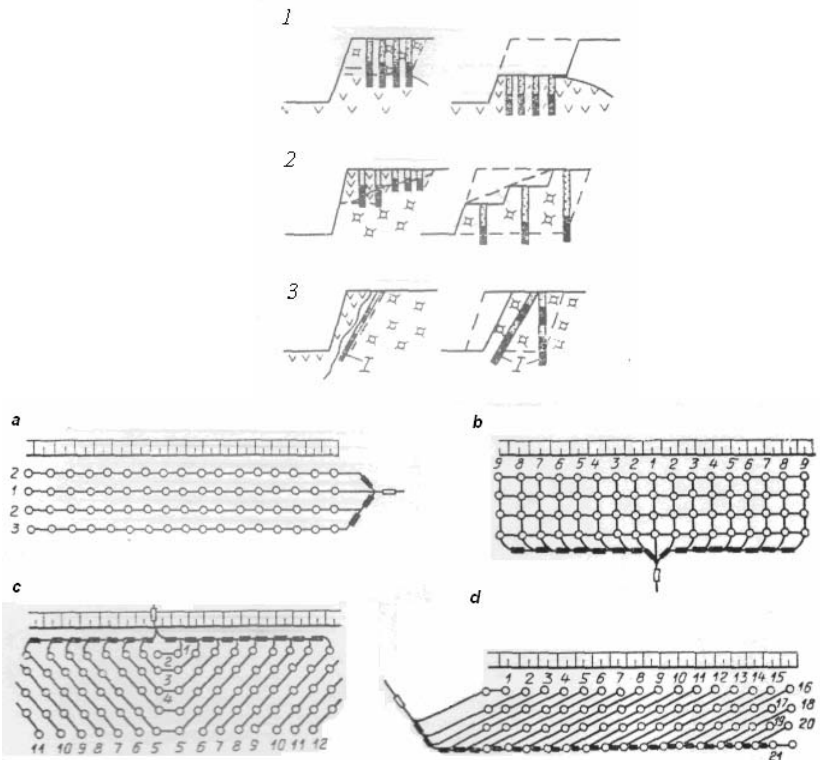
Gręžinių artumo koeficientas (jis dar vadinamas santykiniu atstumu tarp gręžinių) išreiškiamas tokiu santykiu:

$$m = a / W ; \quad (6.25)$$

čia  $a$  – atstumas tarp gręžinių, m;  
 $W$  – pado atsparumo linijos ilgis, m;  
 $m$  – artumo koeficientas. Kai gręžiniai vertikalūs,  $m = (0,8 - 1,2)$ , o kai nuožulnūs,  $- m = (0,9 - 1,3)$ .

Mažesniosios šio koeficiento vertės parenkamos, kai sprogdinamos stiprios uolienos. Atstumas tarp sprogmėnų išdėstymo eilių parenkamas, apie  $(0,1 - 1,0) W$ .

Santykinis užtaiso kiekis ( $q$ ) nustatomas eksperimentais arba iš analogijos pagal anksčiau atliktų sprogdinimo darbų duomenis. Sprogstamųjų medžiagų charakteristikos, užtaisų jungimo schemas, gręžinių užtaisymo konstrukcijos, sprogmėnų jungimo schemas pateikiamos specialioje literatūroje.



6.8 pav. Galima sprogmėnų išdėstymo pjūvyje ir plane schema:

a – išilginė išsproga; b – skersinė išsproga; c – trapecinė išsproga; d – įstrižoji išsproga; 1 – 21 – sprogmėnų eiliškumas.

Labai stiprių uolienų zonų sprogdinimo metu susidarę negabaritiniai gabalai arba stambūs rieduliai likę žvyrynuose sprogdinami, kai juos norima susmulkinti arba perdirbti. Dažniausiai sprogdinama dviem būdais: išoriniu (kontaktiniu) ir vidiniu.

Sprogdinant išoriniu būdu, sprogmenys ant gabalo dedami iš išorės. Šis būdas labai neefektyvus, nes sunaudojama daug sprogstamosios medžiagos, toli išmėtomos nuolaužos, susidaro pavojinga sprogimo banga, todėl jo nerekomenduojama taikyti.

Sprogdinant vidiniu būdu, akmenyje išgręžiamos (24 – 36) mm skersmens išgrąžos (špurai), į jas sudedami sprogmenys. Išgrąžų gylis – apie 0,25 – 0,30 akmens storio. Sprogstamosios medžiagos dedama apie (10 – 20) g/m<sup>3</sup>. Galimi ir kitokie skaldymo būdai.

Skaldant hidrauliniu būdu, akmenyje išgręžiama išgrąža (kaip ir sprogdinant). Joje hermetiškai įtvirtinamas purštukas. Per jį dideliu slėgiu tiekiamas vanduo akmenyje sukelia didelius tempimo įtempimus, ir akmuo skyla. Šis būdas taikomas, kai dėl tam tikrų priežasčių negalima sprogdinti. Tačiau hidrauliniu būdu akmuo perskeliamas tik į dvi arba kelias stambias dalis. Akmens išgrąžoje tempimo įtempimus gali sukelti negesintos kalkės. Jos sudedamos į išgrąžą ir sutankinamos. Iš viršaus gręžinys stipriai užtaisomas cemento skiediniu arba kitaip, paliekant tik kanalą vandeniui tiekti. Patekus į gręžinį vandens, kalkės pradeda gesintis, ir dėl to 2–3 kartus padidėja jų tūris. Dėl tūrio padidėjimo, susidaręs slėgis perskelia akmenį. Hidraulinis skaldymo būdas nenašus, todėl taikomas rečiau už sprogdinimą.

### 6.8.3. Sprogdinimo darbų sauga

Atsižvelgiant į sprogdinimo darbų pavojingumą, darbų saugai turi būti skiriama ypatingai daug dėmesio. Darbus turi teisę vykdyti tik specialiai apmokyti specialistai, ne jaunesni kaip 19 metų, turintys ne mažesnę kaip vienerių metų stažuotojo patirtį, ir turintys kvalifikacijos pažymėjimą, kuris suteikia teisę vykdyti sprogdinimo darbus. Darbai vykdomi, vadovaujantis sprogdinimo darbų taisyklėmis.

Sprogdinant turi būti išlaikytas mažiausias leidžiamas atstumas nuo sprogimo epicentro iki žmonių ir mašinų, kad būtų išvengta pavojaus dėl nuskrendančių akmens skeveldrų. Saugus atstumas priklauso nuo pado pasipriešinimo linijos ilgio ir sprogdinimo užtaisų skaičiaus. Orientaciniai saugus atstumas, kai yra mažiau kaip 10 užtaisų, nustatomas pagal 6.3 lentelės duomenis:

6.3 lentelė. Mažiausi saugūs atstumai nuo sprogimo epicentro

Pado atsparumo linijos ilgis, m	2	4	6	8	10
Mažiausias atstumas iki žmonių, m	200	300	300	400	500
Mažiausias atstumas iki mašinų, m	100	150	150	200	250

Nepavojinga seisminė zona, t. y. už kurios nepavojingas žemės drebėjimas statiniams, priklauso nuo grunto, kuriame yra saugojamas statinys, sprogstamos medžiagos kiekio ir galios.

Vykdamas sprogdinimo darbus turi būti numatyta visoje apsauginėje zonoje reikalinga signalizacijos sistema ir atsakingi darbuotojai, kurie turi užtikrinti, kad signalizacijos sistema veiktų be priekaištų. Taip pat turi būti vedama labai griežta sprogstamųjų medžiagų apskaita ir jų saugojimo bei transportavimo tvarkos.

## **7. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ KASIMAS IR PAKROVIMAS**

### **7.1. BENDROSIOS ŽINIOS**

Nerūdinių medžiagų kasimas ir krovimas yra vienas iš pagrindinių gavybos ir perdirbimo technologinių procesų. Nuo kasybos ir pakrovimo mašinų, kurios būtų tinkamos dirbti atitinkamomis hidrogeologinėmis sąlygomis, parinkimo daug priklauso svarbiausi techniniai ir ekonominiai karjero darbo rodikliai.

Uolienos priklausomai nuo slūgsojimo sąlygų gali būti kasamos ekskavatoriais arba hidromechanizacijos priemonėmis. Tvirtos monolitinės uolienos pradžioje išpurenamos sprogdinimo būdu, o paskui kasamos ekskavatoriais, kraunamos į transporto priemones ir vežamos į perdirbimo įmonę. Paprastai kasama ekskavatoriais (mechaniniais kastuvais arba draglainais). Toks kasimo būdas vadinamas cikliniu, o visa kasimo ir transportavimo technologija gali būti ciklinė, kai transportuojama sunkvežimiais, arba pusiau ciklinė, jei iškasta žaliava transportuojama nepertraukiamai (transporteriais). Ciklinė technologinė schema turi esminį trūkumą, nes daug darbo laiko sugaištama tarpinėms operacijoms, gavybą ir transportavimą sunku automatizuoti arba kompleksiškai mechanizuoti.

Birias uolienas geriau kasti rotoriniais ekskavatoriais. Jie labai našūs, tolydžiai dirba, jų darbą lengviau automatizuoti derinant su tolydinio transportavimo priemonėmis: transporteriais, pneumatiniu, bėginiu arba kitokiu šitaip veikiančiu transportu.

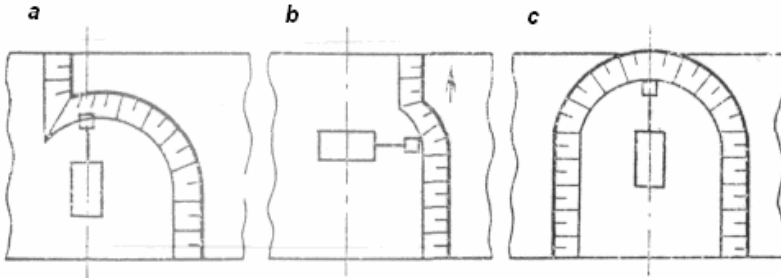
Karjeruose, kuriuose dalis žaliavos yra apsemta gruntinio vandens, arba iš negilių upių bei ežerų žaliavos gali būti kasamos paprastais (su ratine arba vikšrine važiuokle) arba net žingsniuojančiais draglainais.

Organizuojant visą kasimo ir transportavimo darbų kompleksą, reikia apskaičiuoti ir kartu suderinti kasimo bei transporto priemonių skaičių pagal jų našumus.



## 7.2. ŽALIAVŲ KASIMAS EKSKAVATORIAIS

Ekskavatoriai būna ciklinio veikimo – kaušiniai ir tolydinio (nepertraukiamo) veikimo – rotoriniai. Karjeruose naudojami ir vieni, ir kiti. Ekskavatoriais galima kasti tik purias, sprogdinimu išpurentas arba minkštas uolienas. Karjeruose naudojami bendros paskirties statybos darbams skirti nuo  $0,5 \text{ m}^3$  iki  $2 \text{ m}^3$  kaušo talpos ekskavatoriai. Didelio našumo karjeruose visokio stiprumo uolienoms kasti naudojami specialios paskirties vikšriniai ekskavatoriai, kurių kaušo talpa nuo  $2,5 \text{ m}^3$  iki  $20 \text{ m}^3$ . Dažniausiai kasama dviem būdais: priekiniu, kai ekskavatorius kasa judėdamas į priekį, ir šoniniu, kai jis juda greta kasamo šlaito. Rečiau taikomas kasama pusapskritimiu – kai ekskavatorius kasa į priekį ir abu šonus kiek siekia strėlė. Šio metodo našumas apie (25 – 30) % mažesnis, nes ekskavatorius, iškraudamas kaušą, turi pasisukti ne iki  $90^\circ$  (kaip kasant priekiniu arba šoniniu būdu), bet iki  $180^\circ$  kampu.



7.1 pav. Kasimo schemas:

a – priekinio kasimo, b – šoninio kasimo, c – aplinkinio kasimo

Žaliavų kasyboje dažniausiai naudojama tokia technologinė schema: ekskavatorius – savivartis automobilis – perdirbimo įmonė. Pagal tokią schemą dirba apie 96 % nerūdinių medžiagų gavybos ir perdirbimo įmonių. Nuolat veikiančiuose karjeruose galima ir kitokia technologinė schema. Kartais žaliavų perdirbimo įmonėje neracionalu įrengti pirminio trupinimo trupintuvą. Tada toks trupintuvas su autonomine važiuokle įrengiamas karjere. Kasimo metu jis gali judėti kartu su ekskavatoriumi, kuris iškastą susprogdintą uolieną krauna tiesiai į trupintuvo priėmimo bunkerį. Sutrupinta uoliena plokšteliniu transporteriu tiekama į kaupiamąjį bunkerį, iš kurio transporto priemonės medžiagą gali imti tolygiai arba periodiškai. Dirbant su tarpiniu kaupimo bunkeriu, galima racionaliau išnaudoti automobilinį transportą, nes sutrumpėja krovimo trukmė.

Kai karjero neįmanoma nusausinti arba kai nusausinimo sistemą įrengti neracionalu, žaliavą tenka kasti iš po vandens. Tuo atveju kasama savaeigiaisiais arba žingsniuojančiais ekskavatoriais su perforuotais kaušais, iš kurių gali nesunkiai ištekėti su žaliava pasemtas vanduo. Jei tokių kaušų nėra, iš po vandens iškeltos uolienos kartu su vandeniu pilamos ant šlaito į krūvas, kad nutekėtų vanduo, o paskui nusausedusios žaliavos kasamos ir savivarčiais vežamos į gamyklą perdirbti.

Kai naudingųjų iškasenų sluoksnis pakankamai storas, karjere tikslinga naudoti konvejerinį transportą, kuris apie tris kartus pigesnis už automobilineį. Tačiau konvejeriais galima transportuoti tik riboto didumo gabalus ( $D_{maks} \leq 0,25 B$ , čia  $B$  – juostos plotis, m), t. y. gabalas neturi būti didesnis kaip 0,25 juostos pločio. Naudojant konvejerius, ekskavatorių reikėtų suporinti su pirminiu trupintuvu. Tuomet gamykloje nereikia pirminio trupintuvo, supaprastėja technologinė linija. Jungiant ciklinio veikimo ekskavatorių su tolydinio veikimo pirminiu trupintuvu arba konvejeriniu transportu, reikalingas tarpinis kaupiklis arba atitinkamas tiektuvas. Labai gerą ir našią srovinę technologinę liniją galima surinkti jungiant rotorinį ekskavatorių su konvejeriu, nes abu įrenginiai yra tolydinio veikimo. Tokia linija tinkama žvyro, smėlio ir panašaus tipo karjeruose.

Vienakaušių ekskavatorių teorinis našumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = 60 \cdot V \cdot n_0 ; \quad (7.1)$$

čia  $Q$  – ekskavatoriaus našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $V$  – ekskavatoriaus kaušo geometrinis tūris, m<sup>3</sup>;  
 $n_0$  – teorinis kaušo darbo ciklų skaičius per metus.

Ekspluatacinis ekskavatoriaus našumas, įvertinus realias darbo sąlygas, yra mažesnis už teorinį ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = 60 \cdot V \cdot n \cdot k_1 \cdot k_2 / k_3 ; \quad (7.2)$$

čia  $Q$  – ekskavatoriaus našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $V$  – ekskavatoriaus kaušo geometrinis tūris, m<sup>3</sup>;  
 $n$  – faktinis kaušo darbo ciklų skaičius (įskaitant prastovas);  
 $k_1$  – kaušo pripildymo koeficientas ( $k_1 = 0,55 - 1,5$ );  
 $k_2$  – ekskavatoriaus darbo laiko panaudojimo koeficientas ( $k_2 = 0,7 - 0,8$ );  
 $k_3$  – uolienų purumo koeficientas ( $k_3 = 1,05 - 1,5$ ).

Daugiakaušio ekskavatoriaus eksploatacinis našumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = 60 \cdot V \cdot n \cdot k_1 \cdot k_2 ; \quad (7.3)$$

čia  $Q$  – ekskavatoriaus našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $V$  – ekskavatoriaus kaušo geometrinis tūris, m<sup>3</sup>;  
 $n$  – per minutę iškraunamų kaušų skaičius;  
 $k_1$  – ekskavacijos koeficientas ( $k_1 = 0,6 - 0,91$ );  
 $k_2$  – ekskavatoriaus darbo laiko panaudojimo koeficientas ( $k_2 = 0,7 - 0,9$ ).

Karjero ir iškastų nerūdinių medžiagų perdirbimo gamyklos darbas turi būti suderintas, todėl ir darbo laiko normos imamos vienodos. Gamyklos darbo laiko fondas, esant sezoniniam arba metiniam darbo režimui, įvertinus įrenginių darbo trukmę, nustatomas pagal kalendorinį laiko fondą. Kuo daugiau įrenginių nuosekliai sujungta į vieną liniją, tuo didesnė tikimybė, kad linijoje bus didesni darbo laiko nuostoliai. Orientacinės darbo laiko panaudojimo koeficiento vertės priklausomai nuo įrenginių skaičiaus linijoje pateikiamos 7.1 lentelėje.

7.1 lentelė. Įrengimų darbo laiko panaudojimo koeficiento vertės

Perdirbamų uolienų tipas	Technologinėje linijoje nuosekliai sujungtų įrenginių skaičius			
	Iki 15	16 – 20	21 – 25	26 – 30
Uolienos, kurių stipris (100 – 150) MPa	0,85	0,82	0,79	0,76
Žvyras, kuriame yra apie 50 % riedulių	0,90	0,87	0,84	0,81

Lentelėje matyti, kad, perdirbant stipresnes uolienas ir esant daugiau nuosekliai sujungtų įrenginių, darbo laiko panaudojimo koeficiento vertė mažėja, t. y. didesnė tikimybė, kad darbo laiko nuostoliai gali būti didesni. Tačiau įrenginių eksploatavimo trukmė labai daug priklauso nuo jų priežiūros. Tvarkingai prižiūrimi įrenginiai rečiau genda.

Ekskavatorių galia ir skaičius parenkami pagal gamybos poreikį. Pirmiausia apskaičiuojamas darbo laiko fondas pagal darbo dienos trukmę, pamainų skaičių ir sezono trukmę. Metinį darbo fondą galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$q = Q_m / (k \cdot t) ; \quad (7.4)$$

čia  $q$  – reikalingas gamyklos valandinis našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $Q_m$  – metinė gamyklos programa, m<sup>3</sup>;  
 $k$  – darbo laiko panaudojimo koeficientas;  
 $t$  – skaičiuojamasis darbo laiko fondas (sezoninis arba metinis).

Apskaičiuvus gamyklos arba karjero valandinį našumą, galima parinkti ekskavatorių ir transporto priemonių našumus.

### 7.3. UOLIENŲ IŠGAVIMAS HIDROMECHANIZACIJOS PRIEMONĖMIS

#### 7.3.1. Hidromonitoriniu būdu

Birios nerūdinės medžiagos gali būti išgaunamos hidromechanizacijos priemonėmis keliais būdais: jas išpurenant ir nuplaunant didelio slėgio vandens srove – hidromonitoriais, iš vandens telkinių dugno kasant žemkasėmis ir siurbiant žemsiurbėmis. Išgavimo ir transportavimo būdas pasirenkamas atsižvelgiant į uolienų slūgsojimo sąlygas.

Hidromonitoriniu būdu galima kasti tik purias nestambių grūdelių uolienas iš nuodangos arba karjero. Šį būdą racionalu taikyti tais atvejais, kai yra tam tinkamos sąlygos: greta yra pakankamai daug vandens, galima sumontuoti galingus vandens siurblius ir yra didelis nuolydis nuplaunamai pulpai nutekėti į surinkimo baseiną.

Hidromonitoriumi galima nuplauti iš anksto išpurtą uolieną, o jei jos dalelės nestipriai sukibusios, galima kartu purenti ir nuplauti, t. y. nuplukdyti uolieną pulpos pavidalu iš purenimo (kasimo) vietos į nusodinimo baseiną – paėmimo vietą.

Hidromonitoriuje sudaroma labai kompaktiška vandens čiurkšlė. Ji išspaudžiama iki 150 m/s greičiu, esant nuo 0,8 MPa iki 3,6 MPa slėgiui. Srovė yra gana galinga, nes dideliu greičiu išliejama nuo 50 l/s iki 450 l/s vandens. Uolienos gali būti plaunamos vienu arba keliais hidromonitoriais. Jų skaičių galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$n = V \cdot q / (T \cdot k_0 \cdot Q \cdot k_1); \quad (7.5)$$

čia

$n$  – hidromonitorių skaičius;

$V$  – reikalingas iškasti uolienos tūris, m<sup>3</sup>;

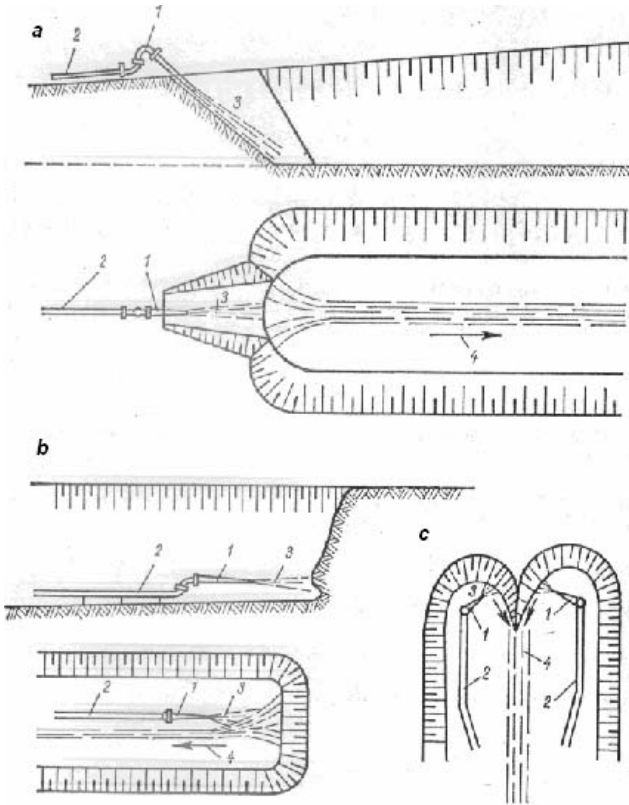
$q$  – santykinės vandens sąnaudos, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>;

$T$  – įrenginio darbo trukmė, h;

$Q$  – hidromonitoriaus vandens debitas, m<sup>3</sup>/h;

$k_0$  – darbo laiko panaudojimo koeficientas ( $k_0 = 0,7 - 0,95$ );

$k_1$  – darbo sąlygų koeficientas, kuriuo įvertinamas sluoksnio storis, transportavimo sąlygos ir uolienos savybės.



7.2 pav. Uolienu nuplovimo hidromonitoriumi schemas:

- a – pasroviui; b – priešpriešiais; c – mišriuoju būdu;  
 1 – hidromonitorius; 2 – vamzdynas; 3 – vandens srovės kryptis;  
 4 – pulpos tekėjimo kryptis

Uolienoms nuplauti gali būti taikomos pasrovinio arba priešpriešinio plovimo technologijos (7.2 pav). Pasroviui patogiau nuplauti purias uolienas, kai plovimo srovės kryptis sutampa su pulpos nutekėjimo kryptimi. Priešpriešinio plovimo būdu kasamos tvirtesnės arba sukibusių dalelių uolienos. Jos išpurenamos arba sutrupinamos ir tik tada purenimo vietoje gali pavirsti pulpa ir nutekėti į surinkimo duobę (zumpfą). Uolienos priklausomai nuo jų stiprumo gali būti išpurenamos atitinkamo stiprumo srove. Vandens srovės ardomoji galia priklauso nuo jos greičio ir debito. Sutrupintos uolienos nuplukdymo galimybė priklauso nuo srovės debito ir tekėjimo nuolydžio.

Žvyro telkiniuose hidromonitorinis būdas gali būti taikomas tik tuo atveju, kai pulpai nutėkėti yra pakankamas (7–12) % nuolydis iki surinkimo duobės, iš kurios pulpa siurbama ir transportuojama vamzdžiais.

Hidromonitoriaus parametrus (srovės greitį, skersmenį, debitą ir slėgio nuostolius) reikia apskaičiuoti, įvertinant grunto arba uolienos dalelių stambumą ir sankabumą. Reikia parinkti tokią vandens srovę, kuri galėtų suardyti ir nunešti uolieną, pvz., smėliui nuplauti reikalingas apie 0,25 MPa vandens slėgis, o moliui iki 0,70 MPa. Srovės greitį galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$v = f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} ; \quad (7.6)$$

čia  $v$  – vandens srovės greitis, m/s;  
 $f$  – srovės greičio koeficientas (faktinio ir teorinio greičio santykis;  
 $f = 0,92 - 0,96$ );  
 $H$  – vandens slėgis, reikalingas uolienai išpurenti, m;  
 $G$  – žemės traukos pagreitis, m/s<sup>2</sup>.

Iš hidromonitoriaus ištekantis vandens debitas, apskaičiuojamas pagal formulę

$$Q = A \cdot v = A \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} ; \quad (7.7)$$

čia  $Q$  – vandens srovės debitas, m<sup>3</sup>/s;  
 $A$  – hidromonitoriaus tūtos galo (ištekėjimo) angos plotas, m<sup>2</sup>.

Hidromonitoriaus tūtos skersmuo apskaičiuojamas pagal debitą, reikalingą uolienai išpurenti ir nuplauti:

$$d = 1,13 \cdot V \cdot Q / v ; \quad (7.8)$$

čia  $d$  – hidromonitoriaus tūtos galo skersmuo, m.

Skaičiuojant hidromonitorius, reikia įvertinti slėgio nuostolius dėl jų padėties darbo metu. Juos galima apskaičiuoti pagal tokią formulę:

$$h = K \cdot Q^2 , \quad (7.10)$$

čia  $K$  – slėgio nuostolių koeficientas, priklausantis nuo hidromonitoriaus tipo ir darbo padėties (kai hidromonitorius nukreiptas į viršų –  $K = 100$ , kai jis nukreiptas horizontaliai –  $K = 91$ , kai žemyn –  $K = 82$ ).

Gruntas geriausiai plaunamas, kai hidromonitorius stovi (3–4) m atstumu nuo plaunamos uolienos. Atstumas priklauso nuo slėgio sistemoje ir yra didžiausias, esant (0,3 – 0,4)  $H$ .

### 7.3.2. Kasimas žemkasėmis ir žemsiurbėmis

Parentant žemkasę arba žemsiurbę, reikia atsižvelgti telkinio charakteristikas ir darbo sąlygas: reikalingą našumą, kasimo gylį, uolienos granulimetrinę sudėtį ir stambių intarpų (gabalų) kiekį. Kai stambių gabalų yra daug, labai sumažėja įrenginių našumas, jie gali gesti. Kai žaliavoje yra (3–5) % stambių gabalų, kurių negali paimti žemsiurbės griebtuvas arba žemkasės kaušas, šis būdas tampa neekonomiškas.

Kasant kietokas uolienas, prie žemsiurbių griebtuvo įtaisomos papildomos purenimo priemonės, pvz., freza, mechaninis arba vibracinis purentuvas ir pan. Kai kasamoje žaliavoje yra daugiau kaip 30 % žvirgždo, purentuvas prie žemsiurbės galvutės yra būtinas. Kasant iš didesnio kaip 15 m gylio, naudojami ežektoriaus arba erlifto principu veikiantys uolienos ėmikliai.

Jei žaliavai iškelti naudojamos žemsiurbės arba žemkasės, telkinys suskirstomas barais, blokais ir eilėmis, atsižvelgiant į žemsiurbės arba žemkasės tipą, plaukiojančiojo ir antžeminio pulpos transportavimo vamzdyno ilgį ir prijungimo prie žaliavos atskyrimo nuo vandens įrenginio arba perdirbimo sistemos. Telkinyje pažymėtas blokas – tai plotas, kurį galima iškasti žemsiurbė arba žemkase, nepakeitus magistralinio pulpos vamzdyno padėties. Blokas suskirstomas ir kasamas barais, t. y. plotais, iškasamais kasimo įrenginiui judant viena kryptimi.

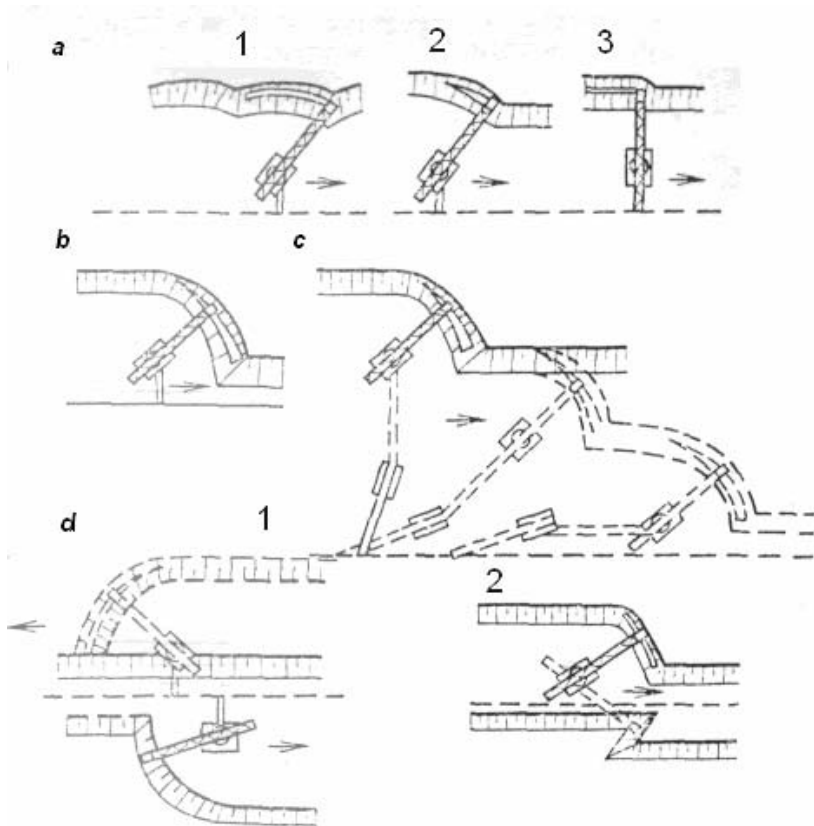
Telkinio suskirstymas blokais priklauso nuo jo ypatybių, reikalingo iškasti žaliavos kiekio, darbų vykdymo kalendorinio plano, išteklių kiekio, darbo našumo ir kt. Žemsiurbės arba žemkasės darbo schema parodyta 7.3 pav.

Žemsiurbės metinis našumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = Q_t \cdot T \cdot K \cdot \alpha^i; \quad (7.11)$$

čia  $Q$  – žemsiurbės metinis našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $Q_t$  – žemsiurbės techninis našumas (kietosios fazės), m<sup>3</sup>/h;  
 $T$  – metinis (sezoninis) darbo laiko fondas, h;  
 $K$  – įrenginio panaudojimo koeficientas ( $K = 0,52 - 0,95$ );  
 $\alpha$  – koeficientas, įvertinantis papildomų siurblinių buvimą ( $\alpha = 0,95$ );  
 $i$  – pulpą perpumpuojančių siurblinių skaičius.

Uolienoms iškasti ir pulpai transportuoti vamzdžiais priklausomai nuo uolienos kietumo ir tankio suvartojama (8–21) m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> vandens. Kasimo metu sudaromos pulpos tankis (1050–1120) kg/m<sup>3</sup>. Iš pulpos specialiuose įrenginiuose arba nusodinimo baseinuose pašalinamas vandens perteklius, kuris trukdo perdirbti uolienas arba jas transportuoti į naudojimo vietą.



7.3 pav. Žemkasės – rotorinio ekskavatoriaus darbo schema:

a – priekinis kasimas; b ir c – kraštinis kasimas; d – priekinis viršutinio ir apatinio sluoksnių kasimas; 1 ir 2 – keičiant ekskavatoriaus padėtį; 3 – nekeičiant ekskavatoriaus padėties



## 8. UOLIENŲ PERDIRBIMAS

### 8.1. AKMENS UOLIENŲ KLASIFIKAVIMAS PAGAL TECHNOLOGINES SAVYBES

Akmens uolienas klasifikuojant pagal genetinį principą ir mineraloginę sudėtį, nepakankamai atsižvelgiama į akmens apdirbimo technologinius ypatumus. Pavyzdžiui, smėlis ir smiltainis yra tokios pat genetinės kilmės ir mineraloginės sudėties nuosėdinės uolienos. Smėlis yra purus, o susicementavęs smiltainis pagal apdirbamumą gali būti artimas gelminėms uolienoms. Skirtingo apdirbamumo yra vulkaninė lava ir bazaltas, nors jų genetinė sudėtis panaši. Dėl tos priežasties buvo sudaryta savita statybinio akmens uolienuų klasifikacija pagal technologinius požymius. Jos pagrindą sudaro apdirbamojo akmens kietumas. Pagal šią klasifikaciją statybiniai akmenys skirstomi į tris grupes: kietus, vidutinio kietumo ir mažo kietumo.

**Kietaisiais akmenimis** laikomos tokios uolienos, kurių sudėtyje vyrauja kieti, apie 6 – 7 kietumo rodiklis pagal Moso skalę, mineralai. Šios grupės atstovai yra: kvarcitas, granitas, sienitas, gabras, labradoritas ir kt. Jie daugiausiai naudojami pastatų konstrukcijoms ir statinių apdailai.

Kietieji akmenys apdirbami specialios paskirties įrankiais. Pjaustymui naudojami vadinamieji deimantiniai diskai, t. y. plieniniai diskai, ant kurių kraštų uždėti vientisi arba segmentiniai deimanto grūdelių, suklijuotų bronzos arba specialiais polimerais, ašmenys. Šlifavimui taip pat naudojami reikiamo šiurkštumo deimantinių, kartais korundinių, šlifavimo diskų rinkiniai.

Kietieji akmenys, kurių sudėtyje yra daug kvarco, palyginti lengvai apdirbami dujiniais liepsnosvaidžiais. Kvarcas, aukštoje temperatūroje pereidamas iš vienos modifikacijos į kitą, staiga didina tūrį. Jame susidaro dideli vidiniai įtempiai dėl kurių jo paviršius sutrūkinėja arba suaižėja. Kietųjų akmenų stiprumas yra didesnis kaip 120 MPa.

**Prie vidutinio kietumo akmenų** priskiriama didelė grupė uolienuų: marmuras, klintis, klintiniai smiltainiai, vulkaniniai tufai, dolomitas, skalūnai ir kt. Šio tipo akmenis galima apdirbti kietųjų metalų įrankiais, nes jų kietumas pagal Moso skalę ne didesnis kaip 5. Jie naudojami labai plačiai, ypač marmuras, nes yra lengvai pjaustomas, šlifuojamas ir poliruojamas, labai dekoratyvus, dažnai turi gražaus rašto spalvotų intarpų.

Tačiau vidutinio kietumo uolienose pasitaiko tai uolienuų grupei nebūdingų mineralų intarpų, kurie apsunkina apdirbimą. Šio tipo uolienas galima pjaustyti specialiomis staklėmis didelio skersmens diskais pačiame telkinyje, kartu jas atskiriant nuo masyvo. Šitai pat gaunami akmens gaminiai arba ruošiniai. Vidutinio kietumo uolienuų stipris yra apie 20 – 120 MPa.

*Mažo kietumo akmenis* sudaro nedidelė grupė uolienu. Jai priskiriamas gipsas, talkas, kai kurie dolomitai, minkštosios klintys, kriauklainiai ir kt. Šio tipo uolienu kietumas pagal Moso skalę yra apie 2–3. Jos lengvai pjaustomos deimantiniais arba kietmetalio įrankiais. Iš jų gaminamos pastatų vidaus apdailos plokštės arba reikiamų matmenų statybiniai akmenys sienoms statyti.

## 8.2. UOLIENŲ KLASIFIKAVIMAS PAGAL ILGAAMŽIŠKUMĄ

Gamtiniai akmenys naudojami pastatų ir statinių vidaus bei išorės apdailai, laiptams, grindims, iš jų gaminamos profilinės ir ornamentikos detalės, skulptūros ir kitokie statybos ir meno elementai. Dėl labai plataus akmens medžiagų taikymo statyboje gaminių ilgaamžiškumui keliami įvairūs reikalavimai. Išorės sienų ir apdailos elementai turi būti atsparūs temperatūros ir drėgmės pokyčiams, agresyviems aplinkos poveikiams, o grindų ir laiptų medžiagos – dėvėjimuisi ir smūgiams. Orientacinis akmens medžiagų ilgaamžiškumas pateiktas 8.1 lentelėje.

8.1 lentelė. **Akmens medžiagų ilgaamžiškumo rodikliai**

Ilgaamžiškumo grupė	Uolienu pavadinimai	Ilgaamžiškumas, m.
Ypač ilgaamžės	Kvarcitas, smulkiagrūdis granitas	500
Ilgaamžės	Stambiagrūdis granitas, sienitas, gabras, labradoritas	200
Palyginti ilgaamžės	Baltasis marmuras, tankus smiltainis, tankioji klintis	100
Neilgaamžės	Spalvotasis marmuras, klintis, gipso akmuo	25

Parentant akmenis medžiagas tam tikros paskirties gaminiams, turi būti atsižvelgiama į tų gaminių eksploatavimo sąlygas ir statinių ar pastatų projektnį ilgaamžiškumą. Laikiniams pastatams netikslinga naudoti brangius aukštos kokybės gaminius ir atvirkščiai – pastatams ar statiniams, kuriuos numatoma eksploatuoti ilgus dešimtmečius ar net šimtmečius, neleistina naudoti neilgaamžius gaminius. Esant labai agresyviai aplinkai ar nepalankioms gamtinėms sąlygoms, net ir akmenis konstrukcijoms reikėtų numatyti specialias konstrukcines arba kitokias apsaugas nuo irimo priemones.

Be ilgaamžiškumo, akmenis gaminiams keliami ir estetiniai reikalavimai: spalva, spalvingumas, blizgesys, skaidrumas ir kt. Šių savybių vertinimas yra daugiau ar mažiau subjektyvus ir architektams sudaro sąlygas kurti savitas konstrukcijų spalvų ir faktūros kompozicijas.

### **8.3. REIKALAVIMAI NUO MASYVO ATSKELTIEMS BLOKAMS**

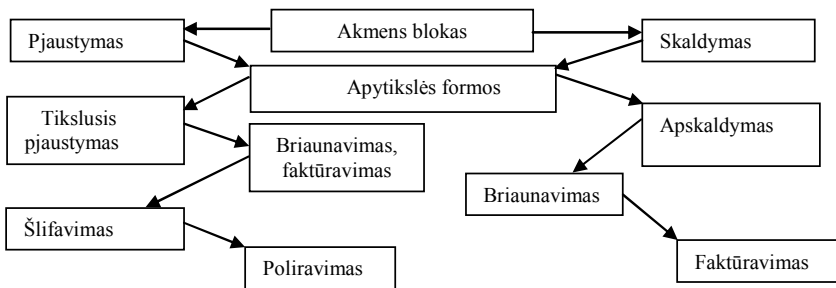
Akmens karjeruose blokai, skirti toliau apdirbti, nuo masyvo gali būti atskiriami keliais būdais: atskeliami pleištais, iš dalies atpjaunami ir atskeliami ir atpjaunami. Atskyrimo būdas parenkamas atsižvelgiant į daug aplinkybių: uolienos fizikines ir mechanines savybes (kietumą, makrostruktūrą, skalumą, sluoksniuotumą ir pan.), tolesnį akmens apdirbimą ir paskirtį. Pagal matmenis ir paskirtį blokai skirstomi į tris grupes: stambius, vidutinius ir smulkius. Stambiųjų blokų matmenis riboja didžiausiųjų šiuolaikinių pjaustymo staklių matmenys. Rėminėmis staklėmis galima pjaustyti iki 4 m ilgio ir  $2 \times 1,6$  m skerspjuvio blokus. Mažiausiųjų blokų matmenys parenkami pagal ekonomiškumą, perdirbant juos į atitinkamų matmenų apdailos plokštes. Staklėmis, kuriose ant vienos ašies yra įtvirtintas tam tikras diskų skaičius, bloką galima pjaustyti į plonas (6 mm ir storesnes) apdailos plokšteles. Diskinėmis staklėmis galima pjaustyti ne didesnius kaip  $0,7 \text{ m}^3$  ir ne mažesnius kaip  $-0,06 \text{ m}^3$ .

Blokų partijos dekoratyvumo vienodumas kontroliuojamas pagal tiekėjo ir užsakovo turimus arba pagal karjere esamus pavyzdžius. Reikalaujama, kad vienos, o kartais ir kelių partijų blokai būtų vienodos struktūros, tekstūros, spalvos, spalvingumo ir pan. Turi būti kontroliuojama, kad blokuose nebūtų matomų ir iš dalies paslėptų mikroplyšių, nes dėl jų gaminiai apdirbimo arba naudojimo metu gali subyrėti. Plyšių gali būti blokuose, kurie atskeliami nuo masyvo sprogdinimo būdu.

### **8.4. APDAILINIO AKMENS APDIRBIMAS**

Karjere nuo masyvo atskirti blokai gabenami į akmens apdirbimo įmones toliau perdirbti į reikiamos paskirties gaminius. Perdirbimas susideda iš sekos procesų, kuriais gaminiams suteikiama forma, matmenys, fasadinė paviršių faktūra. Šie darbai atliekami atskiroms operacijoms pritaikytomis staklėmis ir įrankiais. Šiuolaikinės gamyklos turi pakankamą specialios paskirties akmens apdirbimo staklių parką, yra sukurtos lanksčios automatizuotos akmens apdirbimo technologinės linijos.

Labai paplitę du akmens apdirbimo būdai: pjaustymas ir skaldymas. Kiekvienas iš jų savo ruožtu skirstoma į dvi stadijas: apdirbimas suteikiant gaminiui formą ir apdirbimas suteikiant gaminio fasadiniam paviršiui faktūrą, išryškinant jo ir akmens dekoratyvumą. Fasadinis paviršius gali būti grublėtas, reikiamo šiurkštumo, šlifluotas arba poliruotas. Gamtinio akmens apdirbimo supaprastinta technologinė schema pateikta 8.1 pav.



8.1 pav. Gamtinio akmens apdirbimo schema

Akmens apdirbimas skaldymu yra nelabai našus, sunkiau mechanizuojamas, reikia daugiau rankų darbo, todėl šiuolaikinėse labiau paplitusios pjaustymo, paviršiaus profiliavimo, šlifavimo ir poliravimo specialios paskirties staklėmis operacijos. Tai leidžia plačiau taikyti automatizavimo sistemas. Darbo įrankiai parenkami atsižvelgiant į apdirbamo akmens kietumą ir kitas fizikines ir mechanines savybes. Poliravimo staklėse gaminys nuosekliai praeina net pro keliolika poliravimo diskų, kurių kiekvienas laipsniškai vis glotniau nupoliruoja jo paviršių, kol šis įgauna reikiamo paviršiaus spindesį. Kuo švariau nupoliruotas akmens paviršius, tuo geriau matomas jo paviršiniame sluoksnyje esančių kristalų spalvų žaismas.

## 8.5. AKMENS PJAUSTYMO STAKLĖS

### 8.5.1. Bendrosios žinios

Akmens pjaustymo stakles galima skirstyti į dvi pagrindines grupes: 1) skirtas iš karjero atvežtiems blokams pjaustyti į pusgaminius (storas plokštes) ir 2) skirtas gaminiams tiksliai pjaustyti ir profiliuoti (plokštėms, blokams, karnizams, apvadams, laiptams ir kt.). Pirminis akmens blokų pjaustymas yra viena brangiausių operacijų – sudaro apie 20 % gaminio vertės. Pjaustymo lyginamasis ekonominis efektyvumas išreiškiamas gautų ruošinių paviršiaus pjautinio ploto ( $m^2$ ) ir supjaustyto akmens tūrio ( $m^3$ ) santykiu. Pagal šį rodiklį vertinamas staklių našumas, personalo sugebėjimai, optimalus blokų didumas, darbo sąnaudų tolesniam akmens apdirbimui ir kt.

Pagal konstrukciją pjaustymo staklės yra kelių tipų:

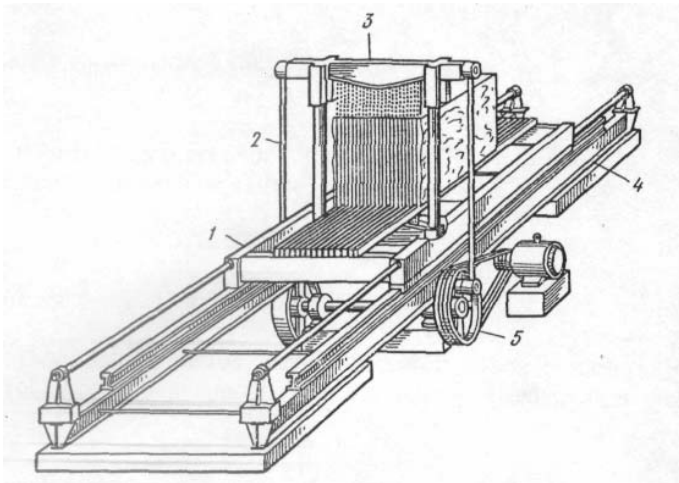
- rėminės su švytuoklinio, sudėtinio ir vertikalaus judesio pjūklais;
- rėminės specialios konstrukcijos su mažu pjūklų skaičiumi ir su lankiniu pjūklų;

- diskinės paprastos, dviaukštės (diskas viršuje ir apačioje) ir su daug diskų;
- lyninio pjovimo;
- grandininio pjovimo;
- juostinio pjovimo.

Plačiausiai naudojamos rėminės ir diskinės staklės. Lyninės ir grandininės staklės naudojamos perpjauti labai didelių matmenų akmens blokams, kad po to smulkiau galima būtų pjaustyti rėminėmis arba diskinėmis staklėmis.

