

MINERĀLATKRITUMU PĀRSTRĀDES PROCESU OPTIMIZĀCIJAS PAMATOJUMS

BASIS OF OPTIMAL MINERAL INORGANIC WASTE PROCESSING METHODS

Gotfrīds Noviks

Rēzeknes Augstskola

Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV 4601; e-pasts: Gotfrids.Noviks@ru.lv

Abstract. *Inorganic waste materials are important part of total waste amount in the world and must be utilized in the best optimal way. Among the inorganic materials there are such different materials as quarry by-products from screening, settling ponds, baghouse fines, coal fly ash, sewage sludge ash and so on. Any proposal to incorporate a waste or by product materials into technologies requires engineering evaluation. At first, it is necessary to analyze chemical composition of waste materials, then- structure and particle size distribution, chemical and physical properties. The paper presents results of analyzes and collection of chemical and structural characteristics mentioned above inorganic materials and by-products. The presented data will serve for next investigations in finding better way for their utilization.*

Keywords: *inorganic waste materials, by-products, ash, sewage sludge, technogenic resources.*

Ievads

Cieto atkritumu un attīrīšanas iekārtu nogulšņu pārstrādāšanas tehnoloģiju attīstība galvenokārt notiek šo atkritumu organiskās sastāvdaļas utilizācijas virzienā [1]. Tajā pat laikā zināms, ka atkritumu neorganiskā sastāvdaļa – tehnogēnie minerālatkritumi – satur sevī vērtīgus komponentus, kuri ir potenciāli izmantojami derīgās produkcijas ražošanai vai tiešā veidā, vai kompleksā ar citiem savienojumiem [2].

Minerāliejvielu pārstrādāšana pamatojas uz fizikālo lauku un vielu iedarbību, kā rezultātā rodas jaunas stabilas īpašības minerālu agregātos. Jebkuras pārstrādāšanas rezultātā šīm izmaiņām jābūt vērstām uz lietderīgas un augstas kvalitātes produkcijas iegūšanu.

Tāpēc, lai izstrādātu minerāliejvielu pārstrādāšanas tehnoloģiju, vajag noteikt:

- galējās produkcijas veidu;
- galvenos šīs produkcijas kvalitātes kritērijus;
- minerāliejvielu sākotnējās īpašības;
- minerāliejvielu pārvēršanas no sākotnējā stāvokļa galējā produkcijā līdzekļus;
- galvenos procesus, kuri veic šo pāreju, un to norises likumsakarības.

Minerāliejvielu pirmatnējās fizikāli ķīmiskās īpašības pilnīgi nosaka to utilizācijas iespējas un veidus. Tā, piemēram, minerālatkritumu izmantošanas iespējas dažādu celtniecības materiālu izstrādei ir atkarīgas no kompleksiem ķīmiskā sastāva rādītājiem [3]:

- mālainības rādītājs:

$$\Gamma = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + MgO + CaO + 2Fe_2O_3 + 2FeO};$$

- kaļķainības rādītājs:

$$H = \frac{CaO}{Al_2O_3 + MgO + CaO + 2Fe_2O_3 + 2FeO};$$

- silīcija rādītājs:

$$Si = SiO_2 - 47 \cdot \frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3};$$

- dzelzs oksidācijas pakāpes rādītājs:

$$Ox = \frac{Fe_2O_3}{FeO + Fe_2O_3};$$

e) bāziskuma koeficients:

$$K_{baz} = \frac{(CaO + 0,93MgO + 0,6PC_2PO) - 0,55Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 + 0,7SO_3 + xB_nO_m}{0,93SiO_2yR_nO_m}$$

Ja $K_{bāz} > 1,6$ – vielai piemīt hidrauliskā aktivitāte, var izmantot kā saistvielu.

Ja $K_{bāz} = 1,2-1,6$ – vāja hidrauliskā aktivitāte, var izmantot kā piedevu cementam.

Ja $K_{bāz} < 0,8$ – nav hidrauliskās aktivitātes, bet var izmantot augstu temperatūru iedarbības tehnoloģijās (keramikas ražošana).

Optimāls ir tāds stāvoklis, kur visi minerālatkritumi ir sistematizēti un klasificēti pēc savām īpašībām un šī informācija ir sakopota kompaktā veidā un pieejama jebkuram lietotājam. Tas atver perspektīvas uzņēmumu kooperācijai minerālvielu kompleksā izmantošanā.

Mūsu pētījumi deva iespēju izdalīt no daudzveidīgas un neviennozīmīgas informācijas par minerālvielām to galveno bāzes īpašību kompleksu, kurš ir nepieciešams un pietiekams, lai raksturotu minerālvielu spējas fizikāli ķīmisko lauku iedarbības rezultātā pārveidoties par derīgu produkciju. Šī informācija ir apvienota vielas fizikāli ķīmiskajā pasē. Izstrādātā minerālatkritumu pase tiek rekomendēta izmantošanai minerālatkritumu apsaimniekošanas tehnoloģiju izveidei un pamatojumam. Apvienojot minerālatkritumu pases kādā konkrētā reģionā, var sastādīt šī reģiona minerālatkritumu kadastru. Tā nozīme kļūst visai svarīga, kad rodas iespējas dažādiem uzņēmumiem kooperēties atkritumu savstarpējās izmantošanas jomā, izveidojot ekotehnoloģiskos parkus.

Minerālatkritumu pases galvenās sastāvdaļas ir šādas [4]:

1. Minerālatkritumu avoti. Katrs avots dod savus atkritumus, kuru īpašības un sastāvs krasi atšķiras no citiem. Turklāt šī informācija ļauj prognozēt atkritumu izsmeļamības pakāpi un to pārstrādāšanas apjomus.
2. Minerālatkritumu sastāvs. Tas nosaka iespējamo iedarbību rezultātus uz atkritumiem.
3. Minerālatkritumu struktūras parametri. Atkritumu praktiskā izmantošana ir atkarīga no cieto vielu gabalu izmēriem, to granulometriskā sastāva un daļiņu formas. Ja atkritumi ir smalkas masa veidā, tad to pārstrādāšana var būt veikta, iedarbojoties tikai uz visu masu. Ja atkritumi ir lielu gabalu veidā, tad ir iespējams tos izmantot tiešā veidā.
4. Minerālatkritumu raksturīgās īpašības. Rekomendējamajā pasē ir iekļautas tās īpašības, kuras, pirmkārt, raksturo izejvielas kvalitāti un spēj atbildēt uz jautājumu, vai ir iespējams šīs vielas izmantot tiešā veidā vai ar nelielu apstrādāšanu kaut kādā tautsaimniecības nozarē; otrkārt, noteic iespējamo fizikālo vai ķīmisko iedarbību uz vielām un tās rezultātus.
5. Produktu sastāvs, kuri veidojas iedarbības procesā uz minerālatkritumiem. Fizikālo vai ķīmisko lauku iedarbība dažkārt dod papildus vielas – gāzes, šķidrumus, cietās paliekas – otrās pakāpes atkritumus. To daudzums un ietekme uz apkārtējo vidi var būt vēl lielāka kā primārajiem atkritumiem.