### 8.5.2. Rėminės staklės

Rėminių staklių korpusą priklausomai nuo pjaustomų blokų matmenų sudaro masyvus lygiagretainis 2 m arba 5 m ilgio rėmas. Staklių korpuse įrengtas judamas plokščias su įtemptomis pjovimo juostomis rėmas, kuris svyruodamas tam tikra trajektorija pjausto akmens bloką į plokštes. Šio tipo staklėmis galima pjauti korpuse ant dugno padėtą iki 4 m ilgio ir 2 x1,6 m skerspjūvio bloką. Pjaunant ant pjovimo juostų pilama vandens ir abrazyvinių



8.2 pav. Rėminių staklių schema:

- 1 – stalas; 2 – švaistiklis; 3 – pjūklų rėmas; 4 – staklių rėmas;  
5 – pavara

(1 – 2) mm skersmens metalo grūdelių pulpa. Pjovimo juostos juda nustatyta trajektorija. Juostoms pakilus (apie 25 mm) grūdeliai patenka po jomis. Joms nusileidus grūdeliai prispaudžiami pjūviuose, o pasislinkdami su juosta, jie

atskelia akmens dulkes ir kartu su jomis yra pastumiami į pjūvio galą. Per vieną juostų judesio ciklą pjūvis šiek tiek pagilėja ir kartu su vandeniu išstumia akmens dulkių. Juostų svyravimo greitis reguliuojamas elektrine pavara. Per kelias valandas blokas perpjaunamas. Iš pjūvio ištekėjusi pulpa nusodinama, akmens dulkės nuteka su vandeniu, o abrazyviniai grūdėliai vėl grąžinami į pjaustymo pulpą.

Efektyviau dirba staklės su pjovimo juostomis, prie kurių pritvirtinti deimantiniai segmentiniai ašmenys. Pjovimo juostos aušinamos pilant ant jų paprastą vandenį. Kartu šis vanduo iš pjūvių išplauna pjovimo metu susidariusias akmens dulkes, nes jos trukdo pjovimo procesui.

Apskritai visų tipų rėminių staklių veikimo principas panašus. Jų našumas priklauso nuo daugelio veiksnių: akmens kietumo, stiprumo ir struktūros; abrazyvinių grūdėlių tipo, stambumo ir jų koncentracijos pulpoje; pjovimo juostų svyravimo trajektorijos ir judėjimo greičio; pjovimo juostų tipo ir jų įtempimo dydžio ir kitų aplinkybių. Praktiniame darbe paprastai ieškoma konkrečioms sąlygoms geriausio varianto, todėl stengiamasi įvertinti įvairius veiksnius ir optimizuoti procesus.

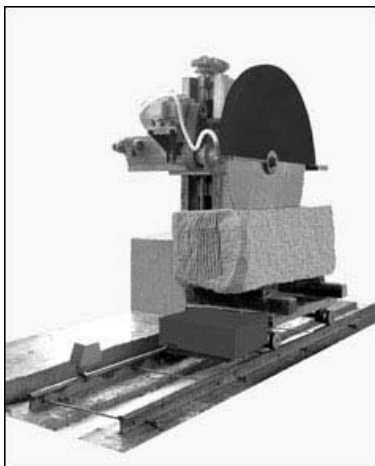
### **8.5.3. Diskinės staklės**

Diskinės staklės yra daug kuo pranašesnės už rėmines. Jos našesnės, nes nėra pjovimo įrankio tuščiosios eigos, didesnis ir jų pjovimo ašmenų judėjimo greitis (apie 40 m/s, o rėminių tik iki 20 m/s), geresnės deimantinių ašmenų darbo sąlygos, lengviau reguliuojama akmens bloko pastūma, galimas didesnis mechanizavimo laipsnis. Tačiau jomis galima pjauti tik riboto storio blokus. Didžiausias diskų skersmuo yra apie 3 m. Kadangi ant ašies jie įtvirtinami flanšais, galima pjauti tokius blokus, kurių aukštis yra iki 0,33 pjovimo disko skersmens.

Prie masyvaus staklių rėmo ant ritininių guolių yra įtvirtinama gembinė darbo ašis, ant kurios tiksliai centriškai uždedamas ir stipriai pritvirtinamas vienas diskas (jei staklės vienadiskės) arba keli diskai (jei daugiadiskės). Daugiadiskėse staklėse tarp pjovimo diskų ant ašies maunami atitinkamo storio plieniniai flanšai. Jų skersmuo – apie 0,25 pjovimo disko skersmens. Flanšai turi dvigubą paskirtį: pirma, per juos ant ašies suveržti pjovimo diskai įgauna stabilumą ir trintimi nuo ašies perduoda diskams sukimo momentą; antra, jų storis riboja tarpą tarp gretimų diskų, o kartu ir pjaustomų akmens gaminių storį. Darbo ašį per diržinę pavara suka atitinkamos galios elektros variklis. Važiuoklės su pritvirtintu akmens bloku stūmimo mechanizmas gali būti mechaninis arba hidraulinis.

Žemiau darbo ašies ant tiksliai judančios važiuoklės yra bloko tvirtinimo stalas, kuris gali judėti išilgai ir skersai staklių rėmo. Jis juda išilgai, diskai

pjauna akmens bloką, o stumdant jį skersine kryptimi, vienadiskėse staklėse reguliuojamas atpjauamo akmens gaminio storis.



8.3 pav. Diskinės staklės

Pjovimo metu diskai gali perkaisti todėl jie aušinami vandeniu arba specialiu aušinimo skysčiu, kuris pilamas ant tam tikros kiekvieno disko vietos stipria čiurkšle, kartu išplauna akmens dulkes ir mažina disko trintį į akmenį.

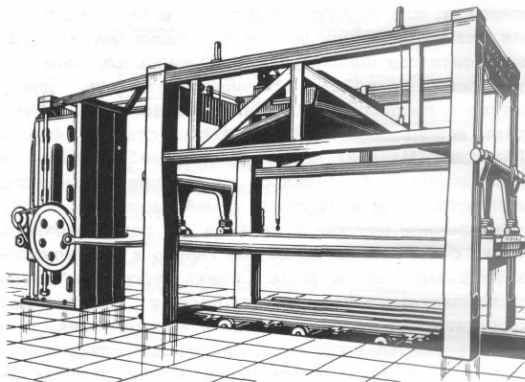
Blokų pjauštymo diskinių staklių yra įvairių konstrukcijų ir matmenų. Stambių staklių orientaciniai techniniai duomenys yra tokie:

- pjaustomo bloko matmenys (2 x 1,3 x 1) m;
- disko skersmuo iki 3 m;
- linijinis pjovimo greitis (30 – 50) m/s;
- variklio galia (50 – 100) kW;
- vežimėlio eiga išilginė iki 4 m, skersinė – iki 1,25 m;
- staklių matmenys (11 x 6 x 3) m;
- masė apie 10 000 kg.

Šio tipo staklės turi ir esminių trūkumų: jos gali perpjauti bloką, kurio aukštis iki 30 % pjovimo disko skersmens; palyginti platus pjūvis plotis (iki 30 mm) dėl to dideli akmens ir energijos nuostoliai, reikalingas didelės galios variklis. Pjovimo metu jos kelia didelį triukšmą.

#### 8.5.4. Juostinės ir lyninės staklės

Juostinės ir lyninės akmens pjovimo staklės kelia mažiau triukšmo ir gali būti valdomos automatiškai. Juostinės staklės turi ant dviejų besisukančių (1,5 – 2) m skersmens velenų įrengtą horizontalią arba vertikalią (120–150) mm pločio ir 1,5 mm storio plieninę pjovimo juostą. Prie pjaunančiojo juostos krašto yra pritvirtinti 20 mm ilgio ir 2,5 mm storio deimantiniai arba kietmetalo dantys. Juostinėmis staklėmis galima pjaustyti ir sudėtingesnio profilio gaminius, pvz., išpjauti taisyklingos apvalios geometrinės formos paminklinius akmenis.

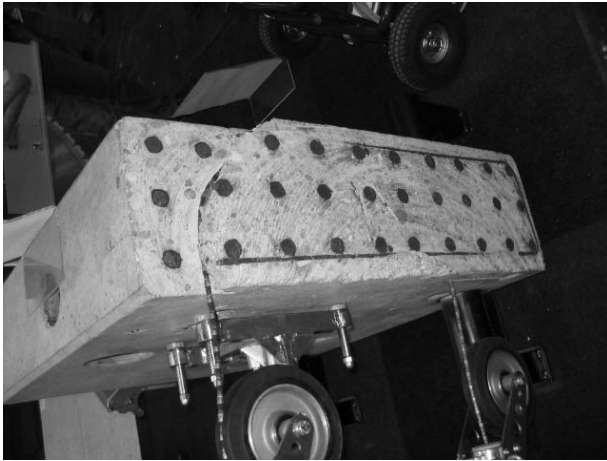


8.4 pav. Juostinių staklių schema

Lyninių akmens pjovimo staklių darbo įtaisas yra plieninis lynas. Pjovimo metu ant lyno pilama abrazyvinių grūdelių (korundo, karborundo, plieno) ir vandens pulpa (kaip ir pjaunant rėminėmis staklėmis). Grūdelių kietumas parenkamas pagal akmens kietumą. Gali būti naudojami lynai, ant kurių tam tikrais atstumais pritvirtinti deimantiniai arba kietmetalo dantys. Šio tipo staklių yra kelios modifikacijos. Jomis galima pjaustyti didelių matmenų akmens blokus, jos nekelia triukšmo ir yra palyginti našios. Vieno lyno staklių trūkumas tas, kad jomis tuo pat metu galima pjauti tik vieną pjūvį.

Pjaustomas akmens blokas keltuvu padedamas ant važiuoklės stalo. Pjovimo metu blokas nuolat keliamas aukštyn pagal pjovimo greitį. Jomis galima perpjauti iki 2 m aukščio bloką. Našumas pjaunant baltąjį marmurą yra apie 2 m<sup>2</sup>/h, o pjaunant granitą – apie 0,5 m<sup>2</sup>/h.





8.5 pav. Lyninių staklių schema

Optimalios pjovimo sąlygos yra artimos tokioms:

- lyno linijinis greitis pjaunant marmurą apie (8 – 11) m/s, pjaunant granitą – (20–25) m/s;
- abrazyvinių grūdelių skersmuo – (0,3–3) mm;
- lyno įtempimo jėga – 3 kN;
- pjovimo lyno skersmuo – 3,5 mm.

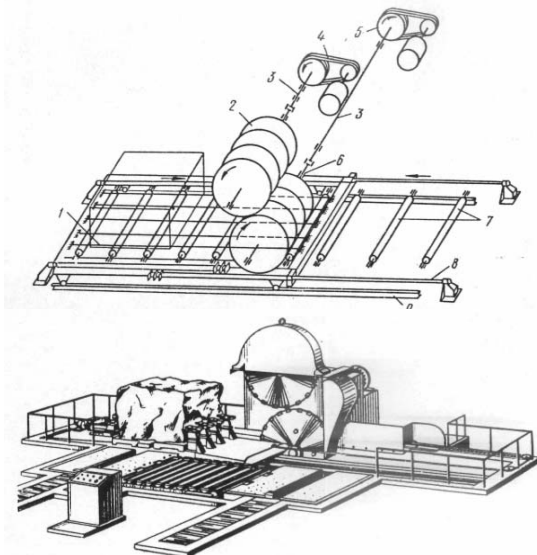
Šio tipo staklės dažniausiai naudojamos blokams pjaustyti į storas plokštes. Moderniose staklėse gali būti iki 8 pjovimo lynų ir tuo pat metu bloką pjaustyti galima į (10 – 15) cm storio plokštes.

#### **8.5.5. Tikslus akmens apdirbimas**

Šiuolaikinėje statyboje naudojami įvairių formų apdailos akmenys, o plačiausiai – dvigubo pjovimo apdailos plokštės. Jas paprasta gaminti, pasiekiamas didelis pjautymo našumas, nedidelė apdirbimo kaina. Tačiau architektūroje naudojami ir kitokių formų apdailos akmenys: karnizams, kolonom, laiptams ir jų atramoms, apvadams ir kt. Daug originalių formų akmens detalių reikia restauruojamiems pastatams atstatyti arba remontuoti.

Tiksliam akmens apdirbimui dažniausiai taikomi du būdai: tikslių matmenų plokščių pjautymas (skaldymas) iš plokščių ruošinių; ir architektūrinių detalių (laiptų pakopų, apvadų, karnizų, kolonų apvadų, tekintų stulpelių ir pan.) gamyba (pjautymas arba skaldymas) iš tam skirtų vienetinių ruošinių. Tiksliai apdirbant akmenis, reikia atlikti kelias nuoseklias operacijas, naudojant specialias stakles arba specialius mechanizuotus ir rankinius įrankius.

Suteikus gaminiui reikiamų matmenų geometrinę formą, atitinkamai apdirbamas jo fasadinis paviršius, kuris gali būti faktūruojamas, šlifuojamas ir poliruojamas.



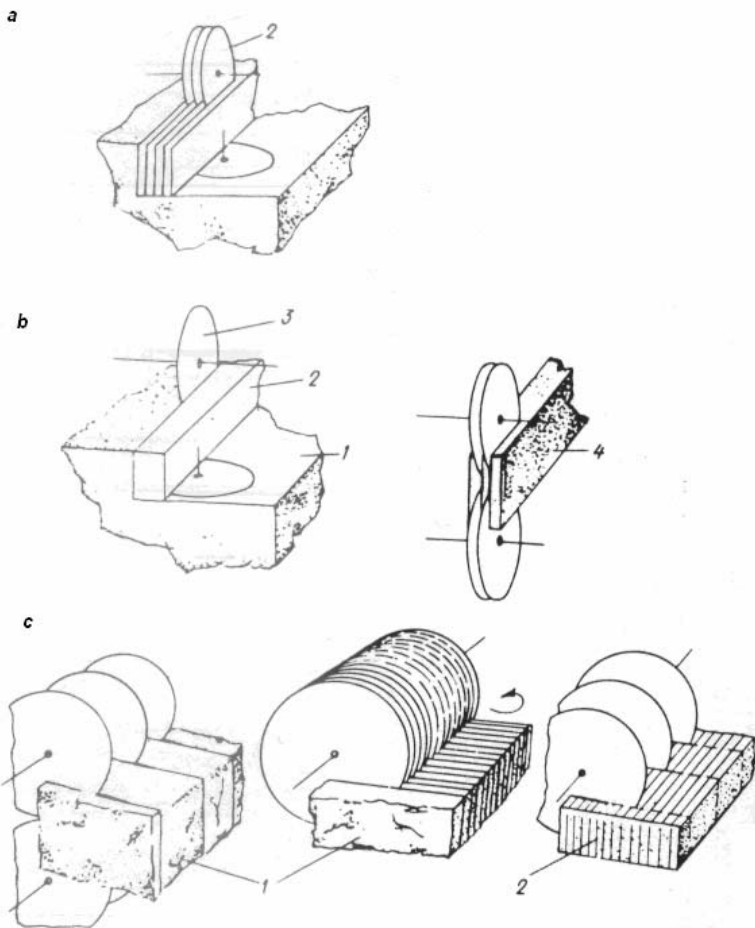
8.6 pav. Pjaustymo staklių schema:

- 1 – vežimėlis; 2 ir 6 – viršutinis ir apatinis pjovimo velenai;
- 3 – tarpiniai velenai; 4 ir 5 – pavaros; 7 – ritininis transporteris;
- 8 – vežimėlio stumdymo mechanizmas; 9 – bėgiai

Kraštų ir galų apipjaustymo staklės gali būti kelių tipų: kurios pjausto ant padėklo esantį ruošinį slenkančiu pjovimo disku, kitų diskas (diskai) sukasi vietoje, o juda viena arba dviem kryptimis ant stalo padėtas pjaustomas ruošinys. Kai ruošinį reikia pjauti tam tikru kampu, gali būti naudojami pasukamieji diskai.

Yra sukurtos universaliosios akmens frezavimo staklės ir technologinės linijos, susidedančios iš kelerių staklių, galinčių atlikti tam tikras operacijas. Universaliosiose staklėse ant horizontalių ir vertikalių ašių gali būti įtaisyti reikiamų profilių frezavimo arba šlifavimo diskai. Ruošinys (pusgaminis), praeidamas pro šiuos diskus, įgauna atitinkamą profilį. Automatizuotoje technologinėje linijoje ruošinys (pusgaminis) praeina ritininiu konvejeriu kelerias stakles, kurios atlieka nustatytas operacijas. Taip ruošinys tampa gatavu gaminiu.

Apskritiems gaminiams gaminti naudojamos akmens tekimo staklės. Jos gali būti dviejų tipų: kai darbo įrankis juda apie gaminį ir atvirkščiai – kai juda gaminys, o darbo įrankis stovi vietoje.

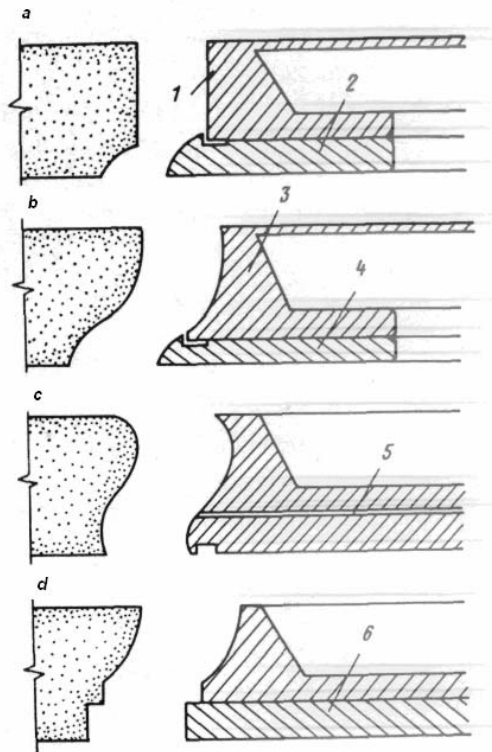


8.7 pav. Akmens apdirbimo schema:

a – vienos stadijos, b – dviejų stadijų ir c – trijų stadijų



8.8 pav. Frezavimo staklių bendras vaizdas



8.9 pav. Frezavimo staklių diskų sujungimo darinių schemas:

a – stataus (1) ir išgaubto (2); b ir c – įgaubto (3, 5) ir išgaubto (4);  
c – įgaubto su stačiu kraštu (6) ir stataus

## 8.6. AKMENS APDIRBIMAS SKALDYMU

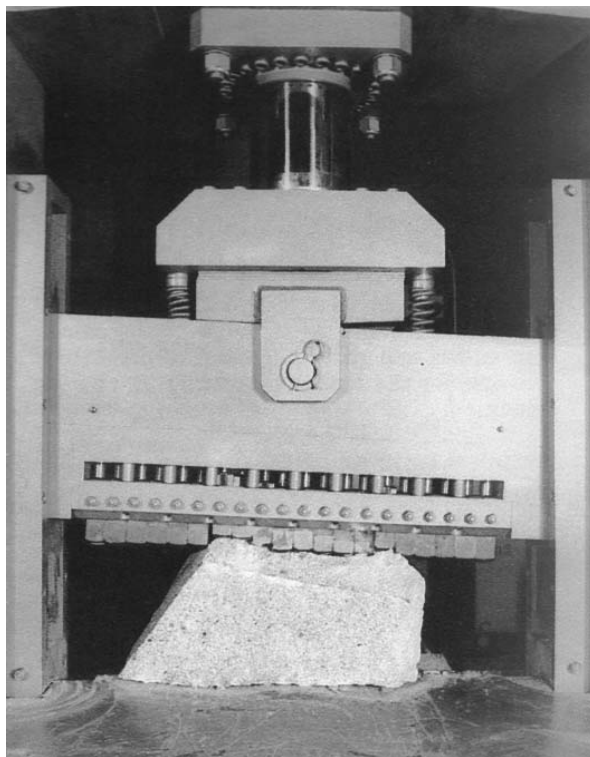
### 8.6.1. Bendrosios žinios

Akmuo, kaip ir dauguma trapių medžiagų, yra silpnesnis skeliant negu gniuždant. Beveik visų uolienų stiprumas gniuždant yra apie 10 kartų didesnis negu skeliant. Todėl tam tikrais atvejais akmenį racionaliau skaldyti negu pjaustyti. Pjaustant dalis akmens (pjūvio vietoje) paverčiama dulkėmis, ir tam sunaudojama didžioji pjovimo energijos dalis. Skaldant akmuo skyla dėl sudaromų didelių vidinių įtampių. Skylant smulkių dalelių susidaro mažai. Pagal teorinius apskaičiavimus skaldymui reikia apie 10 kartų mažiau energijos negu

pjaustymui. Be to, skaldymui galima naudoti paprastesnius įrankius. Kai darbų apimtys didelės, galima naudoti specialias akmens skaldymo stakles.

Tobulėjant akmens pjaustymo technologijai, skaldymas rečiau naudojamas. Akmenys skaldomi, kai nereikalingas švarus apdirbimas arba kai skelto akmens faktūros gaminiams, pvz., parkų architektūros detalėms, pastatų cokoliams, kelių ir tvorų elementams, yra tinkamesnė skaldymo technologija.

Skaldymo įrankiai nuolat tobulėja. Sukurti patvarūs specialūs daugelio modifikacijų rankiniai ir mechanizuoti kietųjų lydinių įrankiai. Plačiai pradėti naudoti našūs pneumatiniai ir elektriniai kaltai bei perforatoriai. Taikomas ir terminis akmens apdirbimas dujiniais arba žibalo ir deguonies liepsnosvaidžiais. Jais galima atpjauti akmenį nuo masyvo ir gauti norimos geometrinės formos ir reikiamos faktūros gaminį.



8.10 pav. Akmens skaldymo staklės

Skaldymo technologija išlaikė monopolinę padėtį ornamentikos ir skulptūros srityje. Nors darbų apimtys čia mažos, tačiau pagamintų gaminių ar skulptūrų vertė gana didelė.

Kaip ir pjaustymo technologijoje, yra trys akmens apdirbimo skaldymu etapai:

- pirminis – gauti gaminiui artimos formos ruošinį;
- antrinis – gauti pasirinktos formos reikiamo tikslumo gaminį;
- tretinis – apdoroti gaminio paviršių iki reikiamos faktūros ir dekoratyvumo lygio.

### 8.6.2. Pirminis apdirbimas

Pirminio apdirbimo operacijas yra tokios: bloko suskaldymas pleištais į reikiamų matmenų gabalus, pradinis apskaldymas ir ruošinio pagaminimas. Kad bloką būtų lengviau perskelti norima kryptimi, pradžioje skėlimo linijoje išgręžiama eilė išgrąžų. Jos susilpnina akmenį skėlimo plokštumoje. Susilpninimas įvertinamas koeficientu  $K_{išgr}$ , kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$K_{išgr} = S_{išgr} / S_{sk} ; \quad (8.1)$$

čia

$$\begin{aligned} K_{išgr} &- \text{išgrąžų ploto koeficientas;} \\ S_{išgr} &- \text{visų pjūvyje esančių išgrąžų plotas, m}^2; \\ S_{sk} &- \text{skėlimo plokštumos plotas, m}^2. \end{aligned}$$

Šio koeficiento vertė yra nuo 0,014 iki 0,042. Vidutiniškai imama apie 0,02. Akmuo skeliamas specialiais pleištais, kalamais į išgrąžas. Sluoksniuoti akmenys skaldomi pagal sluoksnius stačiakampiais pleištais, kalamais į paruoštas iškalas. Išgrąžų gylis priklauso nuo akmens struktūros. Iki 500 mm storio granito blokuose išgrąžos daromos iš vienos pusės kas 100 mm. Storesni blokai apgręžiojami iš visų pusių kas 100 mm apie 100 mm gylio išgrąžomis. Skeliant storą bloką iš vienos pusės, jame kas 100 mm gręžiamos negilios išgrąžos, o kas ketvirta gili – iki 0,7 bloko storio. Sluoksniuotuose akmenyse jos gręžiamos negilios. Mažo storio gaminiai pergręžiami perdėm. Jei skaldomi taisyklingos formos blokai, stengiamasi išsaugoti stačius kampus, nes tai palengvina tolesnį ruošinio apdirbimą.

### 8.6.3. Antrinis apdirbimas

Antrinis apdirbimas – tai projektinės formos suteikimas gaminiui. Ši operacija reikalinga tuo atveju, kai apdorojami kieti akmenys ir pirminio apdirbimo metu nepasiseka gauti tinkamos formos ruošinio.

Profiliniams gaminiams gauti naudojami tam tikrų plokštumų arba ir viso gaminio šablonai. Gamybos operacijos atliekamos nuosekliai tam tikra tvarka, naudojant atitinkamus įrankius.

#### **8.6.4. Tretinis apdirbimas**

Tretiniu apdirbimu sudaroma norima gaminio paviršiaus faktūra. Reikiamą galima gauti:

- grubiai aptašant – paviršiaus nelygumai apie (3 – 5) mm;
- pusiau švariai aptašant – paviršiaus nelygumai apie (2 – 3) mm;
- švariai aptašant – paviršiaus nelygumai mažesni negu 2 mm.

Kaltinio paviršiaus nelygumai mažesni negu 1 mm.

Gaminio paviršius gali būti išvagojamas, nutašomas specialiais kaltais ir dantytais plaktukais iki norimo šiurkštumo. Toliau jis gali būti šlifuojamas ir poliruojamas mechanizuotais įrankiais arba rankiniu būdu. Poliravimas yra labai kruopštus ir imlus darbas. Jam naudojamos pagalbinės medžiagos – reikiamo stambumo ir tipo abrazyvinių miltelių rinkinys, tekstilinės šlifavimo medžiagos ir reikiami įrankiai.

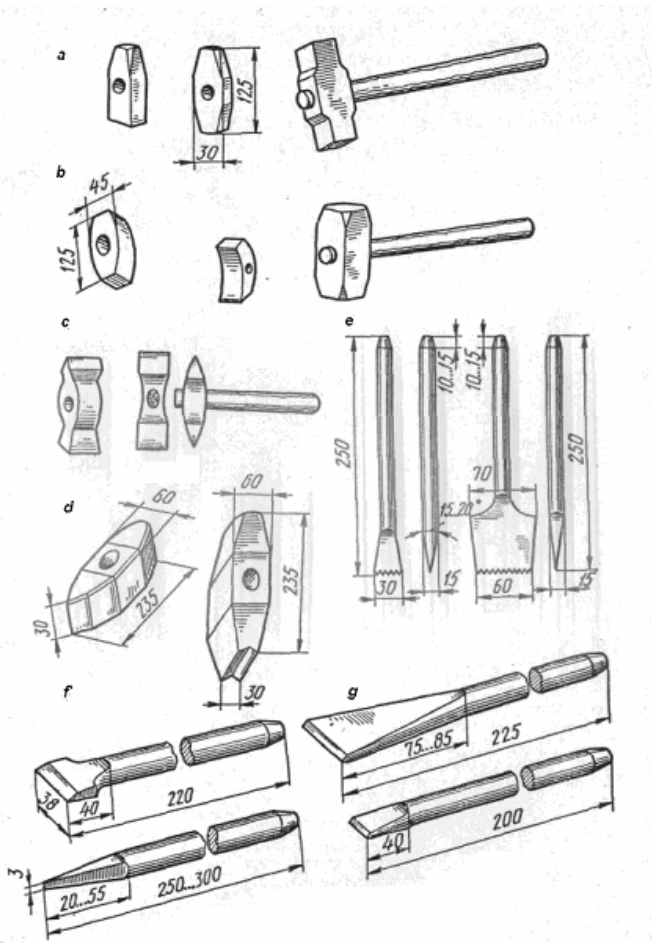
#### **8.6.5. Darbo įrankiai**

Darbo įrankiai pagal paskirtį skirstomi į dvi grupes: pirminiam paviršutiniškam ruošinių gaminimui ir tiksliam gaminių apdirbimui. Visų smūginio apdirbimo įrankių ašmenys gaminami iš grūdintų specialių kietųjų metalų lydinių (plieno-volframo-kobalto), kurie yra netrapūs ir atsparūs smūgiams ir dėvėjimuisi.

Paviršutiniškam apdirbimui dažniausiai naudojami gražtai, perforatoriai, pleištai, kūjai ir skeltukai. Pleištai būna stačiakampiai, apskriti ir sudėtiniai (su skėlimo įdėklais).

Akmens paviršiui tiksliai apdoroti naudojami dantytieji (su 16; 25; 36 arba 64 dantimis) plaktukai. Kuo daugiau plaktukas turi smulkesnių dantų, tuo lygiau nutašo akmens paviršių. Naudojami įvairių formų vagojimo ir ornamentavimo kirstukai. Abrazyviniai šlifavimo ir poliravimo diskai naudojami paviršiui nuosekliai apdoroti. Atliekamos penkios ir daugiau šlifavimo ir poliravimo operacijų. Pradedama didesnio šiurkštumo abrazyviniais karborundiniais, korundiniais arba deimantiniais šlifavimo diskais, o baigiama veltnio skrituliais, po kuriais beriami tam tikro stambumo abrazyviniai milteliai.

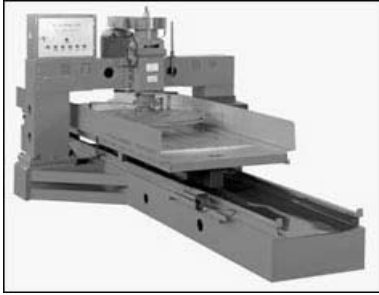




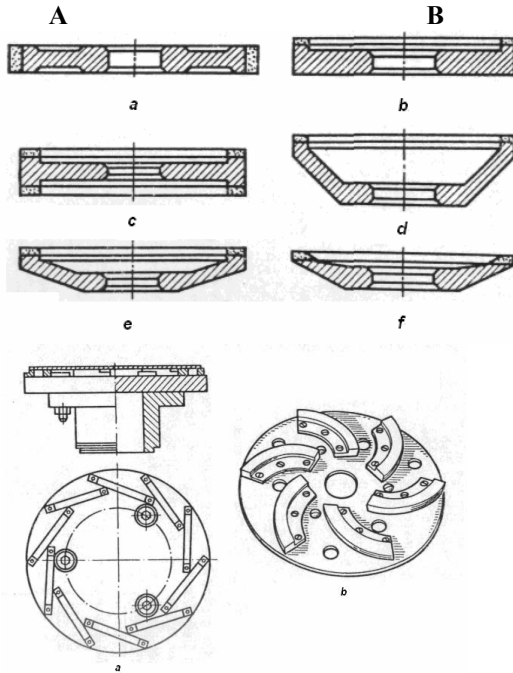
8.10 pav. Įrankių schemos:

a – kūjis, b – medinis plaktukas; c – vienrankis skeltukas; d – dvirankis skeltukas; e – dantytieji kaltai; f – kaltas; g – kaltas kirstukas

Šlifavimo pirmajai operacijai naudojami (100–160)  $\mu\text{m}$ , antrai operacijai – (25–40)  $\mu\text{m}$ , trečiajai – (10–16)  $\mu\text{m}$  skersmens abrazivo grūdeliai. Toliau poliravimas (3–6)  $\mu\text{m}$  grūdeliais, o paskutinė poliravimo operacija atliekama veltinio skrituliu su (3–5)  $\mu\text{m}$  abrazivo milteliais. Gaunamas blizgantis veidrodis akmens paviršius.



8.11 pav. Šlifavimo staklės



8.12 pav. Šlifavimo diskų schemas:

A – deimantiniai vientisi: a – plokščias tiesaus profilio; b – plokščias vienpusis; c – plokščias dvipusis; d – kūginis; e, f – lėkštiniai  
 B – deimantiniai stačiakampiai segmentai (a) ir deimantiniai lenkti segmentai (b)

Poliruotą veidrodinį paviršių galima gauti tik kietų akmenų. Minkštų akmenų paviršiai lieka matiniai, nes poliruojant iš akmens paviršiaus ištrupa mikrodalelės, palikdamos pėdsakus buvimo vietose, susidaręs mikrošiuurkštus paviršius neblizga.

## **8.7. STATYBINIAI AKMENS GAMINIAI**

Išorės konstrukcijoms ir apdailai – pastatų cokoliams, sienoms, juostoms, karnizams, laiptams ir kt. naudojamos akmens plokštės. Lauko darbams daug akmens naudojama gatvių, kelių, šaligatvių ir aplinkos tvarkymo elementams.

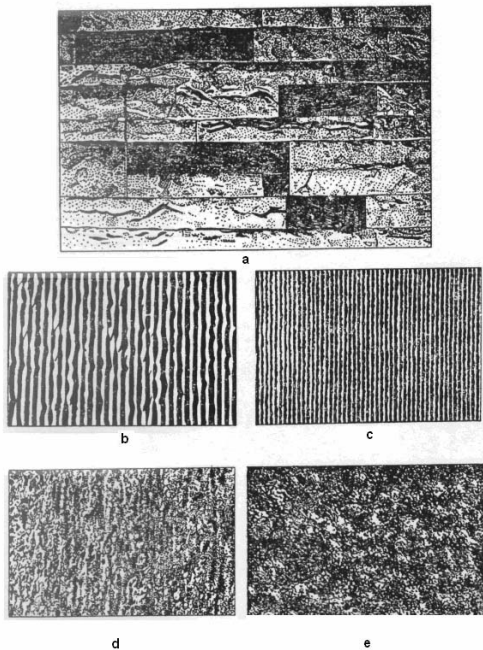
Gamtinio akmens apdailos gaminiai yra brangūs ir naudojami tik aukštos kokybės pastatams ir statiniams. Renkant akmens apdailą, reikia laikytis tokių principų:

- parinkti akmenį, kuris atitiktų pastato kokybę ir funkcinę paskirtį;
- parinkti akmens faktūros tipą, kuris atitiktų paskirtį pastate ir aplinkos reikalavimus;
- įvertinti galimybę sujungti akmenis tarpusavyje ir su laikančiąja konstrukcija.

Pagal funkcinę paskirtį akmens statybiniai gaminiai skirstomi į dvi dideles grupes – išorės ir vidaus apdailai.

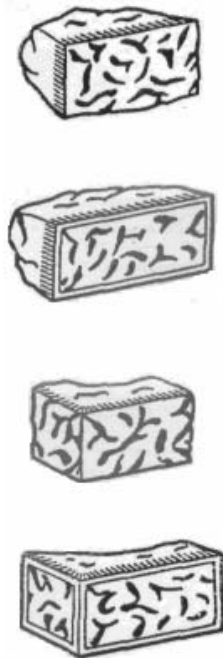
Parinkant akmenį išorės apdailai, svarbiausias reikalavimas – jo ilgaamžiškumas. Tačiau cokolio apdailai, sienoms, karnizams ir pan. keliami nevienodi atsparumo atmosferiniams poveikiams reikalavimai. Tiems apdailos elementams, kurie yra konstrukciškai apsaugoti nuo tiesioginio ilgalaikio vandens poveikio, atmosferos veiksniams ne tokie pavojingi. Cokoliams naudojamos apie (40 – 60) mm storio kieto akmens plokštės. Ypač svarbu išorės apdailos plokštės ir kitus elementus stipriai priklijuoti prie sienos ir kad tarp jų būtų vandeniui nelaidžios siūlės. Jei į konstrukciją patektų vandens, jis užšaldamas ardytų konstrukciją. Lauko pusėje iš sienos išsikišusios architektūrinės detalės ir juostos daromos taip, kad nuo jų laisvai galėtų nutekėti vanduo, nesilaikytų sniegas ir nesikaupytų dulkės.

Laiptų ir aplinkos elementams naudojamiems akmenims keliami papildomi atsparumo dėvėjimuisi reikalavimai. Šioms konstrukcijoms geriausia tinka akmenys, kuriuose yra daug kvarco. Laiptams ir grindims ypač tinka granitas. Pakopų viršus daromas iš vientiso akmens, nes siūlės visuomet greičiau išsidėvi ir laiptai praranda estetinį vaizdą.



8.12 pav. Išorės apdailos elementų faktūros:

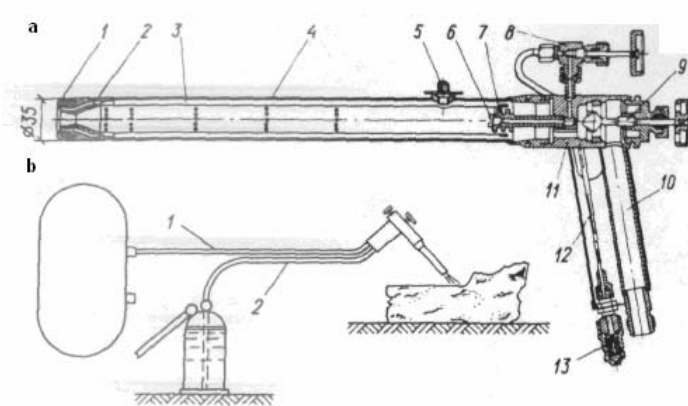
a – skelto akmens; b, c –rifliuota rankiniu būdu; d – rupi; e – tašyta



8.13 pav. Tašyti grindinio akmenys

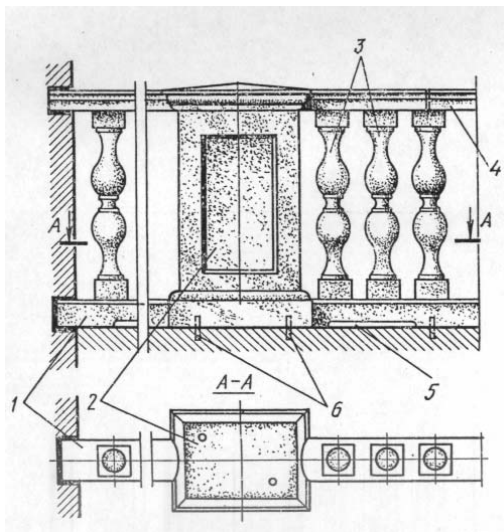
Dauguma vidaus apdailos elementų yra tokie pat kaip lauko apdailos: sieninės plokštės, juostos, apvadai, grindys, laiptai ir jų apdailos elementai. Vidaus apdailos akmenims svarbiausias reikalavimas – jo dekoratyvumas. Tik grindims ir laiptams naudojami akmenys turi būti atsparūs ir dėvėjimuisi.

Vidaus sienų karnizų, juostų apdailai geriausia tinka šviesių atspalvių ir spalvoti akmenys. Sienų apdailai naudojamos plonos (10–20) mm storio plokštės. Reprezentacinėms patalpoms puošti naudojami ir pusbrangiai akmenys.



8.14 pav. Akmens paviršiaus apdirbimas deginimu.

- a** – deginimo prietaisas: 1 – tūta; 2 – antgalis; 3 – vamzdis; 4 – apsauginis vamzdis; 5 – kamštis; 6 – kuro purkštukas; 7 – oro kreipiklis; 8 ir 9 – kuro ir oro ventiliai; 10 ir 12 – oro ir kuro vamzdeliai; 11 – galvutė; 13 – kuro filtras;
- b** – veikimo schema: 1 – oro vamzdis; 2 – kuro vamzdis



8.15 pav. Vidaus apdailos akmens elementai:

- 1 – laikančioji atrama; 2 – tarpinė kolonėlė; 3 – profiliniai stulpeliai; 4 – porankiai; 5 – plyšys vandeniui nutekėti; 6 – kaiščiai

## **8.8. DIRBTINIAI APDAILOS AKMENYS**

Gamtinio statybinio akmens apdirbimo procese sudaro daug atliekų. Atskėlus nuo monolito blokus, toliau apdirbti tinka tik (20–25) % visos sutrupintos uolienos, o visa kita uoliena virsta atliekomis. Dar nedidelę dalį galima naudoti smulkiems gaminiam. Gamykloje apdirbant blokus ir gaminant akmens statybinius elementus, dar ne mažiau pusė medžiagos eina į atliekas. Taigi švarūs gaminiai sudaro tik apie 10 % karjere išlaužto akmens.

Tačiau dalis vidutinio kietumo dekoratyvaus akmens atliekų gali būti perdirbta ir sunaudota apdailai, ypač vidaus, dviem būdais. Iš nuolaužų gaminama įvairių frakcijų skalda, kuri naudojama teraco tipo gaminiam. Granitinė ir kitų spalvų skalda naudojama vadinamajam granitiniam tinkui.

Iš stambių akmens nuolaužų ir atitinkamo stambumo skaldos su pilku arba spalvotu cementu gaminami stambūs blokai. Jie gerai sukietinami ir iš jų pjaustomos apdailos plokštės. Tinkamai sukomponavus tokių blokų betono mišinio sudėtį, gaunamos mozaikinės struktūros apdailos plokštės, kurios gali būti šlifuojamos ir net poliruojamos. Dekoratyvumu jos gali nenusileisti natūralaus akmens plokštėms.

Pastaruoju metu sukurtos našios dirbtinio akmens gamybos ir automatizuoto apdirbimo technologinės linijos panašios kaip ir natūralaus akmens. Taupant dekoratyvaus akmens skaldą ir spalvotąjį cementą, plokštės presuojamos iš dviejų betono sluoksnių. Klijuojamoji plokštės pusė gaminama iš stipraus smulkiagrūdžio betono, o dekoratyvioji pusė, kuri šlifuojama arba poliruojama, iš spalvoto dekoratyviojo betono. Gaunamos gražios tekstūros ir įvairių spalvų apdailos plokštės.

## **9. NATŪRALIŲJŲ UŽPILDŲ GAMYBA**

### **9.1. BENDROSIOS ŽINIOS**

Nerūdinių medžiagų perdirbimas susideda iš dviejų stadijų: žaliavos gavybos karjere ir žaliavos perdirbimo į reikiamą produkciją – skaldą, žvirgždą, smėlį ir mikroužpildus arba kitokią. Nuo žaliavos gavybos būdo (sausosios arba hidromechanizuotosios) iš dalies priklauso ir tolesnis perdirbimo būdas. Plačiausiai taikomas sausasis žaliavos išgavimo būdas.

Į perdirbimo įmonę atvežamų akmenų stambiausi gabalai turi atitikti perdirbimo įmonės pirminio trupintuvo priėmimo angą, t. y. turi į ją tilpti. Perdirbimo įrenginiai nuosekliai sujungti į technologinę liniją, kurioje žaliava nepertraukiamai trupinama ir sijojama tiek kartų, kad būtų gauta reikiamą

frakcijų skalda, žvirgždas, smėlis, nustatytos granulimetrinės sudėties frakcijų mišinys arba kitokia produkcija, pvz., maltas mikroužpildas arba produktas statybinių medžiagų gamybai.

Kai žaliava užteršta moliu arba kitokiomis mechaninėmis priemaisomis, į technologinę liniją ant sietų arba ir į plovyklas, jei jos reikalingos, tiekiamas vanduo.

Jeigu žaliavoje yra silpnų padermių arba intarpų, tai taikomas atrankinis trupinimas ir sijojimas. Tokia technologija pagrįsta uolienu sutrupėjimo laipsnio ir jų stiprumo priklausomybe. Kuo silpnesnė uoliena, tuo smulkiau trupintuve ji sutrupa. Todėl po pirminio ir antrinio trupinimo laipsniškai atsijojant galima atskirti stambiausias daleles. Jos yra stipresnės ir tinkamos aukštesnės kategorijos skaldai. Smulkesnės frakcijos skalda yra santykiškai silpnesnė. Tokia technologija dažnai taikoma gaminant skaldą iš nevienalyčių karbonatinių uolienu.

Gaminant skaldą iš nevienalyčių, kavarnuotų, plyšiuotų arba poringų uolienu, pastebimas toks reiškinys: kuo smulkiau jos trupinamos, tuo stipresnė gaunama skalda. Šis reiškinys paaiškinamas taip: kiekvienas uolienos gabalas trupinimo metu skyla per silpniausią vietą: kiaurymę, porą, mikroplyšį, silpną ryšį tarp kristalų arba sukibusių dalelių ir pan. Taigi dalelėms smulkėjant, defektų jose mažėja ir jos tampa santykiškai lieka stipresnės už standartiniu būdu išbandytų uolienos kubelių stiprumą. Šis reiškinys ypač būdingas dolomitams, kuriuose yra daug tuščių arba molio pripildytų kavarnų.

Trupinant uolienas, brangiausias produktas yra skalda, kurios dalelių skersmuo didesnis negu 4 mm. Gaminant atskiras frakcijas skaldos tūrio išeiga šiek tiek didesnė, negu gaminant frakcijų mišinį. Be to, skaldos išeiga priklauso ir nuo uolienu kilmės. Tai gali pailiustruoti 9.1 lentelėje pateikti duomenys.

Žvyro telkiniuose trupintinos frakcijos dalelių (kurių skersmuo didesnis kaip 16 mm) gali būti iki 50 % visos masės. Tačiau Lietuvoje didelės telkinių dalies žvyre stambiųjų dalelių būna vos 20 %. Todėl žvyro perdirbimo įmonėse būna tik antrinio arba tik tretinio trupinimo įrenginiai, o tose, į kurias stambių žvirgždo dalelių patenka labai mažai, akmenų trupinimo operacijos iš viso nebūna.

Tam tikrų uolienu silpnosios padermės, atskirtos nuo skaldos, gali būti panaudotos kaip žaliava kitų statybinių medžiagų, pvz., keramikos gaminių, cemento ir kt., gamybai.

Nerūdinių medžiagų perdirbimo įmonėse naudingo produkto išeiga apskaičiuojama pagal medžiagų masės balansą, t. y. atvežtos perdirbti žaliavos masė yra lygi perdirbtų produktų ir atliekų masių sumai:

$$Q = Q_1 + Q_2; \quad (9.1)$$

čia  $Q$  – per nustatytą trukmę perdirbtos žaliavos masė, t;  
 $Q_1$  – gautų produktų masė, t;

$Q_2$  – susidariusių atliekų masė, t.

Standartiniais arba kitais galiojančiais metodais galima nustatyti, kiek santykiškai silpnų (silpnėsių negu 20 MPa.) dalelių masės procentais yra kiekvienoje žaliavos frakcijoje, kurioje frakcijoje tokių dalelių daugiausia ir kuri potencialiai yra pavojingiausia. Apskaičiuojamas silpnų dalelių kiekio svertinis vidurkis. Taip pat apskaičiuojamas silpnų dalelių kiekis ir produkcijos kiekvienos frakcijos skaldoje arba žvirgžde. Pagal sumažėjusį silpnų dalelių kiekį tam tikros frakcijos produkcijoje galima nustatyti trupinimo ir sijojimo efektyvumą. Trupinimo procese silpnos dalelės sutrupa smulkiau ir išbyra per sieta į smulkiųjų dalelių frakcijas. Trupinimas ir sijojimas yra efektyvūs, jei pasirinkto stambumo frakcijoje silpnų dalelių yra gerokai mažiau negu žaliavoje. Tai pasiekama, kai standartinės produkcijos dalelių stipris yra apytiksliai nuo 5 iki 10 kartų didesnis už silpnųjų dalelių stiprį. Jei šis stiprių skirtumas yra nedidelis, tuomet atrankinis trupinimas ir sijojimas yra neefektyvūs, nes visų dalelių trupėjimo laipsnis yra apytiksliai vienodas.

9.1 lentelė. Skaldos frakcijų išeiga priklausomai nuo uolienu kilmės

Uolienu kilmė	Gaminamos skaldos frakcijos, mm	Suminė skaldos išeiga, %
Gelminės	32/63; 16/32; 4/16	77 – 83
	16/32; 4/16	66 – 77
	4/16	62 – 66
Metamorfinės	32/63; 16/32; 4/16	70 – 75
	16/32; 4/16	62 – 68
	4/16	54 – 60
Nuosėdinės: smiltainiai	32/63; 16/32; 4/16	70 – 76
	16/32; 4/16	63 – 70
	4/16	56 – 62
stiprūs smiltainiai	32/63; 16/32; 4/16	67 – 75
	16/32; 4/16	60 – 68
	4/16	56 – 62
karbonatinės nevienalytės	32/63; 16/32; 4/16	63 – 66
	16/32; 4/16	46 – 58
	4/16	37 – 44

Bet kurios vienos frakcijos išeiga apskaičiuojama pagal formulę:



$$\gamma_i = 100 \cdot Q_i / Q; \quad (9.2)$$

čia  $\gamma_i$  – pagamintos skaldos i-tosios frakcijos masė, %;  
 $Q_i$  – pagamintos skaldos i-tosios frakcijos masė, t.  
 $Q$  – perdirbtos žaliavos masė, t.

Pagal medžiagų balansą galima apskaičiuoti pagamintos produkcijos dalių išeigas, taip pat ir kitus rodiklius: užterštumą moliu ir dulkiu, nustatyti petrografinės sudėties pokyčius, dalelių formą ir pan. Pavyzdžiui, jeigu skaldoje yra  $a$  kiekis silpnų dalelių, o ant sieto likusioje medžiagoje jų yra  $b$  kiekis, tai per sietą išbyrėjusių silpnų dalelių kiekį  $c$  galima apskaičiuoti iš (9.3) ir (9.4) balanso priklausomybių:

$$a \cdot Q = b \cdot Q_1 + c \cdot Q_2; \quad (9.3)$$

iš čia

$$c = (a \cdot Q - b \cdot Q_1) / Q_2, \quad (9.4)$$

čia  $Q$ ;  $Q_1$  ir  $Q_2$  skaičiuojami kilogramais, o  $a$ ;  $b$  ir  $c$  – vieneto dalimis nuo atitinkamų medžiagos kiekių ( $Q$ ;  $Q_1$  ir  $Q_2$ ). Taip pat galima patikrinti ir silpnų dalelių kiekio balansą: jų suma (kg) likusioje ant sieto ir išbyrėjusioje medžiagoje turi būti lygi jų kiekiui žaliavoje. Analogiškai galima apskaičiuoti užterštumą moliu ar kitomis priemaišomis, dalelių formos rodiklius, stambių ir smulkių dalelių kiekius ir pan.

Silpnų dalelių priemaiša skaldoje nepageidaujama, tačiau vidutinės kokybės skaldoje jų gali būti iki 10 %. Labai stipriems betonams naudojamoje skaldoje silpnų dalelių neturi būti.

## 9.2. TRUPINIMAS

Trupinimo procese stambūs žaliavos gabalai sumažinami iki reikiamo didumo grūdelių, kurie tinka naudoti arba toliau perdirbti. Susprogdintų uolienu gabalai būna iki (500–1200) mm skersmens, o betono gamybai ir keliams tiesti reikalingi 0/63 mm, 0/32 mm, 0/16 mm skaldos frakcijų mišiniai arba sijojant tokius mišinius gaunama standartinių frakcijų skalda. Sprogdinimo būdu priklausomai nuo sprogmėnų išdėstymo uolienas galima sutrupinti iki norimo stambumo. Be to, gautų gabalų granulimetrinė sudėtis priklauso ir nuo uolienu stiprumo. Gabalų stambumas pasiskirsto pagal sprogdinamai uolienai būdingą dėsnį. Susprogdintos uolienos granulimetrinės sudėties pavyzdys pagal rusų mokslininkų A. Koževnikovo ir A. Moskvino duomenis [6] pateiktas 9.2 lentelėje.

Žvirgždo trupintinos frakcijos granulimetrinė sudėtis apskaičiuojama remiantis geologiniais duomenimis. Tačiau tai gali būti tik orientacinis apskaičiavimas, nes geologai grąžtais nesugeba ištraukti stambiausių akmenų. Tokiais atvejais žaliavos granulimetrinė sudėtis patikslinama pagal bandomuosius kasinius.

Priklausomai nuo žaliavos gabalų pradinio stambumo ir gamyklos pajėgumo parenkami trupintuvų matmenys ir našumas. Stambiose skaldos gamyklose būna trijų laipsnių trupintuvai: pirminis, į kurį telpantys iki 1200 mm skersmens gabalai sutrupinami iki 300 mm skersmens; antrinis, trupinantis mažesnius negu (150–400) mm gabalus iki (32–90) mm, ir tretinis, trupinantis 90 mm ir mažesnius gabalus iki reikiamo stambumo dalelių skaldos. Po antinio ir tretinio trupinimo žaliava sijojama per atitinkamo tankumo sietus ir skirstoma į reikiamas frakcijas. Po tretinio trupinimo priklausomai nuo trupintuvų tipo susidaro (25–30) % smulkių (smulkesnių kaip 4 mm) atsijų, o naudojant vibrosmūginius trupintuvus – net iki 40 % atsijų. Į atsijas išbyra molio ir dulkių dalelės, todėl jos tinka tik užpilams arba priskiriamos prie atliekų. Tačiau jas išplovus ir skaldele toliau atitinkamai perdirbus, galima gauti tinkamų statybinių medžiagų: skaldyto smėlio, dekoratyvios skaldele granitiniam tinkui, betono, skiedinio, glaisto mikroužpildų ir kt.

9.2 lentelė. **Sprogdintos uolienos granulimetrinė sudėtis**

Gabalų stambumas, mm	Uolienu stipris, MPa					
	daugiau kaip 150		80 – 150		30 – 80	
	didžiausio gablo skersmuo, mm					
	700	1000	700	1000	700	1000
0/8	2	1	3	2	17	15
0/16	5	3	6	5	27	23
0/32	8	6	12	9	35	30
0/63	13	9	20	15	45	39
0/90	17	12	31	21	52	45
0/150	24	18	46	34	60	54
0/200	34	22	59	45	70	60
0/350	60	42	77	65	85	75
0/400	68	50	81	70	89	80
0/700	100	80	100	87	100	93
0/1000	-	100	-	100	-	100

Trupintuvus ir jų darbo režimą reikia parinkti taip, kad skaldos dalelių formos būtų kuo artimesnė kubelių formai, kuo mažiau žaliavos pereitų į atliekas ir trupinimui bei sijojimui būtų sunaudojama kuo mažiau energijos.

Projektuojant uolienu trupinimo ir siojimo technologinę liniją, trupintuvai ir sijotuvai parenkami taip, kad našumas atitiktų linijos projektinį pajėgumą. Pirmesniojo trupintuvo išbirimo angos plotis suderintas su tolesniojo trupintuvo priėmimo angos pločiu, t. y. kad iš pirmesniojo trupintuvo dalelės tilptų į tolesniojo trupintuvo priėmimo angą. Tarp trupintuvų įrengtų sijotuvų našumai turi būti ne mažesni kaip ir trupintuvų.

Technologinėje linijoje po antrinio ir tretinio trupinimo gali būti sudaryti uždari medžiagos judėjimo ciklai, t. y. per stambūs gabalai (jų gali būti iki 30 %) nuo viršutinio sieto grąžinami į trupintuvą ir sutrupinami iki reikiamo stambumo. Todėl uždaramo cikle dirbančio trupintuvo apkrovimas yra atitinkamai padidintas. Į tai turi būti atsižvelgta parenkant trupintuvų našumą.

Trupinimo efektyvumas išreiškiamas jų trupinimo laipsniu, našumu ir energijos sąnaudomis. Trupinimo laipsnis nusakomas į trupintuvą tiekiamos medžiagos vidutinio gabalo ir iš trupintuvo išbirusios medžiagos gabalo vidutinio skersmenų santykiu. Kartais imamas tiekiamos medžiagos didžiausio gabalo ir atitinkamai išbirusios medžiagos didžiausio gabalo skersmenų santykis:

$$i = D_{\max} / d_{\max} ; \quad (9.5)$$

čia  $i$  – trupinimo laipsnis;  
 $D$  – vidutinio (arba didžiausio) gabalo skersmuo prieš trupinimą, mm;  
 $d$  – atitinkamai vidutinio (arba didžiausio) gabalo skersmuo po trupinimo, mm.

Trupinimo procese vadovaujamosi principu „netrupinti sutrupinto“. Remiantis šiuo principu, po antrinio ir tretinio trupintuvų į rengiami stambių dalelių atskyrimo sietai, kad į tolesnį trupintuvą patektų tik tos dalelės, kurios turi būti sutrupintos, o smulkesnės dalelės neapkrautų trupintuvo. Be to, atsijų kiekiui sumažinti iki trupintuvų išbirimo angų pločiai parenkami tokie, kad būtų galima valdyti ir optimizuoti trupinimo ir siojimo procesus.

Trupinimo laipsnis priklauso nuo uolienu stiprumo: silpnesnės uolienos sutrupa smulkiau už stiprias. Konstruojant trupintuvus, jų trupinimo laipsnis parenkamas pagal tokį principą, kuris aprašomas (9.6) arba (9.7) formulėmis:

$$i = B / A \text{ arba} \quad (9.6)$$

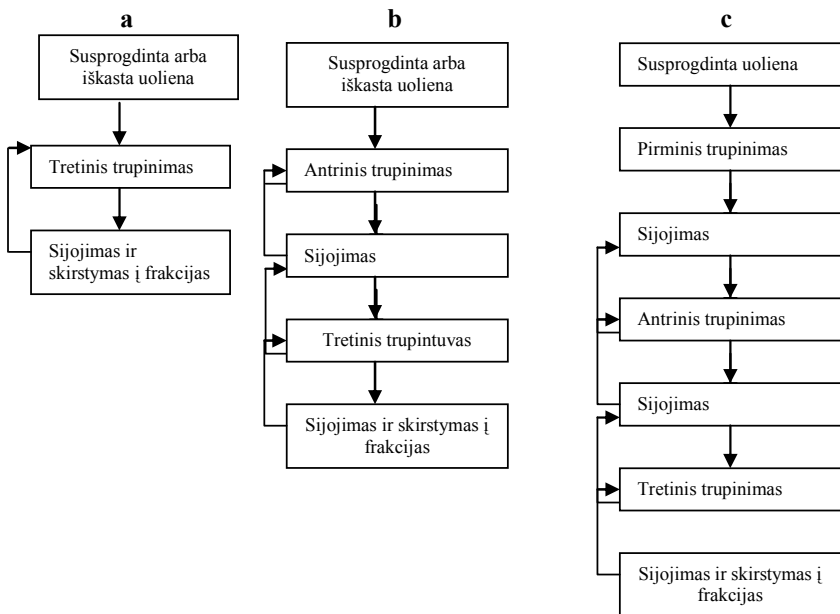
$$i = 0,85 \cdot B / A , \quad (9.7)$$

čia  $B$  – trupintuvo priėmimo angos plotis, mm;  
 $A$  – trupintuvo išbirimo angos plotis, mm.

(9.6) formulė atitinka teoriškai galimą trupinimo laipsnį, o (9.7) formulė – techniškai galimą trupinimo laipsnį, nes iš trupintuvo žiaunų neiššoka gabalai, kurių skersmuo (15–20) % mažesnis už trupintuvo priėmimo angos plotį.

Medžiaga iš trupintuvo išbyra žiaunų arba kūgių (kūginiuose trupintuvuose) atitolimo stadijoje. Didžiausios dalelės mažiausias matmuo gali prilygti išbirimo angos pločiui. Tačiau didžiausias tokių dalelių matmuo gali būti iki trijų kartų didesnis už mažiausią jų matmenį. Sijojant per sietus su kvadratinėmis arba kitokios formos akelėmis, tokios dalelės lieka ant sietų, kurių akelės lygios išbirimo angos pločiui.

Projektuojant uolienu trupinimo ir sijojimo technologines linijas, trupinimo stadijų skaičius priklauso nuo žaliavos didžiausių gabalų skersmens. Jei žaliavoje nėra didesnių kaip 100 mm gabalų, arba jei stambesni gabalai atskiriami ardyno, esančio virš žaliavos priėmimo bunkerio, pakanka vieno – trečio trupinimo laipsnio. Ir atitinkamai, jei gabalų skersmuo iki 1200 mm, taikomi visi trys trupinimo laipsniai. Uolienu trupinimo – sijojimo principinės schemos parodytos 9.1 pav.



9.1 pav. Akmens uolienu trupinimo ir sijojimo principinės schemos:

a – vieno laipsnio trupinimo ir vieno uždaro ciklo; b – dviejų laipsnių trupinimo ir dviejų uždaru ciklų; c – trijų laipsnių trupinimo ir dviejų uždaru ciklų

Kai uolienos labai nevienalytės, taikoma atrankinio sijojimo ir trupinimo technologija. Skirtingo tipo trupintuvai silpnus intarpus ištrupina skirtingu laipsniu, kuris nusakomas vadinamuoju atrenkamumo rodikliu, apskaičiuojamu pagal formulę:

$$I = i_{sl} / i_{st}; \quad (9.8)$$

čia  $I$  – atrenkamumo rodiklis;  
 $i_{sl}$  ir  $i_{st}$  – atitinkamai silpnų intarpų ir stiprių uolienu ištrupinimo tuo pačiu trupintuvu laipsnis.

Rusijos nerūdinių medžiagų tyrimo institutas yra nustatęs, kad žiauniniu trupintuvu ištrupinimo rodiklis  $I$  yra nuo 1,1 iki 1,5; kūginių – nuo 1,3 iki 1,9; rotorinių – nuo 2,1 iki 2,8. Šiuo atžvilgiu rotoriniai trupintuvai yra efektyviausi. Jais trupinant uolienas, kuriose yra iki 25 % silpnų intarpų, silpnų dalelių išsijotoje skaldoje lieka ne daugiau kaip 10 %. Atrenkamumui didelę reikšmę turi trupintuvų darbo režimas, pradinis gabalų stambumas, uolienos ir silpnų intarpų stiprių skirtumas, uolienos sukibimas su intarpais ir kt.

### 9.3. TEORINIAI AKMENS UOLIENŲ SMULKINIMO PAGRINDAI

Uolienoms smulkinti ir apdirbti sunaudojama daug energijos ir darbo jėgos. Todėl kuriami ir konstruojami nauji įrenginiai ir įrankiai, kurie palengvintų uolienu apdirbimą ir galima būtų sumažinti energijos sąnaudas. Tiksliau įvertinus uolienu savybes ir mechaninių poveikių efektyvumą, galima sukurti geresnius apdirbimo įrenginius ir darbo įrankius.

Akmens medžiagų smulkinimo procesai skirstomi į dvi grupes – trupinimą ir malimą. Stambesnių kaip 4 mm dalelių smulkinimą įprasta vadinti trupinimu, o smulkesnių – malimu. Uolienoms smulkinti naudojami atitinkami įrenginiai: trupinti – trupintuvai, o malti – malūnai. Trupintuvų trupinimo laipsnis siekia iki 10, o malūnų – 100 ir daugiau.

Energijos kiekio poreikius uolienoms smulkinti mokslškai tyrinėja medžiagų smulkinimo teorija. Energijos sąnaudos priklauso nuo uolienos savybių ir energijos naudojimo efektyvumo įrenginio. Mechaninis poveikis medžiagai smulkinti gali būti perduodamas įvairiais būdais: gniuždant iki suirimo, skeliant iki skilimo, laužiant iki lūžimo, kerpant iki skilimo, daužant iki sutrupėjimo, dilinant iki nupjovimo ir pan. Medžiagos gabalą gali suardyti ir poveikių kompleksas. Kartu reikia atsižvelgti į medžiagos atsparumą šiems įvairiems poveikiams. Mažiausia energijos sunaudojama taikant tą mechaninio poveikio būdą, kuriam medžiaga neatspariausia. Medžiagos atsparumas poveikiams priklauso nuo jos fizikinių (tankio, poringumo, struktūros vienalytiškumo, suminkštėjimo dėl drėgmės ir kt.) ir mechaninių savybių

(stiprio gniuždant ir tempiant, tamprumo, trapumo, kietumo, dilumo, atsparumo smūgiams ir pan.).

Remiantis kietųjų kūnų irimo teorija, nustatyta, kad uolienoms smulkinti mažiausia energijos sunaudojama todėl, kai jose sudaromi ardomieji tempimo arba šlyties įtempiai. Šios irimo teorijos pagrindus pradėjo kurti P. Ritingeris (1867 m.). Jis suformulavo tokią hipotezę: darbas, reikalingas kubo formos medžiagos gabalui susmulkinti, yra tiesiai proporcingas susidariusio naujo paviršiaus plotui ir aprašoma formule:

$$W = k \cdot \Delta A = k_1 \cdot D^2; \quad (9.9)$$

čia  $W$  – darbas, sunaudotas medžiagai susmulkinti, J;  
 $\Delta A$  – paviršiaus ploto padidėjimas, m<sup>2</sup>;  
 $D$  – dalelės kraštinės ilgis, m;  
 $k$  ir  $k_1$  – atitinkamai proporcingumo koeficientai.

Ši hipotezė iš dalies pasitvirtino praktikoje, nes, norint medžiagą smulkiau susmulkinti, reikia sunaudoti daugiau darbo. Tačiau, kaip vėliau paaiškėjo, ji taikytina smulkaus trupinimo ir malimo atvejais, kai labai padidėja medžiagos paviršius ir tiksliau galima apskaičiuoti įdėtą darbą. Šios hipotezės praktinė vertė nėra didelė, nes sunku nustatyti proporcingumo koeficientų vertes, kurios faktiškai priklauso nuo daugelio veiksnių.

1874 m. F. Kikas ir V. Kirpičiovas iškėlė kitą hipotezę: darbas, reikalingas panašios geometrinės formos vienalyčiams kūnams susmulkinti, yra proporcingas jų tūriams arba masėms. Jie rėmėsi medžiagų tamprumo (Huko) dėsnio ir nustatė tokias (9.10) bei (9.11) deformacijų darbo priklausomybes:

$$W_1 = \sigma^2 V_1 / (2E) = \sigma^2 G_1 / (2E\rho), \quad (9.10)$$

$$W_2 = \sigma^2 V / (2E) = \sigma^2 G_2 / (2E).$$

Pirmosios formulės narius padaliję iš antrosios formulės atitinkamų narių, gauname tokią proporciją:

$$W_1 / W_2 = V_1 / V_2 = G_1 / G_2. \quad (9.11)$$

Šiose formulėse:

$W_1$  ir  $W_2$  – atitinkamai darbo sąnaudos skirtingiems medžiagos kiekiams sutrupinti, J;  
 $V_1$  ir  $V_2$  – atitinkamai trupinamos medžiagos tūriai, m<sup>3</sup>;  
 $G_1$  ir  $G_2$  – atitinkamai trupinamos medžiagos masės, kg;  
 $\sigma$  – ribiniai medžiagos įtempiai, MPa;  
 $E$  – medžiagos tamprumo (Huko) modulis, MPa;

$\rho$  – medžiagos tūrinis tankis,  $\text{kg/m}^3$ .

F. Kiko ir V. Kirpičiovo hipotezės apibendrinta išraiška gali būti tokia:

$$W = K_2 \cdot D^3; \quad (9.12)$$

čia  $D$  – trupinamo gabalo skersmuo, m;  
 $K_2$  – proporcingumo koeficientas.

Ši hipotezė taikytina stambaus ir vidutinio trupinimo atvejais, nes ja įvertinama didžioji darbo dalis, sunaudojama medžiagai deformuoti iki suirimo. Akademikas P. Rebinderis (1940 m) sujungęs anksčiau sukurtas hipotezes, pasiūlė naują metodą uolienų trupinimo darbui apskaičiuoti:

$$W = W_d + W_A; \quad (9.13)$$

čia  $W$  – visas medžiagai smulkinti sunaudotas darbas, J;  
 $W_d = K_3 \cdot D^3$  – deformacijos darbas deformuojamoje kūno dalyje (šis darbas virsta šiluma), J;  
 $W_A = K_1 \cdot D^2$  – darbas, reikalingas trupinamos medžiagos naujam paviršiui sudaryti, J;  
 $K_3$  – proporcingumo koeficientas.

Šis P. Rebinderio uolienų trupinimo darbui apskaičiuoti metodas praktikoje sunkiai pritaikomas, nes iš (9.13) formulės negalima tiksliai nustatyti  $K_1$  ir  $K_3$  koeficientų verčių.

Vėliau ir kiti mokslininkai (pvz. L. Levinsonas, A. Rundkvistas) ieškojo tikslesnių matematinių priklausomybių uolienų trupinimo darbui apskaičiuoti.

Apibendrinant šias hipotezes, galima pažymėti, kad jos atitinka daugiau kokybinę, bet ne kiekybinę uolienų trupinimo esmę ir yra svarbios trupinimo procesų metodologijai nagrinėti. Praktikoje energijos ir darbo sąnaudos apskaičiuojamos pagal empirines formules, paremtas eksperimentinių tyrimų duomenimis, pvz., A. Rundkvisto formulė, kurią vėliau pataisė F Bondas yra tokia:

$$W = K_p \cdot V(i^{n-1} - 1) / D_m^{n-1}; \quad (9.14)$$

čia  $V$  – medžiagos tūris,  $\text{m}^3$ ;  
 $i$  – trupinimo laipsnis;  
 $D_m$  – vidutinis trupinamų dalelių skersmuo, m;  
 $K_p$  – proporcingumo koeficientas;  
 $n$  – laipsnio rodiklis, nustatomas eksperimentais ( $n = 1 - 2$ ).

Šioje formulėje proporcingumo koeficiento ir laipsnio rodiklio vertės įvairių tipų trupintuvams ir skirtingoms medžiagoms nustatomos eksperimentais. Pagal tai gali būti sudaromos atitinkamos energijos sąnaudų

lentelės. Praktikoje dažnai apskaičiuojamos santykinės energijos sąnaudos, t. y. energijos kiekis, reikalingas medžiagos masės arba tūrio venetui susmulkinti iki tam tikro laipsnio. Toks energijos santykinių sąnaudų rodiklis patogus malimo procesams įvertinti, nes visada žinomas malamos medžiagos tipas ir lengvai nustatomas dalelių stambumas prieš malimą ir po malimo.

**Malumas** yra medžiagos perdirbimo charakteristika, apibūdinanti energijos sąnaudas medžiagos masės vienetui sumalti. Malumo rodiklis, kartais vadinamas malumo koeficientu, yra lyginamųjų energijos sąnaudų santykis su energijos lyginamosiomis sąnaudomis etaloninei medžiagai sumalti iki to paties smulkumo. Etalonine medžiaga laikomas portlandcemenčio klinkeris, išdegtas sukamojoje krosnyje. Etalonine medžiaga jis pasirinktas todėl, kad visur ir visada yra beveik vienodas. Kitokių medžiagų malumą galima apskaičiuoti naudojantis malumo koeficientu, pvz., klinčiai jis yra 1,2–1,8; aukštakrosnių šlakui – 0,8–1,1; kvarciniam smėliui – 0,65–0,75. Naudojantis šiuo koeficientu, energijos sąnaudas medžiagai sumalti galima apskaičiuoti taip: jeigu cemento klinkerio koku nors malūnu sumalama 1 t/h, tai klinčių tuo pačiu malūnu iki to paties smulkumo bus galima sumalti (1,2–1,8) t/h, o kvarcinio smėlio – tik (0,65–0,75) t/h.

Žiauninio trupintuvo judamosios žiaunos arba kūginio trupintuvo judamojo kūgio eiga turi būti didesnė už tarp žiaunų esančio uolienos gabalo linijinę deformaciją. Tik tokiu atveju uoliena bus sutrupinta (žr. 9.2 pav.). Tačiau žiaunos eiga neturėtų būti per didelė, nes dėl didelio trupinimo laipsnio būtų pereikvojama energijos ir į atsijas pereitų didelė dalis uolienos. Todėl atitinkamos konstrukcijos trupintuvo žiaunos arba kūgio eiga turi būti optimali, t. y. kai žiaunos sukelta deformacija didesnė už ribinę.

Medžiagos susispaudimo deformacija priklauso nuo tamprumo modulio ir įtempimų dydžio. Pagal tamprumo teoriją yra žinoma tokia priklausomybė:

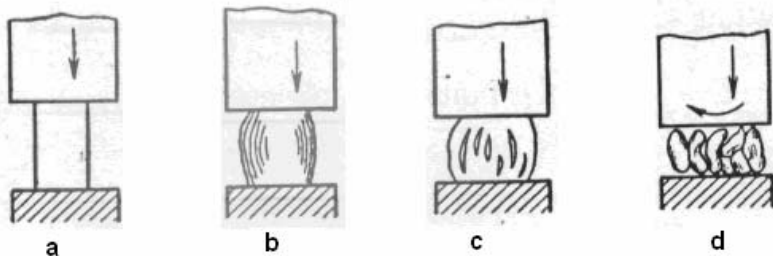
$$E = \sigma / \varepsilon ; \quad (9.15)$$

čia  $E$  – medžiagos tamprumo modulis, MPa;  
 $\sigma$  – apkrautos medžiagos įtempiai, MPa;  
 $\varepsilon$  – medžiagos santykinė deformacija ( $\varepsilon = \Delta l / l$ );  
 $l$  – medžiagos matmuo deformavimo kryptimi, m.

Kai įtempiai viršija ribinę vertę, t. y. stiprį  $R$  ( $\sigma > R$ ), medžiaga suyra. Iš (9.15) formulėje pateiktos ( $\varepsilon = \Delta l / l$ ) priklausomybės galima apskaičiuoti ribinę gniuždymo deformacijos vertę, kuriai esant medžiaga suyra:

$$\Delta l = R \cdot l / E ; \quad (9.16)$$

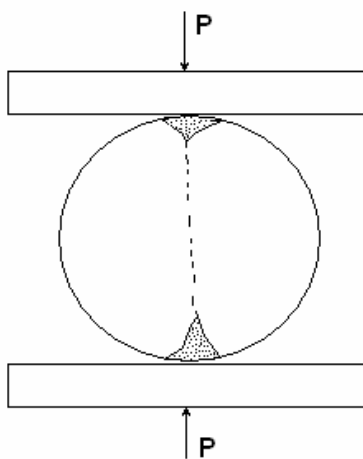




9.2 pav. Uolienos suirimo schema:

a – apkrovimas; b – deformavimasis; c – pleišėjimas; d – suirimas

Iš šios priklausomybės galima apskaičiuoti trupintuvo judamosios žiaunos arba kūgio eigos vertę. Teorinė eiga būtų labai maža. Tai būtų teisinga, jei medžiaga į gniuždymo plotą remtųsi visu paviršiumi. Tačiau medžiagos gabalai būna netaisyklingi briaunainiai ir į trupinimo plokštumas remiasi taškais arba mažais ploteliais. Gniuždymo metu šiuose taškuose arba mažuose plotuose medžiaga suglemžiama tiek, kad abiejose gabalo pusėse susidarytų kritiniai plotai, per kuriuos medžiagos gabale susidarytų kritiniai įtempiai. Faktiškai kritinė deformacijos vertė padidėja kelis kartus. Todėl trupintuvų judamųjų žiaunų arba kūgių eigos turi būti atitinkamai didesnės už teoriškai apskaičiuotas. Tokio apkrovimo schema parodyta 9.3 pav.



9.3 pav. Netaisyklingos formos uolienos gabalo suirimo schema

Apskritų uolienos gabalų suirimo procesą pagal 9.3 pav. parodytą schemą nagrinėjo P. Rodinas. Jo nuomone, gniuždymo plokštės ir uolienos gabalo lietimosi taškuose, t. y. labai mažuose plotuose, susidarę labai dideli įtempiai sutrina tam tikrą medžiagos tūrį į labai smulkias daleles. Pagal didžiausių įtempių linijas iš susmulkintų dalelių susiformuoja du vienas prieš kitą viršūnėmis nukreipti kūgiai. Šie kūgiai medžiagoje sudaro triašius įtempimus, nukreiptus į gabalo centrą. Kūgio sudaromosios su gniuždymo plokštuma sudaro kampą, artimą medžiagos vidaus trinties kampui (pvz., klinčiai jis yra apie 56 °).

Trupinant įvairaus stiprumo uolienas, buvo pastebėta, jog triašio glemžimo zonoje uolienos dalelės sutrupa labai smulkiai – (87–97) % dalelių būna smulkesnės kaip 2 μm, o didžiausios ne stambesnės kaip 4 μm. Šių dalelių paviršius sudaro apie (90–98) % viso naujai sudaryto paviršiaus ploto, o joms sutrupinti ir vidaus trinčiai nugalėti būna sunaudota apie (90–95) % visos trupinimo energijos. Trupinant uolienas, priklausomai nuo jų stiprumo bei trapumo visuomet susidaro tam tikras kiekis akmenų miltų, kuriuos, surinkus filtrais, galima panaudoti kaip mikroužpildus.

Trupinamose uolienos gabaluose susidaro vyraujantys skėlimo įtempiai, kurie uolienoms yra kur kas pavojingesni už gniuždymo įtempimus. Šitaip gniuždymas virsta skaldymu, kuriam sunaudojama mažiau energijos. Todėl konstruojant trupintuvus, siekiama, kad uolienos būtų skaldomos briaunotomis žiaunomis arba kūgiais.

## **9.4. TRUPINTUVAI**

### **9.4.1. Bendrosios žinios**

Uolienoms trupinti plačiausiai naudojami penkių tipų trupintuvai: žiauniniai, kūginiai, vibraciniai smūginiai, rotoriniai ir plaktukiniai (spragiliniai). Žiauniniuose ir kūginiuose trupintuvuose medžiaga trupinama gniuždymu, o vibraciniuose smūginiuose, rotoriniuose ir plaktukiniuose – daužoma, skaldoma, trinama smūgiais. Stiprioms ir vidutinio stiprumo uolienoms trupinti dažniausiai naudojami žiauniniai, kūginiai ir vibraciniai smūginiai trupintuvai, o silpnesnėms negu vidutinio stiprumo galima naudoti rotorinius ir plaktukinius trupintuvus. Kuo uolienos stipresnės ir kietesnės, tuo greičiau susidėvi trupintuvų darbo padargai: trupinimo plokštės, kūgių šarvai, rotorių briaunos, plaktukai ir kitokios trupinimo darbinės konstrukcijos. Dauguma uolienų ypač tos, kurios turi daug kvarco yra labai abrazyvios. Todėl trupintuvai, sijotuvai ir kiti įrenginiai, kurie uolienų yra tiesiogiai trinami, greitai dėvisi. Jie gaminami iš dėvėjimuisi ir smūgiams atsparių medžiagų.

Trupintuvų svarbiausios charakteristikos ir efektyvumo rodikliai yra tokie: našumas, energijos sąnaudos, priėmimo ir išbirimo angų pločiai, trupinimo laipsnis, sutrupinto produkto granulimetrinė sudėtis, gautų dalelių geometrinė forma ir eksploataavimo sudėtingumas. Visais atvejais trupintuvų geometriniai matmenys parenkami pagal trupinamos medžiagos didžiausių gabalų skersmenį ir reikiamą našumą. Trupintuvų priėmimo angos plotis turi būti apie 1,20 karto didesnis už numatomų trupinti gabalų skersmenį. Tipiniai trupintuvai gali trupinti gabalus, kurių skersmuo ne didesnis kaip 1200 mm. Nuo trupintuvų geometrinių matmenų priklauso jų našumas, variklio galia ir energijos sąnaudos. Kiekvieno tipo trupintuvai turi ir privalumų, ir trūkumų, todėl tikslinga kiekvieną jų tipą aptarti atskirai.

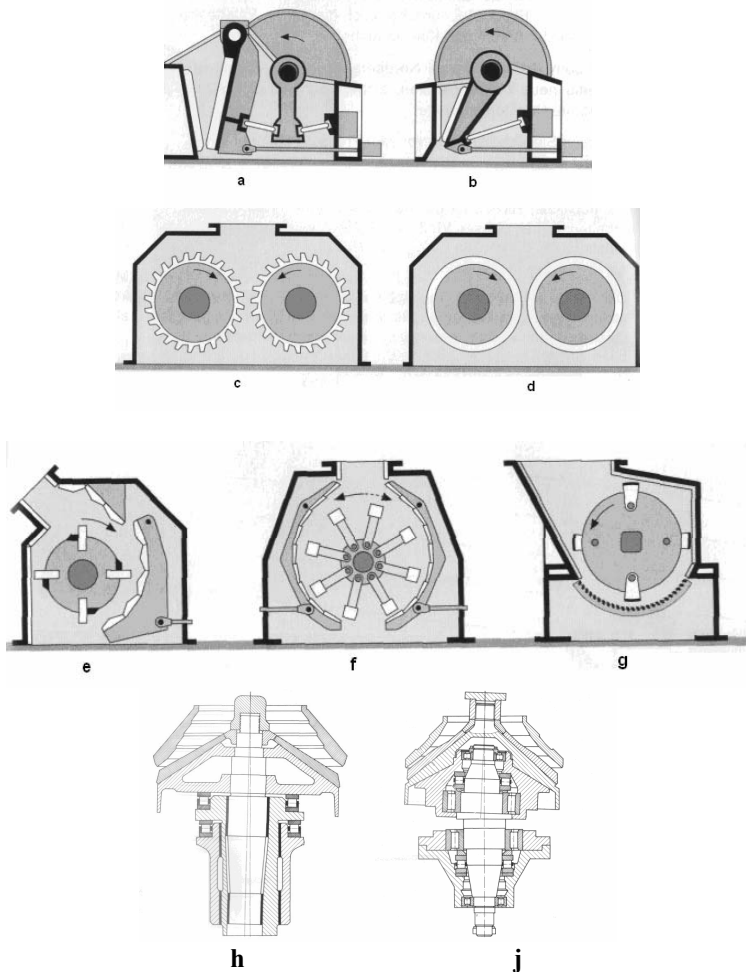
#### **9.4.2. Žiauniniai trupintuvai**

Pagal kinematinę veikimo schemą žiauniniai trupintuvai skirstomi į keturias svarbiausias grupes (9.4 pav.):

Pagal judamosios žiaunos judėjimo pobūdį žiauniniai trupintuvai esti paprasto judesio (9.4 pav., a) ir sudėtingo judesio (9.4 pav., b) Nerūdinių medžiagų pramonėje plačiai naudojami abiejų tipų trupintuvai. Jie yra patikimos konstrukcijos, pigi jų eksploatacija. Trupintuvai su sudėtingo judesio žiauna smulčiau sutrupina uolieną ir mažiau priskaldo plokščių ir pailgų dalelių negu trupintuvai su paprasto judesio žiauna. Trupintuvų ženklavimo etiketėje raidėmis nurodomas trupintuvo tipas, o skaičiais – priėmimo angos matmenys milimetrais.

Trupintuvų našumas priklauso nuo trupinimo kameros dydžio, uolienos stiprumo, trupinimo laipsnio ir žaliavos tiekimo į trupintuvą pastovumo.

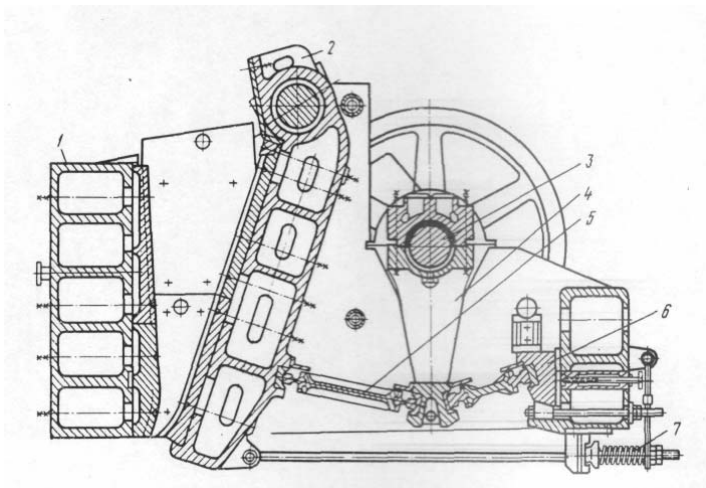
Trupinimo kamera – tai erdvė, kuri susidaro tarp nejudamosios bei, judamosios žiaunų ir šoninių šarvuotų sienelių. Abiejų žiaunų paviršiai būna padengti keičiamosiomis plokštėmis – šarvais, pagamintais iš manganinio plieno arba baltintojo ketaus. Šių plokščių paviršiai gali būti lygūs, briaunoti, arba dantyti. Dažniausiai šarvai daromi su vertikaliomis briaunomis nes jos gerai skaldo uolienas ir mažiau kliudo sutrupintai medžiagai išbirti iš trupinimo kameros. Rečiau naudojamos lygaus paviršiaus šarvų plokštės. Jos tinka silpnoms uolienoms. Labai stiprioms uolienoms naudojamos dantytos plokštės, nes jos į uolienas remiasi labai mažais ploteliais ir gali sukelti labai didelius skėlimo įtempius. Žiaunų šarvai, ypač jų apatinė dalis, kuri labiausiai būna apkrauta, nusidėvi greičiausiai, o šoninės lėčiau. Iki tam tikro laipsnio nusidėvėję šarvai keičiami naujais.



9. 4 pav. Žiauninių trupintuvų kinematinės schemos:

- a – su viršutine judamos žiaunos pakaba ir vertikaliu švaisitikliu;
- b – su viršutine judamos žiaunos pakaba ant ekscentrinio veleno;
- c – dvivelenis su krumpliniais velenais;
- d – dvivelenis su lygiais velenais;
- e – spragilinis su standžiai pritvirtiniais spragilais;
- f – plaktukinis su šarnyriškai pritvirtintais plaktukais;
- g – spragilinis su šarnyriškai pritvirtintais spragilais,
- h – kūginis vidutinio trupinimo,
- j – kūginis smulkaus trupinimo

Trupinimo atžvilgiu uolienos pagal stiprumą skirstomos į tris grupes: stipriosios –  $R_{gn} > 150$  MPa; vidutinio stiprumo –  $80 < R_{gn} < 150$  MPa; silpnąsias –  $R_{gn} < 80$  MPa. Pagal šią klasifikaciją yra sudarytos trupintuvų eksploataavimo taisyklės ir sutrupintų uolienų dalelių granulimetrinės sudėties kreivės. Tame pačiame trupintuve silpnosios uolienos sutrupa smulkiau už stipriąsias. Be to, silpnosioms uolienoms sutrupinti sunaudojama mažiau energijos. Todėl, trupinant silpnąsias uolienas, galima daugiau medžiagos tiekti į trupinimo kamerą, t. y. padidinti trupintuvo našumą, atitinkamai padidinus išbirimo angos plotį, ir gauti to paties stambumo skaldą.

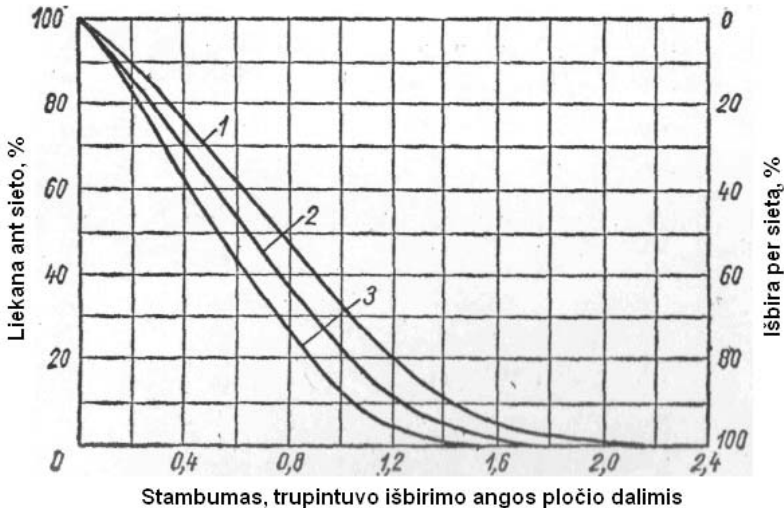


9.5 pav. Žiauninio trupintuvo su paprasto judesio žiauna schema:

- 1 – nejudama, prie korpuso pritvirtinta žiauna; 2 – judamoji žiauna;
- 3 – ekscentrinis velenas; 4 – švaistiklis; 5 – atraminė plokštė;
- 6 – atrama; 7 – laikančioji spyruoklė

Uolienų trupinimo laipsnis, o kartu ir našumas, reguliuojamas keičiant trupintuvo išbirimo angos plotį. Kuo siauresnė ši anga, tuo didesnis trupinimo laipsnis ir tuo mažesnis našumas, o kuo ji platesnė, tuo mažesnis trupinimo laipsnis ir tuo didesnis našumas. Trupintuvų pasuose ir žinyuose paprastai nurodomos išbirimo angos ir jų galimo pločio keitimo ribos, taip pat ir atitinkamos našumo kitimo ribos. Norint rasti tarpinį trupintuvo našumą, reikia lentelėse arba grafikuose nurodytąjį našumą interpoliuoti pagal atitinkamai keičiamą išbirimo angos plotį.

Medžiagos į trupintuvus tiekiamos nuo sijotuvo viršutinio sieto arba tiektuvo (maitintuvo). Labai svarbu, kad į trupintuvą ji byrėtų vienodai, tada jis vienodai apkraunamas ir gaunama vienodos granuliuotinės sudėties skalda. Jei trupintuvo kamera perpildoma, pritrupinama daugiau smulkiųjų dalelių, padidėja skaldos piltinis tankis, o apatinėje trupinimo kameros zonoje medžiaga net pradeda presuotis į gniužulus ir sunkiau išbyra, sumažėja trupintuvo našumas. Jei į trupintuvą tiekama per mažai medžiagos, išbyra daugiau santykiškai stambių dalelių.



9.6 pav. Skaldos granuliuotinė sudėtis po trupinimo žiauniniuose trupintuvuose priklausomai nuo uolienos stiprumo: 1 – stipri, 2 – vidutinio stiprumo, 3 – silpna

Į pirminį trupintuvą žaliava paprastai tiekama plokšteliiniu transporteriu, ant kurio ji pilama per bunkerį iš transporto priemonių. Tačiau didžiausių uolienos gabalų skersmuo neturi būti didesnis kaip 0,85 priėmimo angos pločio. Paprastai rekomenduojama, kad stambiausių gabalų plotis būtų apie 0,65 priėmimo angos pločio, nes tuomet trupintuvas tyliau dirba ir iš kameros nešokinėja uolienų nuolaužos. Jei žaliavoje nėra gabalų, kuriems reikalingas pirminis trupinimas, tuomet pirminio trupintuvo galima nestatyti, o žaliava iš kasvietės per ardyną tiekama į antrinį arba net į tretinį trupintuvą (pagal reikalą). Ant ardyno likę stambūs gabalai sąlygiškai vadinami „negabaritiniais“ (t. y. netelpantys į atitinkamo didumo trupintuvą) ir nustumiami į jiems skirtą surinkimo bunkerį arba aikštelę. Iš ten jie išvežami arba skaldomi specialiais

įrenginiais, kartais sprogdinami pavieniui mažais užtaisais. Atskiriant stambius gabalus, padidinamas trupintuvo našumas, jis apsaugomas nuo perkrovimo ir sugadinimo.

Žiauninių trupintuvų eksploatacinis našumas gali būti kitoks, nei nurodyta gamyklos pasuose arba žinynuose. Ten pateikti duomenys apie trupintuvus, išbandžius juos esant tam tikroms sąlygoms ir trupinant tam tikrą uolieną. Realiomis sąlygomis pasitaiko trupinti įvairių savybių uolienas, skirtingu apkrovimu ir skirtingu laipsniu. Todėl trupintuvų skaičiuojamasis našumas koreguojamas atitinkamais koeficientais pagal formulę:

$$Q = Q_p \cdot \rho_p \cdot K_s \cdot K_f \cdot K_m \cdot K_v ; \quad (9.17)$$

čia  $Q$  – skaičiuojamasis našumas, t/h;  
 $Q_p$  – pase (žinyne) nurodytas našumas, m<sup>3</sup>/h;  
 $\rho_p$  – trupinamos medžiagos piltinis tankis, t/m<sup>3</sup>;  
 $K_s$  – koeficientas, įvertinantis medžiagos stiprumą gniuždant  $R_{gn}$ :

$R_{gn}$	> 250	200–250	180–200	150–180	60 150	< 60
$K_s$	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,2

$K_f$  – koeficientas, įvertinantis trupinamų dalelių formą (akmens uolienoms  $K_f = 1$ ; žvirgždui ir rieduliams  $K_f = 0,85$ );  
 $K_m$  – koeficientas, įvertinantis trupinamų dalelių, didesnių kaip pusė priėmimo angos pločio, kiekį, %:

%	5	10	20	25	30	40	50	60	70	80
$K_m$	1,1	1,08	1,05	1,04	1,03	1,0	0,97	0,95	0,92	0,89

$K_v$  – koeficientas, įvertinantis medžiagos drėgnumą, %:

%	5	6	7	8	9	10	11
$K_v$	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,77	0,65

Tarpinės koeficientų vertės gali būti nustatomos interpoliacijos būdu arba parenkamos iš literatūros.