Pašreizējā pētījuma mērķis – izstrādāt minerālatkritumu apzināšanas, izpētes un pārstrādes metodoloģiju, dod praktiskus risinājumus atkritumu pārstrādes tehnoloģiju izveidē. Šī pētījuma kārtējā posma rezultāti izklāstīti šajā publikācijā un ir saistīti ar minerālatkritumu apzināšanu un to izmantošanas iespēju izvērtēšanu.

Materiāli un metodes

Atkritumi, kuri satur neorganiskos komponentus, var būt iedalīti trijās grupās atbilstoši šo komponentu daudzumiem.

I grupa – atkritumi sastāv tikai vai gandrīz pilnīgi no neorganiskajām komponentēm (80-100%). Latvijas apstākļos pie šiem atkritumiem var būt pieskaitīti šādi:

1. Celtniecības un remontdarbu paliekas, gruži un atstrādātais materiāls – betona un dzelzsbetona materiāls, veco jumtu pārsegumi (šīferis, keramika, azbesta plātnes).
2. Derīgo izrakteņu ieguves blakus produkts – tukšie ieži, atmetumi.
3. Stikla rūpniecības un stikla izmantošanas procesa atkritumi.
4. Keramikas atkritumi.
5. Metalurģijas un metālapstrādes atkritumi.
6. Dedzināšanas (t.sk. atkritumu) paliekas – pelni, izdedži.
7. Gaisa un gāzu attīrīšanas rezultātā nogulsņētie putekļi skruberis, ciklonos, elektrofiltros u.c.

Visi šie atkritumi var būt tālāk pārstrādāti un izmantoti kā attiecīgie minerālresursi atbilstoši to sastāvam un īpašībām praktiski bez organiskās komponentes iepriekšējās izdalīšanas.

II grupa – neorganisko komponentu daudzums atkritumu masā sastāda 60-80%. Tie var būt:

1. Celtniecības procesa paliekas un atkritumi, saturošie organiskās komponentes, t.sk. asfalta paliekas.
2. Komunālie atkritumi (daļēji).
3. Dažādu industriālo tehnoloģiju atkritumi.
4. Kūdras ieguves procesa atkritumi (daļēji).

Šo atkritumu sagatavošana pārstrādei var būt veikta ar šādiem paņēmieniem:

- organiskās komponentes izdalīšana ar mehāniskām, fizikāli ķīmiskām vai bioloģiskām metodēm un tālākā neorganikas izmantošana kā pirmajā grupā;
- atkritumu masas sadedzināšana, kā rezultātā veidojas tikai neorganiskie atkritumi, attiecināmi uz pirmo grupu;
- kompostmateriālu veidošana – šajā procesā tiek iekļautas kā organiskās, tā arī neorganiskās atkritumu daļas bez to separācijas.

III grupa – neorganisko komponentu daudzums ir mazāks par 60%. Tie var būt:

1. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas iekārtu nogulsnes, duļķes un dūņas.
2. Komunālie atkritumi.
3. Pārtikas produktu pārstrādes tehnoloģiju atkritumi.
4. Kūdras ieguves procesa atkritumi.
5. Dažādu industriālo procesu atkritumi, kuru tehnoloģija saistīta ar bioloģiskās produkcijas un organisko vielu izmantošanu.

Darbā kā pētījuma objekti bija paņemtas trīs atšķirīgas atkritumvielu grupas:

1. Mehāniskās izejvielu sagatavošanas rezultātā izveidojušies atkritumi – smalkais tehnoloģiskajā procesā neizmantojamais materiāls, putekļi, skalošanas duļķes. Šiem atkritumiem ir raksturīgs ķīmiskais un minerālais sastāvs, kas ir identisks vai tuvs apstrādājamam materiālam.
2. Dedzināšanas rezultātā izveidojušies atkritumi – pelni. To ķīmiskais un elementārais sastāvs ir pilnīgi atšķirīgs no izejmateriāla sastāva.
3. Citu tehnoloģisko procesu, saistīto ar dažādu fizikālo lauku izmantošanu, rezultātā veidojušies atkritumi. Tie tiek savākti gāzu, gaisa un notekūdeņu attīrīšanas iekārtās un iekļauj sevī kā pašas izejvielas, tā arī izgatavotā produkta sastāva īpašību pazīmes.

Pētījumam pirmajā grupā tika paņemti derīgo izrakteņu ieguves un to pārstrādes procesa atkritumi: drupināto iežu – diabāza, granīta, trahīta, kvarcīta un kaļķakmens sijāšanas, skalošanas un atputekļošanas paliekas.

Otrajā grupā tika izskatītas akmeņogļu, cieto komunālo atkritumu un notekūdeņu dūņu dedzināšanas palieku (pelnu) īpašības.

Trešajā grupā cementa un kaļķu ražošanas procesa apdedzināšanas paliekas.

Statistiskais materiāls iegūts, apkopojot publicētos informācijas avotus un rūpnīcu laboratoriju analīzes par šo palieku parametriem. Pētījumi par māla un kaļķakmens atkritumu pārstrādes iespējām tika veikti laboratorijā ar standarta aparāturu.