Žiauninių trupintuvų našumas priklauso nuo trupinimo laipsnio  $i$ . Jis yra nedidelis –  $i = 3-5$ . Eksploatacinis našumas galutinai nustatomas gamybinėmis sąlygomis, įvertinus aplinkos ir gamybos ypatumus.

Žiauninių trupintuvų naudingumo koeficiento vertės didėjimas beveik tiesiai proporcingas jo priėmimo angos pločio didėjimui. Kuo didesnė priėmimo anga, tuo didesnis naudingumo koeficientas. Jis kinta nuo 0,02 (labai mažų,

laboratorinių) iki 0,38 (stambių); vidutiniškai būna apie 0,32–0,35. Šio koeficiento vertė imama maža, kad trupintuvai būtų apsaugojami nuo perkrovimo, nes perkrovus akmenys gali užstrigti žiaunose, iš kur juos ypač sunku išimti.

Nustatant žiauninio trupintuvo našumą, reikia įvertinti judamosios žiaunos svyravimų dažnį, nuo kurio labai priklauso šarvų susidėvėjimo laipsnis, o kartu ir išbirimo angos plotis. Remontuojant trupintuvo pavara, reikia žiūrėti, kad išliktų nepakitęs pase nurodytas judamosios žiaunos svyravimo dažnis.

Nuo trupintuvų našumo priklauso galimybė diferencijuoti gamyklos našumą priklausomai nuo trupinamos žaliavos gabalų stambumo. Todėl žiauniniai trupintuvai paprastai parenkami tokie, kurių našumas būtų apie (25–40) % didesnis už projekcinį technologinės linijos našumą. Gamyklose, kurių našumas yra (180–200) t/h ir (250–400) t/h, pirminiam trupinimui plačiausiai naudojami trupintuvai, kurių priėmimo angos matmenys yra atitinkamai (750 × 900) mm ir (750 × 900) mm. Antriam trupinimui statomi atitinkamai 160 t/h ir 250 t/h našumo kūginiai trupintuvai.

#### **9.4.3. Kūginiai trupintuvai**

Nerūdinių medžiagų pramonėje akmens uolienoms trupinti labai plačiai naudojami kūginiai trupintuvai. Palyginti su kitų tipų trupintuvais, jų efektyvumas, t. y. valandinis našumas, tenkantis trupintuvo masės vienetui, yra didesnis už žiauninių, kartais ir už rotorinių trupintuvų. Juose vyksta tolydinis trupinimo procesas, jie neturi masyvių smagračių, kaip žiauniniai, mažesnės energijos sąnaudos produkcijos vienetui.

Tačiau negalima teigti, kad kūginiai trupintuvai visais atvejais yra pranašesni už kitų tipų trupintuvus. Kai nereikalingas didelis našumas, o reikia trupinti palyginti stambius uolienų gabalus, ekonomiškiau naudoti žiauninius trupintuvus. Projektuojant nerūdinių medžiagų perdirbimo technologines linijas, reikia atsižvelgti į visus veiksnius ir vadovautis visapusiškais ekonominiais apskaičiavimais.

Pagal technologinę paskirtį kūginiai trupintuvai būna trijų tipų: stambiojo, vidutiniojo ir smulkiojo trupinimo. Jie ženklina raišiais ir skaičiais, kurie parodo trupintuvo paskirtį ir nejudamo kūgio apačios skersmenį.

Trupintuvų išbirimo angos plotis reguliuojamas pakeliant (anga mažėja) arba nuleidžiant (anga didėja) judamąjį kūgį. Hidraulinė reguliavimo sistema taip pat neleidžia trupintuvo sulaužyti, jei į trupinimo kamerą patenka nesutrupinamas kūnas, pvz., metalo gabalas. Hidraulinėje sistemoje viršijus leistiną slėgį, automatiškai išjungiamas elektros variklis. Tada nuleidžiamas judamasis kūgis ir išimamas įstrigęs nesutrupinamas kūnas. Prie kai kurių stambių trupintuvų montuojami du elektros varikliai. Tokius trupintuvus galima paleisti ir tuomet, kai jų kameros pripildytos trupinamos medžiagos.

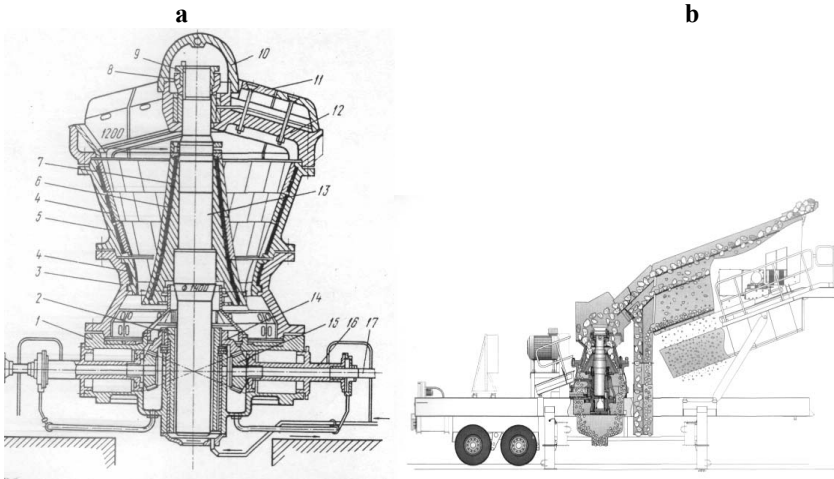


### 9.4.3.1. Stambiojo trupinimo

Kūginių stambaus trupinimo trupintuvų gaminama mažai. Jie statomi tik didelio pajėgumo (600–1200 tūkst.t/m.) gamyklose nestiprioms uolienoms trupinti. Į juos galima tiekti tiki ne didesnius kaip 750 mm skersmens gabalus.

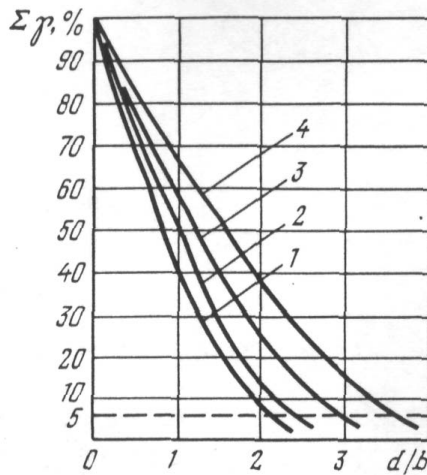
Stambiojo trupinimo trupintuvų privalumai: 1) jiems nepavojingas užvertimas medžiaga, t. y. į juos galima tiekti žaliavą be specialaus tiektuvo, 2) jie yra labai našūs. Šie trupintuvai montuojami žemiau tiekimo bunkerio, iš kurio žaliava byra tiesiai į jų trupintuvo priėmimo angą. Tiekiamos medžiagos kiekis reguliuojamas savaime.

Šio tipo trupintuvų konstrukcijos įvairiose šalyse šiek tiek skirtingos.



9.7 pav. Stambiojo trupinimo trupintuvo principinė schema (a) ir jo panaudojimas (b):

- 1 – apatinė korpuso dalis;
- 2 – ekscentrikas;
- 3 – apatinis žiedas;
- 4 – šarvai;
- 5 – viršutinis žiedas;
- 6 – judamasis kūgis;
- 7 – šarvai;
- 8 – viršutinės pakabos gaubtas;
- 9 – veržlė;
- 10 – gaubtas;
- 11 – traverso šarvai;
- 12 – traversas;
- 13 – judamojo kūgio velenas;
- 14 – krumpliaratis;
- 15 – kūginis krumpliaratis;
- 16 – pavaros korpusas;
- 17 – pavaros velenas

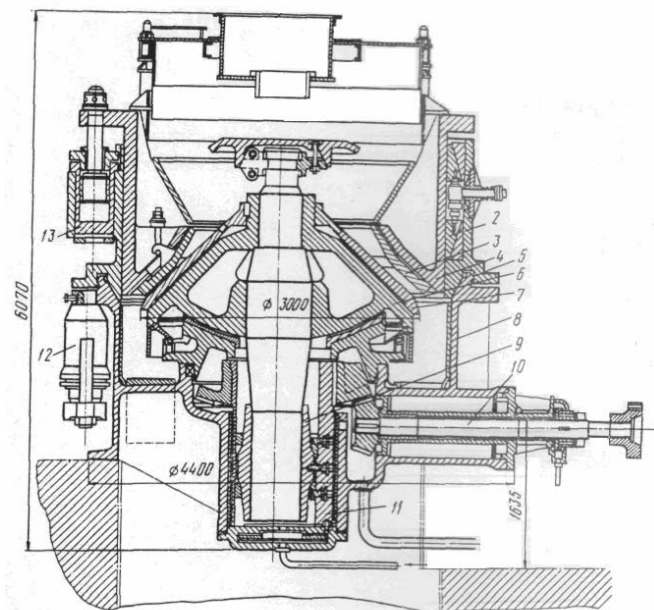


9.8 pav. Skaldos granulimetrinė sudėtis po stambiojo trupinimo priklausomai nuo išbirimo angos pločio 1 – 4  
d – didžiausios dalelės skersmuo; b – išbirimo angos plotis.

Stambiojo trupinimo trupintuvai gamyklose gali būti montuojami stacionariai. Jie taip pat gali būti montuojami ant vikšrinės važiuoklės arba ant ratinės važiuoklės su nuleidžiamosiomis atramomis ir statomi žaliavų telkinyje netoli nuo uolienų perdirbimo įmonės. Trupintuvų abiejų kūgių šarvai būna briaunoti, kad mažiau jėgos reiktų uolienoms skaldyti ir daugiau dalelių būtų kubelio formos. Trūkumas – nevienodai dėvisi kūgių šarvai. Apatinėje trupinimo kameros dalyje šarvai nusidėvi gerokai greičiau negu viršutinėje, nes apatinėje zonoje trupinama intensyviausi.

#### 9.4.3.2. Vidutinio ir smulkiojo trupinimo trupintuvai

Vidutinio ir smulkiojo trupinimo trupintuvų konstrukcijos yra panašios. Skiriasi tik kūgių išlenkimo forma, o kartu trupinimo kamerų pjūviai. Vidutinio trupinimo trupintuvų kūgiai yra nuožulnūs, o smulkiojo trupinimo trupintuvų judamojo ir nejudamojo kūgių sudaromosios prie išbirimo angos tam tikrame ruože yra lygiagrečios. Šiame lygiagretumo ruože kiekviena dalelė mažiausiai vieną kartą tarp kūgių yra sugniuždoma.



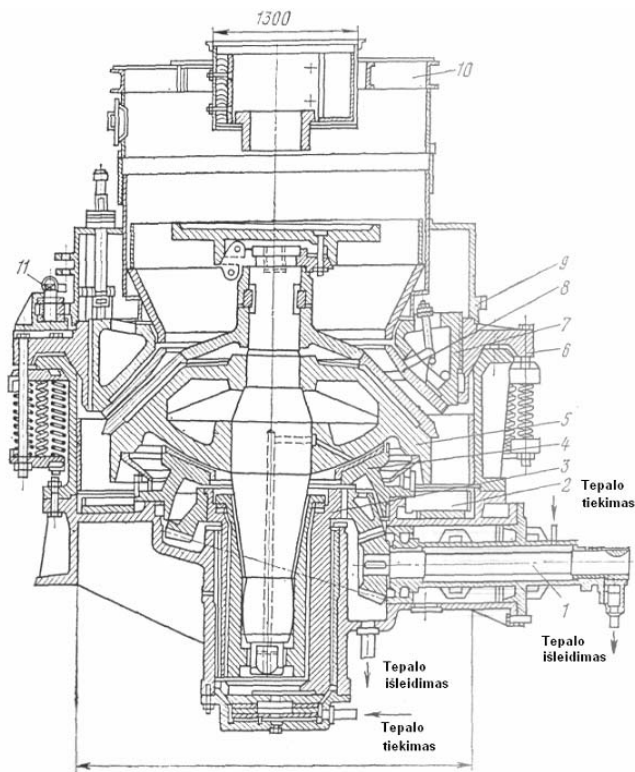
9.9 pav. Vidutinio trupinimo trupintuvo schema:

- 1 – pakrovimo anga; 2 – pleištas; 3 ir 7 – kūgių šarvai; 4 – nejudamasis kūgis; 5 – atraminiai žiedai; 6 – judamasis kūgis; 8 – korpusas; 9 – įdėklas; 10 – varantysis velenas; 11 – ekscentrikas; 12 – amortizatorius; 13 – hidraulinis cilindras

Į šio tipo trupintuvą medžiaga turi būti tiekiamą tolygiai nuo transporterio arba specialiu tiekuvu. Be to, nejudamojo kūgio viršuje yra įrengta lėkštė tiekiamai medžiagai paskirstyti. Lėkštei svyruojant kartu su kūgiu, ant jos byranti medžiaga vienodai paskleidžiama į visas kameros puses. Todėl trupintuvas turi būti pastatytas tiksliai horizontaliai, antraip daugiau trupinamos medžiagos pateks į žemesniąją pusę, trupintuvas dirbs vibruodamas ir nevienodai dėvės šarvai.

Jei trupinama medžiaga tiekiamą su pertraukomis arba nevienodu srautu, trupintuvas dirba netolygiai ir gaunama nevienodos granulometrinės sudėties skalda, nes nejudamojo kūgio amortizacinės spyruoklės nevienodai deformuojasi ir dėl to šiek tiek kinta išbirimo angos plotis. Juose yra apsauga, kad trupintuvas nesulūžtų į kamerą patekus nesutrupinamam kūniui. Spyruoklės susispaudžia ir išbirimo anga gali padidėti iki (60 – 85) mm. Išbirimo angos

plotis reguliuojamas mechaniniu būdu – veržle pakeliant arba nuleidžiant judamąjį kūgį. Moderniuose trupintuvuose, kurių kūgio skersmuo 1750 mm ir 2200 mm, yra hidraulinis išbirimo angos pločio reguliatorius. Jos plotis matuojamas, esant tuščiajai trupintuvo eigai, švininiu kalibru, t. y. ypač tai kokio storio lieka švino kalibras (tam tikro dydžio ir formos švino gabalėlis su vielos laikikliu), suspaustas tarp kūgių mažiausiame tarpe. Iš trupintuvo išbyra už išbirimo angos plotį didesnio skersmens dalelės, pvz., pro (7–10) mm pločio angą išbyra iki (13–16) mm skersmens dalelės.

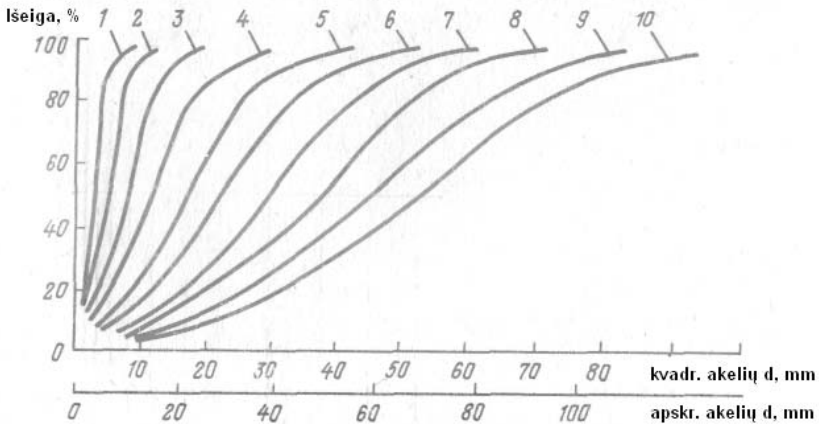


9.10 pav. Smulkiojo trupinimo trupintuvo schema

Po tretinio (smulkiojo) trupinimo skaldos granulimetrinė sudėtis priklauso nuo į trupintuvą tiekiamos medžiagos stambumo ir granulimetrinės sudėties. Jei tiekiamoje medžiagoje yra daug (apie 35 %) (0–12) mm dalelių, tai smulkiojo trupinimo trupintuve jos gali kimštis kameroje kūgių lygiagretumo

zonoje, sumažinti trupintuvo našumą, taip pat gali susidaryti daug smulkių dalelių, kurios išeina į atsijas.

Kai trupintuvas per mažai apkrautas, sumažėja trupinimo laipsnis ir stambesnių dalelių išbyra daugiau negu dirbant normaliu apkrovimu. Pastebėta, kad tiekiant smulkesnius gabalus į vidutinio trupinimo trupintuvą, gaunamos skalda nebūna smulkesnė.



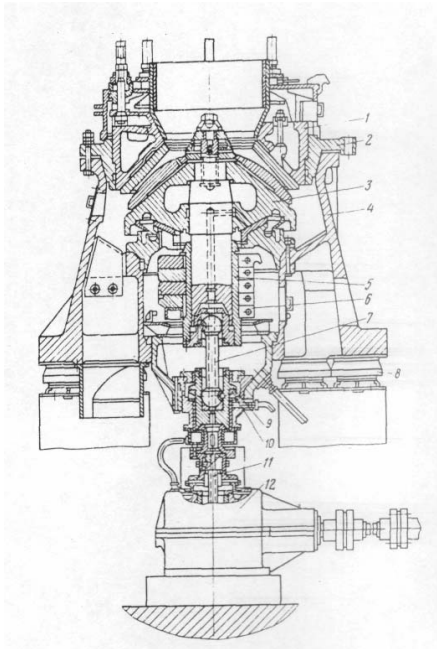
9.11 pav. Skaldos granulimetrinė sudėtis po trupinimo vidutinio ir smulkiojo trupinimo trupintuvuose esant skirtingam išbirimo angos pločiui 1 – 10 atitinkamai 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50 ir 60 mm.

Čia 9.11 pav. pateikta skaldos granulimetrinė sudėtis yra orientacinė, nes kūginių trupintuvų yra daug tipų, jų trupinimo kameros yra skirtingų formų ir skirtingai rumbuoti šarvai. Todėl gaunama šiek tiek skirtingos granulimetrinės sudėties skalda; skiriasi dalelių forma.

Skaldos dalelių geometrinė forma yra svarbus rodiklis. Nepageidaujama, kad skaldoje būtų daug plokščių dalelių. Plokščiomis laikomos tokios dalelės kurių storis 3 kartus mažesnis už ilgį, o pailgomis – kurių storis ir plotis 3 kartus mažesni už ilgį. Skaldos dalelių forma priklauso nuo trupintuvo tipo, uolienos struktūros, trupinimo laipsnio, išbirimo angos pločio, trupintuvo šarvų susidėvėjimo laipsnio, uolienos tiekimo į trupintuvą pastovumo ir kt.

### 9.4.3.3. Vibraciniai kūginiai trupintuvai

Vibraciniai kūginiai trupintuvai plačiau pradėti naudoti pastarąjį dešimtmetį. Jie gaminami kelių modifikacijų, kurios skiriamos pagal judamojo kūgio skersmenis: 300; 600; 900 ir 1750 mm. Šie trupintuvai nuo įprastinių skiriasi tuo, kad jų trupinimo laipsnis du tris kartus didesnis – apie 10–20. Jie naudojami smulkiajam trupinimui (žr. 9.12 pav.). Ypač tinka skaldyto smėlio gamybai ir žvirgždui trupinti.



9. 12 pav. Vibracinio kūginio trupintuvo schema:

- 1 – reguliavimo žiedas; 2 – nustatomasis žiedas; 3 – trupinimo kūgis;
- 4 – korpusas; 5 – ekscentriko guolis; 6 – ekscentrinis vibratorius;
- 7 ir 11 – rutuliniai guoliai; 8 – amortizatorius; 9 – tarpinis velenas;
- 10 – veleno atrama; 12 – reduktorius

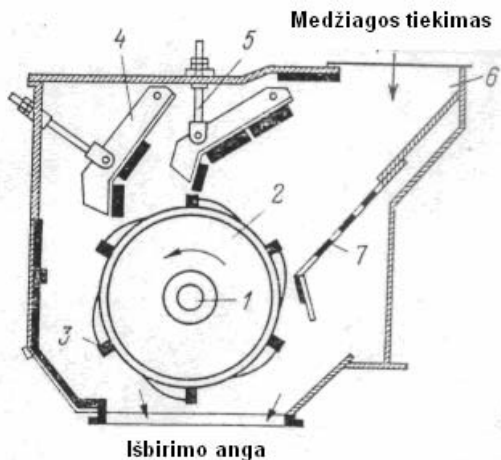
Veikimo principas pagrįstas tuo, kad judamojo kūgio apskritiminių virpesių vibraciją sukelia atitinkamos masės ekscentrikas, kuris skrieja 820 apsučių per minutę greičiu. Judamasis kūgis, dėl išcentrinės jėgos riedėdamas tokiu pat greičiu nejudamojo kūgio viduje, trupina tarp šių kūgių tiekiamą

medžiaga. 1750 mm skersmens kūgio našumas, trupinant iki 100 mm uolienos gabalus, yra apie 150 t/h.

Iš šio trupintuvo išbyra skalda, kurios dalelės artimos kubo formai. Tokia skalda labai gerai tinka įvairiam betonui ir asfaltui. Tačiau šiame trupintuve susidaro daug (iki 70 %) smulkių (0–5) mm dalelių. Todėl skaldos išėiga yra maža. Bet jeigu susidariusi smulki skaldelė racionaliai suvartojama, tai šie trupintuvai yra efektyvūs.

#### 9 4.4. Rotoriniai trupintuvai

Rotoriniai trupintuvai būna dviejų tipų: spragiliniai ir plaktukiniai. Spragilai prie rotoriaus tvirtinami standžiomis jungtimis, o plaktukai – per šarnyrus. Uolienos trupa daužomas spragilais arba plaktukais ir atsimušdamos į šarvuotas atmušimo plokštes, pritvirtintas prie korpuso. Dalelės iš dalies dar ir trinasi tarp savęs ir į šarvus. Rotorinius trupintuvus tikslinga naudoti nedidelio stiprumo (iki 120 MPa, pvz., dolomitui, kreidai ir pan.) medžiagoms trupinti, nes stiprios ir abrazyvios medžiagos labai dėvi spragilus arba plaktukus. Šie trupintuvai gali būti su vienu ir su dviem rotoriais. Vieno rotoriaus trupintuvai gali būti reversiniai, o dviejų rotorių – lygiagretaus (vieno laipsnio) ir nuoseklaus (dviejų laipsnių) trupinimo.



9.13 pav. Spragilinio ir plaktukinio trupintuvų schemas:

1 – spragilinis vienvelenis; 2 – spragilinis dvivelenis; 3 – plaktukinis vienvelenis; 4 – plaktukinis dvivelenis

Svarbiausi rotorinio trupintuvo parametrai yra rotoriaus skersmuo  $D_r$  ir ilgis  $L_r$ . Nuo jų parametų priklauso, kokio stambumo tiekiamos žaliavos gabalus galima sutrupinti ir trupintuvo našumas. Į vieno rotoriaus stambiojo trupinimo trupintuvus galima tiekti ne didesnius kaip  $(0,33 - 0,67) D_r$  gabalus, o į smulkiojo trupinimo trupintuvus – mažesnius kaip  $0,1 D_r$  gabalus. Rotoriaus ilgis būna  $(0,5 - 1,5)$  karto didesnis už jo skersmenį. Spragilų aukštis –  $(0,1 - 0,18) D_r$ .

Apskritiminis rotoriaus linijinis greitis apie  $(20 - 50)$  m/s. Priklausomai nuo trupintuvų paskirties juose prie rotoriaus būna pritvirtintos dvi, trys, keturios arba šešios eilės centriškai tarpusavyje subalansuotų spragilų arba plaktukų. Daug eilių spragilų arba plaktukų turintys trupintuvai naudojami vidutiniam arba smulkiajam uolienų trupinimui.

Trupintuvų korpusas kartu yra ir trupinimo kamera. Jos vidus iš visų pusių išklotas keičiamais šarvais. Kiekvieną rotorių gaubia lanko formos atmušimo plokštės arba juostiniai ardynai. Jų vienas kraštas šarnyriškai tvirtinamas prie korpuso, o antras – prie reguliavimo varžto, kuriuo ši plokštės kraštą galima priartinti prie rotoriaus arba nuo jo atitolinti. Reguluojamas tarpas tarp rotoriaus ir atmušimo plokščių įgalina atitinkamai padidinti arba sumažinti uolienų trupinimo laipsnį, o iš dalies ir skaldos granulimetrinę sudėtį. Kuo mažesnis tarpas, tuo smulkiau sutrupinama medžiaga ir tuo daugiau pridaužoma smulkiųjų dalelių. Nestambioms dalelėms netinka spragiliniai trupintuvai, nes daleles, kurių skersmuo artimas tarpui tarp spragilų ir atmušimo plokščių, spragilai tik nusviedžia į atmušimo plokštes, bet dėl mažos jų masės nepakankamai sutrupina. Smulkiasias daleles iš į trupintuvą tiekiamos medžiagos tikslinga atsijoti, o į trupintuvą tiekti tik stambesniausias. Taip padidinamas trupintuvo našumas ir efektyvumas.

Smulkiajam trupinimui geriau tinka plaktukiniai trupintuvai su fiksuotu tarpu tarp rotoriaus ir ardyno. Juose uolienų dalelės sutrupa nuo smūgių ir trinties tarp plaktukų ir ardyno.

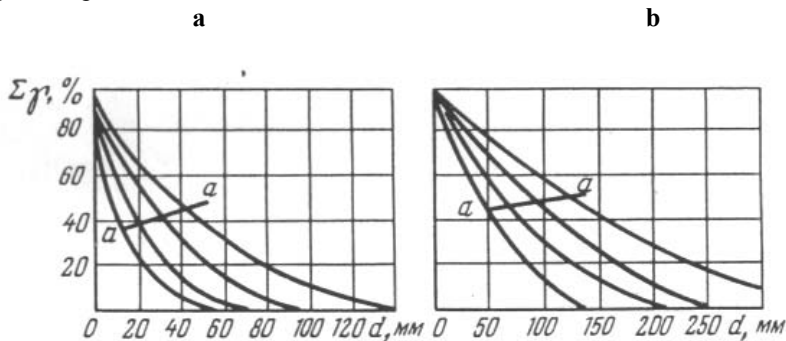
Rotoriniai trupintuvai labai efektyvūs taikant atrankinį uolienų trupinimo ir sijosimo metodą. Esant smūginiam trupinimui silpnesnės uolienos sutrupa gerokai smulkiau už stipresnes ir smulkiau negu trupinant žiauniniais arba kūginiais trupintuvais. Todėl atsijojant smulkias daleles, kartu atsijojama didžioji dalis silpnesniųjų dalelių, o ant sieto lieka stipresniosios. Be to, trupinant uolienas rotoriniais trupintuvais, gaunamų skaldos dalelių forma būna artimesnė kubelių formai. Plokščių ir pailgų dalelių skaldoje lieka ne daugiau kaip  $(10-15) \%$ , t. y. daugiau kaip du kartus mažiau negu skaldoje, skaldytoje žiauniniais arba kūginiais trupintuvais.

Tačiau reikia žinoti, kad didinant rotoriaus linijinį greitį ir mažinant tarpą tarp spragilų (arba plaktukų) ir atmušimo plokščių (arba ardynų), darbiniai paviršiai dėvisi daug smarkiau. Jie taip pat labai greitai dėvisi, jei uolienose yra



labai kietų (abrazyvių) mineralų, pvz., kvarco. Kvarco kiekiui uolienose padidėjus nuo 5 % iki 100 %, spragilai sudyla iki 90 kartų greičiau.

Skaldos granulimetrinė sudėtis paprastai prognozuojama pagal jau dirbančių to tipo rotorinių trupintuvų analogiją arba duomenys imami iš žinyuose pateiktų empiriškai sudarytų lentelių ir grafikų, kaip žiauninių ir kūginių trupintuvų.



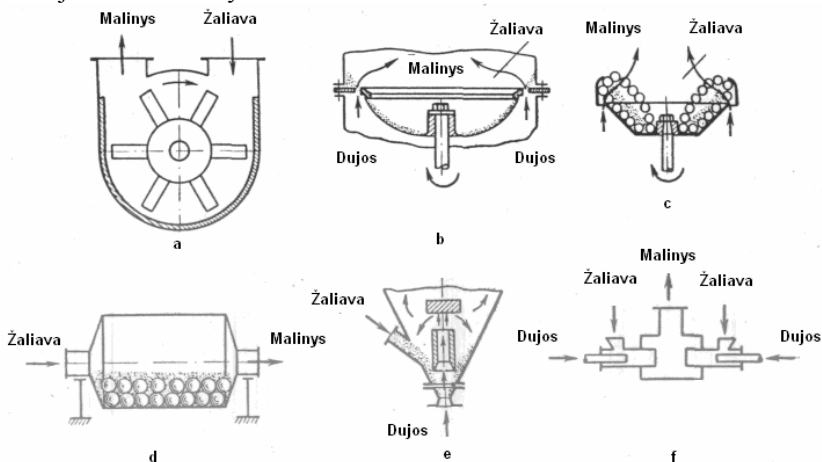
9.14 pav. Skaldos granulimetrinės sudėties grafikai po trupinimo rotoriniuose trupintuvuose priklausomai nuo uolienos stiprumo:  
a – kai  $D_{\max}$  120 mm; b – kai  $D_{\max}$  250 mm

Neseniai gamyboje pradėti naudoti naujo tipo rotoriniai trupintuvai su vertikaliuoju rotoriumi. Jie skirti minkštomis uolienoms (mergeliams, klinčiais, kreidai ir pan.) trupinti. Dalelių trupinimo procesas yra nuosekliai didėjantis medžiagai leidžiantis žemyn. Šio tipo trupintuvai naudojami, kai po trupinimo medžiaga toliau dar malama.

## 9.5. Malimas

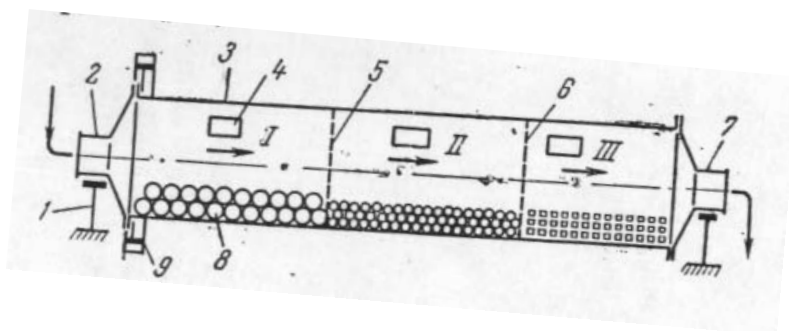
Maltų uolienuų statybinių medžiagų pramonėje naudojama vis daugiau, nes atsirado poreikis gaminti naujo tipo medžiagų: mikroužpildus, glaistus, dažus, statybinius klijus ir pan. Taip pat daug jų kaip komponentų dedama į kitas statybines medžiagas: cementą, kalkes, silikatinės medžiagas, asfaltą, keramiką, stiklą, metalus ir kt. Uolienuų miltams dažnai sunaudojamos nerūdinių medžiagų arba specialiai paruoštos pramonės mineralinės atliekos. Betono, skiedinio ir kitokie mikroužpildai gali būti malami su rišamosiomis medžiagomis – cementu, kalkėmis, gipsu ir kt. Į tokį mišinį kartu su rišamosiomis medžiagomis gali būti dedama įvairių priedų: plastiklių, inhibitorių, ir kitokių mišinius modifikuojančių ir medžiagų savybes gerinančių priedų.

Uolienu malimas yra labai svarbi ir energijos imli operacija. Todėl ieškoma įvairių būdų energijos sąnaudoms sumažinti: kuriami efektyvių konstrukcijų malūnai, sudaromi skirtingo stiprumo malamų medžiagų mišiniai, uždari malimo ciklai, kad kuo greičiau iš malūno būtų pašalinama sumaltos medžiagos dalis ir kt. Malant skirtingo stiprio medžiagų mišinį, kietesnės medžiagos dalelės padeda smulkinti minkštesnės medžiagos daleles, todėl padidėja malimo efektyvumas.



9.15 pav. Malūnų schemas:

- a – plaktukinio; b – išcentrinio; c – išcentrinio-rutulinio; d – būgninio;  
e – pneumatinio; f – srovinio

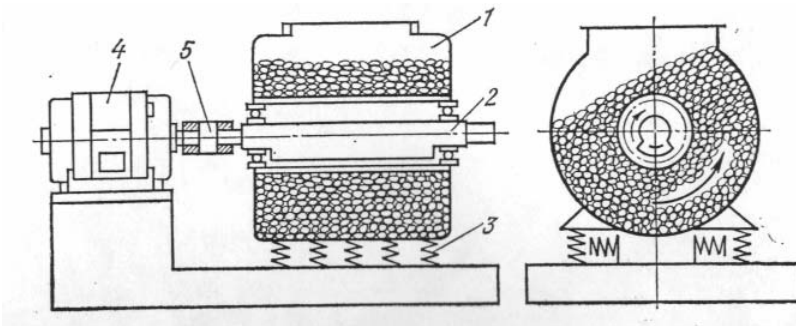


9.16 pav. Rutulinio trijų kamerų malūno schema:

- 1 – atrama; 2 – pakrovimo kaklas su anga; 3 – būgnas; 4 – anga; 5 ir 6 – diafragmos; 7 – iškrovimo kaklas su anga; 8 – malimo kūnai; 9 – pavara

Malūnų konstrukcijos pritaikomos atsižvelgiant į malinio paskirtį ir gamybos sąlygas: reikalingą našumą, sumalimo smulkumą, į malūną tiekiamos medžiagos savybes ir stambumą. Malamą medžiagą dažnai reikia apsaugoti nuo užteršimo, nes malant kietas medžiagas dėvėsi malimo kūnai ir malūno korpusas. Gaminant spalvotąjį cementą, keramiką ir kitas grynų spalvų medžiagas, tenka atsakyti plieninių malimo kūnų, nes nuo jų į malinį gali patekti geležies, o ši su vandeniu gali sudaryti rūdžių, kurios gali suteikti gaminiui rusvą atspalvį.

Į malūnus gali būti tiekiamos iki 20 mm skersmens medžiagos dalelės. Sumaltų medžiagų dalelių smulkumas nustatomas pagal reikalą – gali būti apie (0 – 50)  $\mu\text{m}$ . Malinio smulkumas paprastai įvertinamas liekana ant kontrolinio (tam tikro tankumo) sieto arba dalelių savituoju paviršiumi, kuris tikrinamas malimo metu ir matuojant ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ) tam tikslui skirtu Bleino prietaisu.



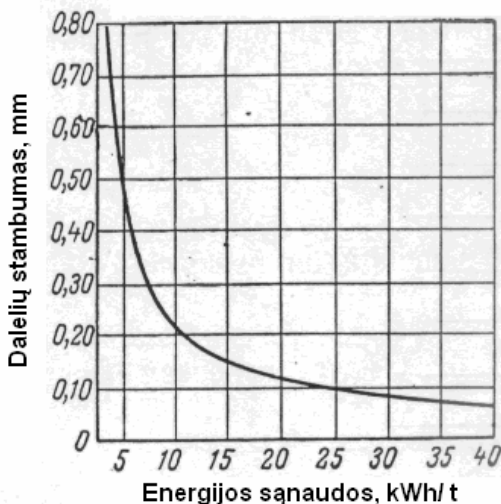
9.17 pav. Vibracinis malūnas:

- 1 – korpusas; 2 – ekscentrinis velenas; 3 – spyruoklės; 4 – variklis;  
5 – lanksčioji mova

Norint valdyti malimo procesą, reikia žinoti jo kinetiką. Malimo kinetika apibūdina dalelių smulkėjimo malūne proceso dėsningumą laiko atžvilgiu ir išreiškiama dalelių, tam tikrais periodais paimtų iš malūno, stambumo bandymu sijojant per kontrolinį sieta. Kontrolinio sieto akelių matmenys turi būti tokie kaip stambiausių reikiamų malinio dalelių, t. y. per jį turi prasisijoti ne mažiau kaip 95 % iš malinio paimtos sijoti medžiagos.

Malimo kinetikos nustatymas turi praktinę reikšmę. Kontrolinio malimo metu tam tikrais laiko tarpais iš malūno imamas malamos medžiagos bandinys, sijojamas per kontrolinį sieta ir registruojami dalelių smulkumo bandymo rezultatai. Pasiekus reikiamą malinio smulkumą, bandymas nutraukiamas ir sudaromas malimo kinetikos grafikas. Toks grafikas gali būti sudaromas ir periodiškai matuojant dalelių savitąjį paviršių. Tačiau sijojimo metodas yra

paprastesnis ir pakankamai tikslus, išskyrus tuos atvejus, kai sumalta medžiaga sunkiai siojama, t. y. kai yra labai smulki arba limpa prie sieto. Tokio grafiko pavyzdys pateiktas 9.18 pav.



9.18 pav. Malimo kinetikos ir energijos sąnaudų grafiko pavyzdys

Naudojantis malimo kinetikos grafikais, galima nustatyti būdų ir malūnų efektyvumą, energijos sąnaudų poreikį, malimo trukmę ir kt. Malimo kinetikai įvertinti V. Tovarovas siūlo analitinį metodą:

$$R_t = R_0 \cdot \exp(-k \cdot t^m); \quad (9.18)$$

čia  $R_0$  – liekana ant kontrolinio sieto prieš siojimą, %;  
 $R_t$  – liekana ant kontrolinio sieto po tam tikros malimo trukmės, %;  
 $t$  – malimo trukmė, min.  
 $k$  ir  $m$  – koeficientai, nustatomi eksperimentiškai skirtingiems malūnams ir skirtingoms medžiagoms.

Koeficiento  $m$  vertė per visą malimo trukmę yra nevienoda ir tai apsunkina naudoti šią formulę. Specialioje literatūroje galima rasti ir kitokių metodų malimo kinetikai įvertinti.

Uolienos dažniausiai malamos rutuliniais malūnais. Jų lyginamąjį našumą galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$q = m/(V \cdot t); \quad (9.19)$$

čia  $q$  – malūno lyginamasis našumas,  $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ h})$ ;  
 $m$  – medžiagos masė,  $\text{kg}$ ;  
 $V$  – sumaltos medžiagos tūris,  $\text{m}^3$ ;  
 $T$  – malimo trukmė,  $\text{h}$ .

Medžiagos malumas įvertinamas malumo koeficientu. Jis išreiškiamas tiriamosios medžiagos malimo lyginamojo našumo santykiu su etaloninės medžiagos malimo lyginamuoju našumu:

$$k_m = q_m / q_e; \quad (9.20)$$

čia  $k_m$  – malumo koeficientas;  
 $q_m$  – tiriamosios medžiagos lyginamasis našumas,  $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ h})$ ;  
 $q_e$  – etaloninės medžiagos lyginamasis našumas,  $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ h})$ .

Medžiagos gali būti malamos atviru ir uždaru ciklu. Atviru ciklu paprastai dirba periodinio veikimo malūnai, o uždaru – tolydinio. Kai malama tolydinio veikimo (uždaru ciklu) malūnais, iš malinio nuolat šalinamos sumaltos smulkiosios dalelės. Šitaip padidinamas malūno našumas ir sumažinamos energijos sąnaudos produkcijos vienetui sumalti.

Sumaltos medžiagos dalelių granulimetrinės sudėties kreivė artima statistikoje žinomai normaliojo pasiskirstymo kreivei. Malinio granulimetrinė sudėtis nustatoma iš jo paimtą bandinį sijoiant per standartinių sietų rinkinį arba taikant kitus frakcijų atskyrimo metodus – sedimentaciją skysčiuose arba pneumatinių nusodinimą oro sraute ir kt.

Kai medžiagą reikia sumalti ypač smulkiai, naudojami vibraciniai ir sroviniai malūnai.

## 10. MEDŽIAGŲ SIJOJIMAS IR SODRINIMAS

### 10.1. BENDROSIOS ŽINIOS

Gamtinės biriosios akmens uolienos – žvyras, smėlis ir skalda paprastai būna sudarytos iš labai įvairaus stambumo dalelių. Prieš naudojant ir net prieš perdurbant, tokią žaliavą pagal dalelių stambumą sijoiant arba klasifikuojant kitokiais būdais būtina suskirstyti į atskiras frakcijas arba frakcijų mišinius. Dažnai iš žaliavos reikia pašalinti molio, dulquio arba kitokias kenksmingas priemaišas (silpnas daleles, augalų liekanas, metalo nuolaužas ir pan.).

Atsižvelgiant į gamybos reikalavimus ir perdurbamų medžiagų savybes, plačiausiai taikomi tokie klasifikavimo ir sodrinimo būdai: mechaninis, hidraulinis, pneumatinis, elektromagnetinis.

Sijotuvai skirstomi į nejudamuosius ir judamuosius. Nejudamieji yra plokštieji ardynai ir vertikalieji kūginiai sijotuvai, o judamieji – vibraciniai, būgniniai sukamieji ir diskiniai.

### **10.1.1. Mechaninis klasifikavimas**

Mechaninis klasifikavimas apima visus sijojimo būdus ir kitokius mechaninio skirstymo į frakcijas arba tam tikro stambumo dalelių atskyrimo metodus. Plačiausiai taikomas sijojimo metodas. Rečiau uolienu gabalai atskiriami pagal skirtingą jų stambumą, tankį, trintį į įrenginio darbinį paviršių, inercijos jėgą ir pan. Biriosios uolienos gali būti sijojamos per nejudamus sietus – ardynus arba naudojant įvairių tipų sijotuvus, kuriuose gali būti lygiagrečiai arba nuosekliai sudėti keli sietai. Sijojant tokiais sijotuvais gaunama dvi arba daugiau dalelių frakcijų. Jų visada būna viena daugiau, negu sijotuve yra sietų. Frakcijų dalelių stambumas priklauso nuo sietų akelių matmenų ir formos.

Uolienu daleles galima klasifikuoti panaudojant jų nevienodas savybes, pvz., dalelės riedėdamos pasvirusia plokštuma arba skriedamos dėl joms suteiktos inertinės jėgos, įgauna skirtingą pagreitį: stambesniosios nuo plokštumos nuskrieja toliau, o smulkesniosios nukrinta arčiau. Tam tikru atstumu nuo darbinės plokštumos pastačius vertikalią pertvarą, gaunamos dviejų frakcijų medžiagos. Panašiai klasifikuojama pagal dalelių atšokimą nuo besisukančio būgno: kietos dalelės, atsimušusios į būgną, nušoka toliau, o minkštos – arčiau. Klasifikavimo pagal stambumą ir stiprumą būdai nėra tikslūs, tačiau labai paprasti, sunaudoja mažai energijos, todėl kai kuriais atvejais apytiksliam klasifikavimui gali būti taikomi.

### **10.1.2. Hidraulinis klasifikavimas**

Hidraulinis klasifikavimas – tai biriųjų medžiagų klasifikavimas vandens arba kitokio skysčio srovėje. Hidrauliniame klasifikavime naudojami įvairių tipų hidrauliniai klasifikatoriai, kurių veikimo principas pagrįstas nevienodu dalelių judėjimo greičiu tekančio skysčio srovėje. Šiuo principu medžiagas galima suklasifikuoti pagal stambumą (klasifikuojant vienodo tankio daleles) arba pagal tankį (klasifikuojant vienodo stambumo daleles).

### **10.1.3. Pneumatinis klasifikavimas**

Pneumatinis klasifikavimas kartais vadinamas separacija – tai medžiagos dalelių suskirstymas pagal stambumą arba pagal tankį oro srovėje. Šis būdas gali būti taikomas tik sausoms medžiagoms klasifikuoti, ypač smulkioms dalelėms suskirstyti frakcijomis arba išskirti iš mišinio. Gerai tinka dalelėms, smulkesnėms kaip 100  $\mu\text{m}$ , nes tokio stambumo daleles labai sunku sijoti. Oro

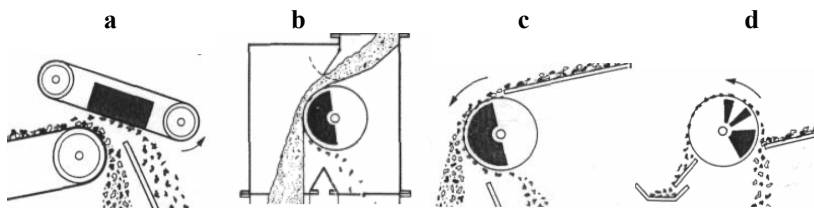
separacija ypač tinka nuolatinio veikimo, uždaro ciklo malūnuose sumaltoms dalelėms ištraukti iš malūno ir surinkti į talpykles. Jas nuolat šalinant iš malinio, malūno našumas padidėja iki 25 %. Kartu šis pneumatinis principas gali būti naudojamas smulkioms dalelėms transportuoti vamzdžiais.

Kartais oro srove galima apytiksliai suklasifikuoti ir stambesnes daleles, pvz., iš smulkaus žvyro oro srove galima išskirti dalį smėlio ir gauti stambesnę – tinkamą naudoti žvirgždo ir smėlio mišinį.

#### 10.1.4. Elektromagnetinis klasifikavimas

Elektromagnetinis klasifikavimas taikomas, kai iš biriųjų medžiagų srauto reikia pašalinti metalo nuolaužas arba iš mišinio išskirti geležies junginius, kurie gali pakenkti technologiniam procesui. Reikiamos galios elektromagnetai pakabinami virš tiektuvų tokia aukštyje, kad iš slenkančio medžiagos srauto pajėgtų pritrukti išimagnetinančias medžiagas. Šitaip apsaugojami technologiniai įrenginiai, kad jų nesugadintų į medžiagas atsitiktinai patekę plieniniai daiktai.

Elektromagnetiniame lauke nusodinamos dulkės oro valymo įrenginiuose – elektromagnetiniuose filtruose. Daug dulkių susidaro trupinant ir klasifikuojant sausas uolienas. Apsaugant aplinką nuo taršos dulkėmis, gamyklose įrengiamos aspiracinės sistemos, kuriose surenkama daug akmens dulkių. Šios dulkės šiek tiek perdirbtos arba ne, gali būti panaudojamos kaip mikroužpildas. Elektromagnetinis principas kartais naudojamas medžiagoms klasifikuoti.