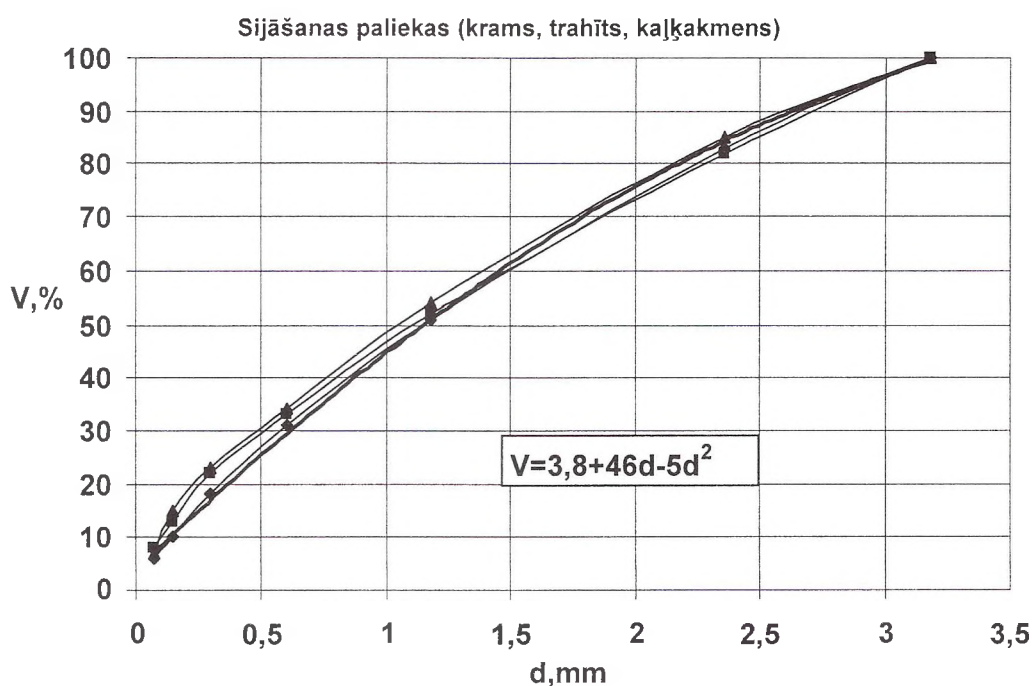
Rezultāti un to izvērtēšana

Sijāšanas procesa atkritumi. Rupja izmēra celtniecības materiālu izstrādes gaitā pēc drupināšanas sijāšanas rezultātā parasti tiek atdalītas frakcijas ar izmēriem, mazākiem par 3-3,5 mm, kuras itin bieži tālāk vairs netiek izmantotas [5].

Tika izpētīts krama, kvarca, diabāza, granīta, kaļķakmens sijāšanas palieku granulometriskais sastāvs. Neskatoties uz šo iežu sastāva, struktūras un stiprības atšķirībām, smalko frakciju granulometriskā sastāva diagrammas kramam, trahītam un kaļķakmenim izrādījās visai tuvas un ir precīzi ($R^2 \sim 1$) aprakstāmas ar vienādojumu (1.attēls):

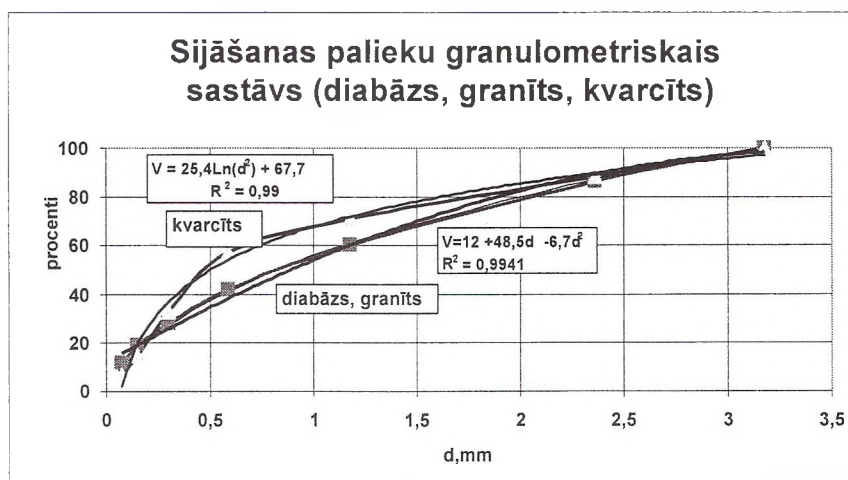
$$V = 3,8 + 46d - 5d^2 \cdot (\%) \quad (1)$$

kur V – daļiņu ar diametru d (mm) un mazāku kumulatīvais procents



1.attēls. Drupinātā krama, trahīta un kaļķakmens sijāšanas palieku granulometriskā sastāva līknes

Diabāza un granīta sijāšanas palieku granulometriskā sastāva līknes arī var būt precīzi aproksimētas ar kvadrātvienādojumu (2.attēls):



2.attēls. Diabāza, granīta un kvarcīta sijāšanas palieku granulometriskā sastāva līknes

$$V=12+48,5d-6,7d^2 \quad (2)$$

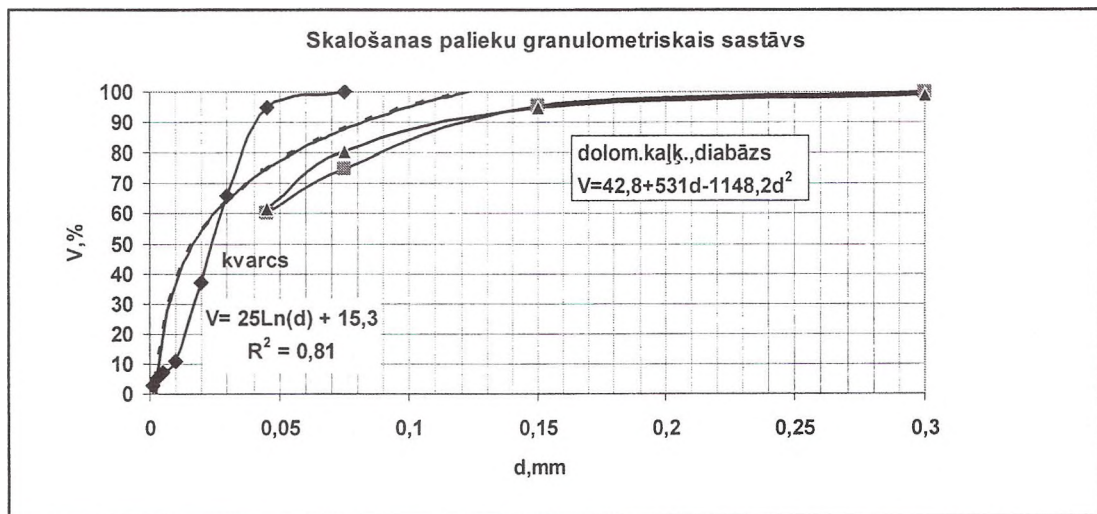
Toties kvarcīta līknes vienādojums ir logaritmiskais (skat. 2.attēlu), kas ir saistīts ar šī ieža lielām stiprības īpašībām un elastības parametriem:

$$V=25,4\text{Ln} d^2 + 67,7 \quad (3)$$

Skalošanas procesa atkritumi. Skalošanas procesa paliekas ir duļķes ar zemu cietās komponentes koncentrāciju. Līdz 95% no to cietās masas sastāda daļiņas ar izmēriem mazākiem par 0,15 mm. Savukārt no tiem ap 80% daļiņu izmērs nepārsniedz 0,075 mm [6]. Granulometriskā sastāva līknes šiem produktiem pat ar visai dažādām mehāniskajām īpašībām – diabāzam un dolomitizētajam kaļķakmenim (3.attēls) – var būt aprakstītas ar vienādojumu:

$$V=42,8+531,1d-1148d^2 \quad (4)$$

Kvarca skalošanas produktu līknei ir S-veida raksturs un arī, tāpat kā kvarcīta sijāšanas procesa paliekām, analītiski tā var būt izteikta ar logaritmisko līkni.



3. attēls. Kvarca, dolomitizētā kaļķakmens un diabāza skalošanas produktu granulometriskā sastāva līknes

Atputekļošanas procesa atkritumi. Produkcijas sagatavošanas gaitā tālākajam tehnoloģiskajam procesam tiek veikta tās atputekļošana. Rezultātā veidojas putekļprodukts, kura sastāvā ir putekļu daļiņas ar izmēriem no 0,075 līdz 0,001 mm un mazāk. Granulometriskā sastāva līknes šiem putekļproduktiem ir atkarīgas no materiāla veida un atkarībā no tā mehāniskajām īpašībām analītiski aprakstāmas ar dažādiem vienādojumiem (4.attēls).

Granīts:

$$V=2,1+21241d^2+2896,9d \quad (5)$$

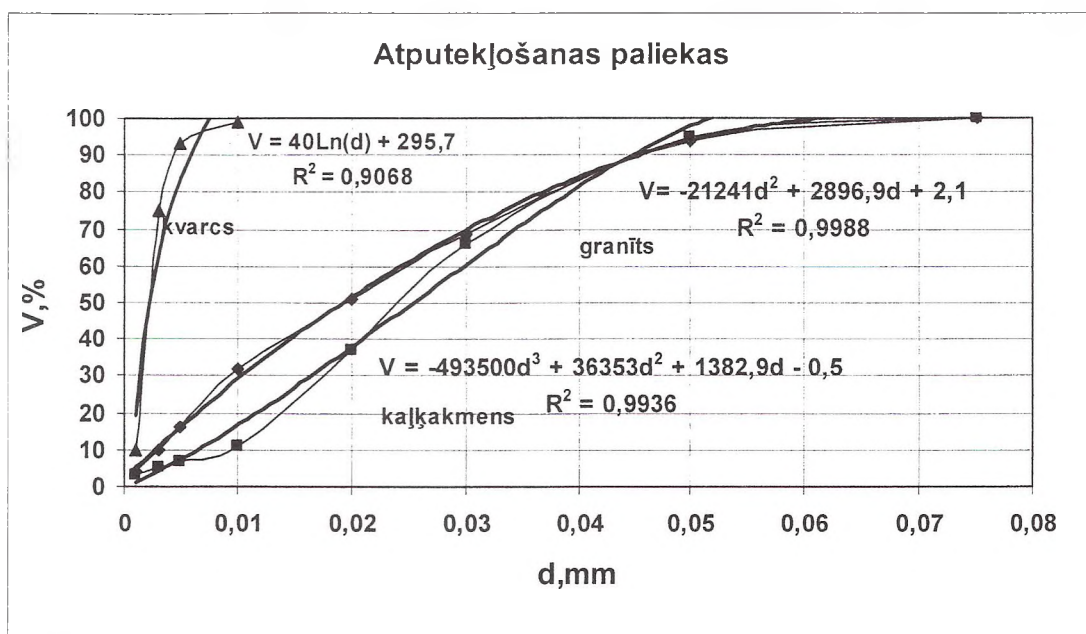
Kvarcs:

$$V=40\text{Ln}(d)+295,7 \quad (6)$$

Kaļķakmens paliekām granulometriskā sastāva līkne ir S-veida un aprakstāma ar vienādojumu:

$$V=36353d^2-493500d^3+1383d-0,5 \quad (7)$$

Novērojamā putekļu minerālā (1.tabula) un ķīmiskā (2.tabula) sastāva atšķirība dažādās frakcijās ir saistīta ar dažādu minerālu, no kuriem sastāv iezis, atšķirīgajām mehāniskajām un kristalogrāfiskajām īpašībām. Parasti vismazāk stiprie minerāli mehāniskās apstrādes procesos sairst līdz smalkākām daļiņām un ir vairāk pārstāvēti smalkajās frakcijās.



4.attēls. Kaļķakmens, granīta un kvarca atpatekļošanas paliekas granulometrisks sastāvs

1.tabula

Paliekas minerālais sastāvs

Oksīdi	Sijāšanas paliekas	Nogulsnes atpatekļošanas procesā		
		kopējais vidējais	+0,106 mm	-0,106 mm
Kvarcs	23,0	25,1	31,5	20,9
Kālija laukšpats	35,0	33,7	27,1	38,0
Plagioklāze	39,2	35,7	31,1	38,7
Muskovīts	1,4	3,7	8,7	0,0
Biotīts	1,4	0,9	1,6	0,4
Diopsīds	0,0	1,2	0,0	2,0

2.tabula

Putekļu ķīmiskais sastāvs procentos

Oksīdi	Sijāšanas paliekas	Nogulsnes atpatekļošanas procesā		
		kopējais vidējais	Daļiņu ar izmēriem +0,106 mm	Daļiņu ar izmēriem - 0,106 mm
SiO ₂	75,25	74,98	77,44	73,37
Al ₂ O ₃	13,63	13,31	12,43	14,16
K ₂ O	5,34	5,01	4,57	5,30
Na ₂ O	3,00	2,81	2,49	3,02
CaO	1,28	2,07	1,00	2,77
Fe ₂ O ₃	1,22	1,28	1,28	1,27
MgO	0,33	0,44	0,40	0,47
MnO	0,07	0,03	0,03	0,04

Akmeņogļu dedzināšanas procesa pelni. Akmeņogļu dedzināšanas paliekas – pelni var būt iedalīti 2 grupās:

- a) pelni, kas paliek kurtuvēs, sakrājas tajās un periodiski tiek izvākti;

b) pelni, kas ar izplūstošajām gāzēm nonāk ar dūmiem attīrīšanas iekārtās un tajās nogulsņējas.