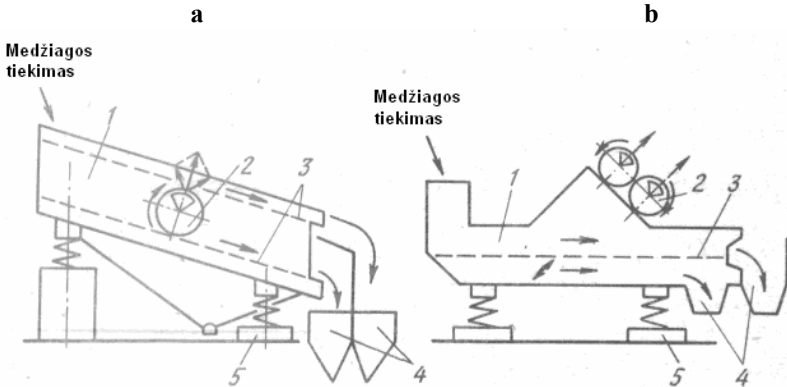


10.1 pav. Elektromagnetinio klasifikavimo schemas:

- a – magnetas su judančia juosta virš transporterio juostos;
- b ir c – magnetas besisukančiame būgne po medžiagos srautu;
- d – magnetas, įrengtas besisukančiame būgne greta medžiagos srauto

## 10.2. SIJOJIMAS

Nerūdinių medžiagų pramonėje uolienuų sijojimas yra viena iš svarbiausių operacijų. Žvyro karjeruose sijojimas sudaro iki 30 % visų perdirbimo išlaidų. Pagal paskirtį yra keli sijojimo etapai: paruošiamasis (kartais tarpinis), klasifikuojamasis, kontrolinis ir atrankinis.



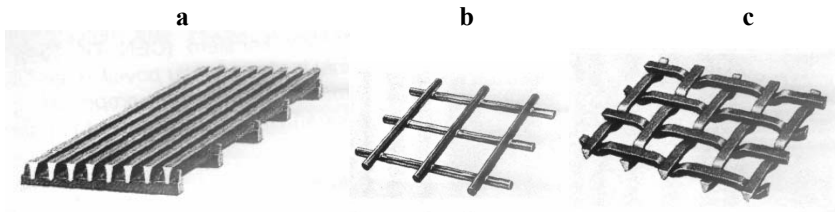
10.2 pav. Sijotuvų kinematinės schemas:

- a – išcentrinis vibracinis, b – kryptingų virpesių vibracinis;  
1 – sijotuvo dėžė, 2 – vibracinis mechanizmas, 3 – sietai,  
4 – produkcijos kaupikliai, 5 – atramos

### 10.2.1. Paruošiamasis sijojimas

Paruošiamasis sijojimas kartais vadinamas pirminiu sijojimu. Jo paskirtis yra dvejopa: pirmoji – iš žaliavos atskirti per didelius gabalus, kad jie nesugadintų pirminio perdirbimo įrenginių, ir antroji – perskirti žaliavos srautą, kad dalį jo galima būtų nukreipti į tam tikrus įrenginius perdirbti, pvz., gamtinis žvyras perskiriamas į dvi dalis taip, kad trupintina frakcija būtų nukreipiama į trupintuvą, o smulkesnė – į sijotuvus ir ten pagal reikalą klasifikuojama į atskiras žvirgždo ir smėlio frakcijas. Paruošiamasis sijojimas yra apytikslis ir jam naudojami įvairių konstrukcijų ardynai 10. 3 pav.





10.3 pav. Ardynų schemas:

a – juostinis, tarpai tarp strypų (25 – 100) mm; b – suvirintas iš (4 – 20) mm strypų, akelės (10 – 200)mm; c – pintas iš (2,5 – 16) mm strypų, akelės (5 – 100)mm

Šio tipo ardynai naudojami kaip sijotuvai-tiektuvai. Kai tiektuvai gali būti naudojami sunkieji sijotuvai, kuriuose vietoj sieto yra įstatytas iš vertikalių plieninių juostų pagamintas ardynas.

### 10.2.2. Klasifikuojamasis sijojimas

Klasifikuojamasis sijojimas skirtas žvyriui, smėliui ir skaldai suskirstyti į prekinės frakcijas, kurios atskirai sandėliuojamos ir realizuojamos vartotojams. Šiam sijojimo etapui keliama dideli reikalavimai, nes pagaminta produkcija turi atitikti standartus. Pagal poreikį į sijotuvus sudėtais sietais galima reguliuoti produkcijos granulimetrinę sudėtį. Nerūdinės medžiagos dažniausiai sijoja vidutinio sunkumo ir lengvaisiais vibraciniais sijotuvais.

Aptarsime kai kuriuos labai svarbius klasifikuojamojo sijojimo apibrėžimus ir ypatumus, kurie plačiausiai naudojami standartuose ir literatūroje. Kitus sijojimo būdus galima suvokti kaip analogiškus.

Sijojimo metu kiekvienas sietas perdirbamosios medžiagos srautą dalija į dvi dalis. Ant sieto likusi medžiaga vadinama viršsietine, arba aukštesnės klasės, o išbirusi per sietą – posietine, arba žemesnės klasės. Šiuo atveju klasės suprantamos labai sąlygiškai – ne pagal kokybę, bet tik pagal stambumą: – aukščiau sieto – stambesnė, o žemiau sieto – smulkesnė. Praktikoje per vieną sijojimo stadiją švariai išsijoti būna sunku. Pakartotinai sijojant laboratoriniais sietais, viršsietinėje medžiagoje dažnai aptinkama posietinių dalelių, o posietinėje – viršsietinių. Kai posietinėje medžiagoje randama viršsietinės medžiagos dalelių, gali būti arba prakiuręs, arba nesandariai įdėtas, arba labai susidėvėjęs sietas. Viršsietinėje medžiagoje posietinės medžiagos dalelių lieka, tais atvejais, kai sijoja medžiagos sluoksnis ant sieto yra per storas arba kai per trumpas sietas, todėl smulkesnės dalelės negali arba nespėja išbirti.

Išsijojimo švarumas nusako sijojimo kokybę ir išreiškiamas tokiu santykiu:

$$E = (B / A) \cdot 100 ; \quad (10.1)$$

čia  $E$  – išsijojimo švarumas, %;  
 $B$  – per sietą išbirusių dalelių masė, kg;  
 $A$  – per sietą galėjusių išbirti dalelių masė, kg.

Normaliai sijojant per sietą galėjusių išbirti dalelių visada būna daugiau negu išbirusių. Išsijojimo švarumas priklauso nuo daugelio veiksnių: sieto pasvirimo kampo, ant sieto tiekiamos sijoti medžiagos sluoksnio storio, sieto tipo ir tankumo, sijojamos medžiagos stambumo, dalelių formos, granulimetrinės sudėties ir drėgnumo, sijotuvo vibracijos parametru ir kt. Pirminio sijojimo švarumas neviršija 75 %. Klasifikuojamojo sijojimo stadijoje turi būti pasiekiamas iki 95 %, (kartais leistinas iki 90 %) išsijojimo švarumas. Jei produkcijos išsijojimo švarumas būtų mažesnis, tai ji neatitiktų standartų reikalavimų. Kai produkcijai nekeliama išsijojimo kokybės reikalavimai, gamintojas tik deklaruoja medžiagos fracinę sudėtį.

Reikia atkreipti dėmesį į tai, kad, skirstant medžiagą į frakcijas, kinta jų piltinis tankis. Dalelių frakcijų mišinio piltinis tankis visuomet yra didesnis už vienos frakcijos dalelių medžiagos piltinį tankį. Kuo siauresnė dalelių frakcija (dalelės vienodesnio dydžio), tuo mažesnis jos piltinis tankis, nes didesnis jos tuštymėtumas. Eksperimentais nustatyta, kad mišinį perskyrus į dvi frakcijas, visų dalelių užimamas tūris padidėja (7–10) %, perskyrus į tris frakcijas – (10–15) %, į keturias – (14–20) % ir t. t. Vienos frakcijos nesutankintų dalelių medžiagos tuštymėtumas būna apie 45 %, o sutankintų – apie 36 %. Birių medžiagų tuštymėtumas labai smarkiai kinta. Jis priklauso nuo dalelių stambumo, formos ir ypač nuo drėgnumo.

Sijojant žvyrą arba skaldą ant vibruojančiojo sieto, medžiagos sluoksnyje dalelės persiskirsto (stratifikuoja). Medžiagos srautas, slinkdamas pasvirusio sieto plokštuma, nuosekliai ir intensyviai sijojamas. Pirmiausia smulkios mišinio dalelės (mažesnės kaip pusė sieto akelės matmens), veikiamos vibracijos ir savojo svorio jėgos, pralenda pro stambesnes ir pirmosios išbyra per sietą. Iki sieto vidurio diduma per jį galėjusių išbirti dalelių išbyra. Nuo sieto vidurio iki jo galo byra tik sunkiai galinčios išbirti dalelės, t. y. tokios, kurių skersmuo yra didesnis kaip 0,8 sieto kvadratinų akelių matmens.

Eksperimentais nustatyta, kad sunkiau išsisijoja aštriabriaunės dalelės. Jose lieka iki 30 % gretimų frakcijų dalelių – smulkesnių ir stambesnių. Plokščią smulkių dalelių patenka į stambias, o storų pailgų – į smulkias. Tokiu atveju „siauros“ frakcijos dalelių sąvoka yra labai sąlygiška. Kuo daugiau skaldoje

plokščių dalelių, tuo ji faktiškai yra smulkesnė. Į tai turėtų atkreipti dėmesį skaldos vartotojai.

### **10.2.3. Kontrolinis sijojimas**

Kontrolinis sijojimas atliekamas, kai norima realizuoti ilgai sandėlyje gulėjusią arba dėl kokių nors priežasčių standartų neatitinkančią produkciją, pvz., blogai sandėliuojant susimaišusios frakcijos, užteršta dulkėmis arba kitokiomis priemaišomis ir pan. Jei produkcijos kokybė sugadinta tarpinėje realizavimo aikštelėje, tai kontroliniam sijojimui į tą aikštelę gali būti nuvežti kilnojamieji sijojimo agregatai.

### **10.2.4. Atrankinis sijojimas**

Atrankiniu sijojimu iš uolienų mišinio išskiriamas tam tikras komponentas, pvz., silpnos dalelės, gabalinis molis ir pan. Kai žaliavinės uolienos užterštos gabaliniu moliu, šie molio gabalai trupintuvuose susiploja į vadinamuosius „paplėtėlius“. Prie šių „paplėtėlių“ dar prilimpa smulkių uolienos dalelių ir jų skersmuo tampa didesnis nei gaminamos produkcijos dalelių. Parinkus ir į sijotuvą įdėjus atitinkamo tankumo sietą, tokius „paplėtėlius“ galima atskirti iš produkcijos ir taip pagerinti jos kokybę. Deja, ne visuomet tai pasiseka, nes molio gabalai gali būti įvairios sudėties ir po trupinimo molio ir kietų dalelių agregatai pagal skersmenį gali būti artimi skaldos dalelėms.

Atrankinis sijojimas gali būti taikomas kartu su atrankiniu trupinimu, kai norima iš skaldos išskirti silpnus intarpus. Silpnosios dalelės smulkiau sutrupa ir išbyra per sietus. Atrankinis sijojimas taikomas po pirminio arba po antrinio trupinimo, o kartai ir po abiejų.

## **10.3. SIJOTUVAI**

### **10.3.1. Plokštieji ardynai**

Plokštieji ardynai naudojami pirminiam žaliavos sijojimui. Jie būna pasvirę  $35^{\circ}$  –  $45^{\circ}$  kampų. Ant jų supilta medžiaga, byrėdama pasvirusia plokštuma dėl gravitacinės jėgos, išsisijoja. Ardynai daromi stiprūs, kad apsaugotų trupintuvus arba sijotuvus nuo per stambių gabalų, kurie, turėdami didelę masę ir didelę inercijos jėgą, gali sugadinti įrenginius. Be to, jie transporto arba kitomis priemonėmis tiekiamas žaliavos porcijas suformuoja į srautą ir tą srautą padalija į du srautus – stambių gabalų, kurie nurieda nuo ardyno viršaus, ir smulkesnių dalelių, kurios išbyra per ardyną. Keičiant juostinio ardyno tarpų tarp juostų plotį arba suvirinto tinklo akių matmenis, atitinkamai keičiami stambiųjų ir smulkiųjų dalelių srautai. Šitaip galima reguliuoti ir optimizuoti trupintuvų ir

sijotuvų apkrovimą, pvz., jei ardymas tankesnis, tai daugiau medžiagos bus nukreipta į trupintuvą ir kartu mažiau – į sijotuvą, o įrengus retesnę ardymą bus atvirkščiai.

Ardymai netinka smulkioms medžiagoms skirstyti į frakcijas. Per ardymus smulkios dalelės sunkiai byra, ypač jei jos drėgnos. Tačiau juos tikslinga naudoti, kai smulkios medžiagos tiekiamos iš hidromechanizacijos mašinų arba vamzdinio pulpos pavidalu. Vandens srautas nuo ardymo viršaus nuneša stambias daleles, o tekėdamas per ardymą, išneša smulkias daleles į vandens atskyrimo įrenginius.

Plokštieji ardymai gaminami iš profilinio plieno (kampuočių, tėjinių arba dvitėjų profilių, apskritų lygių arba armatūrinio plieno strypų), o juostiniai – iš storų plokščiojo plieno juostų. Kad sijojama medžiaga nestrigtų tarp ardymo juostų, jos gaminamos ir sudedamos taip, kad tarpai tarp jų apatinėje pusėje būtų platesni. Ardymai turi būti pakankamai stiprūs, nes ant jų tiesiai arba per tiektuvą patenka dideli koncentruoti krūviai. Be to, akmenys ant ardymo krenta iš tam tikro aukščio, todėl smūginių apkrovų veikiamas ardymas sparčiau dėvisi.

Ardymo plotas, reikalingas tiekiamos medžiagos srautui persijoti, gali būti apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$A = Q / (2,4 \cdot a); \quad (10.2)$$

čia  $A$  – reikalingas ardymo plotas, m<sup>2</sup>;  
 $Q$  – technologinės linijos našumas, t/h;  
 $a$  – tarpo plotis tarp ardymo juostų (strypų), m.

Nerūdinių medžiagų gamyklose pirminio skyrimo ardymai ilgis būna apie (2,4 – 4) m ilgio. Paprastai jų ilgis būna dvigubai didesnis už plotį. Tarpai tarp juostų būna apie (70–200) mm. Kai žaliava ant ardymo tiekama plokšteliniu tiektuvu, ardymo plotis turi būti ne mažesnis už tiektuvo juostos plotį.

### **10.3.2. Vibraciniai sijotuvai**

#### **10.3.2.1. Bendrosios žinios**

Vibraciniai sijotuvai plačiausiai naudojami nerūdinių medžiagų pramonėje visose sijojimo stadijose. Pagal vibracijos sužadavimo būdą jie skirstomi į keturias grupes: giraciniai (ekscentriniai), inerciniai, susibalansuojantieji (svyruojantieji) ir rezonansiniai.

Įvairių tipų sijotuvų konstrukcijos yra panašios. Visų sijotuvų svarbiausias darbo elementas yra standus, svyruojantis dėžės formos rėmas, paremtas ant tvirto pagrindo per spyruoklinius amortizatorius. Šiame rėme yra įtvirtinami vienas, du arba trys tam tikro tankumo keičiamieji sietai, išdėstyti vienas virš kito, o kartais kai kurie – nuosekliai. Rėmo vibracijos sužadina ekscentrinis

velenas arba tam tikros masės ekscentrikas, privirtintas ant besisukančios ašies. Priklausomai nuo paskirties ir tipo sijotuvai gali būti sunkieji, vidutinio sunkumo ir lengvieji. Sunkiuosiuose yra įrengtas juostinis ardymas. Jie skirti stambiems uolienų gabalams (iki 1300 mm) ir sunkioms uolienoms (pvz., metalų rūdoms) sijoti. Vidutiniai turi po du sietus ir yra skirti antriniam (0–150) mm dalelių sijojimui, dažniausiai didelio našumo nerūdinių medžiagų arba rūdos perdirbimo gamyklose. Lengvieji gali turėti du arba tris sietus. Jie skirti antriniam ir klasifikuojamajam (trečiniam) nerūdinių medžiagų sijojimui. Sijotuvų svoris atitinka konstrukcijų metalo masę ir konstrukcijų standumą. Sunkiesiems sijotuvams vibruoti sunaudojama daugiau elektros energijos.

Sijojimo našumą ir kokybę reikia optimizuoti atsižvelgiant į sijojamos medžiagos savybės ir ant sietų tiekiant optimalų medžiagos srautą. Tiekiamos medžiagos sluoksnis ant sieto turėtų būti ne storesnis kaip  $3 d_r$  (čia  $d_r$  – ribinis atskiriamųjų dalelių skersmuo). Sijojant smulkių frakcijų (0–4) mm ir granitinės skaldelės (1–3) mm daleles, sluoksnio storis turėtų būti ne didesnis kaip  $2 d_r$ . Tinkamai reguliuojant sijojamos medžiagos sluoksnio storį, pasiekiamas optimalus našumas ir išsijojimo švarumas. Be to, sijojant smulkias medžiagas plonu sluoksniu, reikėtų parinkti platesnius, bet trumpesnius sijotuvus, nes, esant plonam sluoksniui, aktyviai sijojanti sieto dalis sutrumpėja (30-50) %.

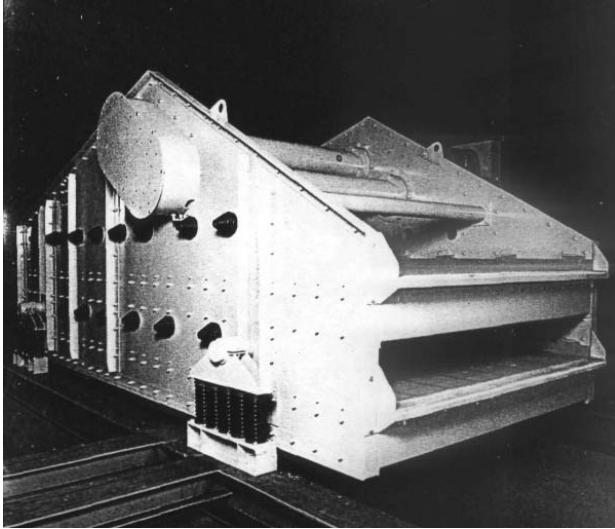
Sijotuvų vibracijos parametrus – dažnį ir amplitudę tikslinga parinkti pagal sijojamos medžiagos stambumą, pateiktą 10.1 lentelėje:

10.1 lentelė. Sijotuvų vibracijos parametrai

Dalelių frakcija, mm	Vibracijos dažnis, min <sup>-1</sup>	Vibracijos amplitudė, mm
16 – 32	700 – 1000	6 – 8
4 – 8	1000 – 1200	2 – 4
0,5 – 1,5	3000	1 – 1,5

### 10.3.2.2. Susibalansuojantieji sijotuvai

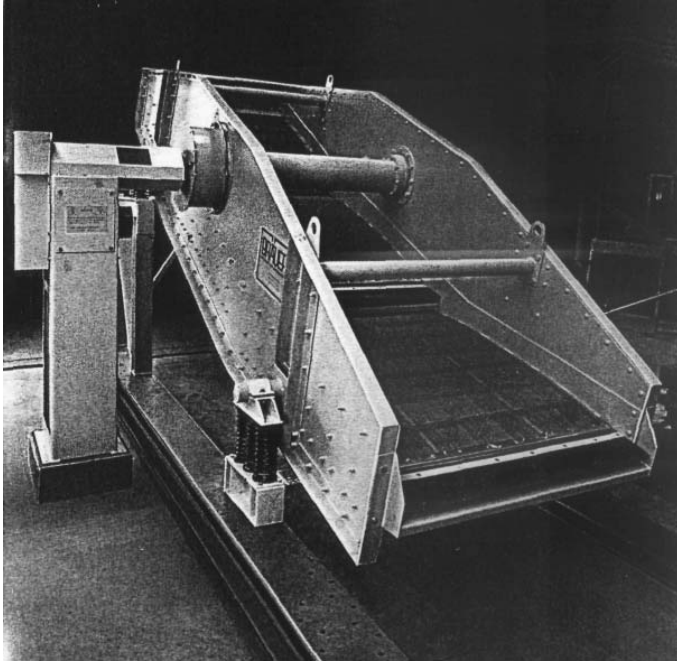
Elektros energijos taupymo sumetimais nerūdinių medžiagų perdirbimo pramonėje vis plačiau naudojami susibalansuojantieji sijotuvai. Sijotuvuose yra vienas arba du pasvirę ( $2 \times 5$ ) m ploto sietai. Jų virpėjimo amplitudė – linijinė (8,5 – 10) mm, dažnis – 750 min<sup>-1</sup>. Prie šių sijotuvų tvirtinami du priešingomis kryptimis besisukantys velenai su pritvirtintais ekscentrikais. Šių velenų apskokos suderintos taip, kad sutaptų ekscentrikus sužadinti jėga. Taip gaunama 35° iki 55° kampu nukreipta amplitudė. Dėl sukeltos vibracinės jėgos medžiagos dalelės šokinėja ant sieto ir greičiau per jį išbyra. Jais galima sijoti iki 100 mm stambumo uolienas. Šio tipo sijotuvai dažniausiai montuojami kilnojamosiose technologinėse linijose ant važiuoklių.



10.4 pav. Kryptingų virpesių (susibalansuojančiojo) sijotuvo schema

### 10.3.2.3. Rezonansiniai sijotuvai

Rezonansiniai sijotuvai geriausiai tinka, kai įvairaus stambumo dalelių mišinį reikia suskirstyti į daug siaurų frakcijų. Šių sijotuvų sietų judamasis rėmas pritvirtintas lingėmis prie standaus pagrindo ir vibruoja rezonansiniu dažniu, t. y., vibracinio mechanizmo sukeltų priverstinių svyravimų dažnis sutampa su judamojo rėmo dažniu. Toks sijotuvus sunaudoja gerokai mažiau energijos negu kitų tipų sijotuvai, nes sijojimo metu energija naudojama tik rezonansiniam dažniui palaikyti. Vibracijos parametrai – dažnis ir amplitudė artimi inercinių sijotuvų vibracijos parametrams.



10.5 pav. Rezonansinio sijotuvo schema

### 10.3.3. Kūginiai sijotuvai

Kūginiai sijotuvai naudojami, kai žaliava kasama žemsiurbėmis ir tiekama pulpos pavidalu., Joje kietųjų dalelių tūrinė koncentracija būna (4 – 10) %. Šio tipo sijotuvais iš žvyro atskiriamas 0/2 mm arba 0/4 mm frakcijos smėlis. Kūginiai sijotuvai gaminami kelių modifikacijų ir gali persijoti (600–5000) m<sup>3</sup>/h pulpos, kuri tiekama (2,5–6) m/s greičiu.

Kūginiai sijotuvai yra nejudami, o juose vidine sieto puse tangentine kryptimi juda medžiaga, todėl per sietą su vandeniu pereina tos dalelės, kurių skersmuo yra 2,5–2,8 karto mažesnis už sieto akelių matmenis. Gamyboje norint atskirti iš žvyro daleles mažesnes kaip 4 mm, statomas sietas, kurio akelių matmuo yra (10–14) mm. Išsijojimo švarumas priklauso nuo sijotuvo našumo, kietųjų dalelių pulpoje koncentracijos, žaliavos stambumo ir granulimetrinės sudėties, pulpos greičio ir kt. Kūginio sijotuvo našumui apskaičiuoti F. Šanenska siūlo tokią formulę:

$$Q = k \cdot d \cdot D \cdot v \cdot a ; \quad (10.3)$$

čia

$Q$  – sijotuvo našumas pagal pulpą,  $m^3/h$ ;

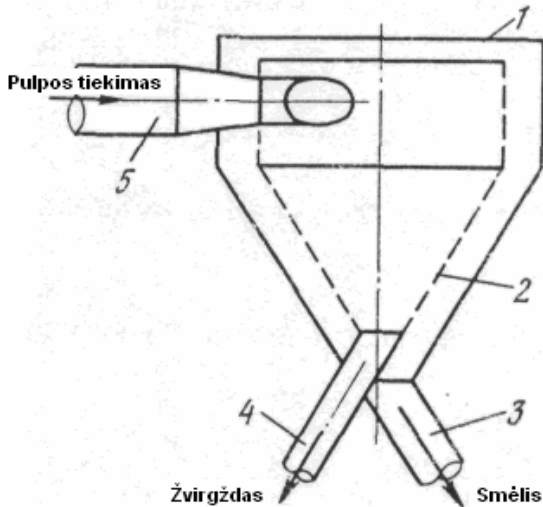
$k$  – koeficientas, įvertinantis sieto akelių formą ( kai akelės apskritos, tai  $k = 1000$ , o kai akelės pailgos,  $-k = 1600$ );

$d$  – pulpos vamzdžio skersmuo,  $m$ ;

$D$  – sijotuvo sieto cilindrinės dalies skersmuo,  $m$ ;

$v$  – pulpos tiekimo greitis,  $m/s$ ;

$a$  – sieto aktyvusis plotas, vieneto dalimis (  $a = A_1/A$ ,  
čia  $A_1$  –visų sieto akelių plotas,  $m^2$ ;  $A$  = sieto plotas,  $m^2$ ).



10.6 pav. Kūginio hidraulinio sijotuvo schema:

1 – korpusas; 2 – kūginis sietas; 3 – smėlio ir vandens ištekėjimo rankovė; 4 – žvirgždo išbirimo rankovė; 5 – pulpos tiekimo vamzdis

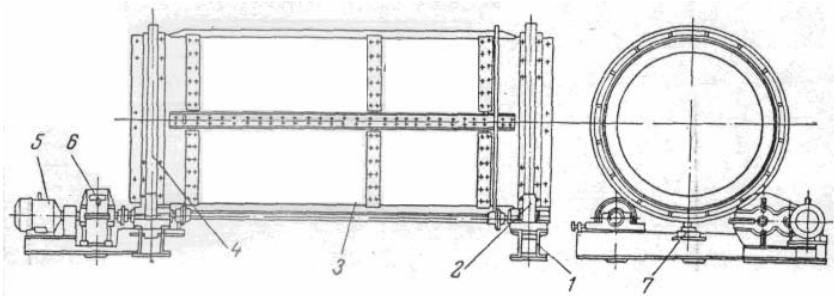
Literatūroje pateikiama ir kitokių formulių kūginių sijotuvų našumui apskaičiuoti. Tačiau empiriniai apskaičiavimai yra orientaciniai, ir praktikoje turėtų būti patikslinami.

### 10.3.4. Būgniniai sijotuvai

Būgniniai sijotuvai plačiausiai naudojami mažuose žvyro karjeruose, kuriuose medžiagos nereikia švariai išsijoti. Jų veikimo principas toks. Iškasta žaliava tiekama į pasvirusį, besisukantį būgną su sietų sienelėmis. Būgnui



sukantis medžiaga slenka sietine būgno sienele, sudaryta iš kelių tankumų sekcijų, išdėstytų akelių didėjimo tvarka, ir per ją išsisijoją. Būgno priekinėje dalyje per tankesnius sietus išbyra smulčiausios dalelės, o toliau per retesnius vis stambesnės. Privalumai – paprasta konstrukcija, nedidelis aukštis (t. y. nereikia aukštai kelti žaliavos) ir galima gauti kelių frakcijų produkciją. Šie sijotuvai gali būti sumontuoti ant važiuoklės, todėl juos patogiu perkelti iš vieno karjero į kitą.



10.7 pav. Būgninio sijotuvo schema:

- 1 – atraminis rėmas; 2 – atraminiai ritiniai; 3 – sieto būgnas;  
 4 – atraminiai standumo žiedai; 5 – variklis; 6 – reduktorius;  
 7 – atraminis ritinys

Tačiau šie sijotuvai turi vieną esminį trūkumą – jie veikia nuoseklaus sijojimo principu, t. y. pirmiausia sijojama per smulčiausią sietą ir baigiama sijoti per stambiausią. Kaip praktika rodo, tankiausieji sietai yra ir patys silpniausi. Ant jų patenka visa sijojamos medžiagos srautas, todėl jie greitai susidėvi. Patobulintos konstrukcijos sijotuvuose virš tankiojo sieto įrengiamas retesnis ir stipresnis apsauginis sietas, kuris dalį stambesniųjų dalelių nuridena ant retesniųjų sietų. Tačiau tokio sijotuvo konstrukcija sudėtingesnė.

Šio tipo sijotuvų našumas priklauso nuo būgno skersmens ir ilgio, t. y. nuo sietų ploto. Plačiausiai naudojami iškastos žaliavos sijotuvai, kurių našumas (10–50) m<sup>3</sup>/h. Sietų būgnas būna 0,6 m, 1,0 m, 1,33 m skersmens, ir atitinkamai 5,8 m, 7,5 m, 9 m ilgio.

## **10.4. SIETAI NERŪDINĖMS MEDŽIAGOMS SIJOTI**

### **10.4.1. Bendrosios žinios**

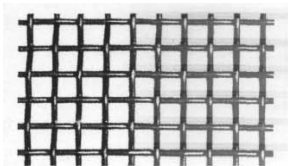
Sijojant nerūdines medžiagas, dažnai reikia keisti sietus, nes šios abrazyvios medžiagos šokinėdamos ant vibruojančiojo sieto, greitai juos sudėvi. Sietų naudojimo trukmė priklauso nuo daugelio veiksnių: medžiagos, iš kurios sietai pagaminti; sijojamos medžiagos stambumo ir abrazyvumo; dalelių formos; sijotuvo vibracijos parametrų ir kt. Sietams keliami dideli techniniai reikalavimai – jie turi būti stiprūs, standūs, atsparūs dėvėjimuisi, turėti didelį santykinį aktyvųjį paviršių, kuris apibūdinamas visų akelių ploto ir viso sieto plotu santykiu.

Sietų medžiagos parenkamos taip, kad tenkintų keliamus reikalavimus. Tačiau surasti tokias medžiagas, kurios kartu patenkintų visus sietams keliamus reikalavimus yra sunku. Dažniausiai naudojamos medžiagos yra metalas, guma, kapronas, poliuretanai, metalas, padengtas polimerais ir kt.

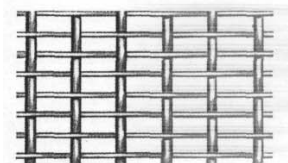
### **10.4.2. Metaliniai sietai**

Metaliniai sietai būna kelių tipų – pinti iš plieninės vielos, suvirinti iš storos plieninės vielos, šampuoti iš plieninės skardos, surenkamieji iš tam tikro didumo šampuotų, pintų, suvirintų elementų arba pavienių strypų ir juostų. Sietų akelės gali būti kvadratinės, pailgos, apskritos. Metalinių sietų privalumas – palyginti didelis jų aktyvusis sijojimo paviršius, nes plieninė viela arba strypai yra mechaniškai stiprūs, todėl būna nedidelio skerspjūvio, ir neužima daug sieto ploto. Didžiausias trūkumas – mažas atsparumas dėvėjimuisi. Tankieji sietai, kurių akelės yra apie (3–10) mm, sudyla arba prakiūra per darbo savaitę ar dar greičiau (atlaiko apie 7–20 pamainų). Ilgaamžiškumui padidinti plieniniai sietai, vieliniai sietai padengiami polimerinėmis medžiagomis. Tačiau kol kas sietų apšlijimo polimerais metodas nepakankamai ištyrinėtas, todėl retai taikomas.

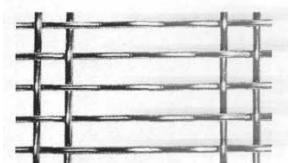
Plieninių sietų yra labai daug atmainų. Daug firmų gamina įvairius skirtingos paskirties sietus. Griežtų sietų akelių ir vielos matmenų ribų nėra. Tai priklauso nuo plieno markės ir gamybos būdo. Griežti reikalavimai keliami tik analiziniams sietams, kurie naudojami nerūdinių medžiagų granulimetrinės sudėties bandymams.



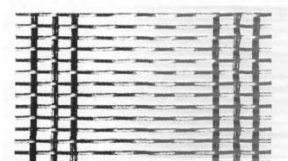
Iš vielos pintas sietas; akelės nuo 0,25 iki 50,0 mm; vielos storis nuo 0,125 iki 6,3 mm.



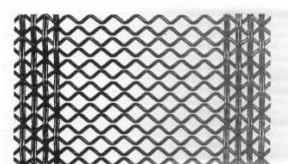
Iš vielos pintas sietas su pailgomis akelėmis: akelės nuo 0,25 x 075 mm iki 10 x 30 mm; vielos storis nuo 0,14/0,125 mm iki 2,0 x 3,2 mm.



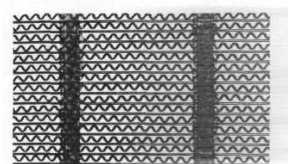
Iš vielos pintas sietas su pailgomis ir kvadratinėmis (nuo 3,15 mm iki 31,5 mm) ir pailgomis (nuo 2,0 x 6,3 mm iki 10 x 31,5 mm) akelėmis.



Iš vielos pintas sietas su pailgomis akelėmis: plyšių plotis nuo 0,1 mm iki 16 mm; plyšių ilgis nuo 60 mm iki 150 mm; vielos storis nuo 0,71 mm iki 2,5 mm.



Iš apskritos arba plokščios lankstytos spyruoklinio plieno vielos pintas sietas: akelės nuo 2 mm iki 25 mm; vielos storis: apskritos – nuo 0,9 mm iki 4,5 mm, plokščios – nuo 1,6 x 3,2 mm iki 4,5 x 9,0 mm.

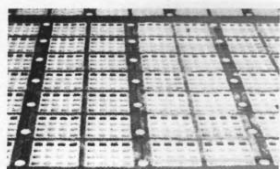


Iš apskritos arba plokščios lankstytos spyruoklinio plieno vielos pintas sietas: akelės nuo 2,0 mm iki 22,4 mm; vielos storis: apskritos – nuo 1,25 mm iki 5 mm, plokščios – nuo 2,2 x 4,4 mm iki 4,5 x 9,0 mm.

10.8 pav. Pintų metalinių sietų schemas

### 10.4.3. Polimeriniai sietai

Polimeriniai sietai liejami iš organinių medžiagų – kaprono, poliuretano arba šampuojami iš specialios sudėties gumos. Kartais polimerų mechaniniam stiprumui padidinti naudojamas sintetinis pluoštas. Jie gaminami segmentais, iš kurių ant rėmų galima surinkti norimo didumo sietus. Jų privalumas – didelis atsparumas dėvėjimuisi. Esant normaliam apkrovimui, sietai gali laukti vasaros sezoną. Tačiau jų didžiausias trūkumas – palyginti mažas aktyviojo paviršiaus plotas, nes akelių sienelės yra storos. Be to, jie brangūs.



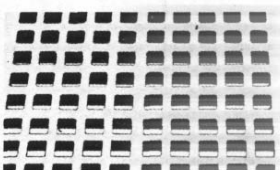
Polimeriniai sietai iš dėvėjimuisi atsparaus poliuretano. Blokai nuo 150 mm iki 300 mm pločio ir nuo 300 mm iki 1200 mm ilgio. Gali būti armuoti plienine viela. Akelės gali būti nuo 20 mm iki 40 mm. Tvirtinami juostomis.



Plyšiniai lieti arba iš blokų suvirinti sietai: plyšio plotis nuo 0,1 mm iki 11,2 mm; plokštės storis nuo 2,5 mm iki 18 mm.



Lieti arba iš blokų suvirinti sietai: kvadratinė akelių matmenys nuo 0,64 mm iki 30 mm; plokštės storis nuo 2 mm iki 19 mm.



Reti sietai: kvadratinė akelių matmenys nuo 3,15 mm iki 125 mm; plokštės storis nuo 25 mm iki 130 mm.

10.9 pav. Polimerinių sietų  
schemos

Svarbi sietų charakteristika yra aktyvusis plotas, kuris nusakomas akelių ploto ir viso sieto ploto santykiu ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A = 100 \cdot a^2 / (a + c)^2 ; \quad (10.4)$$

čia  $A$  – aktyvusis sieto plotas, %;  
 $a$  – kvadratinės akelės kraštinės ilgis, mm;  
 $c$  – akelės skiriančios medžiagos storis, mm.

Sietų su stačiakampėmis akelėmis arba plyšinių sietų aktyvusis plotas apskaičiuojamas taip:

$$A = 100 \cdot a \cdot b / [(a + c) \cdot (b + c)]^2 ; \quad (10.5)$$

čia  $a$  ir  $b$  – sieto akelių ilgis ir plotis, mm.

Sietų su apskritomis akelėmis aktyvusis plotas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A = 100 \cdot \pi \cdot n \cdot d^2 / (4 \cdot l^2) ; \quad (10.6)$$

čia  $n$  – akelių skaičius skaičiuojamajame kvadratiniam plote, vnt.;  
 $d$  – akelės skersmuo, mm;  
 $l$  – skaičiuojamojo kvadratinio ploto kraštinės ilgis, mm;  
 (skaičiuojamojo ploto kraštinėje turi būti ne mažiau kaip 30 akelių).

Metalinių sietų aktyvusis plotas siekia 74 %, o polimerinių – tik 58 %. Sijojimo kokybė ir sietų naudojimo trukmė labai priklauso nuo jų įtvirtinimo rėme kokybės. Sietai turi būti tinkamai įtempti, stipriai pritvirtinti. Tinkamai įtvirtintų sietų eksploataavimo trukmė pailgėja 1,5 – 2 kartus.

Sieto svarbiausia technologinė charakteristika yra jo našumas, kuris apibūdinamas medžiagos kiekiu, išsijojamu per vieną kvadratinį metrą ploto. Kuo tankesnis sietas, tuo mažesnis jo santykinis našumas. Įvairių tipų sietų santykinis našumas yra nurodytas žinynuose.

## 10.5. SIJOTUVŲ SIETO PLOTO APSKAIČIAVIMAS

Sijotuvai nerūdinėms medžiagoms sijoti parenkami pagal keturis svarbiausius rodiklius: našumą, sietų akelių matmenis, eksploataavimo trukmę ir energijos sąnaudas. Sieto akelių matmenys parenkami pagal ribinius norimų gauti frakcijų dalelių skersmenis. Kad dalelės lengvai išbirtų, akelių matmenys turi būti bent 10 % didesni už frakcijos dalelių didžiausią skersmenį. Per sietus

su kvadratinėmis akelėmis išbyra maždaug (15–25) % didesnės dalelės negu per sietą su apskritomis akelėmis, jei kvadratinė akelių kraštinės ilgis yra lygus apskritos akelės skersmeniui. Taip yra todėl, kad kvadratinės akelės išstrižainė yra 1,41 karto ilgesnė už jos kraštinę, todėl per jas gali išbirti netaisyklingos formos stambesniosios dalelės. Per plyšinius sietus gali išbirti dalelės net 1,5 karto stambesnės už plyšio plotį.

Išsijojimo švarumas iš dalies priklauso nuo sijojimo sąlygų. Eksperimentais nustatyta, kad per sietą išbyra visos dalelės, kurių skersmuo 0,75 karto mažesnis už sieto akelės kraštinės ilgį, o tos, kurių skersmuo 1,5 karto didesnis už akelės kraštinę, lieka ant sieto. Dalelių, kurių skersmuo 0,75 karto didesnis ir 1,5 karto mažesnis už akelės kraštinę, per sietą išbyra apie 80 %.

Sijotuvo sieto našumą galima apskaičiuoti pagal tokią empirinę formulę, sudarytą remiantis eksperimentinių tyrimų rezultatais [4]:

$$Q = A \cdot q \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot c \cdot o \cdot p; \quad (10.7)$$

čia  $Q$  – sijotuvo sieto našumas,  $m^3/h$ ;  
 $A$  – sieto plotas,  $m^2$ ;  
 $q$  – sieto su kvadratinėmis akelėmis santykinis našumas,  $m^3/(m^2 \cdot h)$ .

Kitų koeficientų vertės pateiktos (10.2) lentelėje.

10.2 lentelė. **Koeficientų vertės**

Rodikliai	Sijojimo sąlygas įvertinančių koeficientų vertės									
Sieto akelių matmuo, mm	5	8	10	16	20	25	40	50	80	100
Sieto našumas, $q \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	11	17	19	25,5	28	31	38	42	56	63
Dalelių, mažesnių už pusę akelės matmens, kiekis sijojimo medžiagoje, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Koeficiento $k$ vertė	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Dalelių, stambesnių už sieto akeles, kiekis, %	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Koeficiento $l$ vertė	0,94	0,97	1,0	1,03	1,09	1,18	1,32	1,55	2,03	3,36
Išsijojimo švarumas, %	70	80	85	90	92	93	94	95	96	98
Koeficiento $m$ vertė	1,6	1,3	1,15	1,0	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6	0,4
Sijojamoji medžiaga	Skaldyta							Žvyras		
Koeficiento $n$ vertė	1,0							1,25		
Sieto pločio panaudojimas	0,75							0,85		
Koeficiento $c$ vertė:										
viršutiniams sietui	1,0							0,85		
apatiniam sietui	0,85							0,70		

## 10.2 lentelės tęsinys

Rodikliai	Sijojimo sąlygas įvertinančių koeficientų vertės		
Medžiagos drėgnis	Sausa	Drėgna	Grumstuota
Koeficiento $\sigma$ vertė, kai sietai:			
Tankesni nei 25 mm	1,00	0,75 – 0,85	0,20 – 0,6
Retesni nei 25 mm	1,00	0,90 – 1,00	0,90 – 1,00
Sijojimo sąlygos	Sausos	Šlapios	
Koeficiento $\rho$ vertė, kai sietai:			
Tankesni nei 25 mm	1,00	1,25 – 1,40	
Retesni nei 25 mm	1,00	1,00	

PASTABA. Pateiktieji duomenys galioja inercinio tipo sijotuvams, kurių sietai metaliniai, pasvirę nuo horizontalės  $18^\circ$  kampu. Jeigu sijotuvai yra kitokio tipo arba kitokie sietai, duomenis reikia imti iš specialios literatūros.

Sieto našumas daug priklauso nuo sieto posvyrio kampo. Posvyrio kampa pakeitus  $3^\circ$ , našumas pakinta 25 %: didinant šį kampa – didėja, mažinant – mažėja.

Sieto santykinis našumas ( $q'$ , t/m<sup>2</sup> h), tenkantis kiekvienam jo akelės matmens milimetrui, apskaičiuojamas supaprastintu eksperimentiniu būdu pagal 10.3 lentelės duomenis.

### 10.3 lentelė. Santykinis sieto našumas $q'$

Sijotuvo tipas	Nejudamasis juostinis	Būgninis	Svyruojantysis	Vibracinis
Našumas $q'$ , t/(m <sup>2</sup> h)	2 – 3	0,5	1,4	5 – 8

Tikslesni duomenys sijotuvo našumui apskaičiuoti gali būti eksperimentiškai gaunami kiekvienoje gamykloje esamomis sąlygomis, sijojant esamais įrenginiais, esamą medžiagą.

## 10.6. MEDŽIAGŲ PLOVIMAS

Gamtinės uolienos dažnai būna užterštos moliu, dulkėmis, silpnų uolienu ir organinėmis priemaišomis. Be to, žaliava gali būti užteršiama ją sandėliuojant tarpinėse aikštelėse, o perdirbimo stadijoje produkcija gali užsiteršti tos pačios uolienos dulkėmis. Kad produkcija būtų geros kokybės ir atitiktų standartų reikalavimus, dažniausiai gamybos metu ją reikia plauti. Gamybinėmis sąlygomis patikrinta, kad betono, asfaltbetonio, skiedinių ir kitų statybinių konstrukcijų naudojant švrią nerūdinių medžiagų produkciją (skaldą, žvirgždą, smėlį) gamybai, sutaupoma rišamųjų medžiagų (cemento, bitumo, kalkių ir kt) ir gaunami geresnės kokybės gaminiai. Todėl nerūdinių medžiagų plovimo

operacija ekonomiškai yra naudinga, o kai reikia užtikrinti statybinių konstrukcijų ilgaamžiškumą, netgi būtina.

Nerūdinių medžiagų plovimo operacija yra viena iš perdirbimo technologijos dalių. Į technologinę liniją įkomponuojami specialūs plovimo įrenginiai arba medžiagų plovimo operacija sugretinama su sijojimo operacija, t. y. sijojimo metu medžiagos plaunamos ant sietų. Jei naudojami specialūs plovimo įrenginiai, jų vieta technologinėje linijoje parenkama pagal žaliavos tipą, dalelių stambumą, kenksmingų priemaišų rūšį ir užterštumo laipsnį. Betono užpildus paprasčiausia plauti purškiant vandens sroves per specialius purkštukus, išdėstytus virš sietų. Sugretinus plovimo ir sijojimo operacijas, gaunamas dvigubas efektas – nuplaunama produkcija ir sijotuvų našumas padidinamas maždaug iki 25 %. Sijojimo našumas ypač padidėja, sijojant smulkias medžiagas, nes suslėgta vandens srovė suardo sulipusius dalelių agregatus, šlapios dalelės nelimpa prie sietų, vandens srovės suteikia dalelėms judėjimo pagreitį. Ant vibruojančio sieto šokinėdamos dalelės trinasi į sietą ir viena į kitą todėl gerai nusiplauna.

Jei žaliava labai užteršta arba yra gabalinio limpančio molio ir ant sietų jos nuplauti neįmanoma, į technologinę liniją įkomponuojamos specialios plovyklės. Jos gali būti kelių tipų: būgninės, vibracinės, lovinės ir kombinuotosios.