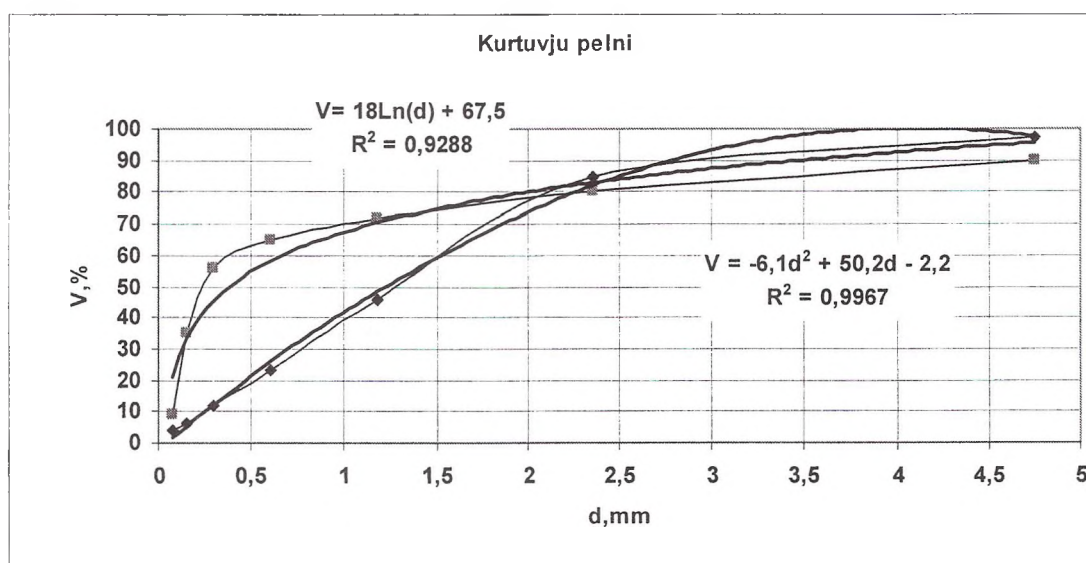
Atkarībā no kurtuves tipa pelnu struktūra un to sadalījums var būt dažādi.

Kurtuvēs, kur pelnu akumulācija noris sausā veidā uz ārdiem, apmēram 80% pelnu nokļūst izvadāmās dūmgāzēs [7,8].

Pārējie 20% – pelni, kas paliek kurtuvē. Tie ir tumši pelēki, poraini, izmērā mazāki par 12 mm. Ja kurtuve ir ar mitro pelnu uztveršanu, ar gāzēm izplūst apmēram 50% pelnu. Pārējie paliek kurtuvē.

Ciklona tipa kurtuvēs paliek 70-80% pelnu un ar izplūdes gāzēm izplūst tikai 20-30% pelnu.

Sauso kurtuvju pelni ir granulētas daļiņas ar ļoti porainu virsmas tekstūru. 50-90% daļiņām ir izmēri 4,75 mm; 10-60% – 0,42 mm; 0-10% – 0,075 mm. Kurtuvju pelnu granulometriskā sastāva līknes parādītas 5.attēlā.



5.attēls. Ciklona tipa un ārdū kurtuvju pelnu granulometriskā sastāva līkne

Ārdū kurtuvju pelnu granulometriskā sastāva līkne analītiski aprakstāma ar logaritmisko vienādojumu:

$$V = 18\text{Ln}(d) + 67,5 \quad (8)$$

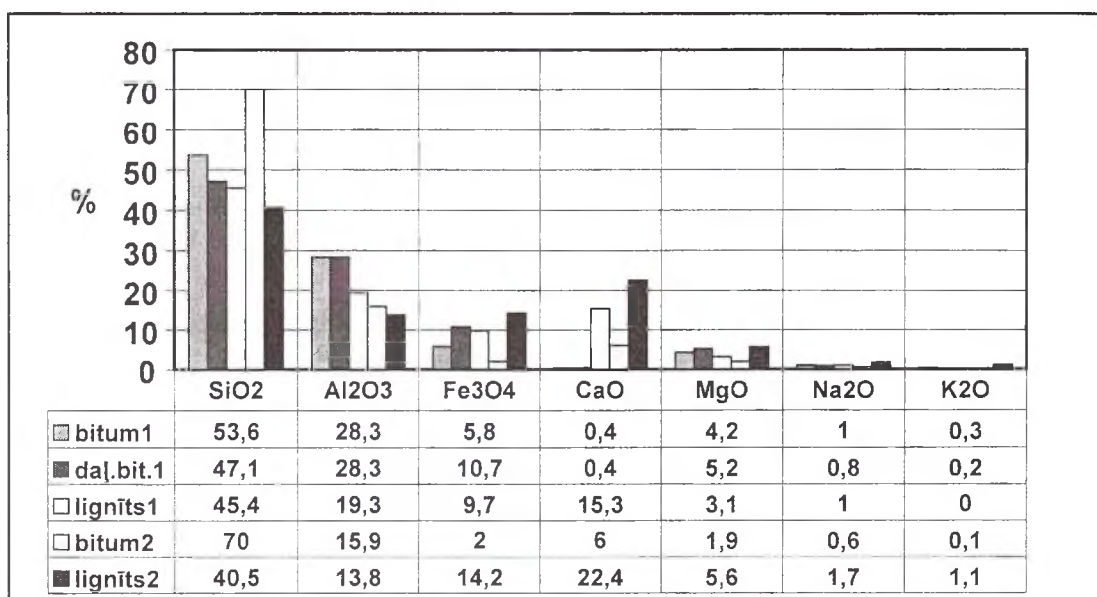
Ciklona tipa kurtuvju pelnu daļiņu izmēri atrodas diapazonā no 5 līdz 0,5 mm. Granulometriskais sastāvs analītiski var būt izteikts ar vienādojumu:

$$V = 50,2d - 6,1d^2 - 2,2 \quad (9)$$

Pelniem nepiemīt plastiskums, daļiņu blīvums ārdū kurtuvju pelniem sastāda 2100-2700 kg/m³, ciklona tipa kurtuvju pelniem – 2300-2900 kg/m³. Tilpummasa attiecīgi ir 720-1600 un 960-1440 kg/m³. Optimālais mitrums parasti zemāks par 20% (8-20%), dabiskā nobiruma leņķis – 38-42%, ūdens filtrācijas koeficients – 10⁻²-10⁻³ cm/s. Adsorbcijas spēja nav liela un sastāda 0,3-2%.