Plovyklės tipas parenkamas atsižvelgiant į užteršimo laipsnį, teršalų rūšį ir jų nusiplaunamumą, kuris nusakomas laiko, per kurį nuplaunama 90 % medžiagoje esamų teršalų, trukme. Iš nerūdinių medžiagų sunkiausia išplauti gabalinį molį, kurio labai dažnai būna žvyro ir dolomito telkiniuose. Šis molis yra lipnus, jo gabalai suskaidomi žaliavos paruošimo ir pirminio trupinimo stadijose. Prie molio gabalėlių prilimpa ir į juos įsispaudžia smulkios kietos uolienos dalelės. Taip susidarę grumsteliai tampa pusiau kieta ir produkcijai kenksminga medžiaga. Prie uolienos dalelių stipriausiai būna prikibusios riebaus molio dalelės, smulkesnės kaip 0,005 mm. Jas galima išplauti tik specialiose lovinėse plovyklėse. Jose įrengtos besisukančios ašys su pritvirtintomis mentėmis, kurios sukdamosi maišo vandens apsemtą plaunamą medžiagą, sutrina ir disperguoja suminkštėjusius molio gabalėlius. Nuo 0/20 mm frakcijos žvyro arba skaldos dalelių priemolis nuplaunamas per (30–40) s, o molis – per (80–100) s. Nuo dalelių nuplautos nuoplovos pereina į molio ir vandens sususpensijos būseną ir nuteka į specialiai įrengtus nuoplovų surinkimo baseinus.

Pačios paprasčiausios yra būgninės plovyklės, kartais vadinamos skruberiais. Jų būgnų skersmuo būna iki 3 m, o ilgis iki 8 m. Jomis galima išplauti iki 110 t/h medžiagos. Tai beveik horizontalūs (nuolydis tik apie 3 %) metaliniai būgnai, besisukantys apie išilginę ašį. Į aukščiau esantį plovyklės galą pilama medžiaga, o pro žemesnįjį galą purškiamas vanduo. Būgnas sukasi iki 30 min<sup>-1</sup> greičiu. Dalelės, trindamosi į būgno sienelės ir viena į kitą, nusiplauna. Vandens su nuoplovomis perteklius persilieja per būgno gale įrengtą briauną, o



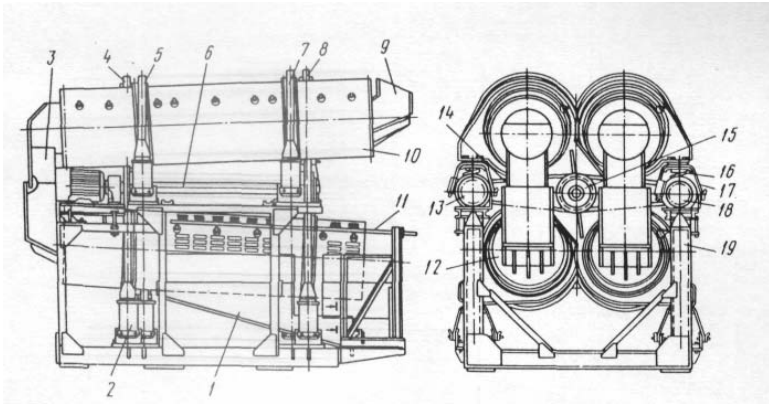
nuplauta medžiaga besisukančiame būgne pakyla į tam tikrą aukštį ir subyra į išskrovimo lataką, iš kurio tiekama į sandėlį.



10.11 pav. Medžiagos plovimas sijojimo metu

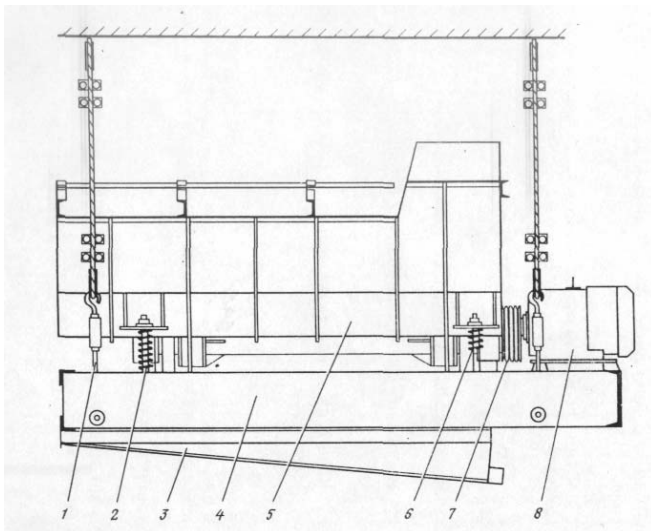
Medžiagai išplauti sunaudojama apie  $(2,5 - 3,5)$  m<sup>3</sup>/t vandens. Vandeniui taupyti įrengiama jo apyvartinė sistema. Nuoplovų baseine kietosios dalelės nusėda. Iš nuoplovų baseino vandens perteklius per smėlio filtrą suteka į švaraus vandens baseiną, iš kurio vanduo naudojamas pakartotinai. Kartais naudojami du nusodinimo baseinai – į vieną teka nuoplovos, o kitame nuoplovos nusodinamos, kol virš jų lieka švarus, t. y. pakartotinai naudoti tinkamas vanduo. Po kurio laiko baseinų funkcijos pakeičiamos. Nuosėdomis pripildyti baseinai gali būti valomi arba keičiami naujais. Molio ir dulquio nuosėdos gali būti naudojamos keramikos gamybai arba kitiems tikslams.

Vibracinėse plovyklėse medžiagos plaunamos perforuotuose loviuose. Šio tipo plovyklės naudotinos, jei uolienos dalelės aplipusios labai lipniu moliu. Vibracija sužadina molyje tiksotropijos (laikino praskydimo) reiškinius ir stiprų dalelių trynimąsi. Todėl plovimo procesas suintensyvėja kelis kartus, palygti su plovimo būgninėse plovyklėse procesu. Dalis vandens į plovyklę tiekama kartu su plaunamąja medžiaga  $(0,5-0,75)$  MPa slėgiu, o kita dalimi  $(1,5-1,75)$  MPa slėgiu apipurškiami jau nuplauta medžiaga. Plovimui suvartojama apie  $1,4$  m<sup>3</sup>/t vandens.



10.12 pav. Būginės plovyklės schema:

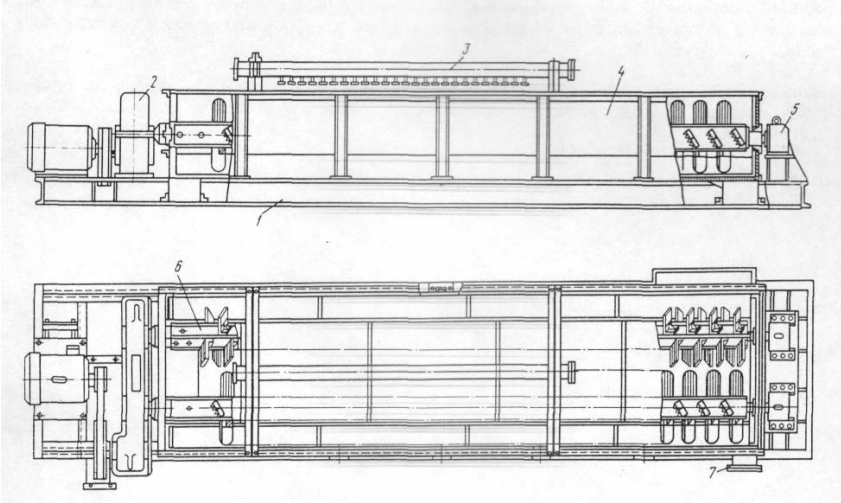
1 – nuoplovų surinktuvas; 2 ir 16 – amortizatoriai; 3 – loviai, kuriais iš viršutinių būgnų teka nuoplovos; 4, 5, 7 ir 8 – vonių sujungimo temples; 6 – pavaro velenas; 9 – pakrovimo anga; 10 ir 12 – plovimo vonios; 11 – plovimo sistema; 13 ir 18 – elektros varikliai; 14 – pavara; 15 – pavaro ratas; 17 – stabilizatorius; 19 – traversas



10.13 pav. Vibracinės plovyklės schema:

1 – pakaba; 2 ir 6 – spyruoklės; 3 – lovy; 4 – rėmas; 5 – plovyklės korpusas; 7 – pavara; 8 – variklis

Plačiai naudojamos lovinės plovyklės, kuriose medžiaga plauna ant dviejų besisukančių ašių pritvirtintos mentės. Į šias plovykles vanduo tiekiamas iš viršaus per perforuotus purkštukus be slėgio, o jei reikia geriau išplauti, vanduo tiekiamas maždaug 0,375 MPa slėgiu. Priklausomai nuo medžiagos užteršimo laipsnio plovyklės našumas yra (65–250) t/h.



10.14 pav. Lovinės plovyklės su mentėmis schema:

- 1 – rėmas; 2 – reduktorius; 3 – vandens purkštukai; 4 – korpusas;  
5 – variklis; 6 – velenai su plovimo mentėmis

Molingas ir apdūlėjęs smėlis valomas vertikaliuose arba horizontaliuose nutrynimo mašinos. Smėlis, sumaišytas su vandeniu santykiu nuo 1 : 1 iki 1 : 2, (6 – 15) min trinamas nutrynimo kameroje.

## 10.7. HIDRAULINĖ KLASIFIKACIJA

### 10.7.1. Bendrosios žinios

Hidraulinė klasifikacija remiasi tuo, kad įvairaus didumo ir įvairaus tankio dalelės skysčiuose skęsta nevienodu greičiu. Daleles galima klasifikuoti horizontaliame ir vertikaliame (kylančiame) skysčio sraute. Srauto greitis parenkamas pagal ribinį (skiriamąjį) skersmenį  $d_r$  arba ribinį tankį  $\rho_r$ . Ribinių dalelių skersmeniu vadinamas didžiausių dalelių, kurias skysčio srovė gali pernešti, skersmuo, t.y. skiriamoji riba. Tą patį galima pasakyti ir apie skiriamąjį ribinį tankį. Klasifikuojant smėlį, tokia riba laikomos 0,063 mm dalelės.

Smulkesniosios yra molio ir dulquio dalelės. Jas parinktoji vandens srovė turėtų išnešti į nuoplovų baseinus, o stambesniosios turėtų likti produkcijoje.

Dalelių nusodinimo procesą teoriškai apskaičiuoti sunku, nes visus dalelę veikiančius poveikius galima išmatuoti ir apskaičiuoti tik apytiksliai. Skaičiavimo principai grindžiami klasikinės hidromechanikos dėsniais. Vandens sraute judančią dalelę veikia dvi didžiausios jėgos: masės inercijos ir trinties.

Masės inercijos jėga  $P_d$  – pasipriešinimo judėjimui turbulentiame skysčio sraute jėga, aprašoma pagal Niutono dėsnį :

$$P_d = c \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 / 2 ;, \quad (10.8)$$

čia  $c$  – proporcingumo koeficientas, priklausantis nuo Reinoldso kriterijaus (kai  $Re < 2$ , tai  $c = 24 / Re$  – laminarinis tekėjimas ir galioja Stokso dalelės skendimo dėsnis; kai  $Re = 2 - 500$ , tai  $c = 18,5 / Re^{0,6}$  – pereinamoji tekėjimo sritis, o kai  $Re > 500$ , tai  $c = 0,44$  – turbulentinis tekėjimas);  
 $A$  – dalelės skerspjūvio (projekcijos) plotas,  $m^2$ ;  
 $\rho$  – skysčio tankis,  $kg/m^3$ ;  
 $v$  – dalelės skendimo greitis,  $m/s$ .

Trinties jėgos laminarinio skendimo atveju aprašomos Stokso dėsnium:

$$P_t = 3 \cdot \pi \cdot \eta \cdot v \cdot d ; \quad (10.9)$$

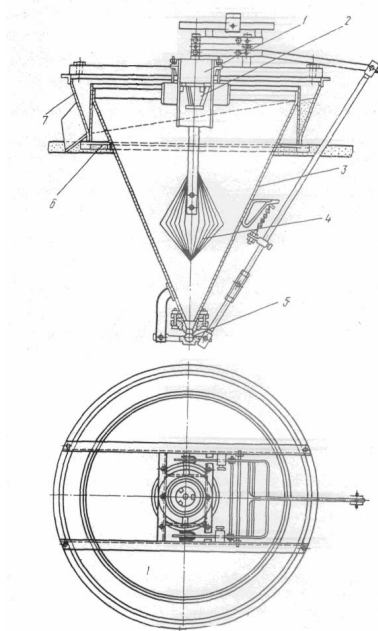
čia  $\eta$  – kinematinis klampis,  $m^2/s$ ;  
 $v$  – skendimo greitis,  $m/s$ ;  
 $d$  – dalelės skersmuo,  $m$ .

Remiantis (10.8) ir (10.9) formulėmis bei eksperimentiniais tyrimais, sudaromos empirinės formulės tam tikrų tipų hidrociklonų ir hidroklasifikatorių techniniams parametrų apskaičiuoti. Apytikriai galima teigti, kad jeigu inercijos jėga didesnė už trinties jėgą, dalelės skęsta ir atvirkščiai, kai dalelių trinties jėgos didesnės už inercijos jėgas, tos dalelės plaukia su skystosios fazės srautu.

### 10.7.2. Kūginiai klasifikatoriai

Kūginiai klasifikatoriai plačiai naudojami, nes yra nesudėtingos konstrukcijos, juos paprasta eksploatuoti. Tačiau jie skirti apytiksliam dalelių klasifikavimui. Veikimo principas pagrįstas dalelių nusodinimu vandens sraute. Pulpa tiekama į metalinį kūgį, kurio viršūnė nukreipta žemyn, o sudaromoji pasvirusi  $60^\circ$  kampū. Stambesniosios dalelės nusęsta, o smulkiosios kurį laiką lieka pakibusios vandenyje. Vandens perteklius, liedamasis per kūgio kraštus, išsineša smulkias vandenyje pakibusias daleles. Kai kūgio dugne prisirenka tam

tikras kiekis medžiagos dalelių, plūdės principu veikiantis mechanizmas, automatiškai atidaro išleidimo angą ir jos išpilamos. Nuo tiekiamos pulpos srauto greičio priklauso per kūgio kraštus išnešamų dalelių skersmuo. Kuo didesnis srauto greitis, tuo stambesnės dalelės išnešamos į nuoplovų baseinus ir stambesnės lieka produkcijoje. Srauto greičiu galima reguliuoti dalelių skyrimo ribinį skersmenį. Paprastai vandens srovė iš smėlio į nuoplovas išneša smulkesnes kaip 0,15 mm skersmens daleles (10.11 pav.).



10.15 pav. Kūginio hidroklasifikatoriaus schema:

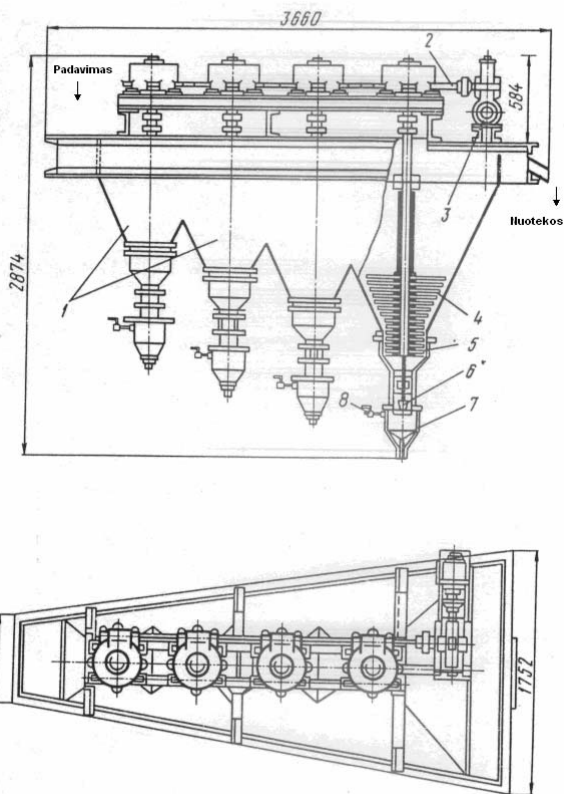
1 – pulpos tiekimo vamzdis; 2 – skirstiklis; 3 – korpusas; 4 – plūduras;  
5 – smėlio iškrovimo anga; 6 – tvirtinimo rėmas; 7 – žiedinis persipylimo lovy

Kūginių klasifikatorių kūgio skersmuo būna nuo 1,0 m iki 2,4 m, o našumas priklausomai nuo kūgio tūrio – nuo 1,6 t/h iki 11,1 t/h.

### 10.7.3. Kameriniai hidroklasifikatoriai

Kameriniai klasifikatoriai skirti dalelėms nusodinti horizontaliame sraute. Tekančiame pulpos sraute dėl svorio jėgos pirmiausia nusėda stambiausios

dalelės, o vėliausiai – smulkiausios. Srauto kelyje išdėstytose surinkimo kameroje, galima surinkti tam tikro stambumo daleles, t. y. gauti atskirą frakciją smėlį. Iš (10.9) formulės matyti, kad dalelių skendimo greitis priklauso ir nuo jų formos, todėl šiuose klasifikatoriuose dalelės suskirstomos ne tik pagal stambumą, bet iš dalies ir pagal formą. Dažniausiai naudojami keturių kamerų hidroklasifikatoriai (10. 12pav.).



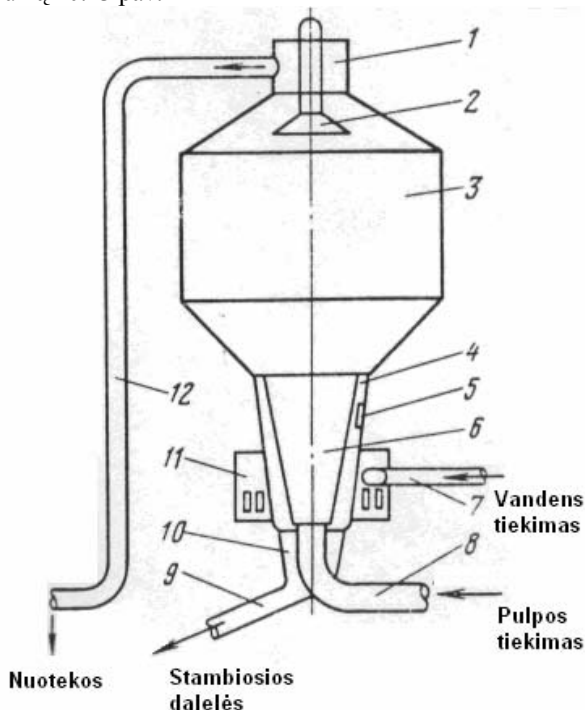
10.16 pav. Kamerinio hidroklasifikatoriaus schema:

- 1 – kameros; 2 – pavaros velenas; 3 – pavara; 4 ir 5 – mentės;
- 6 – uždaro kūgis; 7 – išleidimo antgalis; 8 – ventilis

Hidroklasifikatorių skiriamoji riba yra (0,2–1,65) mm. Našumas priklauso nuo kamerų tūrio ir yra nuo 15 t/h iki 50 t/h. Veikimo principas toks pat kaip ir kūginių klasifikatorių.

#### 10.7.4. Vertikalieji hidroklasifikatoriai

Vertikalieji hidroklasifikatoriai yra slėginiai, t. y. pulpa ir papildomas vanduo tiekiami į klasifikatorių tam tikru slėgiu, kad jame susiformuotų reikiamas srautas ir dalelės, veikiamos išcentrinės ir svorio jėgų, pasiskirstytų frakcijomis. Skyrimo riba (0,5–3) mm, o našumas nuo 20 t/h iki 300 t/h. Gali skirti dvi, tris arba kelias frakcijas. Šie klasifikatoriai yra paprastos konstrukcijos, juos paprasta reguliuoti ir prižiūrėti. Kuo didesnis hidroklasifikatorius, tuo tikslesnė skiriamoji geba pagal dalelių stambumą 10.13 pav.



10.17 pav. Vertikalojo hidroklasifikatoriaus schema:

- 1 – kolektorius; 2 – skirstiklis; 3 – korpusas; 4 – klasifikavimo kamera;
- 5 – technologinė anga; 6 – difuzorius; 7 – vamzdis; 8 – pulpos tiekimo vamzdis; 9 – stambiųjų dalelių išpylimo žarna; 10 – skyrimo kamera;
- 11 – kolektorius; 12 – nuotekų vamzdis

Vertikalieji hidroklasifikatoriai yra didelių matmenų: skersmuo nuo 910 mm iki 2910 mm, aukštis – nuo 3750 mm iki 11 500 mm, masė – nuo 1,2 t iki 9,48 t. Klasifikavimui suvartojama nuo 70 m<sup>3</sup>/h iki 500 m<sup>3</sup>/h vandens.

## 10.8. VANDENS ATSKYRIMO ĮRENGINIAI

### 10.8.1. Bendrosios žinios

Plaunamos arba hidrauliniu būdu transportuojamos nerūdinės medžiagos būna sumaišytos su vandeniu, kurį vėliau reikia atskirti nuo medžiagos, kad ją būtų galima transportuoti ir sandėliuoti, o žiemos sąlygomis – kad nesušaltų. Žvirgždo ir skaldos 8/16 mm ir 4/8 mm frakcijų dalelės nesušąla, jei jų drėgnis atitinkamai mažesnis kaip (5–7) % ir (6–8) %, o 0/4 mm frakcijos smėlis nesušąla, kai jo drėgnis mažesnis kaip 2,5 %.

Plaunant sijojimo metu, ant sietų likusi medžiaga būna atskirta nuo vandens, o išbirusi per sietus yra susimaišiusi su vandeniu. Todėl ją reikia nudrenuoti iki tiek, kad ji netekėtų nuo pasvirusio transporterio. Nuo medžiagos lengvai atsiskiria laisvasis vanduo, tačiau sunkiau atskirti plėvelinį vandenį, kuris laikosi ant dalelės jos paviršiaus ir vandens molekulių sąveikos (adsorbcijos) jėgomis. Tam tikra dalis vandens laikosi tarp dalelių veikiamą kapiliarinių jėgų.

Pagal vandens kiekį medžiagas galima skirstyti į skystas, šlapias, drėgnas, orasausas ir sausas. Skystos yra tokios, kuriose vandens daugiau kaip 35 %. Prie jų priskiriamas sijojimo metu iš žvyro išplaunamas smėlis. Šlapiose vandens būna (20–35) %, drėgnose – (6–20) %. Orasausėse vandens esti iki 7 %, ir tai priklauso nuo santykinės oro drėgmės ir aplinkos temperatūros. Jos yra birios, dalelės nesulipusios. Visai sausa medžiagų būseną pasiekama tik specialiai džiovinant. Medžiagos drėgmė nustatoma iš formulės:

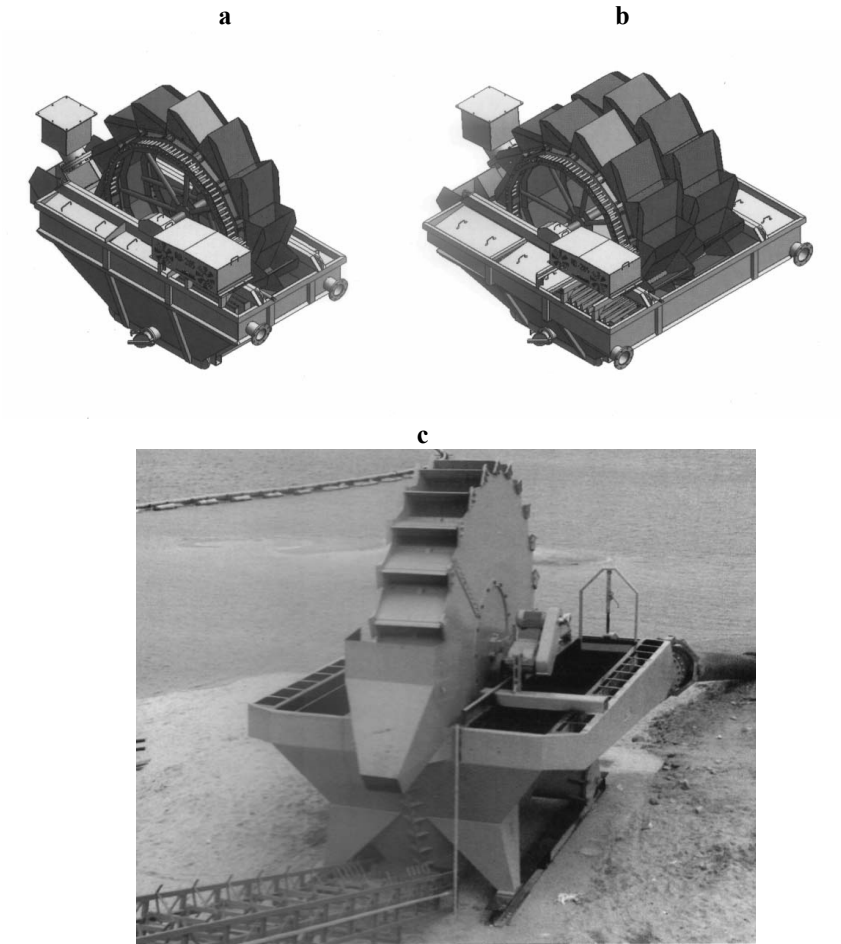
$$W = 100 \cdot (g - g_s) / g ; \quad (10.10)$$

čia  $W$  – vandens kiekis medžiagoje, %;  
 $g$  – medžiagos prieš džiovinimą masė, kg;  
 $g_s$  sausos medžiagos masė, kg.

Dažniausiai reikia nusausinti smulkias nerūdines medžiagas, kurios su vandeniu išbyra per sietus. Nudrenuotų medžiagų drėgnis priklauso nuo nusausinimo būdo, medžiagos savybių, dalelių stambumo, sausinimo trukmės ir sausinimo įrenginio parametrų. Paprasčiausias nusausinimo būdas yra nudrenavimas nusodinimo baseinuose. Smėlis nusidrenuoja per 2 – 3 paras. Tačiau taikant šį nusausinimo būdą, gaunam nevienodos kokybės produkcija. Nusodinimo baseine arti išpylimo vamzdžio nusėda stambesnės dalelės, o į baseino kraštus nunešamos smulkesniosios. Todėl prieš naudojant produkciją reikia permaišyti. Dėl to šis būdas taikomas ribotai. Plačiausiai naudojami elevatoriniai ir spiraliniai smėlio nusausinimo įrenginiai.



## 10.8.2. Elevatoriniai nusausinimo įrenginiai



10.18 pav. Medžiagų nusausinimo elevatorių schemas (a, b), bendras vaizdas (c)

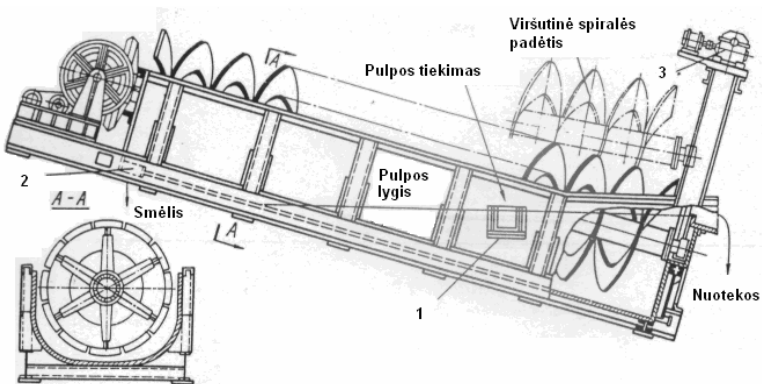
Elevatoriniai nusausinimo įrenginiai mažai naudoja elektros energijos, jiems gaminti sunaudojama nedaug metalo. Elevatorinio nusausinimo įrenginio veikimo principas pagrįstas tuo, kad medžiagos ir vandens mišinys tiekiamas į įrenginio vonią, o iš jos semiamas besisukančio rato kaušais, pagamintais iš perforuoto plieninio lakšto arba sieto. Kaušui kylant aukštyn, vandeniu išteka, o

kaušui leidžiantis ir apvirstant, kauše likusi medžiaga išspila į surinkimo lataką. Vandens perteklius su smulkiomis molio ir dulkių iki (0,08–0,1) mm dalelėmis, kurios nespėja nusėsti įrenginio vonioje, pro tam skirtą angą nuteka į nuoplovų baseiną.

Elevatorinių nusausinimo įrenginių našumas priklauso nuo rato skersmens ir kaušų talpos. Rato skersmuo būna: 2,0 m; 2,5 m; 3,0 m ir 4,0 m. Atitinkamai našumas: (12–18) m<sup>3</sup>/h; (22–30) m<sup>3</sup>/h; (35–60) m<sup>3</sup>/h; (56–110) m<sup>3</sup>/h. Į įrenginį patenkančioje pulpoje kietos medžiagos ir vandens koncentracija apibūdinama santykiu ir būna  $K : V = 1 : 6$ , o nusausinto smėlio drėgnis – (10–17) %.

### 10.8.3. Spiraliniai nusausinimo įrenginiai

Spiraliniai nusausinimo įrenginiai plačiai buvo naudojami anksčiau pastatytose gamyklose. Jie gana gerai veikia daug metų. Juose atskiriamos dalelės, stambesnės kaip 0,15 mm. Šio tipo įrenginių vandens atskyrimo geba nedidelė, nes jie sugauna tik dalį (0,063–0,15) mm frakcijos dalelių, o kita šios frakcijos dalelių dalis išplaunama į nuoplovų baseinus, nors jos turėtų likti produkcijoje.



10.19 pav. Spiralinio nusausinimo įrenginio schema:

1 – pulpos tiekimo anga; 2 – smėlio išbirimo anga; 3 – spiralės pakėlimo ir nuleidimo pavara

Spiralinio nusausinimo įrenginio svarbiausios dalys yra pasviręs nuo (3–8) m ilgio lovy, kuriame atitinkamai yra nuo 0,3 m iki 3 m skersmens spiralės. Juose būna viena arba dvi spiralės. Į juos pro šoninę priėmimo angą tiekama pulpa. Lėtai besisukančios spiralės ant dugno nusėdusias smėlio daleles dugnu stumia aukšty į neapsemtą lovio galą. Pakilusios virš vandens smėlio dalelės iš

dalies atsiskiria nuo vandens, išbyra pro iškrovimo angą ant transporterio ir yra gabenamos į produkcijos sandėlį. Keičiant lovio posvyrio kampą ir vandens lygį lovyje, galima reguliuoti dalelių stambumo skiriamąją ribą ir išstumto smėlio drėgnumą.

Spiralinio nusausinimo įrenginio dalelių skiriamoji riba apskaičiuojama pagal atitinkamo skersmens dalelių sklendimo pulpoje greitį:

$$v = d^2 g \cdot (\rho_d - \rho_t) / (18 \cdot \mu); \quad (10.11)$$

čia  $v$  – dalelės sklendimo greitis terpėje, m/s;  
 $d$  – skaičiuojamasis dalelės skersmuo, m;  
 $\rho_d$  – dalelės tankis, kg/m<sup>3</sup>;  
 $\rho_t$  – terpės tankis, kg/m<sup>3</sup>;  
 $\mu$  – terpės dinaminis klampis, Pa·s;  
 $g$  – Žemės traukos pagreitis, m/s<sup>2</sup>.

Jei iš šios formulės apskaičiuotas dalelės greitis mažesnis už srovės tekėjimo greitį, dalelė bus nunešama į nuoplovas, o jei didesnis, – nuskęs ir bus spiralių išstumta į produkciją. Iš šios formulės galima gauti tik apytikslius rezultatus, nes sunku tiksliai įvertinti terpės (pulpos) dinaminę klampą, kuri priklauso nuo užterštumo moliu ir kietosios fazės koncentracijos pulpoje. Paprastai dalelių skyrimo pagal stambumą riba nustatoma eksperimentuojant.

Spiralinio nusausinimo įrenginio našumas pagal pulpos tūrį apskaičiuojamas iš formulės:

$$Q_p = n \cdot K \cdot Q_b; \quad (10.12)$$

čia  $Q_p$  – našumas pagal pulpos tūrį, m<sup>3</sup>/h;  
 $n$  – spiralių skaičius;  
 $K$  – koeficientas, įvertinantis smėlio stambumą: smulkiam (0/1,2) mm – 1; normaliam (0/4) mm – 1,15; stambiam (0,6/4) mm – 1,5;

$Q_b$  – bazinis spiralės našumas. Kai  $K = 1$ , jis yra toks:

Spiralės skersmuo, mm	500	750	1000	1200	1500	2000	2400	3000
Našumas $Q_b$ , m <sup>3</sup> /h	28	57	94	120	193	317	437	645

Paprastai spiraliinių nusausinimo įrenginių našumas būna nurodytas žinynuose arba gamyklų išduotose techninėse instrukcijose, atsižvelgiant į jų tipą ir darbo sąlygas. Tačiau kai norima gaminti aukštos kokybės produkciją ir taupyti žaliavas, įrenginio našumas gali siekti tik 50 % pase nurodyto našumo.

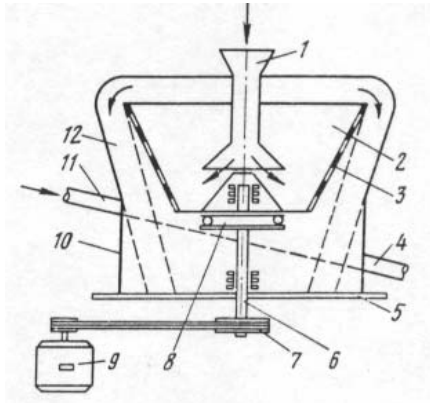
Kuo labiau didinamas įrenginio apkrovimas, tuo daugiau stambesnių smėlio dalelių išnešama į nuoplovas. Norint sumažinti išnešamų dalelių skersmenį, reikia didinti persiliejimo slenksčio ilgį.

Spiralinių nusausinimo įrenginių posvyrio kampą padidinus nuo 18° iki 22°, išbyrančio smėlio drėgnis sumažėja nuo (16–18) % iki (15–17) %.

#### 10.8.4. Centrifugos

Centrifugos naudojamos, kai reikia nusausinti smėlį, kad jo drėgnis neviršytų kaip (2,5–4) %. Tokio drėgnio smėlis nesusąla, todėl galima dirbti ir žiemos sąlygomis. Nusausinimo laipsnis priklauso nuo smėlio stambumo ir sukiamos išcentrinės jėgos, t. y. nuo centrifugos apskukų greičio ir jos būgno skersmens.

Dažniausiai naudojamos vertikaliosios kūginės centrifugos. Jų būgno sienelės pagamintos iš plyšinio sieto, kurio akelių plotis (0,4–0,8) mm. Pulpa pilama apatinėje būgno zonoje ir išukama. Kietosios dalelės dėl didesnio savitojo tankio ir išcentrinės jėgos priglunda prie pasvirų būgno sienelių, pagal jas slenka į viršų ir išbyra į surinkimo bunkerį, o vanduo persikošęs per sieta, nuteka.



10.20 pav. Centrifugos schema:

- 1 – pulpos tiekimo vamzdis; 2 – skyrimo kamera; 3 – kūginis sietas;
- 4 – stambiųjų dalelių nuleidimo vamzdis; 5 – atraminis rėmas;
- 6 – centrifugos velenas; 7 – pavara; 8 – atraminis guolis; 9 – variklis;
- 10 – korpusas; 11 – vandens tiekimo vamzdis; 12 – stambiųjų dalelių surinkimo kamera

Centrifugomis nusausinamos iki 20 mm skersmens dalelės. Centrifugos gaminamos įvairių tipų. Čia pateikiami dviejų tipų centrifugų duomenys: mažesniosios būgno skersmuo viršuje yra 1,6 m, o apačioje 0,85 m,

didesniosios viršuje – 2,0 m, apačioje – 1,0 m. Mažesniosios apskukų greitis 375 min<sup>-1</sup>, o didesniosios – 310 min<sup>-1</sup>. Elektros variklių galia atitinkamai 28 kW ir 40 kW, o masė 6,5 t ir 8,2 t.

## **11. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ ĮRENGINIŲ KOMPONAVIMAS IR PERDIRBIMO TECHNOLOGINĖS SCHEMOS**

### **11.1. BENDROSIOS ŽINIOS**

Pagal perdirbamą žaliavą ir gaminamą produkciją nerūdinių medžiagų įmonės skirstomos į tris grupes: skaldos gamybos (trupinimo ir sijojimo), žvirgždo ir smėlio gamybos (dalinio trupinimo ir sijojimo) ir smėlio gamyklos (sijojimo). Priklausomai nuo klimato sąlygų gamybos gali dirbti ištisus metus arba tik šiltuoju metų laiku – sezoniškai. Gamyklos, išgaunančios žaliavą hidromechanizacijos būdu, dirba tik sezoniškai. Įrenginių panaudojimo koeficientas (darbo trukmės santykis su galima darbo trukme) priklausomai nuo jų kiekio technologinėje linijoje yra nuo 0,7 iki 0,85.

Projektuojant stacionarią gamyklą, tariama, kad ji turi gaminti produkciją mažiausiai 25 metus. Jos našumas turi būti ne mažesnis kaip 500 000 t/m. Stacionariosios gamyklos statomos ten, kur žaliavos pakanka numatytam mažiausiai 25 metų laikotarpiui. Laikinių surenkamųjų-išardomųjų gamyklų našumas gali būti iki 450 000 t/m, o kilnojamųjų – iki 300 000 t/m. Jos įrengiamos, kai reikia daug medžiagų kokio nors stambaus objekto statybai, pvz., kelio, užtvankos, gyvenvietės ir pan.

Kai žaliava vienodai stipri, pavyzdžiui iš gelminių ir metamorfinių uolienų, montuojamos vieno srauto technologinės linijos. Kai žaliava nevienodo stiprumo, pvz., perdirbant karbonatines uolienas, montuojamos dviejų srautų (viena stipresnėms uolienoms, antra – silpnėms) technologinės linijos. Žvyras perdirbamas dviejų arba net trijų srautų (žvirgždo skaldos, žvirgždo ir smėlio arba tik žvirgždo ir smėlio) linijose. Žvirgždo skaldos linija montuojama tuomet, kai žaliavoje yra daug trupintinos frakcijos dalelių. Kai technologinės linijos našumas turi būti didesnis kaip 1,5 mln.t/m., tuomet statomos dvi vienodos mažesnio našumo lygiagrečios technologinės linijos.

Kai žaliavoje yra molio arba kitokių kenksmingų priemaišų, įrengiami produkcijos plovimo arba, jei reikia, kitokie teršalų šalinimo įrenginiai. Jei įvairiose telkinio vietose žaliavos stambumas yra labai skirtingas, ji gali būti kasama greta iš dviejų arba daugiau telkinio vietų. Tokiais atvejais gali prireikti žaliavą suvienodinti laikinuosiuose sandėliuose. Tam tikslui žaliava tuo pat

metu pilama iš skirtingų telkinio vietų į vieną aikštelę, o iš jos tiekama į perdirbimo technologinę liniją. Sandėliavimo ir perkrovimo stadijose žaliava persimaišo ir suvienodėja. Sumaišyti reikia, kad visą laiką vienodai būtų apkrauti visi trupintuvai ir sijotuvai.

## **11.2. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ GAMYKLŲ TECHNOLOGINIŲ LINIJŲ PROJEKTAVIMO PRINCIPAI**

### **11.2.1. Pradiniai duomenys**

Nerūdinių medžiagų perdirbimo gamykla projektuojama atsižvelgiant į poreikius ir vietines sąlygas. Ne visuomet reikia statyti naują objektą. Kartais pakanka restauruoti esamą, arba atstatyti veikusį. Projektavimui pagrįsti turi būti atlikta esamos situacijos analizė. Pradiniams svarstymams reikalinga tokie duomenys:

- norimos gaminti produkcijos nomenklatūra;
- gamybos apimtis, t/m.;
- visi reikalingi geologiniai duomenys apie žaliavas;
- duomenys apie įrangą (jei užsakovas to pageidauja);
- gamybos paros darbo režimas ir sezoniškumas;
- galimi aplinkosaugos apribojimai;
- kiti duomenys, į kuriuos reikėtų atsižvelgti projektavimo metu.

**Darbo laiko fondo nustatymas.** Kai numatoma dirbti ištisus metus, skaičius darbo dienų, imama apie 260, o kai numatomas sezoninis darbas, – (170–190) darbo dienų. Paros darbo režimas gali būti organizuotas viena, dviem arba trimis pamainomis. Suderinus su užsakovu darbo režimą, apskaičiuojamas metinis įrenginių darbo fondas valandomis. Įvertinamas įrenginių darbo laiko panaudojimo koeficientas. Jis imamas nuo 0,86 iki 0,90, kai žaliavos kasamos ekskavatoriais, ir nuo 0,52 iki 0,70, kai kasama hidromechanizmais (priklausomai nuo žvyre esamo stambių dalelių kiekio).

Nustatant nerūdinių medžiagų sandėlių darbo režimą, paprastai laikoma, kad jie dirbs ištisus metus, o kartais, jei to reikalaujama, net be poilsio dienų.

**Perdirbimo būdo ir technologinės schemos pagrindimas.** Nerūdinių medžiagų technologijos schema ir perdirbimo būdas parenkamas ir pagrindžiamas atsižvelgiant į žaliavą ir norimą gauti produkciją. Geriausia technologija parenkama atlikus kelių variantų ekonominių rodiklių apskaičiavimus ir įvertinus esamas sąlygas. Svarbiausi rodikliai yra: materialinės sąnaudos, energijos išteklių ir jų sąnaudos, produkcijos kokybė, produkcijos realizacija ir kt.

### 11.3. ĮRENGINIŲ KOMPONAVIMO PRINCIPAI

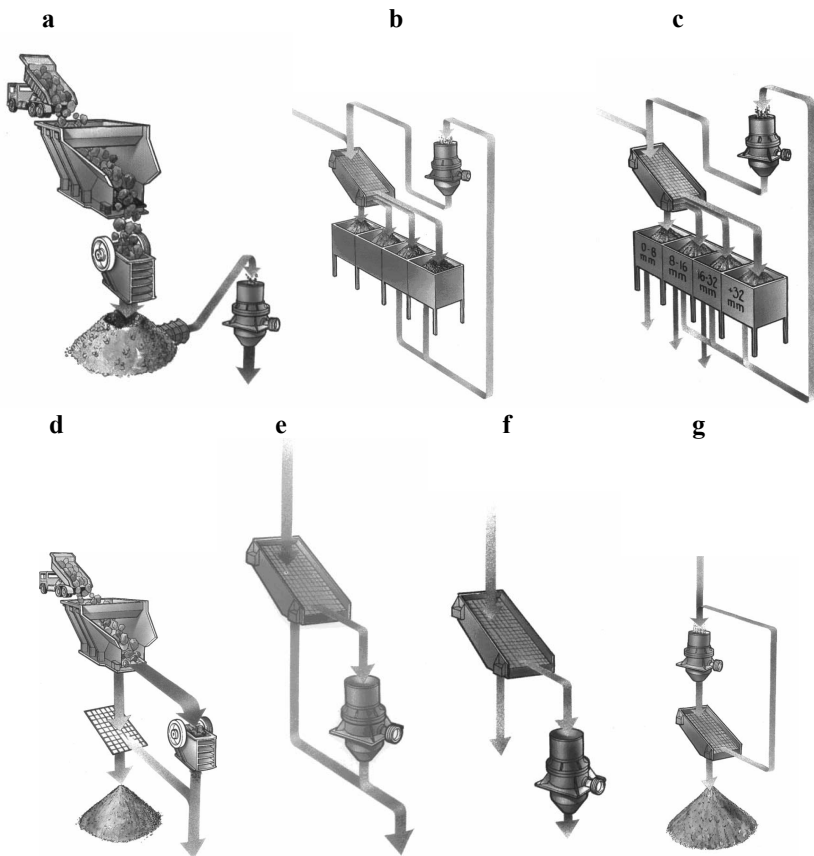
Projektuojant nerūdinių medžiagų perdirbimo technologines linijas, turi būti laikomasi tam tikrų įrenginių komponavimo principų. Prie kiekvieno technologinio įrenginio turi būti medžiagų tiekimo, o už jo – priėmimo pagalbinis įrenginys (tiektuvas, latakas, bunkeris ir pan.). Tarp įrenginių yra reikiamo tipo transportavimo ir pakėlimo transporteriai. Visi įrenginiai, nuosekliai sujungti, sudaro kelių dešimčių metrų ilgio technologinę liniją. Todėl tinkamai įvertinus visų įrenginių techninius parametrus ir technologinius ypatumus, galima optimizuoti technologinės linijos ilgį, našumą, įrenginių panaudojimo galimybes ir sudaryti sąlygas gaminti aukštos kokybės produkcijai.

Įrenginių komponavimo principai turėtų būti tokie:

- optimaliai minimalus technologinės linijos ilgis;
- mažiausias medžiagų perkrovimo mazgų skaičius technologinėje linijoje;
- minimalūs medžiagų pakėlimo aukščiai;
- medžiagų savitakos galimybių panaudojimas;
- patogi įrenginių priežiūra;
- patikimos įrenginių laikančiosios ir jų aptarnavimo konstrukcijos;
- saugus darbas ir aplinkos apsauga.

Lygiagrečiose technologinėse linijose ir vienoje linijoje, jei reikalingi vienodo galios įrenginiai (trupintuvai, sijotuvai, tiektuvai, transporteriai ir kitokie), reikėtų siekti, kad jie būtų vienodų tipų. Tas palengvina priežiūros ir remonto darbus. Sunkūs ir vibruojantys įrenginiai (ypač pirminio trupinimo trupintuvai, vibraciniai sijotuvai) montuojami ant atskirų pamatų, kad nesukeltų statinių vibracijos.

Technologinės linijos priklausomai nuo reikalingų operacijų skaičiaus gali būti įvairių ilgių ir skirtingų konfigūracijų. Skirtingose linijose, gali būti gaminamos skirtingų rūšių ir skirtingos kokybės medžiagos. Principinės įrenginių komponavimo schemos parodytos 11.1 pav.



11.1 pav. Principinės įrenginių komponavimo schemas:

a – po pirminio trūpinimo įrengtas tarpinis sandėlis; b – po tretinio trūpinimo produkcija frakcionuojama; c – trūpinama tik trupintina frakcija, gaminant dviejų frakcijų produkciją; d – trūpinama trupintina frakcija, bet gaminama tik vienos frakcijos produkcija; e – prieš trūpinimą atskiriamos smulkiosios dalelės; f – trūpinimas ir sijojimas uždaru ciklu; g – trūpinimas ir frakcionavimas esant galimybei keisti dalelių stambumą

Jei reikia, projektuojant galima numatyti galimybę plėsti gamybą, panaudojant esamą inžinerinę infrastruktūrą, sandėlių ūkį, kelių sistemą ir kt.