Pelnu ķīmiskās īpašības ir atkarīgas no akmeņogļu veida. Pelni, kas izveidojas lignīta vai maz bitumizēto ogļu degšanas procesā, satur vairāk kalcija salīdzinājumā ar antracīta un bitumizēto ogļu pelniem (6.attēls). Toties bitumizēto akmeņogļu pelniem ir lielāks alumīnija saturs.

Putekļuztvērējos sakrātie pelni ir daudz smalkāki – pulverveidīgie, daļiņu forma, galvenokārt, sfēriska ar diametru mazāku kā 0,075 mm. Daļiņu blīvums parasti ir no 2100 līdz 3000 kg/m³, īpatnējā brīvā virsma no 170 līdz 1000 m²/kg. Pelnos var būt nesadegušās oglekļa daļiņas – kvēpi. Līdz ar to pelnu krāsa var mainīties no gaiši pelēkas līdz melnai. Ķīmiskais pelnu sastāvs parādīts 3.tabulā, salīdzinājumam 7.attēlā doti vidējie skaitļi.

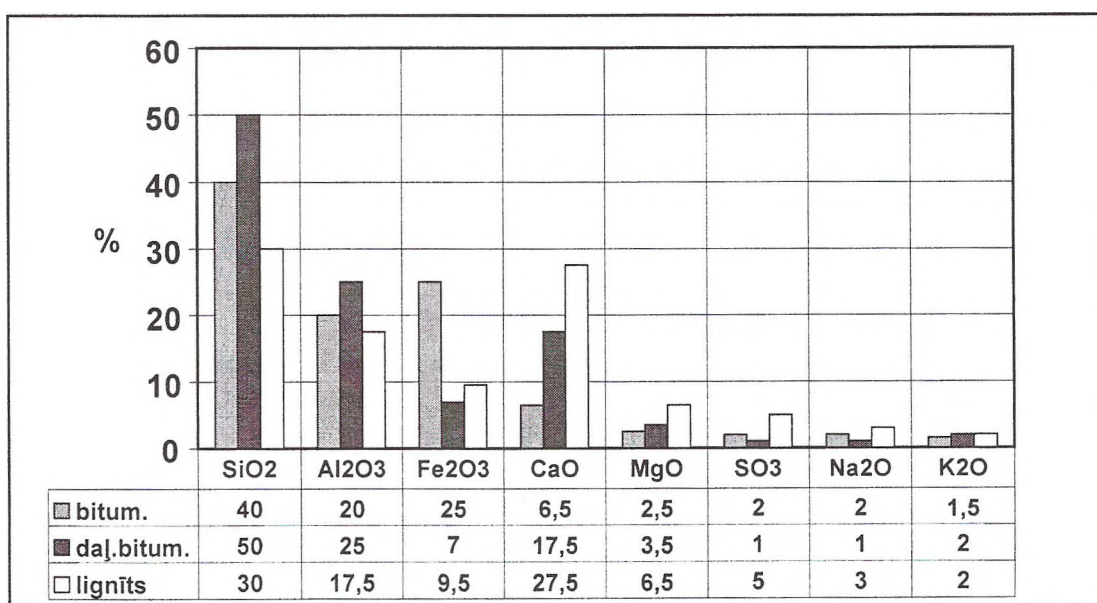


6.attēls. Dažāda sastāva akmeņogļu pelnu ķīmiskais sastāvs oksīdu izteiksmē
1- Ārda kurtuvju pelni ; 2- Ciklona tipa kurtuvju pelni
(bitumizētās, daļēji bitumizētās ogles, lignīts)

3.tabula

Ķīmiskais pelnu sastāvs

Komponente	Bitumizētās ogles	Daļēji bitumizētās ogles	Lignīts
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	10-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4



7.attēls. Putekļuztvērējos sakrāto akmeņogļu pelnu ķīmiskais sastāvs

Cieto komunālo atkritumu dedzināšanas pelni. Cieto komunālo atkritumu dedzināšanas iekārtās veidojas atsevišķas pelnu plūsmas. Tās ir: ārdūņu pelni, atbirumi, boileru pelni, skruberu pelni un maisa filtru pelni.

Ir divas dedzināšanas iekārtu sistēmas:

- nešķīroto cieto atkritumu dedzināšana, kuras mērķis ir likvidēt atkritumus, samazināt to apjomu,
- enerģētiskā atkritumu dedzināšana RDF iekārtās, kurās atkritumi nokļūst pēc tam, kad no tiem tiek izdalīti metāli.

Līdz ar to pelnu īpašības abās šajās tehnoloģijās ir atšķirīgas [9]. Pelnu blīvums ir mazāks par dabiskās grunts blīvumu – 1500-2200 kg/m³ (iežos 2600-2800 kg/m³), pelniem piemīt ievērojama adsorbcijas spēja (5-17% – smalkākajām frakcijām un 4-10% – rupjām frakcijām). Daļiņu izmērs galvenokārt ir ap 4,75 mm. (4.tabula).

4.tabula

Tipiskais komunālo atkritumu dedzināšanas iekārtu pelnu ķīmiskais sastāvs

<i>Elementi</i>	<i>Ārdūņu pelni</i>	<i>Kopējie pelni</i>
Si	16,8-20,6	13,8-20,5
Ca	7,15-7,69	5,38-8,03
Fe	2,11-9,35	2,88-7,85
Mg	1,05-1,18	0,9-1,84
K	0,84-1,02	0,84-1,15
Al	4,27-5,55	3,26-5,44
Na	3,51-4,10	2,0-4,62

Notekūdeņu dūņu dedzināšanas pelni. Notekūdeņu dūņu dedzināšanas pelni veidojas, sadedzinot atūdeņotās dūņas atkritumu dedzināšanas iekārtās. Notekūdeņu dūņu pelnu daļiņu raksturīgos lielumus un īpašības ietekmē ne tikai dūņu sastāvs, bet arī dedzināšanas iekārtas konstrukcija un tie ķīmiskie reaģenti, kuri tika ievadīti notekūdeņu attīrīšanas procesā. Tiek izmantotas divas dedzināšanas tehnoloģijas – daudzslāņu ārdūņu krāsnis un verdošā slāņa krāsnis.

Notekūdeņu dūņu pelni līdz 90% sastāv no daļiņām, kas mazākas par 0,075 mm [10; 11].

Pelnos var atrast neliels organisko vielu daudzums.

Pēc ķīmiskā sastāva dūņas galvenokārt sastāv no silīcija, dzelzs un kalcija (8.attēls).

Pelnu adsorbcijas spēja 1,6%, blīvums – 2006-2990 kg/m³. Tilpummasa – 1270-1480 kg/m³, filtrācijas koeficients – (1-4) 10⁻⁴ cm/s.

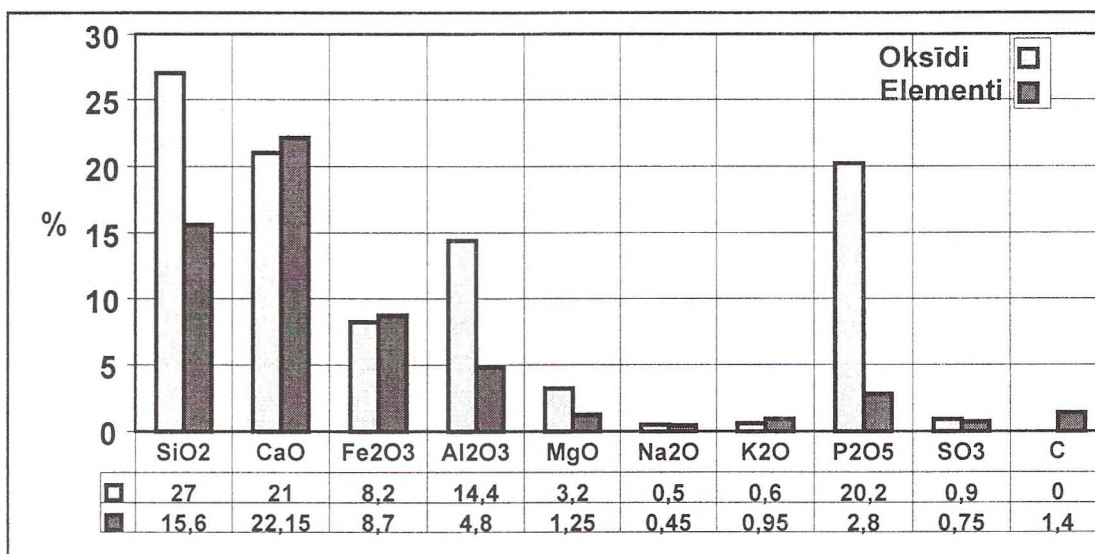
Apdedzināšanas procesa paliekas. Cementa un kaļķa ražošanas procesā, kad rotējošās krāsnīs tiek apdedzināti minerālmateriāli (māls, kaļķakmens), veidojas apdedzināšanas putekļi. Putekļi tiek uztverti un sakrāti gaisa attīrīšanas sistēmās (ciklonos, elektrofiltros, maisa filtros u.c.).

Ir divas cementa ražošanas tehnoloģijas – mitrā apdedzināšana, kad izejmateriāls tiek padots krāsnī ūdens maisījuma veidā, un sausā, kad sagatavotā šihā sausā veidā tiek ievadīta krāsnī.

Kaļķa ražošanas cepļu putekļi pēc fizikālām īpašībām ir tuvi cementa putekļiem, bet pēc ķīmiskajām – atkarīgi no tā, kāda izejviela tiek izmantota – kaļķakmens vai dolomīts, kas tiek ražots – kalciju saturošais kaļķis vai dolomizētais kaļķis – attiecīgi. Pirmajā gadījumā putekļos ir daudz CaO, otrajā – MgO. Līdz ar to pirmajiem putekļiem piemīt augsta reaktivitāte ar ūdeni.

Cementa krāsnis putekļu maksimālie izmēri ir 0,3 mm (75% – mazāki par 0,03 mm). Īpatnējā brīvā virsma – 460-1400 m²/kg, blīvums – 2600-2800 kg/m³.

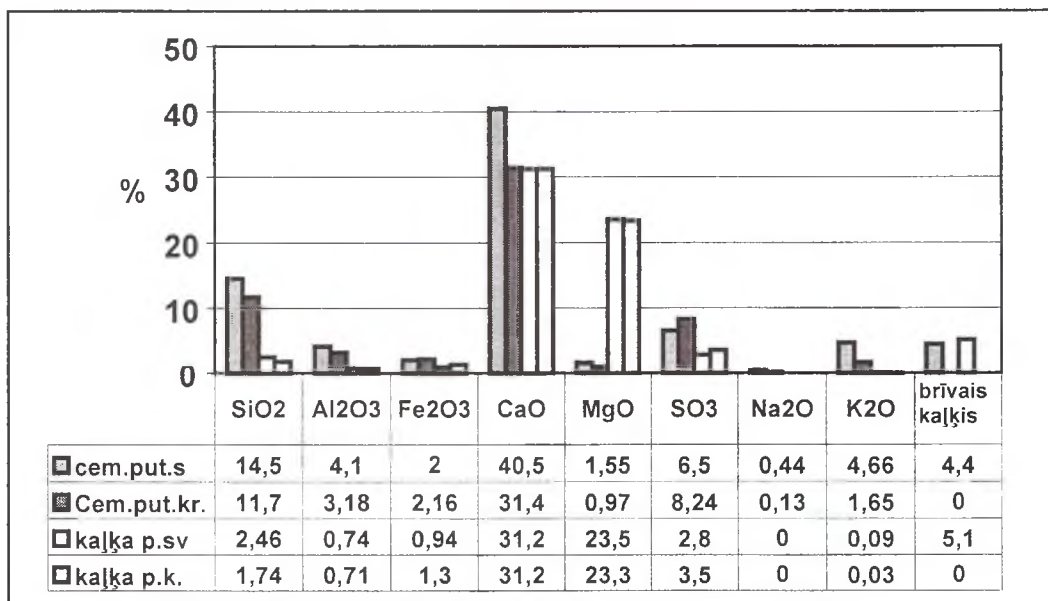
Kaļķu cepļu putekļu daļiņu izmēri – maksimālais 2 mm (75% – mazāki par 0,03 mm). Īpatnējā brīvā virsma – 130-1000 m²/kg, blīvums 2600-3000 kg/m³.