## **11.4. SKALDOS GAMYBOS TECHNOLOGINĖ SCHEMA**

### **11.4.1. Bendrosios žinios**

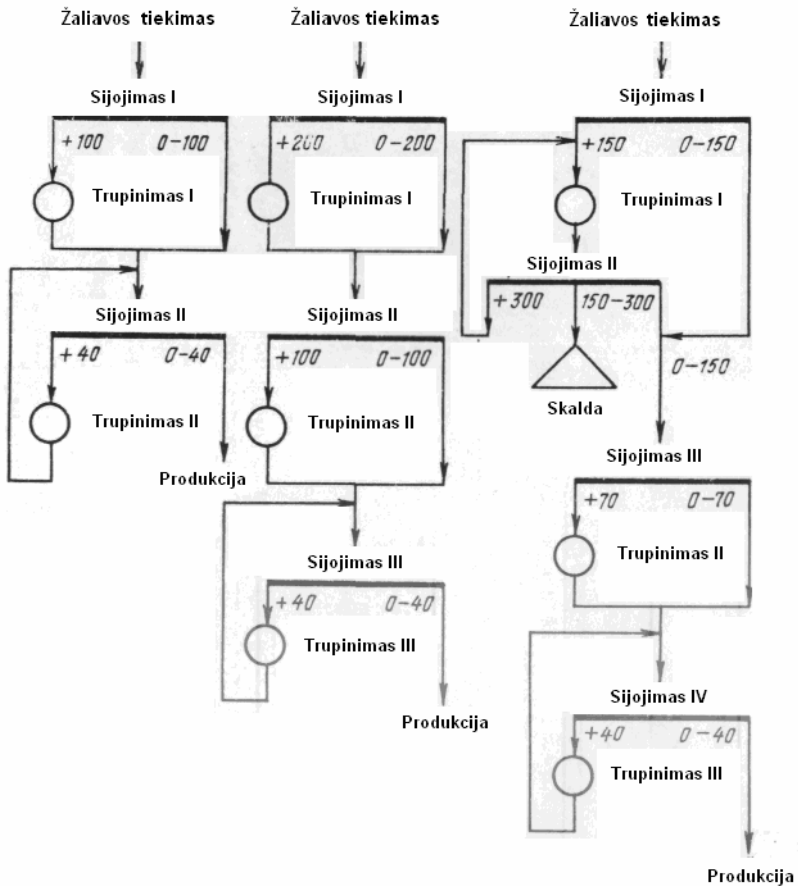
Skalda paprastai gaminama iš masyviųjų uolienu, kurios telkinyje pirmiausia sprogdinamos ir tik po to vežamos į gamyklą trupinti arba savaeigiu pirminiu trupintuvu gali būti trupinamos karjere. Skaldos gamybos technologinė schema ir atitinkami įrenginiai parenkami atsižvelgiant į perdirbamos žaliavos fizikines ir mechanines savybes. Jos daugiausia priklauso nuo uolienu kilmės, o geometrinės savybės – nuo žaliavos paruošimo ir gavybos būdo. Trupintuvų tipai parenkami atsižvelgiant į gamyklos našumą, uolienos gabalų stambumą ir stiprumą. Norimos gauti produkcijos asortimentas nulemia trupinimo laipsnių ir sijojimų skaičių.

### **11.4.2. Granitinės skaldos gamyba**

Granitinės skaldos gamyba yra būdingiausia dėl dviejų priežasčių: pirma, granito uoliena yra labiausiai paplitusi žaliava, antra – granitinė skalda yra plačiai taikoma keliams tiesti ir statinių statybai. Granitas yra gelminė tanki, stipri ir ilgaamžė uoliena. Jo klodai daug kur slūgso žemės paviršiuje arba po nestoru dangos sluoksniu Baltarusijoje, Ukrainoje, Švedijoje, Norvegijoje ir kt. Lietuvoje netoli Marcinkonių apylinkių granitas slūgso maždaug 270 m gylyje.

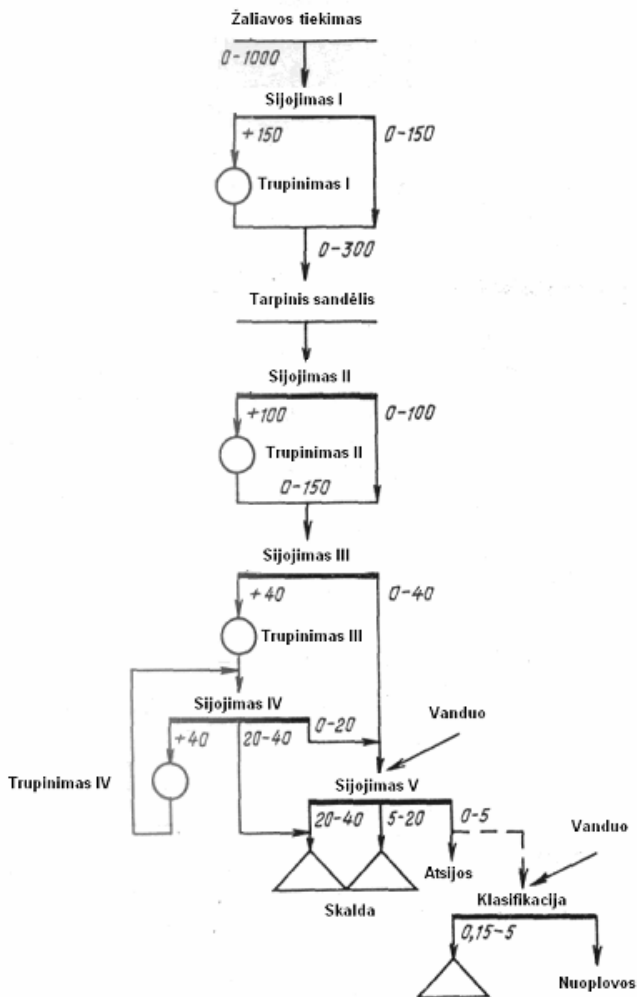
Skaldos gamybai racionalu išgauti granitą ten, kur jį galima išgauti atviruoju būdu, t. y. kur jis yra žemės paviršiuje arba po nestoru dangos sluoksniu. Karjere jis sprogdinamas iki tokio stambumo gabalų, kurie gali tilpti į pirminio trupintuvo priėmimo angą. Jei atskyla per dideli luitai, jie pakartotinai sprogdinami pavieniui arba išvežami į akmens apdirbimo įmones pjaustyti į akmens plokštes arba kitokius gaminius.

Skaldos gamybai taikomas trijų arba keturių laipsnių trupinimas ir sijojimas. Skaldos gamybos technologinės schemos parodytos 11.2 pav. ir 11.3 pav.



11.2 pav. Skaldos gamybos technologinės schemos:

1 – dviejų laipsnių trupinimas; 2 – trijų laipsnių trupinimas; 3 – trijų laipsnių trupinimas, atskiriant tam tikro stambumo skaldytus akmenis



11.3 pav. Skaldos gamybos technologinė linija, kai įrengiamas tarpinis sandėlis

Susprogdintos uolienos būna (0–1000) mm skersmens. Atvežta į gamyklą uoliena pilama ant sunkiojo tiektuvo arba pasvirusio standaus ardyno, tarp kurio juostų būna (150–200) mm tarpai. Dalelės, kurios išbyra per ardyną, nukreipiamos į antrinį trupintuvą, o kurios lieka ant ardyno, nurieda į pirminį trupintuvą. Ardynu atskyrus smulkias dalis, sumažėja pirminio trupintuvo

apkrovimas ir pagerėja jo trupinimo sąlygos dėl tarp dalelių padidėjusio tuštumų tūrio.

Tačiau jei iš karjero atvežtoje žaliavoje yra mažiau kaip 30 % per ardyną išbyrančių dalelių, tai ardynas nestatomas ir visas žaliavos srautas nukreipiamas tiesiai į pirminį trupintuvą.

Pirminiam trupinimui statomas didelio tūrio žiauninis trupintuvas, nes į jį turi tilpti iki 1000 mm skersmens uolienu gabalai. Jo našumas gali būti net didesnis už reikalingą projektuojamos technologinės linijos našumą. Tuo tarpu antrinio trupinimo trupintuvas yra mažesnių matmenų ir atitinkamai mažesnio našumo. Pirminio ir antrinio trupintuvų našumams subalansuoti tarp jų kartais įrengiamas tarpinis žaliavos sandėlis, kuriame galima laikyti medžiagos atsargą, kad jos pakaktų iki 4 darbo valandų. Tuo atveju trupintuvai gali dirbti nepriklausomai vienas nuo kito. Taigi pirminis trupintuvas gali dirbti su pertraukomis. Tačiau jei reikia didelio našumo linijos, antriniam trupinimui statomi du žiauniniai arba vienas kūginis trupintuvas, kurio našumas atitiktų pirminio trupintuvo našumą. Tokiu atveju tarpinis sandėlis nereikalingas.

Prieš antrinį trupintuvą taip pat įrengiamas sunkusis sijotuvus, kuris dalį žaliavos nukreipia tiesiai į tretinį trupintuvą, o virš sieto likusią žaliavos dalį – į antrinį trupintuvą.

Tretinio trupinimo stadijoje per stambioms dalelėms trupinti paprastai taikomas uždaras trupinimo ir sijojimo ciklas, t. y. iš trupintuvo išbirrusios per stambios dalelės vėl grąžinamos į trupintuvą. Be to, kai paskutinėje gamybos stadijoje yra uždaras trupinimo ciklas, produkcijoje lieka mažiau plokščių ir pailgų skaldos dalelių.

Po tretinio trupinimo įrengiamas švaraus sijojimo sijotuvus, o toliau produkcija transportuojama į produkcijos sandėlius. Tuo pačiu metu skalda gali būti gaminama kelių frakcijų. Sijotuvų sietai gali būti pakeičiami pagal reikalą. Operatyviai pakeičiama ir gaminamos skaldos standartinių frakcijų nomenklatūra. Tuo pačiu metu gaminamų frakcijų skaičius priklauso nuo sijotuvų ir sietų skaičiaus. Tarp sijotuvų įrengiami transporteriai ir tiektuvai, kuriais galima valdyti perdirbamos medžiagos srautus, nukreipiant juos į atitinkamus įrenginius arba sandėlius.

Gamybos procese galima reguliuoti gautos produkcijos granulimetrinę sudėtį, dalelių formą ir švarumą. Iš dalies galima reguliuoti stiprumą, kai taikomas atrankinis sijojimas ir trupinimas. Šių savybių rodikliai turi tenkinti standartuose arba kituose galiojančiuose norminiuose dokumentuose nurodytus reikalavimus.

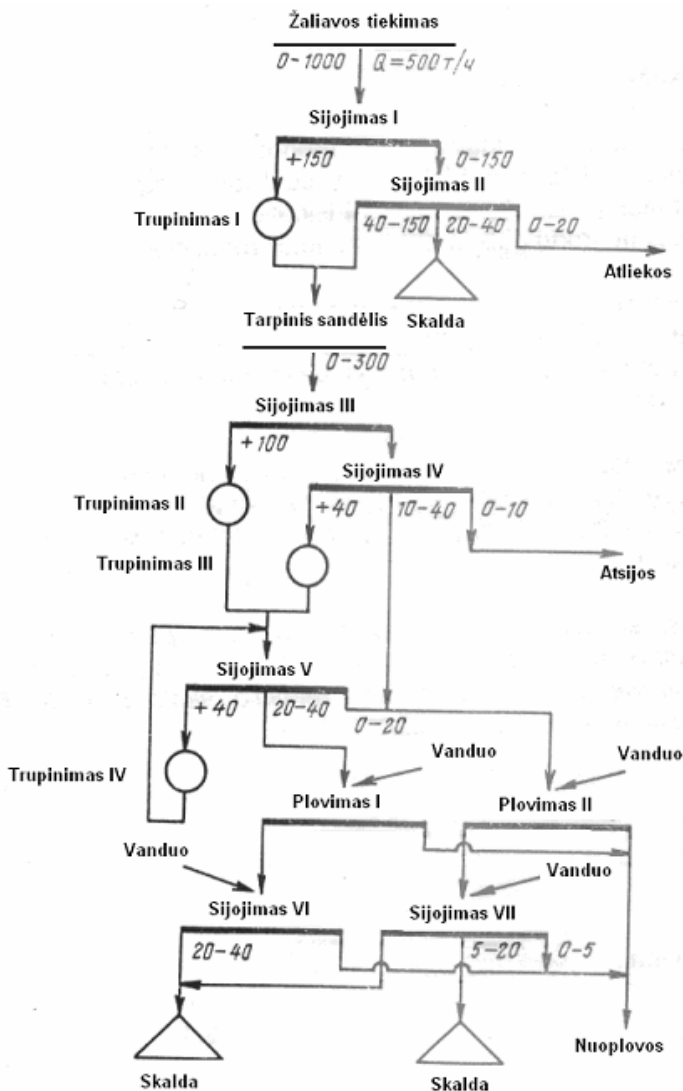
### 11.4.3. Skaldos gamyba iš nuosėdinių arba kitokių nevienodo stiprumo uolienu

Nuosėdinės chemogeninės ir zoogeninės (dolomitai, klintis, kreida, mergelis) ir nuosėdinės susicementavusios (smiltainiai) uolienos yra nevienalytės struktūros ir stiprumo. Jų perdirbimas šiek tiek skiriasi nuo granitinės skaldos gamybos. Šiose technologinėse schemose paprastai numatomos dvi linijos – viena stipresnėms uolienoms, o kita silpnesnėms. Čia panaudojamos medžiagų nevienodo atsparumo trupinimui savybės. Sprogdinant uolienas, silpnesnės sutrupa smulkiau, o stipresnės – stambiau. Atvežta į gamyklą žaliava pilama ant ardyno, kur ji padalija į dvi dalis. Ant ardyno lieka stambesnė (ji ir stipresnė), o per ardyną išbyra smulkesnė (ji ir silpnesnė). Prie silpnesnės dar gali būti nukreipiama dalis smulkesnės medžiagos persijotos po pirminio trupinimo. Šitaip medžiagos stiprumo skirtumas gali būti dar labiau išryškintas. Dviejose lygiagrečiose linijose gaminama skirtingo stiprumo produkcija (11.4 pav.).

Šiuo metu yra techninės galimybės gaminti didelį kiekį įvairių frakcijų produkcijos. Tai sudaro sąlygas racionaliai panaudoti žaliavas ir patenkinti įvairiopus vartotojų reikalavimus. Kita vertus, kuo geriau panaudojamos žaliavos, tuo mažesnė produkcijos savikaina. Pagal reikalą gali būti plaunama visų frakcijų skalda arba tik kai kurių. Jei yra gabalinio molio, technologinėje linijoje įrengiamos lovinės plovyklos.

Kadangi karbonatinės uolienos yra silpnesnės už granitą, jų pirminiam trupinimui galima naudoti kūginius trupintuvus, todėl supaprastėja pirminio trupinimo mazgas ir gaunamas vienodesnio stambumo produktas. Silpnoms (iki 80 MPa) karbonatinėms uolienoms trupinti, ypač toms, kurios po trupinimo malamos, naudotini rotoriniai trupintuvai. Jų privalumas – didelis trupinimo laipsnis ir mažesnės energijos sąnaudos.

Karbonatinės uolienos naudojamos ne tik statybinei skaldai. Skalda gaminama iš stipresnių uolienu, o silpnesnės po trupinimo malamos, pvz., iš klinties gaminami klintmilčiai asfaltbetoniui, betono ir skiedinio mikroužpildai, o atliekos naudojamos žemės ūkyje – dirvoms kalkinti. Taigi taikoma beatliekė technologija ir žaliava racionaliai sunaudojama pagal tinkamiausias fizikines ir mechanines savybes.

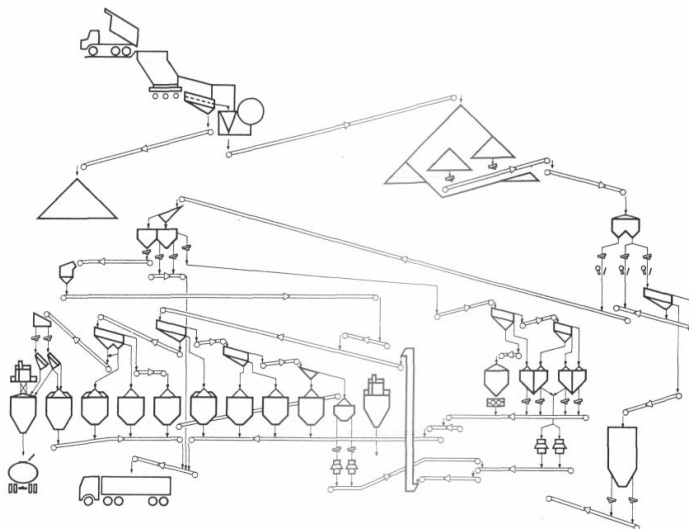


11.4 pav. Skaldos gamybos iš nevienalyčių uolienu schema

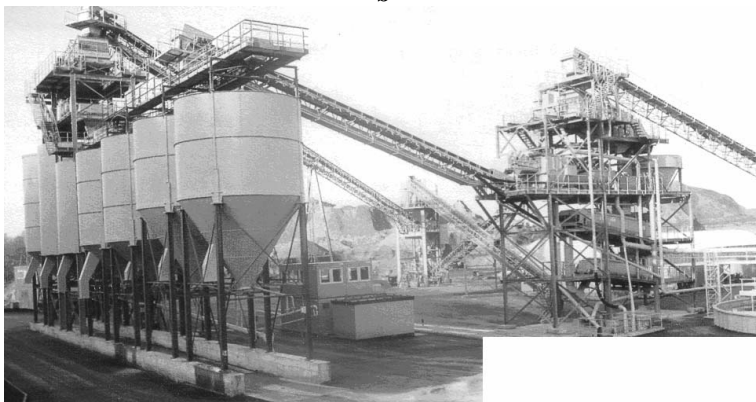
Iš gamyklų gali būti išleidžiama atskirų frakcijų skalda arba frakcijų mišiniai. Jų granulimetrinė sudėtis paruošiama pagal užsakovo reikalavimus,

t. y. iš atskirų frakcijų dozuojamas ir sumaišomas reikiamos sudėties skaldos mišinys. Modernios gamyklos schema parodyta 11.5 pav.

**a**



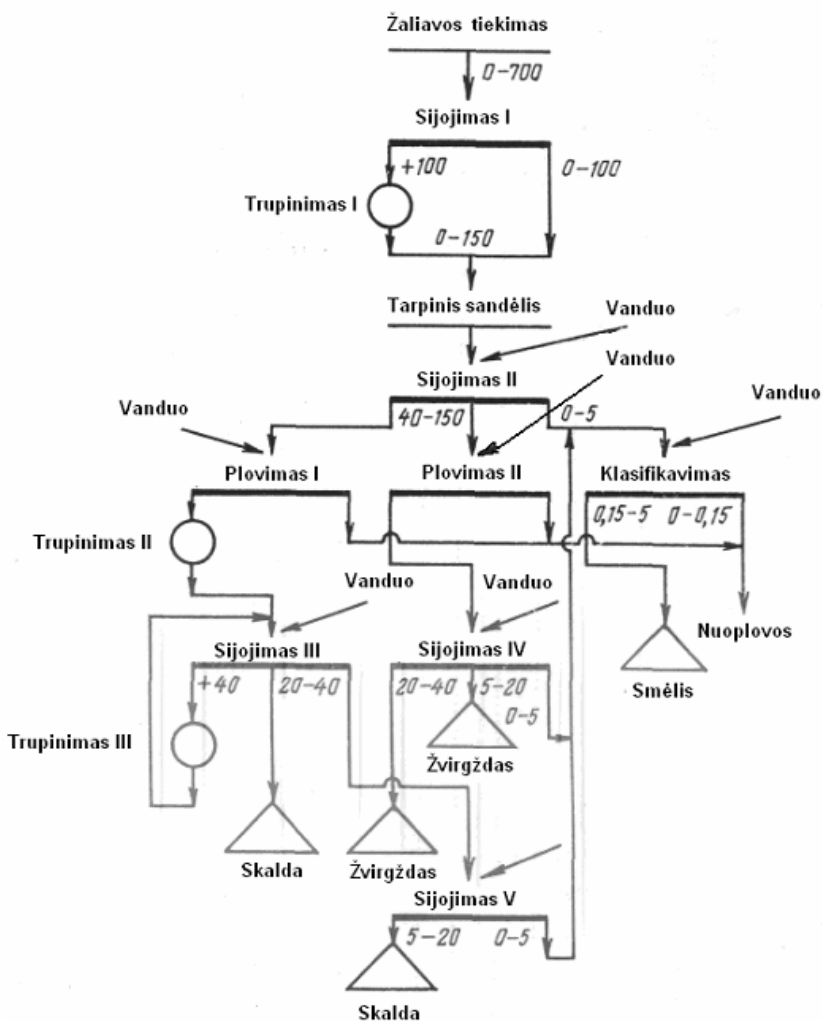
**b**



11.5 pav. Žvyro perdirbimo technologinės schemos (a) ir gamyklos vaizdas (b)

Gamtinis žvyras kaip žaliava perdirbamas į žvirgždo skaldą, žvirgždą ir smėlį. Jeigu žvyro telkinyje yra daug riedulių, tai jie gali būti perdirbami į skaldą, kaip ir lauko rieduliai. Žvirgždo skalda gaminama iš stambiųjų (stambesnių kaip (32–63) mm) dalelių. Žvirgždo skaldyje gali būti iki 20 %

neskilusių dalelių ir iki 50 % iš dalies skeltų dalelių, kurių iki 50 % paviršiaus ploto gali būti neskeltas.



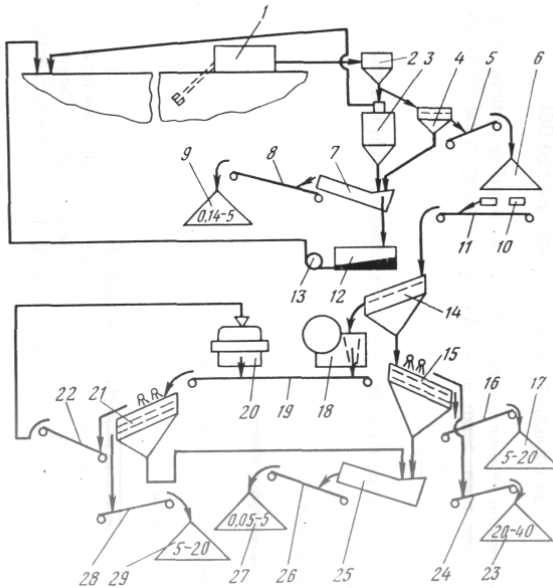
11.6 pav. Žvyro perdirbimo schema

Žvyro perdirbimo linijoje priklausomai nuo žaliavos stambumo numatomas dviejų arba trijų laipsnių trupinimas ir keturių arba penkių laipsnių



sijojimas. Atsižvelgiant į užterštumą moliu arba kitomis priemaisomis žaliava plaunama ant sietų arba plovyklose. Smėlis klasifikuojamas ir nusausinamas spiraliniuose klasifikatoriuose. Jei žaliava išgaunama hidromechanizacijos priemonėmis, tai taikomi hidraulinio mechaninio klasifikavimo metodai.

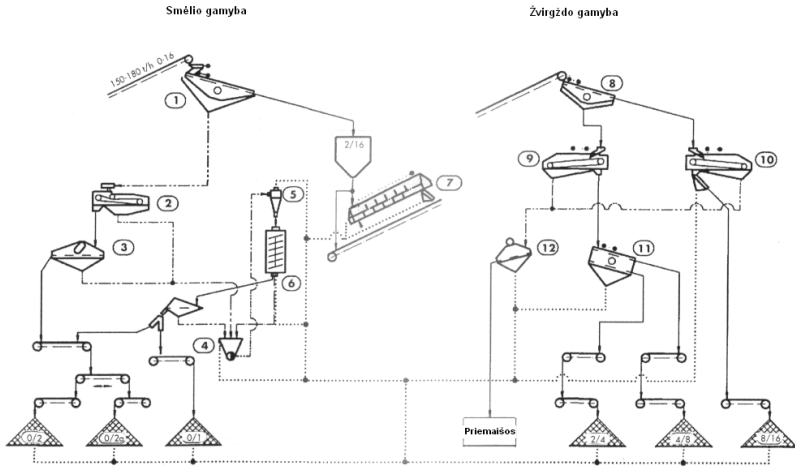
Iš karjero į perdirbimo įmonę atvežtas žvyras pilamas į priėmimo bunkerį, kurio talpa gali būti tokia, kad supiltos žaliavos pakaktų tam tikrai darbo trukmei. Kuo daugiau žaliavos sukaupiama bunkeryje, tuo vienodžiau apkraunama technologinė linija. Trumpam sutrikus žaliavos tiekimui, gamyba gali vykti perdirbant bunkeryje sukauptą žaliavą.



11.7 pav. Žvyro, išgauto hidromechanizacijos priemonėmis, perdirbimo schemas:

- 1 – pulpos padavimo anga; 2 – kūginis sijotuvus; 3 – hidroklasifikatorius;
- 4 –vibracinis nusausinimo sietas; 5 – transporteris; 6 – tarpinis sandėlysis;
- 7 ir 25 – spiralinis klasifikatorius; 8, – transporteris; 9 – produkcija;
- 10 – vibracinis maitintuvus; 11 – transporteris; 12 – nuotekų surinktuvas;
- 13 – nuotekų nutekėjimo vamzdis; 14 – sijotuvus; 15 ir 21 – sijotuvai ir plautuvė;
- 16, 19, 22, 24, 26, 28 – transporteriai; 17, 23, 27, 29 – produkcija;
- 20 – trupintuvus

Žaliava iš priėmimo bunkerio patenka ant reto ardyno, nuo kurio atskirti stambūs rieduliai nurieda į surinkimo aikštelę. Iš po ardyno medžiaga tiekama ant sijotuvo. Jo atskiriamos dalelės turi būti nukreipiamos į trupintuvą, o išbirusios per sietą toliau siojamos į žvirgždo ir smėlio prekinės frakcijos. Jei produkcija plaunama ant sietų, tai smėlis iš pulpos gali būti išskirtas spiraliniu klasifikatoriumi arba klasifikuojamas hidrociklonais.



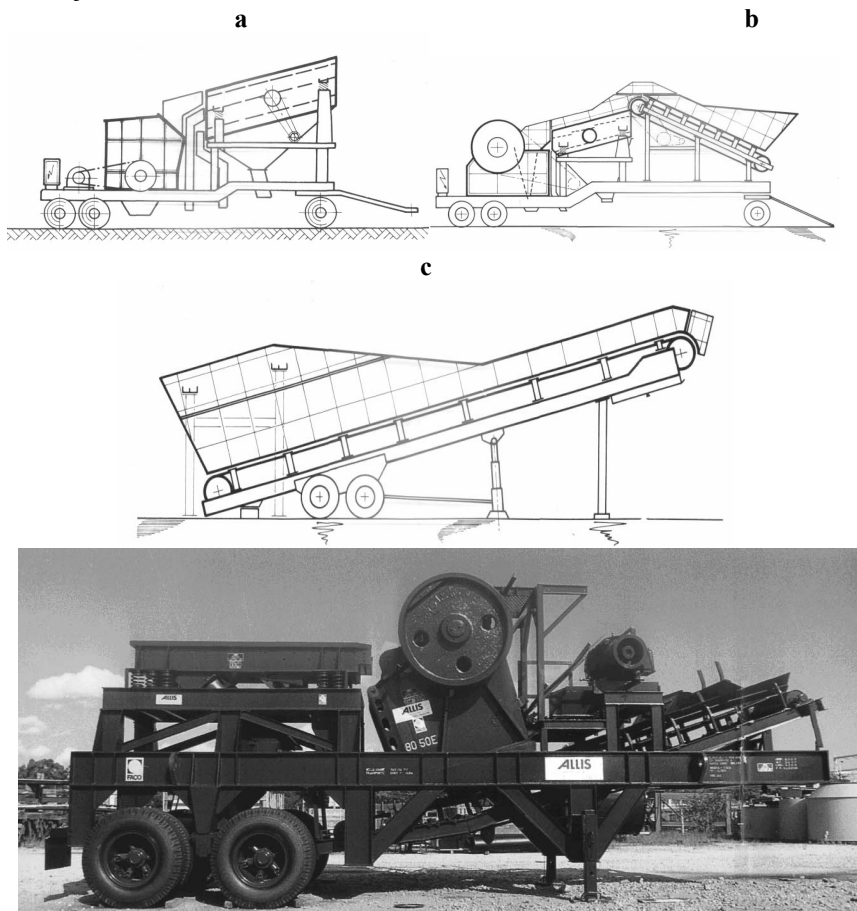
11.8 pav. Smėlio ir žvirgždo perdirbimo technologinės linijos schema

Kai žemsiurbės arba žemkasės iškasta žaliava į gamyklą tiekama pulpos, kurioje kietų dalelių ir vandens santykis yra nuo 1:12 iki 1:20, pavidalu, kūginiu sijotuvu atskiriamos stambesnės kaip 4 mm dalelės, o smulkesnės – smėlio dalelės nukreipiamos į hidrocikloną, kad būtų atskirta didžioji vandens dalis. Sukoncentruota smėlio pulpa gali būti siojama arba spiraliniu klasifikatoriumi nusausinama ir tiekama į produkcijos sandėlį.

## 11.5. KILNOJAMIEJI NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ PERDIRBIMO ĮRENGINIAI

Kilnojamieji įrenginiai paprastai gaminami trejopo pajėgumo įmonėms: smulkioms, vidutinėms ir stambioms. Tai trupinimo, siojimo ir medžiagų transportavimo įrenginiai, gamyklose sumontuoti ant važiuoklių su pneumatiniiais ratais. Įrenginius, esant reikalui, lengva pervežti iš vienos vietos ir iš jų sumontuoti technologinę liniją kitoje vietoje. Pervežti įrenginiai su

važiukle šiek tiek pakeliami ir statomi ant specialių atramų, kad tvirtai stovėtų ir būtų stabilūs darbo metu.



11.9 pav. Kilnojamųjų įrenginių schemas:

a – trupintuvas su tiektuvu; b – sujungti tiektuvas, sijotuvą ir trupintuvą; c – kilnojamasis transporteris; apačioje – tiektuvo ir trupintuvo vaizdas iš šono

Šių įrenginių našumas pagal perdirbtos žaliavos kiekį būna: smulkių – apie  $12 \text{ m}^3/\text{h}$ , vidutinių – apie  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  ir stambių – nuo  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  iki  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ . Įrenginių komplektavimo ant važiuklių variantų yra daug.

## 11.6. RACIONALUS ŽALIAVŲ NAUDOJIMAS

### 11.6.1. Bendrosios žinios

Akmens uolienų gavyba yra viena iš ypač sudėtingų ir energijos imlių nerūdinių medžiagų perdirbimo operacijų. Ji siejasi su vietovės ekologija. Kasant naudingąsias iškasenas pakeičiama vietovės aplinka, nukenčia didelės teritorijos gamtovaizdis. Sunaudotos medžiagos nebeatkuriamos. Todėl iškasta žaliava kaip brangus gamtos turtas, visais atvejais turi būti racionaliai sunaudojama. Perdirbant nerūdines medžiagas atliekų neturėtų būti, nes tai yra mineralinės žaliavos, kurios turi būti panaudojamos statinių ir kelių statybai, statybinių medžiagų gamybai, aplinkos tvarkymui, žemės ūkiui ir kt. Kitas klausimas – kaip gamykla sugeba pagrindinės gamybos atliekas paruošti, kad jos būtų sunaudojamos racionaliai.

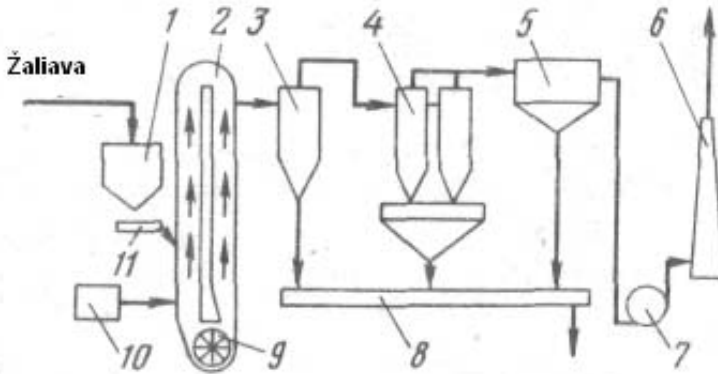
### 11.6.2. Klintmilčių gamyba

Klintmilčių gamybą galima organizuoti iš klinties atsijų. Klintis ir dolomitas dažniausiai yra vidutinio stiprumo arba silpnos uolienos. Gaminant skaldą, didelė dalis uolienos smulkiai sutrupa ir išbyra į atsijas (dalelės, smulkesnės kaip 4 mm). Šios atsijos tinka keliams tiesiti arba jas sumalus gaunami klintmilčiai arba maltas dolomitas. Stambi žaliava (iki 40 mm) trupinama dviem stadijomis, o po to malama. Rekomenduojama malti daleles, kurių stambumas iki 4 mm. Šie akmens milteliai gali būti naudojami kaip betonų, skiedinių, statybinio glaisto, statybinių klijų mikroužpildas, taip pat žemės ūkyje – dirvoms kalkinti. Naudojimo sritis priklauso nuo akmens savybių, cheminės sudėties ir paruošimo. Vienas iš klintmilčių gamybos technologijos variantų parodytas 11. 10 pav.

Gaminant klintmilčius prisideda viena labai svarbi ir energijos imli operacija – klintmilčių džiovinimas. Iškastos žaliavos trupinimo ir sijojimo operacijas perėjusios, smulkios dalelės būna drėgnos arba, jei produkcija plaunama, šlapios. Kuo žaliava šlapesnė, tuo daugiau energijos reikia jai išdžiovinti. Klintmilčius galima sandėliuoti ir supilstyti į tarą tik sausus. Drėgni klintmilčiai sandėliuojami sušoka į gabalus ir jų negalima panaudoti pagal paskirtį.

Jei po perdirbimo atsijos būna šlapios, jas reikia nusausinti ir padžiovinti lauko sandėliuose iki orasausio drėgno. Tuomet jos gali būti malamos šachtiniuose, rutuliniuose, plaktukiniuose arba kitokio tipo malūnuose. Klintmilčiai džiovinami rutuliniuose malūnuose arba specialiose džiovyklose karštu oru, esant (500–600) C° temperatūrai. Išdžiūvę milteliai patenka į cikloną ir jame nusėda. Į aplinką išleidžiamas oras išvalomas filtrais, o juose surinkti milteliai grąžinami į malinio surinkimo bunkerį.

Klintmilčių technologinės linijos našumas gali būt apie (40–50) t/h.



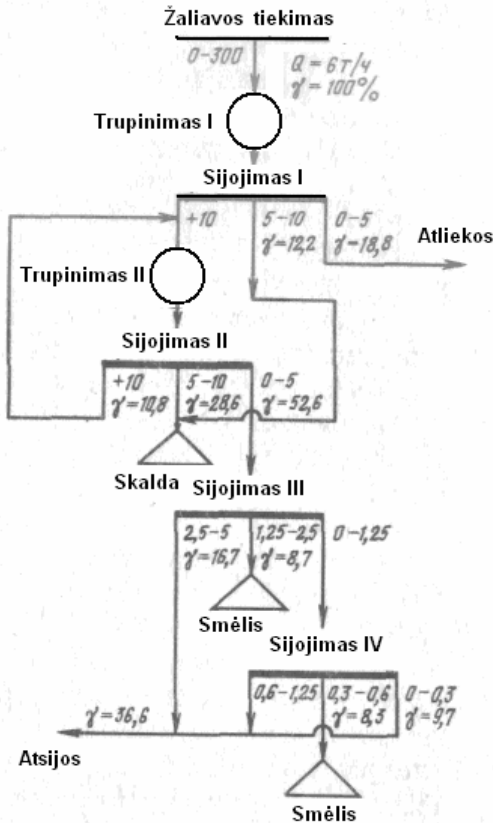
11.10 pav. Klintmilčių gamybos schema:

- 1 – žaliavos bunkeris; 2 – šachtinė džiovykla; 3 – pirminis ciklonas (skersmuo 2 mm); 4 – ciklonų baterija; elektrinis filtras; 6 – kaminaus; 7 – dujų siurblys; 8 – sliedinis transporteris; 9 – ventiliatorius; 10 – karšto oro generatorius; 11 – juostinis tiektuvas

### 11.6.3. Dekoratyviojo akmens gamybos atliekų perdirbimas

Gaminant apdailos plokštes ir kitokius gaminius iš dekoratyviojo akmens, didelė dalis žaliavos patenka į atliekas. Tai pjaustomų blokų kraštai, plokščių briaunų nuopjovos, sudužusios plokštės arba gaminiai. Faktiškai tai yra geros ir brangios žaliavos atliekos. Jas atitinkamai perdirbus, galima gauti gerą ir brangų produktą – spalvotą skaldelelę dekoratyviajam betonui arba skiediniui, spalvotus betono, skiedinio, statybinio glaisto mikroužpildus ir kt.

Dekoratyvioji skalda paprastai gaminama siaurų frakcijų: 4/8 mm; 2/4 mm; 0,5 mm; 0,5/1 mm; 0,25/0,5 mm; 0/0,25 mm arba frakcijų mišiniai – 2/8 mm; 0/1 mm; 0/0,5 mm. Pagal pageidavimus gali būti gaminamos ir kitokių frakcijų skalda. Siaurų frakcijų skalda reikalinga tam, kad tik labai tiksliai dozuojant iš atskirų frakcijų dalelių būtų galima gauti tinkamos sudėties skiedinių mišinius ir pakartoti tokių mišinių sudėtis, kai reikia dekoruoti didelius plotus, išlaikant vienodą paviršiaus struktūrą spalvą ir atspalvį.



11.11 pav. Dekoratyviojo akmens atliekų perdirbimo schema

#### 11.6.4. Skaldos atsijų perdirbimas

Uolienu skaldymo procese priklausomai nuo žaliavos savybių ir perdirbimo technologijos susidaro daug (kartais net iki 50 % perdirbtos žaliavos) atsijų (dalelių smulkesnių kaip 4 mm). Tačiau į atsijas iš žaliavos išbyra ir molio, dulquio ir humuso dalelių. Tokios atsijos netinka atsakingoms konstrukcijoms gaminti.

Tačiau iš atsijų galima išskirti dalį geros medžiagos. Jei numatoma atsijas perdirbti, tai produkcijos plovimo operacijoje iš jų turi būti šalinamos kenksmingos priemaišos pašalinimas. Nusausinant molio, dulquio ir humuso

dalelės iš klasifikatoriaus arba ciklono turėtų būti su vandeniu nuleidžiamos į nuoplovų baseinus.

Atsijų dalelės dėl uolienuų trupėjimo tarp trupintuvo žiaunų ypatumų būna aštriabriaunės, pailgos ir plokščios. Norint pagerinti šių dalelių geometrines savybes, jas reikia dar kartą perleisti per smūginį trupintuvą arba trumpai pamalti malūne, kad būtų aplaužytos jų briaunos ir sutrupėtų plokščiosios dalelės. Taip apdorotos atsijos sijosamos į frakcijas, o iš smulkiausių dalelių gaminami mikroužpildai, malant rutuliniuose arba kitokio tipo malūnuose. Mikroužpildai gali būti sandėliuojami arba pakuojami į tarą tik išdžiovinti. Jie džiovinami karštu oru malūnuose, arba kaip ir klintmilčiai, – specialiose džiovyklose.

### **11.6.5. Skaldos ir smėlio gamyba iš pramonės atliekų**

Skalda ir smėlis taip pat gaminami iš pramonės ir statybos atliekų, pvz., šlako, statybinių konstrukcijų laužo ir panašių vietinės pramonės mineralinių medžiagų atliekų. Plačiausiai naudojami metalurgijos ir stambių katilinių šlakai bei pelenai. Atliekų panaudojimo sritys priklauso nuo jų cheminių, fizikinių ir mechaninių savybių.

Metalurgijos šlakai, susilydę į stambius stikliškos struktūros gabalus, naudojami statybinės skaldos ir skaldyto smėlio gamybai. Šio šlako perdirbimo technologinė linija yra tokia pati kaip ir skaldos gamybos iš gamtinių uolienuų.

Granuliuotas šlakas (staigiai ataušintas vandeniu) yra minkštesnis už susilydžiusį ir lėtai ataušusį šlaką. Paprastai jis naudojamas cemento gamybai. Šlakas trupinamas, o paskui malamas kartu su cemento klinkeriu. Gaunamas šlako portlandcementis, kuris naudojamas statybos darbams.

Šlakui, kuris naudojamas skaldos ir statybinių medžiagų gamybai, keliami tam tikri reikalavimai. Pirmiausia jis turi būti visai išdeges, t. y. jame turi nebūti nesudegusio kuro liekanų, taip pat kenksmingų ir nestabilių (tirpių vandenyje arba neišlaikančių tūrio pastovumo bandymo) geležies ir silikatų junginių.

Kietojo kuro pelenai būna dviejų tipų – paprasti kūryklų pelenai ir lakieji pelenai, kurie surenkami elektriniuose filtruose. Prieš naudojant kūryklų pelenus reikia atskirti nuo šlako ir kitų kietųjų priemaišų. Atskyrimas sietais arba klasifikuojant oro ciklonuose. Kas kita yra lakieji pelenai, sugaudyti elektrinių filtrų. Jie yra labai smulkūs ir chemiškai aktyvūs, nes turi daug amorfinio silicio dioksido, kuris drėgnoje aplinkoje gali jungtis su cimente esančiais šarmais ir sudaryti stabilius hidrosilikatinius junginius. Šie pelenai betono arba skiedinio mišinyje pagerina kietosios fazės dalelių granulimetrinę sudėtį ir padidina visos sistemos tankį.

Griaunant pastatus ir inžinerinius statinius atsiranda daug statybinių konstrukcijų laužo. Konstrukcijos, kuriose nėra plieninės armatūros laužomos statybos vietoje, o kuriose armatūros yra, laužomos specialiose staklėse taip, kad

iš jų atsiskirtų armatūra. Po sulaužymo likę gabalai vežami į trupinimo gamyklas, iš kurių gaminama statybinė skalda ir skaldytas smėlis.

### 11.6.6. Gamyklų ir technologinių linijų patikimumas

Nerūdinių medžiagų perdirbimo technologinėje linijoje visi trupinimo, sijojimo, plovimo ir medžiagų transportavimo įrenginiai sujungti į vieną liniją. Vienam kuriam nors įrenginiui sugedus, visa linija sustoja. Kuo daugiau linijoje įrenginių, tuo didesnė gamybos sutrikimo galimybė. Montuojant technologinę liniją, turėtų būti parenkami vienodo patikimumo įrenginiai. Jei linijoje yra mažo patikimumo mazgų, turėtų būti numatyta galimybė tokius mazgus greitai pakeisti arba sutaisyti.

Kiekvieno įrenginio ir visos linijos patikimumą galima apskaičiuoti pagal tikimybių teoriją, jei yra žinomi pradiniai duomenys, nustatyti ankstesniais tyrimais, nurodyti gaminių pasuose arba literatūros šaltiniuose.

Patikimumas gali būti nustatytas iš darbinės patirties ir įvertinamas patikimumo koeficientu, kuris apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$K = T_d / (T_d + T_p) ; \quad (11.1)$$

čia  $K$  – patikimumo koeficientas;  
 $T_d$  – skaičiuojamoji faktinio darbo trukmė (per 2 – 3 metus), h;  
 $T_p$  – prastovų trukmė dėl gedimo per skaičiuojamąją trukmę, h.

Jei įrenginiai tinkamai prižiūrimi ir atliekamas profilaktinis remontas, jie veikia patikimai, pvz., žiauninių trupintuvų patikimumo koeficientas siekia iki 0,995. Technologinėje linijoje dažniausiai genda ir mažiausiai patikimi yra sietai (jie prakiūra arba atsilaisvina) ir transporteriai (pavaros, juostos ir ritinėlių gedimai). Todėl šiuos įrenginius būtina labai kruopšti ir laiku prižiūrėti. Įrenginiai dažnai genda perdirbant labai stiprias ir abrazyvias uolienas. Ypač pavojinga, jei pirminį trupintuvą su žaliava patenka per didelis uolienos gabalas arba nesutrupinamas kūnas (pvz., metalo gabalas). Jie gali sulaužyti trupintuvo apsaugą, iš trupintuvo žiaunų sunku pašalinti įstrigusį tokį kūną.

Kadangi pirminio trupintuvo našumas būna gerokai didesnis nei antrinio ir tretinio trupintuvų, yra pavojus, kad šie kai kuriais momentais gali būti perkrauti ir sustoti užsikimšę. Trupintuvo atlaisvinimas nuo uolienos yra sudėtinga ir gaisri operacija. Todėl linijos apkrovimas turi būti tinkamai reguliuojamas prieš pirminį trupintuvą.

Technologinės linijos skaičiavimuose priklausomai nuo įrenginių skaičiaus linijoje priimas darbo laiko panaudojimo koeficientas imamas nuo 0,7 iki 0,85. Į šį laiko balansą paprastai įeina ir organizaciniai sutrikimai – transportavimo



sutrikimas, gamtinių sąlygų trukdžiai ir kiti nenumatomi atvejai. Stambiose gamybose tuo pačiu metu dirba nuo 25 iki 40 įrenginių. Dėl didelio įrenginių skaičiaus tokios gamyklos darbo laiko nuostoliai gali būti didesni.

### **11.6.7. Nerūdinių medžiagų transportavimas ir apsauga nuo sušalimo**

Nerūdinių medžiagų sandėliavimas, pakrovimas į transporto priemones, iškrovimas iš jų ir transportavimas vartotojui sudaro didelę jų kainos dalį. Siekiant sumažinti prekinės produkcijos kainą, dažnai yra tikslinga spręsti tipinį transporto uždavinį, objektyviai įvertinant transportavimo atstumą ir gabenimo priemones. Lietuvoje šioms medžiagoms vežti plačiausiai naudojamas geležinkelio ir automobilių transportas, daug rečiau – laivai. Transporto priemonės pakraunamos transporteriais arba kaušiniais krautuvais.