8.attēls. Elementārā ķīmiskā sastāva un oksīdu satura salīdzinājums notekūdeņu dūņu dedzināšanas paliekās

Cementa putekļu ķīmiskais sastāvs gandrīz pilnīgi sakrīt ar ražotā potrlandcimenta ķīmisko sastāvu. Galvenie ķīmiskie elementi – Ca, Fe, Al.

CaO saturs kaļķa ražošanas putekļos ir daudz augstāks (līdz 40%) nekā cementa putekļos. Galvenie ķīmiskie elementi ir Ca un Mg (9.attēls).



9.attēls. Kaļķa un cementa rūpniecības pelnu ķīmiskais saturs

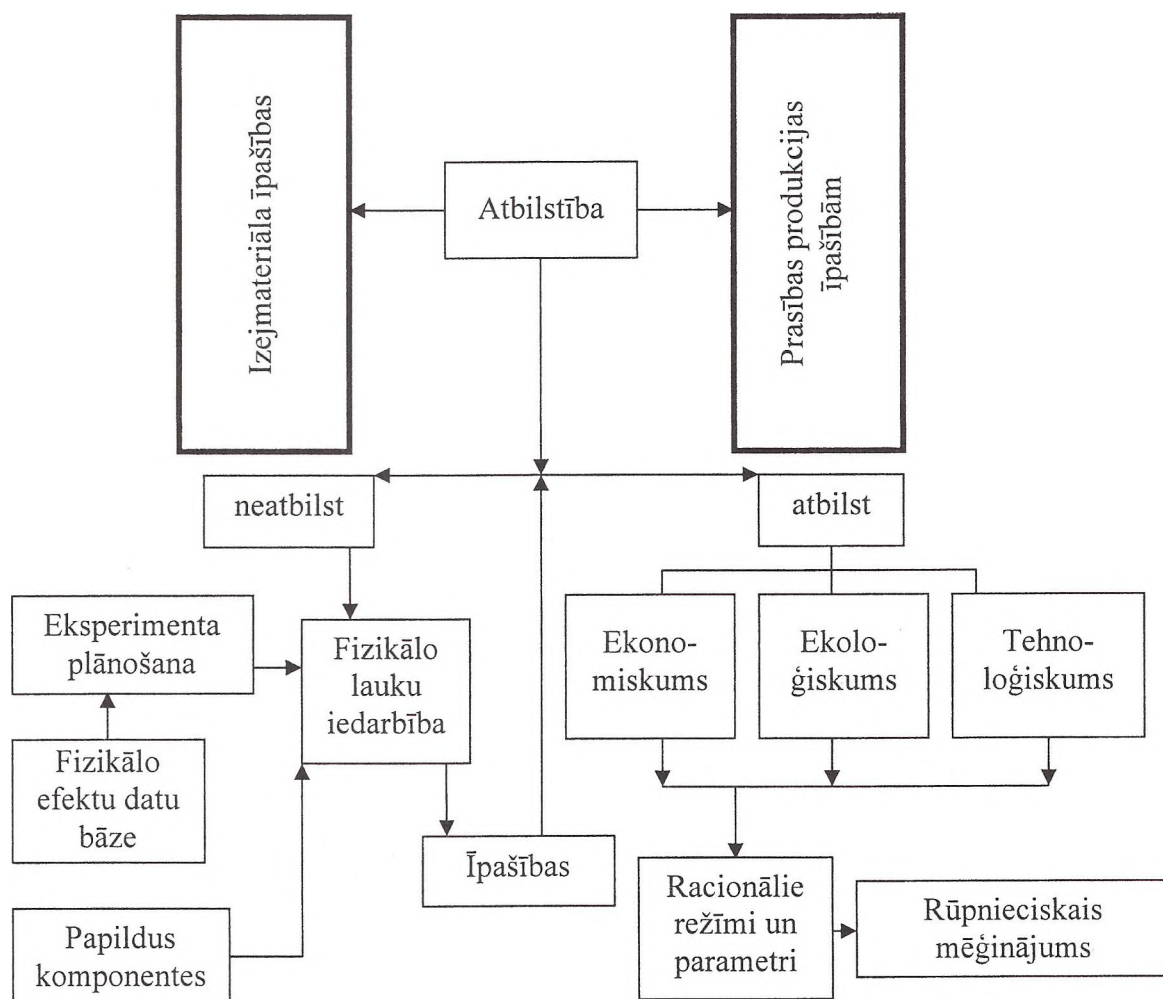
Cem.put. sv – svaigie cementa putekļi no apdedzināšanas krāsns ; cem.put.kr. – cementa putekļi no putekļu krātuves ; kaļķa p.sv. – svaigie putekļi no kaļķa apdedzināšanas krāsns ; kaļķa p. k. – kaļķa putekļi no putekļu krātuves.

Iespējamo pārstrādes veidu izvērtējuma metodika

Jebkuru minerālatkritumu izmantošanas problēmas risināšana var būt veikta divos virzienos. Pirmais – produkta izmantošanas mērķis ir noteikts, un tas ir esošā tradicionāli izmantojamā produkta (vai izejvielas tā izgatavošanai) aizvietošana ar attiecīgi pielāgoto minerālatkritumu.

Šinī gadījumā pētījumu programmai jā sastāv no šādiem etapiem:

- precīzi tiek noteiktas pamatprasības un īpašības (P), kurām jāatbilst ražojamajam galaproduktam;
- tiek izpētītas minerālvielas īpašības (M);
- tiek noteikta šo īpašību savstarpējā atbilstība (M~P);
- ja nav atbilstības, precīzē, kādos tieši parametros ir neatbilstība un, ņemot par pamatu fizikālo efektu datu bāzi, izvērtē iespējamās darbības veidus, kuru rezultātā varētu iegūt vajadzīgo īpašību;
- organizē eksperimentu plānošanu;
- veic eksperimentus;
- izpēta iegūtā materiāla īpašības pēc eksperimenta un tagadējo to atbilstību prasībām (M~P);
- nepieciešamības gadījumā turpina eksperimentus ar citiem fizikālajiem laukiem (10.attēls).



10.attēls. Minerālatkritumu iespējamo pārstrādes virzienu izvērtējuma algoritms

Otrais virziens – minerālatkritumu iespējamo izmantošanas veidu meklēšana, t.sk. pilnīgi jaunas, oriģinālas produkcijas izgatavošanai.