Geležinkeliu šios medžiagos gabenamos birioms medžiagoms vežti pritaikytais vagonais. Geležinkeliu racionalu naudotis, jei reikia vežti didelį kiekį ir dideliu atstumu. Iš vagonų medžiagos iškraunamos savitaka, atidarius iškrovimo angas vagonų šonuose, apačioje. Naudojant geležinkelio transportą, dažnai reikalingas tarpinis medžiagų perkrovimas ir sandėliavimas. Bet koks tarpinis perkrovimas ir sandėliavimas sudaro prielaidas, kad dėl užteršimo, segregacijos, frakcijų sumaišymo ir pan. pablogėja medžiagų kokybė.

Pastaraisiais metais vis plačiau naudojamas automobilinis transportas. Galingi savivarčiai sunkvežimiai su priekabomis gali operatyviai pervežti didelius kiekius įvairaus asortimento medžiagų. Automobilinio transporto privalumas tas, kad juo tiesiai iš gamyklos medžiagas galima pristatyti tiesiai į paskyrimo vietą be tarpinio perkrovimo.

Nerūdinės medžiagos gali būti vežamos universaliuosiuose arba specialios paskirties konteineriuose. Konteineriuose vežamos tokios medžiagos, kurias reikia apsaugoti nuo sudrėkimo arba užteršimo. Specializuoti konteineriai skirti vežti toms specifinių savybių medžiagoms, kurioms reikalingos ypatingos transportavimo sąlygos. Konteineriai būna mažos talpos (iki 2,5 t), vidutiniai (iki 10 t) ir dideli (per 10 t). Kai kurių tipų konteineriams pakrauti ir iškrauti gali būti reikalingos specialios prikabinimo ir kėlimo priemonės.

Sušalti medžiagos gali šaltu metų periodu. Sušalusios birios medžiagos tampa kietu masyviu kūnu, kurį sunku suardyti ir pakrauti į transporto priemones bei iškrauti iš jų. Ypač pavojinga, kai medžiagos sušąla transporto priemonėse. Tuomet jų negalima laisvai iškrauti.

Sušalimo transporto priemonėse stiprumas ir gylis priklauso nuo:

- aplinkos temperatūros ir vežimo sąlygų (judėjimo greičio, transporto priemonės tipo, prastovų trukmės ir kt.);
- medžiagos fizikinių, mechaninių ir geometrinių savybių (drėgnumo, gebos užlaikyti vandenį, granulimetrinės sudėties, pradinės temperatūros ir kt.);

- nuo medžiagų šiluminių savybių (šilumos imlumo, šilumos laidumo).  
Galimą išalimo gylį krūvoje arba transporto priemonėje galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$h = \frac{\tau \cdot (t_u - t_a)}{q \cdot \rho \cdot \left( \frac{H}{4\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right)}; \quad (11.2)$$

čia  $h$  – išalimo gylis, m;  
 $\tau$  – transportavimo trukmė, h;  
 $t_u$  – drėgmės užšalimo temperatūra, °C  
 $t_a$  – aplinkos oro temperatūra, °C;  
 $q$  – santykinė šiluma, atiduodama atšalimo metu, kJ;  
 $\rho$  – medžiagos tankis, kg/m<sup>3</sup>;  
 $\lambda$  – šilumos laidumo koeficientas, kJ/(h m °C);  
 $\alpha$  – šilumos atidavimo koeficientas, kJ/(h m °C);  
 $H$  – krūvos aukštis, m.

Išalimo gylis daug priklauso nuo medžiagos pradinės drėgmės, sutankinimo laipsnio. Sušalimo stipris nustatomas eksperimentiškai. Iš bandomos medžiagos sušaldomi kubeliai ir bandomas jų stipris. Lietuvoje skaičiuojamoji šalčiausio penkiadienio oro temperatūra Vilniuje būna (– 23) °C, Kaune (– 20) °C. Ledo stipris priklauso nuo aplinkos temperatūros. Jis pateiktas 11.1 lentelėje.

11.1 lentelė. **Ledo stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros**

Ledo temperatūra, °C	0	- 5	- 10	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35	- 40
Ledo stipris, MPa	1,6	2,3	3,0	3,9	4,8	5,5	6,2	6,8	7,4

Medžiagų sušalimo stiprumas priklauso nuo granulimetrinės sudėties (smulkios dalelės sušąla stipriau) ir drėgmės kiekio. Sušalusio smulkaus smėlio stipris gniuždant gali siekti iki 50 MPa. Jei vandens smėlyje yra 8 % ir mažiau, sušalimo stipris mažėja proporcingai vandens kiekio mažėjimui, nes tarp dalelių mažėja galinčių sušalti vandens tiltelių.

Kad medžiagos nesusaltų sandėliuose ir transporto priemonėse, reikia imtis atitinkamų profilaktinių priemonių:

- sumažinti medžiagų drėgnį iki nesusalimo ribos (4/8 mm frakcijos žvirgždo ir skaldos iki 2 %, smėlio – iki 1,2 %) nudrenuojant,

pridengiant nuo kritulių, centrifuguojant, padžiovinant, ventiliuojant ir pan.;

- sušaldyti birios būsenos medžiagas;
- apibarstyti arba aplieti medžiagomis, pažeminančiomis vandens užšalimo temperatūrą.

Kad birios medžiagos neprišaltų prie transporto priemonių sienelių, jas galima padengti plonu tepalo sluoksniu. Tačiau apsaugos nuo sušalimo ir prišalimo priemonės galima naudoti tik tais atvejais ir tokiais kiekiais, jei jos nepakenkia produkcijos kokybei.

Tais atvejais, kai medžiagų sušalimas neišvengiamas arba atsitiktinis, naudojami tam pritaikyti purentuvai, nes atšildymo metodai brangiai kainuoja. Purentuvų veikimo principas gali būti pagrįstas gręžimo, vibracijos, vibracinio smūgio, elektros smūgio principais. Kartais vagonuose sušalusias arba sukietėjusias medžiagas tenka purenti apskaičiuotais sprogdinimais (tai kraštutinė priemonė). Visais purenimo atvejais turi būti griežtai laikomasi saugaus darbo taisyklių, nes šie darbai yra ypač pavojingi.

## **12. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ GAMYBOS POVEIKIS APLINKAI**

### **12.1. ANTROPOGENINIS POVEIKIS**

Antropogeninis poveikis aplinkai kiekvienais metais didėja proporcingai pramonės ir urbanizacijos plėtai. Pirmiausiai tai sietina su intensyviu medžiagų ir energijos apyvartos didėjimu žmonių visuomenėje. Nors visose šalyse siekiama būtinybės optimizuoti sistemą „žmonija – gamta“, iš tiesų gamta daugeliu atvejų pralaimi. Žmonės daugiau rūpinasi savo materialine gerove bei ištaiga, ir nepakankamai deda pastangų kompensuoti dėl to padarytą žalą gamtai. Ypač didelę įtaką aplinkai turi naudingųjų iškasenų gavyba, perdirbimas ir naudojimas. Dėl aktyvios žmogaus veiklos aplinka teršama įvairiais būdais.

Mokslininkų apskaičiavimais [7], šiuo metu atmosferoje yra apie 20 mln. t pakibusių dalelių (aerozolių). Apie 90 % šių aerozolių tenka (8 – 10) % žemynų paviršiu (Europai, Šiaurės Amerikai ir Japonijai). Su šio tipo aplinkos tarša siejami klimato pokyčiai. Perdirbant ir transportuojant nerūdines medžiagas, sukeliama daug dulkių, kurių dalis nusėda netolimosiose apylinkėse, o smulkiosios dalelės vėjo nunešamos dideliais atstumais.

Kasant naudingąsias iškasenas sukeliama dirvos erozija, nukasamas arba užpilamas dirvos paviršius, tiesiami laikinieji ir nuolatiniai keliai, klojami inžineriniai tinklai ir kt. Mūsų mažoje respublikoje pastebimas analogiškas

reiškinyms. Urbanizacijai skiriami vis didesni žemės plotai, kertami subrendę ir nepakankamai subrendę miškai (nors dalis, reikia pasakyti, atsodinama).

Nerūdinių medžiagų perdirbimo pramonėje galioja bendrieji aplinkos apsaugos principai:

- organizuoti gamybą su mažiausiomis energijos ir pagalbinių medžiagų sąnaudomis;
- organizuoti beatliekę gamybą arba atliekas atiduoti perdirbti kitoms pramonės šakoms;
- siekti naudoti teritoriją ir infrastruktūrą bendriems visuomenės interesams;
- kompensuoti gamtai padaromą žalą.

Labai svarbi šalies ekologinė politika. Daug kas priklauso nuo racionalaus šalies gamtos išteklių naudojimo, aplinkos apsaugos ir teritorijos atkūrimo (rekultivavimo), išnaudojus naudingųjų iškasenų išteklius, teisinės bazės sutvarkymo.

## **12.2. KASYBOS POVEIKIS APLINKAI**

Mineralinių žaliavos kasybos poveikis gali būti tiesioginis ir netiesioginis. Tiesioginis poveikis sietinas su tiesiogiai naudojamu žemės plotu, kuriame vykdoma gamybinė veikla. Netiesioginis poveikis daromas aplink esančiam plotui, kuriam turi įtakos gamybinė veikla: kelių tiesimas, paviršinių ir gruntinių vandenų lygio pakeitimas, dulketumo ir triukšmo padidėjimas ir kt.

Siekiant sureguliuoti ir kontroliuoti aplinką teršiančių medžiagų išmetimo kieki ir keliamo triukšmo lygį, yra sudarytos atitinkamos normos. Normatyvai – tai ribinis teršiančių medžiagų kiekis, kurį leidžiama išmesti į atmosferos orą per laiko vienetą iš teršimo šaltinio.

Triukšmas – bet kokie garsai, viršijantys garso komforto normas (40 db dieną ir 30 db naktį), laikomas kenksmingu.

Šiuolaikinės gamybos svarbiausias uždavinys yra grįžtamųjų ryšių tarp mineralinių žaliavų gavybos ir aplinkos apsaugos suradimas ir tinkamas jų panaudojimas. Tai turi būti daroma karjero bei gamyklos projektavimo, statybos ir eksploatavimo stadijose. Projekte turi būti įvertinta vietovės nusausinimo arba aprūpinimo vandeniu būdai, žaliavos kasimo ir transportavimo būdai, dangos sandėliavimas ir panaudojimas, kasvietės rekultyvavimo metodai.

Atsižvelgiant į tai, kad kasyba ir mineralinių žaliavų gavyba ypač veikia gamtinę aplinką, pastaraisiais metais pasaulinėje praktikoje formuojasi atskira kasybos ekologijos mokslo šaka, kurios tikslas:

- suformuluoti ir apibrėžti problemos esmę;
- sudaryti mokslinių tyrimų programą;
- kasyboje sudaryti žmogaus veiklos ir aplinkos sąveikos modelius;

- analizuoti tyrimo rezultatus ir teikti rekomendacijas, kaip sumažinti gamybos poveikį aplinkai.

Iš visos aplinkos apsaugos sistemos tikslinga išskirti atskirus kasybos poveikio atvejus: oro baseinui, vandens baseinui, kraštovaizdžiui ir Žemės gelmėms.

### **12.3. POVEIKIS ORO BASEINUI**

Mineralinių žaliavų kasyba ir perdirbimas sietinas su oro užteršimu dulkelėmis ir išmetamomis kenksmingomis dujomis, kurios susidaro kasybos, transportavimo ir perdirbimo metu. Oro baseino apsaugos nuo užteršimo priemonės galima skirti į dvi grupes:

- bendrojo pobūdžio, kurios gali sumažinti oro taršą nerūdinių medžiagų kasybos ir perdirbimo aplinkoje;
- specialiosios, kurios tiesiogiai apsaugo orą nuo teršalų.

Pirmajai grupei priklauso:

- tinkamas gamyklos vietos parinkimas, atsižvelgiant į teritorijos specifiką, gamtines sąlygas, vyraujančių vėjų kryptį ir kt.;
- priemonės iškasų plotams, dangų sankasų tūriams, nuoplovų baseinų plotams, produkcijos sandėliavimo plotams sumažinti;
- rekultivavimo darbai greta kasybos ir gamybos;
- atliekų utilizavimas numatytu laiku.

Antrosios grupės priemonės:

- dulketumo sumažinimas gamykloje ir jos aplinkoje;
- aeracinės sistemos įrengimas ir dulkių gaudymas prie perdirbimo įrenginių;
- kenksmingų dujų, jei jų yra, neutralizavimas.

### **12.4. POVEIKIS VANDENS BASEINUI**

Vanduo yra nepakeičiamas žmonių gyvenimo, visos gyvosios gamtos egzistavimo pamatas, daugelio gamybos procesų (taip pat ir nerūdinių medžiagų perdirbimo) komponentas. Valstybinę vandens naudojimo ir apsaugos kontrolę vykdo Aplinkos apsaugos ministerija. Kitos valstybės ir vietos savivaldos institucijos vandenų naudojimo ir apsaugos kontrolę vykdo tiek, kiek tai susiję su joms priskirtomis funkcijomis. Vandens kodeksas įtvirtina vandenų apsaugos, jų būklės ir režimo gerinimo priemonės, numatytas norminiuose dokumentuose.

Nerūdinių medžiagų kasyba ir ypač perdirbimas per paviršinių ir požeminių vandenų apytakinę sistemą gali būti kenksmingas augmenijai, gyvūnijai ir žmonėms. Kasant nerūdines medžiagas, vandens šaltiniai gali būti

prisetinami kenksmingų priemaišų iki neleistinos normos. Vandeni užteršia netirpios mineralinių medžiagų kietosios dalelės ir tirpios priemaišos, kurios pakeičia atviro vandens šaltinio cheminę sudėtį. Dažnai vanduo užteršiamas panaudotais naftos produktais.

Vandens teršalai daro neigiamą poveikį vandens augmenijai ir gyvūnijai. Užterštumo kriterijais laikomos vandens leistino užterštumo normos, kuriose nurodytos teršiančios medžiagos ir leistini jų procentiniai kiekiai.

Nerūdinių medžiagų perdirbimo sąnaudos poveikis vandens baseinui įvertinamas atitinkama apskaita:

- vandens sąnaudos ir jo sudėties pakeitimo balansas;
- nusodinamų medžiagų kiekis;
- plaukiančių teršalų kiekis;
- nusodinimo baseinų efektyvumas;
- į atvirus baseinus nuleidžiamo vandens kokybės kontrolė;
- savaiminio vandens apšalymo galimybės.

Vandens baseiną sudaro: atviri šaltiniai (upės, ežerai, dirbtinės marios); požeminiai vandens ištekliai; vidinės jūros ir teritoriniai vandenys. Jų naudojimą ir apsaugą reglamentuoja įstatymai. Yra nurodytas kompleksas vandens apsaugos priemonių:

- drenuojamo vandens valymas;
- apyvartinis (pakartotinis) vandens naudojimas;
- taupus vandens naudojimas.

## **12.5. POVEIKIS KRAŠTOVAIZDŽIUI**

Prieš pradėdant eksploatuoti karjerą teritorija nuvaloma, o išeksploatavus telkinį – rekultivuojama. Taip pasikeičia vietovės kraštovaizdis. Jo pokytis priklauso nuo antropogeninės ir gamtinės veikos, kuri gali turėti įtakos vietai, intensyvumo. Pagal pakitusios teritorijos plotą ir poveikio mastą kraštovaizdžio pokyčiai gali būti globaliniai, regioniniai ir lokaliniai. Gamtinių mineralinių žaliavų gavybos ir perdirbimo įtaka kraštovaizdžiui priskiriama prie vietinių poveikių tose vietovėse, kur yra tokių žaliavų. Šių žaliavų gavyba ir perdirbimas paprastai užima didesnę gamybinį plotą negu kitokio tipo pramonės įmonės. Lietuvoje žvyrynai ir dolomito telkiniai pasklidę didelėse teritorijose nestoru tik apie (2–8) m sluoksniu. Prieš kasant žaliavas karjero plote nuvaloma teritorija, iškertama augmenija, nusauginama teritorija. Lietuvoje kiekvienas stambus žaliavos gavybos karjeras kasmet nukasa iki 10 ha ploto naujos teritorijos. Pradėjus kasybos darbus, nuo naudingųjų iškasenų nuimama danga ir laikinai sandėliuojama gretimose teritorijose.

Dauguma Lietuvos mineralinių žaliavų yra ledyninės kilmės, t. y. nuosėdinės, uolienos. Jos telkiniuose susiklostę nevienodu storio sluoksniu ir yra nevienalytės. Eksploatacijos metu žaliavų plote aptinkama bergždžiųjų

uolinių plotų, kurie paliekami kaip nenaudingi. Dėl šių priežasčių išekspluatuoti plotai lieka duobėti, kalvoti ir baloti. Aplinkinėje teritorijoje dėl gruntinio vandens lygio pasikeitimo, pakinta augmenija, lieka lauko keliai, inžinerinės įrangos pėdsakai. Pagal gamtinių išteklių naudojimo įstatymą išekspluatuoti plotai turi būti rekultivuojami, kad atkurti teritorija būtų tinkama naudoti. Faktiškai toje teritorijoje turi būti sudaromas naujo tipo kraštovaizdis ir priklausomai nuo vietovės specifikos bei gamtinių sąlygų pritaikomas tokiems tikslams:

- naudojimas žemės ūkio naudmenims;
- užsodinamas mišku;
- apsemtos vietovės gali būti skirtos žuvininkystei;
- įrengiamas naudojamo vandens baseinas;
- sudaroma rekreacinė zona;
- paruošiamas plotas naujai pramoninei ir civilinei statybai.

Pagal įstatymus turėtų būti viskas numatyta ir padaryta. Deja, yra nemažai pavyzdžių, kai žmogaus padarytos žemės žaizdos negydomos daugelį metų, o gamta jas gydo labai ilgai, palikdama žiaurios žmogaus veiklos pėdsakus.

## **12.6. ŽEMĖS GELMIŲ NAUDOJIMO IR APSAUGOS TEISINIS REGULIAVIMAS**

Žemės gėlmės – Žemės rutulio dalis, esanti po paviršiumi, yra viena iš aplinkos sudėtinių dalių ir įstatymo saugojamas objektas. Žemės gėlmėmis laikomi jos giluminiai sluoksniai, pradedant podirvio uolinių paviršiumi sausumoje ir dugno nuosėdų paviršiumi sausumos vandenyse ir jūroje.

Visos gamtinės mineralinės žaliavos yra ribotos ir sunaudojamos negrįžtamai. Pagal ūkinę veiklą visos naudingosios iškasenos skirstomos į plačiai paplitusias ir retąsias. Prie pirmųjų priskiriamos nerūdinės medžiagos, o retosios – tai nafta, metalų rūdos ir kt. Retųjų kiekiai riboti, todėl jų gavybos režimas yra griežtesnis.

Žemės gėlių naudojimas visais atvejais yra tikslinis. Atsižvelgdamas į naudojimo tikslus ir objektus, Žemės gėlių įstatymas skiria:

- 1) žemės gėlių tyrimą (geologinį tyrimą);
- 2) žemės gėlių išteklių (iškasėnų) naudojimą;
- 3) žemės gėlių ertmių (natūralių ir dirbtinių) naudojimą.

Žemės gėlių naudotojai gali būti Lietuvos Respublikos ir užsienio juridiniai ir fiziniai asmenys, nustatyta tvarka gavę leidimą ūkinei veiklai. Tačiau kai kuriais atvejais žemės gėlių naudojimas gali būti apribotas.

Visi duomenys apie žemės gėlių išteklius kaupiami Lietuvos geologijos tarnyboje, kuri saugo ir valdo Valstybinę geologijos informacijos sistemą kaip valstybės nuosavybę.

Visi naudingųjų iškasenų telkiniai, prognozuojami plotai ir juose esantys išteklių nustatyta tvarka registruojami Valstybės žemės gelmių išteklių kadastre, kurį tvarko Lietuvos geologijos tarnyba.

Teisę naudoti žemės gelmes gali suteikti tik valstybės įgaliotos institucijos. Tik kai kuriais atvejais plačiai paplitusias iškasenas ir tik savo reikmėms gali naudoti žemės savininkas, jei tokio mažo karjero plotas yra nuo 0,05 iki 0,5 ha, gavęs mažo karjero pasą, kurį išduoda rajono žemėtvarkos ir geodezijos tarnyba. Visais kitais atvejais tam tikrų naudingųjų iškasenų gavybai būtina gauti Vyriausybės ar jos įgaliotos instancijos išduotą raštišką leidimą.

Visi išduodami leidimai tirti ir naudoti žemės gelmes yra registruojami Lietuvos geologijos tarnyboje.

Subjektai, gavę leidimą naudoti Žemės gelmių išteklius ūkinei veiklai, turi sudaryti sutartį su Lietuvos geologijos tarnyba. Sutartyje nustatomos pagrindinės iškasenų naudojimo sąlygos: galimi žemės gelmių išteklių gavybos ir eksporto apribojimai, kasybos įtakos aplinkai stebėjimo sąlygos ir apribojimai, kasybos metu pažeistos žemės rekultivavimas ir kt. Sutartis sudaroma ne ilgesniam kaip 25 metų laikotarpiui. Sausumos telkinių įsisavinimui nustatytas 3 metų, o esančių vandenyje – 5 metų terminas. Jis pradedamas skaičiuoti nuo leidimo gavimo datos.

Žemės gelmių išteklių gali būti pradėti eksploatuoti, kai tokie veiklai yra sudarytas, su apskrities valdytoju suderintas ir Aplinkos ministerijos patvirtintas, projektas.

Leidimas naudoti žemės gelmių išteklius nustoja galioti, kai:

- baigiasi leidimo galiojimo terminas;
- išsenka naudingosios iškasenos;
- žemės savininkas nutraukia žemės nuomos sutartį su leidimo turėtoju.

Visais kitais atvejais žemės gelmių išteklių naudojimo teisė pasibaigia atšaukus leidimą, jei:

- nesilaikoma įregistruoto darbų vykdymo projekto;
- pažeidžiami aplinkos apsaugos reikalavimai;
- pažeidžiami kiti teisės aktų reikalavimai tokio pobūdžio darbams.

Žemės gelmių apsaugos teisines priemones numatyta įgyvendinti dviem kryptimis:

- organizuoti racionalų žemės gelmių išteklių naudojimą;
- kovoti su žemės gelmių teršimu.

Naudingųjų iškasenų gavyba neišvengiamai daro įtaką ne tik žemės gelmėms, bet ir visai aplinkai ir yra susijusi su žemės paviršiaus pažeidimu. Leidimai eksploatuoti naudingųjų iškasenų telkinius išduodami tik tiems juridiniams ir fiziniams asmenims, kurie yra pateikę jų rekultivavimo darbų metu ar juos pabaigus projektą.



## 13. NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ GAVYBOS IR NAUDOJIMO VERTINIMO PRINCIPAI

### 13.1. BENDROSIOS ŽINIOS

Kiekvienas priimamas techninis sprendimas grindžiamas ekonominiu efektyvumu, atlikus atitinkamą ekonominę analizę, įvertinant konkrečias gamybos sąlygas, darbo našumą ir gabenimo išlaidas. Kaip praktika rodo, mažo pajėgumo įmonių nerūdinių medžiagų produkcijos savikaina būna didesnė negu stambių gamyklų, pvz., gamyklos, gaminančioje 1 mln. m<sup>3</sup>/m. produkcijos savikaina yra daugiau kaip du kartus mažesnė negu gaminančios 0,1 mln. m<sup>3</sup>/m.

Nerūdinių statybinių medžiagų pramonės pošakis priskirtinas žaliavų perdirbimo pramonei, kuri sunaudoja daug energijos, darbo išteklių, didelės transporto išlaidų. Ji sukelia daug ekologinių problemų, nes kasybos laikotarpiu nukenčia žemės naudmenys, kraštovaizdis, karjero aplinkoje gali pakisti gruntinio vandens horizontas, sukeliami daug dulkių ir triukšmo, vežant sunkias medžiagas greitai dėvėsi keliai.

Nepaisant neigiamų nerūdinių medžiagų pramonės sukeltų padarinių, šalies ekonominės sąlygos verčia šias medžiagas kasti ir perdirbti. Jos sudaro visų kitų mineralinių statybinių medžiagų gamybos pagrindą. Nerūdinių medžiagų gamybos apimtys priklauso nuo poreikio, o poreikis – nuo šalies ekonominio pajėgumo. Kai valstybės ekonomika stipri, ji gali daugiau lėšų skirti kelių, energetikos objektų, inžinerinių tinklų, gyvenamųjų namų, kultūros ir žemės ūkio statinių statybai. Kai valstybė išgyvena ekonominį nuosmukį, pirmiausia nukenčia statybos pramonės, statybos ir kultūros finansavimas. Dėl to sumažėja statybinių medžiagų gamyba ir vartojimas.

Dėl didelių transporto priemonių poreikio ir energijos sąnaudų, dažnai nerūdines medžiagas nerentabilu vežti dideliais atstumais ir eksportuoti į užsienį. Šių medžiagų gamybos rentabilumą kaip tik lemia energijos sąnaudos ir transportavimo išlaidos.

Kita vertus, kai nerūdines medžiagas per gamybą patenka į gaminį arba brangią statybinę medžiagą, tai ir žaliavų vertė padidėja net iki kelių kartų. Daugumoje pramonės šakų žaliavų tiekėjų darbas yra mažiau apmokamas negu gaminių gamintojų. Žaliavų paruošėjų ir gamintojų pelno dalis atitenka statybinių medžiagų ir konstrukcijų gamintojams arba statybininkams.

Nerūdinių medžiagų gavybos įmonės moka mokesčius už žemę, vandenį, kelius, energiją, aplinkos apsaugą. Vykdomi atskaitymai už teritorijos rekultivavimą, arba šiuos darbus turi atlikti pati gamykla. Nerūdinių medžiagų savikainą nulemia didelė kasybos ir perdirbimo įrangos kaina, didelės energijos sąnaudos ir įvairūs mokesčiai. Kita vertus, valstybė mokesčiais ir kitais

ekonominiais svertais turi galimybę reguliuoti ir subalansuoti atskirų pramonės ir prekybos šakų pusiausvyrą.

1988 m. buvo gaminama iki 18 mln. t/m. nerūdinių medžiagų. Dėl Lietuvos ūkio ekonominės pertvarkos praėjusiame dešimtmetyje sumažėjus statybos apimtims, nerūdinių medžiagų pramonės gamyklos buvo atsidūrusios ant bankroto ribos. Jų gamybiniai pajėgumai buvo išnaudojami vos (10–15) %. Kai kurių gamyklų sustojo rekonstrukcija, pvz., Petrašiūnų dolomitinės skaldos gamykloje liko pastatyta, bet nepaleista 3-oji technologinė linija, nutraukė gamybą Stonišio opokos gamyklą.

Per kelerius pastaruosius metus, padidėjus statybos ir kelių tiesimo darbų apimtims, nerūdinių medžiagų poreikis sparčiai didėja. Kai kurių gamyklų žvyro perdirbimas kasmet padvigubėja. Pastaraisiais metais Lietuvoje nerūdinių medžiagų gaminama apie 5 mln. t/m. Tačiau iki šiol nėra nerūdinių medžiagų gamybos strateginio plano. Susikūrė savitas tinklas akcinių bendrovių, kurios pradėjo eksploatuoti smulkius žaliavų telkinius, naudoti neperdirbtą žaliavą. Dėl to neracionaliai naudojamos žaliavos, nukenčia statybos kokybė.

### **13.2. ŽALIAVŲ TECHNINIO IR EKONOMINIO ĮVERTINIMO PRINCIPAI**

Nerūdinių medžiagų gamyklos veiklos ekonominiai rodikliai priklauso nuo:

- realizuojamos produkcijos apimtį;
- produkcijos nomenklatūros;
- pagaminamos produkcijos kiekio, tenkančio vienam gamyklos darbuotojui;
- darbo užmokesčio fondo;
- rentabilumo lygio;
- įvairių vietinių ir mokesčių į biudžetą.

Lietuva neturtinga naudingų iškasenų. Todėl tai, ką turime reikia racionaliai ir taupiai naudoti. Nerūdinių medžiagų žaliavos yra neatkuriamas valstybės turtas. Jų vertė turėtų būti nustatoma pagal objektyvius kriterijus, o ne pagal atsitiktinius rinkos dėsnius. Jei nebus paruoštas strateginis naudojimo planas, suderintas su prognozuojamais atskirų regionų poreikiais, kai kurie Lietuvos regionai gali likti be vietinių žaliavų savo būtiniesiems poreikiams tenkinti.

Pagal atskirų regionų poreikius ir turimus vietinius žaliavų išteklius turėtų būti diferencijuojami atitinkami mokesčiai. Vietinių nerūdinių medžiagų žaliavų vertinimo kriterijai galėtų būti tokie:

- žemės naudenmų ir kraštovaizdžio vertė teritorijoje, kurioje yra gamtos turtų ir reikės įrengti karjerą;
- dangos ir naudingųjų iškasenų sluoksnio storių santykis;
- žaliavos ištekliai, kokybė ir potencialus geriausių jos savybių panaudojimas;

- galimybė organizuoti beatliekę gamybą;
- galimybė atkurti naudmenis išekspluatuoto telkinio teritorijoje;
- telkinio strateginė padėtis ir galimybės jį racionaliai eksploatuoti;
- žaliavos, kaip neatkuriamo gamtos turto vertė, atsižvelgiant į išteklius ir jų paplitimą Lietuvoje ir užsienyje;
- žaliavų užterštumas kenksmingomis priemonėmis ir galimybė jas pašalinti perdirbimo metu.

Tokiems apskaičiavimams galima sudaryti matematinį modelį, kuriuo naudojantis galima būtų apskaičiuoti bet kurio telkinio žaliavos ir dangos vertę. Žaliavos išnaudojamos racionaliau, kai išgaunanti įmonė jas vietoje naudoja statybinių medžiagų arba konstrukcijų gamybai.

### **13.3. UŽPILDŲ GAMYBOS EKONOMINIS EFEKTYVUMAS**

Kiekvienas žaliavų gavybos, perdirbimo, produkcijos transportavimo inžinerinis sprendimas turi būti ekonomiškai išanalizuotas ir pagrįstas. Visais atvejais turi būti siekiama mažiausių energijos ir darbo sąnaudų. Labai svarbu optimizuoti žaliavų ir produkcijos transportavimo regioniniu principu uždavinius. Nerūdinės medžiagos yra sunkios, jų sunaudojami dideli kiekiai, ir nemaži gabenimo atstumai. Todėl transportavimo išlaidos sudaro nemažą dalį nerūdinių medžiagų produkcijos kainos. Priklausomai nuo transporto rūšies, kelių būsenos, degalų kainos galima tam tikram laikotarpiui optimizuoti plačiai naudojamų nerūdinių medžiagų gabenimo atstumus, t. y. nustatyti didžiausius atstumus, kuriais iš tam tikros gamyklos tikslinga transportuoti produkciją iki naudojimo vietos. Atsižvelgiant į tai, galima spręsti apie vietinių karjerų atidengimą ir eksploatavimą arba didelio statybos objekto aprūpinimą nerūdinėmis medžiagomis tik statybos laikotarpiu.

Paprastai laikomasi nuomonės, kad mažo pajėgumo (iki 150 tūkst. t/m.) nerūdinių medžiagų perdirbimo įmonių produkcijos savikaina būna iki trijų kartų didesnė nei stambių įmonių. Tačiau pastaruoju metu plačiau naudojant mobilius surenkamuosius nerūdinių medžiagų perdirbimo agregatus ir eksploatuojant vietinius smulkius žaliavų telkinius, galima pasiekti panašų ekonominį efektyvumą, atlaisvinti dalį transporto priemonių ir atpiginti statybą.

Labai svarbu įdiegti beatliekę nerūdinių medžiagų perdirbimo technologiją. Priklausomai nuo žaliavos mineraloginės sudėties ir fizikinių, mechaninių savybių turi būti parinkta atitinkama perdirbimo įranga, su kuria esamomis sąlygomis galima būtų išgauti didžiausią atitinkamų rūšių aukščiausios kokybės produkcijos kiekį. Kartais tikslinga gaminti ir šalutinę produkciją, t. y. ne statybos tikslams. Taip galima racionaliai sunaudoti žaliavas ir padidinti gamybos rentabilumą.



## NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ STANDARTŲ SĄRAŠAS

Čia pateikiamas dažniausiai naudojamų nerūdinių medžiagų techninių reikalavimų ir bandymo metodų standartų sąrašas. Jame nenurodytos standartų išleidimo ir patvirtinimo datos, nes visi standartai peržiūrėti kas penkeri metai. Po peržiūrėjimo jie yra papildomi arba keičiamas jų turinys ir nurodomos atitinkamai naujos jų leidimo arba keitinių datos, tačiau standartų indeksus ir visą sistemą stengiamasi išsaugoti. Standartai gali būti keičiami kiekvienais metais, todėl kiekvieno standarto galiojimo datą reikia dažnai tikrinti.

### 1. Bendrieji techniniai reikalavimai

Standarto indeksas	Standarto pavadinimas
LST EN 771-3	Mūro gaminių techniniai reikalavimai. 3 dalis. Užpildų betono gaminiai (tankieji ir lengvieji užpildai)
LST EN 1423	Kelių ženklavimo medžiagos. Užbarstomos medžiagos. Stiklo rutuliukai, užpildai šiurkštumui didinti ir abiejų mišiniai.
LST EN 1467	Gamtinis akmuo. Neapdoroti blokai. Reikalavimai.
LST EN 1468	Gamtinis akmuo. Neapdorotos plokštės. Reikalavimai.
LST EN ISO 3262- 9	Dažų užpildai. Techniniai reikalavimai ir tyrimo metodai. 9 dalis. Kalcionuotas molis.
LST EN ISO 3262- 8	Dažų užpildai. Techniniai reikalavimai ir tyrimo metodai. 8 dalis. Gamtinis molis (ISO 3262-8).
LST EN 12440	Gamtinis akmuo. Įvardijimo kriterijai.
LST EN 12620	Betono užpildai.
LST EN 12670	Gamtinis akmuo. Terminija.
LST EN 12904	Gaminiai žmonių vartojamam vandeniui ruošti. Žvyras ir smėlis.
LST EN 13043	Bituminio skiedinio užpildai kelių, aerodromų ir šaligatvių dangoms.
LST EN 13055-2	Lengvieji užpildai – 2 dalis. Lengvieji užpildai rišiam ir biriam bituminiam mišiniui, išskyrus betoną, mūro ir tinko skiedinį.
LST EN 13055-1	Lengvieji užpildai – 1 dalis. Lengvieji užpildai betonui, mūro ir tinkavimo skiediniui.
LST EN 13139	Skiedinio užpildai.
LST EN 13242	Užpildai, nesurišti ir surišti hidraulinėmis medžiagomis, statybos darbams ir kelių konstrukcijoms.
LST EN 13383-1	Aptaisymo akmenys – 1 dalis. Specifikacija.
LST EN 13450	Geležinkelio balasto skalda.

## 2. Bandyimo metodai

Standarto indeksas	Standarto pavadinimas
LST EN 932-1	Užpildų pagrindinių savybių nustatymo metodai – 1 dalis. Ėminio ėmimo metodai.
LST EN 932-2	Užpildų pagrindinių savybių nustatymo metodai – 2 dalis. Laboratorinio ėminio sumažinimo metodai.
LST EN 932-3	Užpildų pagrindinių savybių nustatymo metodai – 3 dalis. Supaprastinto petrografinio aprašymo tvarka ir terminologija.
LST EN 932-4	Užpildų pagrindinių savybių nustatymo metodai – 4 dalis. Kiekybinis bei kokybinis aprašymas ir petrografija.
LST EN 932-5	Užpildų pagrindinių savybių nustatymo metodai – 5 dalis. Įranga ir jos kalibravimas.
LST EN 932-6	Užpildų pagrindinių savybių nustatymo metodai – 6 dalis. Pakartojamumo ir atkuriamumo aprašymas.
LST EN 933-1	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 1 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas. Sijojimo metodas.
LST EN 933-2	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 2 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas. Analiziniai sietai, vardiniai akelių matmenys.
LST EN 933-3	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 3 dalis. Dalelių formos nustatymas. Plokštumo rodiklis.
LST EN 933-4	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 4 dalis. Dalelių formos nustatymas. Formos rodiklis.
LST EN 933-5	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 5 dalis. Trupintųjų ir skaldytųjų dalelių stambiuose užpilduose santykinio kiekio nustatymas.
LST EN 933-6	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 6 dalis. Užpildų birumo koeficientas.
LST EN 933-7	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 7 dalis. Kriauklių kiekio nustatymas. Santykinis kriauklių kiekis stambiuose užpilduose.
LST EN 933-8	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 8 dalis. Smulkiųjų įvertinimas. Smėlio ekvivalento metodas.
LST EN 933-9	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 9 dalis. Smulkiųjų įvertinimas. Metilenmėlynojo metodas.
LST EN 933-10	Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai – 10 dalis. Smulkiųjų įvertinimas. Mikroužpildų granulimetrinės sudėties (frakcionavimas oro srautu).
LST EN 1097-1	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 1 dalis. Atsparumo dėvėjimuisi nustatymas (Devalio metodas).
LST EN 1097-2	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 2 dalis. Atsparumo trupinimui nustatymas.

LST EN 1097-3	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 3 dalis. Piltinio tankio ir tuštymėtumo nustatymas.
LST EN 1097-4	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 4 dalis. Sausų sutankintų mikroužpildų tuštymėtumo nustatymas.
LST EN 1097-5	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 5 dalis. Drėgnio nustatymas džiovinant ventiliuojamoje krosnyje.
LST EN 1097-6	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 6 dalis. Dalelių tankio ir vandens įgėrio nustatymas.
LST EN 1097-7	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 7 dalis. Mikroužpildų dalelių tankio nustatymas. Piknometrinis metodas.
LST EN 1097-8	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 8 dalis. Akmens poliruojamumo nustatymas.
LST EN 1097-9	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 9 dalis. Atsparumo dėvėjimuisi dėl dygliuotų padangų poveikio nustatymas. Šiaurės metodas.
LST EN 1097-10	Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai – 10 dalis. Vandens įsiurbimo aukštis.
LST EN 1367-1	Užpildų šiluminių savybių ir atsparumo atmosferos poveikiams nustatymo metodai – 1 dalis. Atsparumas pasikartojančiam užšalimui ir atšilimui.
LST EN 1367-2	Užpildų šiluminių savybių ir atsparumo atmosferos poveikiams nustatymo metodai – 2 dalis. Magnio sulfato metodas.
LST EN 1367-3	Užpildų šiluminių savybių ir atsparumo atmosferos poveikiams nustatymo metodai – 3 dalis. Bazalto atsparumo dūlėjimui nustatymas virinimo būdu.
LST EN 1367-4	Užpildų šiluminių savybių ir atsparumo atmosferos poveikiams nustatymo metodai – 4 dalis. Susitraukimo džiūstant nustatymas.
LST EN 1367-5	Užpildų šiluminių savybių ir atsparumo atmosferos poveikiams nustatymo metodai – 5 dalis. Atsparumo kaitrai nustatymas.
LST EN 13179	Mikroužpildų bituminiais mišiniais bandymo metodai.
LST EN 1744-1	Užpildų cheminių savybių nustatymo metodai – 1 dalis. Cheminė analizė.
LST EN 1744-2	Užpildų cheminių savybių nustatymo metodai – 2 dalis. Atsparumo šarminei korozijai nustatymas.
LST EN 1744-3	Užpildų cheminių savybių nustatymo metodai – 3 dalis. Tirpumo vandenyje nustatymas.

LST EN 1744-4	Užpildų cheminių savybių nustatymo metodai – 4 dalis. Bituminių mišinių mikroužpildų jautrumas vandeniui.
LST EN 13179-1	Bituminių mišinių mineralinių mikroužpildų bandymas – 1 dalis. Delta žiedo ir rutuliuko metodas.
LST EN 13179-2	Bituminių mišinių mineralinių mikroužpildų bandymas – 1 dalis. Bitumo markė.
LST EN 13383-2	Aptaisymo akmenys – 2 dalis. Bandymas.
LST ISO 6782	Betono užpildai. Piltinio tankio nustatymas.
LST ISO 7033	Smulkieji ir stambieji betono užpildai. Dalelių tūrinio tankio ir vandens įgėrimo nustatymas. Piknometrinis metodas.
LST EN 13383-2	Aptaiso akmuo. 2 dalis. Techniniai reikalavimai.
LST EN 14617-2	Aglomeruotasis akmuo. Bandymo metodai. 2 dalis. Stiprio lenkiant nustatymas.
LST EN 12326-2	Stogų ir pertvarų skalūno ir akmens gaminiai. 2 dalis. Bandymo metodai.
LST EN 12370	Gamtinio akmens bandymo metodai. Atsparumo druskų kristalizacijai nustatymas.
LST EN 12371	Gamtinio akmens bandymo metodai. Atsparumo šalčiui nustatymas.
LST EN 12372	Gamtinio akmens bandymo metodai. Stiprio lenkiant koncentruota apkrova nustatymas.
LST EN 12407	Gamtinio akmens bandymo metodai. Petrografinis tyrimas.
LST EN 13161	Gamtinio akmens bandymo metodai. Stiprio nustatymas esant pastoviam lenkimo momentui.
LST EN 13364	Gamtinio akmens bandymo metodai. Ardamosios apkrovos nustatymas skylės su kaiščiu būdu.
LST EN 13373	Gamtinio akmens bandymo metodai. Gaminio geometrinų parametrų nustatymas.
LST EN 13755	Gamtinio akmens bandymo metodai. Vandens įmirkio atmosferiniame slėgyje nustatymas.
LST EN 13919	Gamtinio akmens bandymo metodai. Atsparumo senėjimui drėgnoje aplinkoje veikiant $SO_2$ (Index) 2 > nustatymas.
LST EN 14066	Gamtinio akmens bandymo metodai. Atsparumo senėjimui nustatymas šiluminiu smūgiu.
LST EN 14147	Gamtinio akmens bandymo metodai. Atsparumo senėjimui nustatymas veikiant druskos rūku.



LST EN 14205	Gamtinio akmens bandymo metodai. Knopo kietumo nustatymas.
LST EN 14231	Gamtinio akmens bandymo metodai. Atsparumo slydžiui nustatymas švytuokliniu bandymo prietaisu.
LST EN 1925	Gamtinio akmens bandymo metodai. Kapiliarinės vandens įgerties koeficiento nustatymas.
LST EN 1926	Gamtinio akmens bandymo metodai. Stiprio gniuždant nustatymas.
LST EN 1936	Gamtinio akmens bandymo metodai. Savitojo tankio, tūrinio tankio bei tikrojo ir tariamojo poringumo nustatymas.
LST EN 12192-2	Betoninių konstrukcijų apsauginiai ir remontiniai produktai bei sistemos. Granulometrinė analizė. 2 dalis. Polimerinių rišiklių mikroužpildų bandymo metodai.

PASTABA. Šiame sąraše pateiktų standartų lietuviški pavadinimai yra tokie kaip Lietuvos Respublikos Standartizacijos departamento standartų bazėje. Čia yra daug standartų originalo kalbomis, o Lietuvoje jie perimti pareiškimo būdu, t. y. išverstas tik pirmasis puslapis, o visas standartas originalo kalbomis (anglų, vokiečių arba prancūzų). Kai šie standartai bus verčiami į lietuvių kalbą, jų pavadinimai gali būti patikslinti.



## LITERATŪRA

1. Lietuvos geologija. Vilnius, 1994.
2. Lietuvos dolomitas. (Lietuvos pramonės ir prekybos ministerijos ir Chemikų draugijos leidinys). Vilnius, 1994.
3. R.Weber, H-J Reichner. Kies und Sand. Verlag Bau+Technik. 2003.
4. J. Deltuva. Betono užpildų technologija (Paskaitų konspektas 1 dalis). Kaunas, „Technologija“, 1991.
5. J. Deltuva. Betono užpildų technologija (Paskaitų konspektas 2 dalis). Kaunas, „Technologija“, 1992.
6. О. С. Брюховецкий, Ж. В. Бунин, И. А. Ковалев. Технология и комплексная механизация разработки месторождений полезных ископаемых. Москва, „Недра“, 1989.
7. М. Е. Певзнер, В. П. Костовецкий. Экология горного дела. Москва, „Недра“, 1990.
8. A. Marcijonas, V. Sudavičius. Ekologinė teisė. Vilnius, 1996.
9. В.В. Олюнин. Переработка нерудных строительных материалов. Москва „Недра“ 1988.
10. Б. Скинер. Хватит ли человечеству земных ресурсов. Москва: Мир, 1993.
11. Specialūs leidiniai apie naujausius įrenginius ir technologijas iš tarptautinių parodų.
12. O. Henning, D. Knöfel. Baustoffchemie. Verlag Bauwesen, Berlin, 2005.
13. A. Balandis ir kt. Silikatų technologijos pagrindai. Vilnius, 1995.
14. B. Vektaris. Smulkiagrūdžiai statybiniai mišiniai. Kaunas. „Technologija“, 1998.
15. Europos standartai (sąrašas pateiktas knygos pabaigoje).

*Leidyklos „Technologija“ knygas galima  
užsisakyti internetu [www.knygininkas.lt](http://www.knygininkas.lt)*

Spausdinti rekomendavo KTU Senato studijų komisija

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

**Juozas DELTUVA, Vitoldas VAITKEVIČIUS**

**STATYBINIŲ NERŪDINIŲ MEDŽIAGŲ GAVYBA,  
PERDIRBIMAS IR NAUDOJIMAS**

Vadovėlis

Redagavo P. Dastikas

SL 344. 2006-01-06. 17,25 leidyb. apsk. l. Tiražas 100 egz.

Kaina sutartinė. Užsakymas 10.

Išleido leidykla „Technologija“, K. Donelaičio g. 73, 44029 Kaunas  
Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas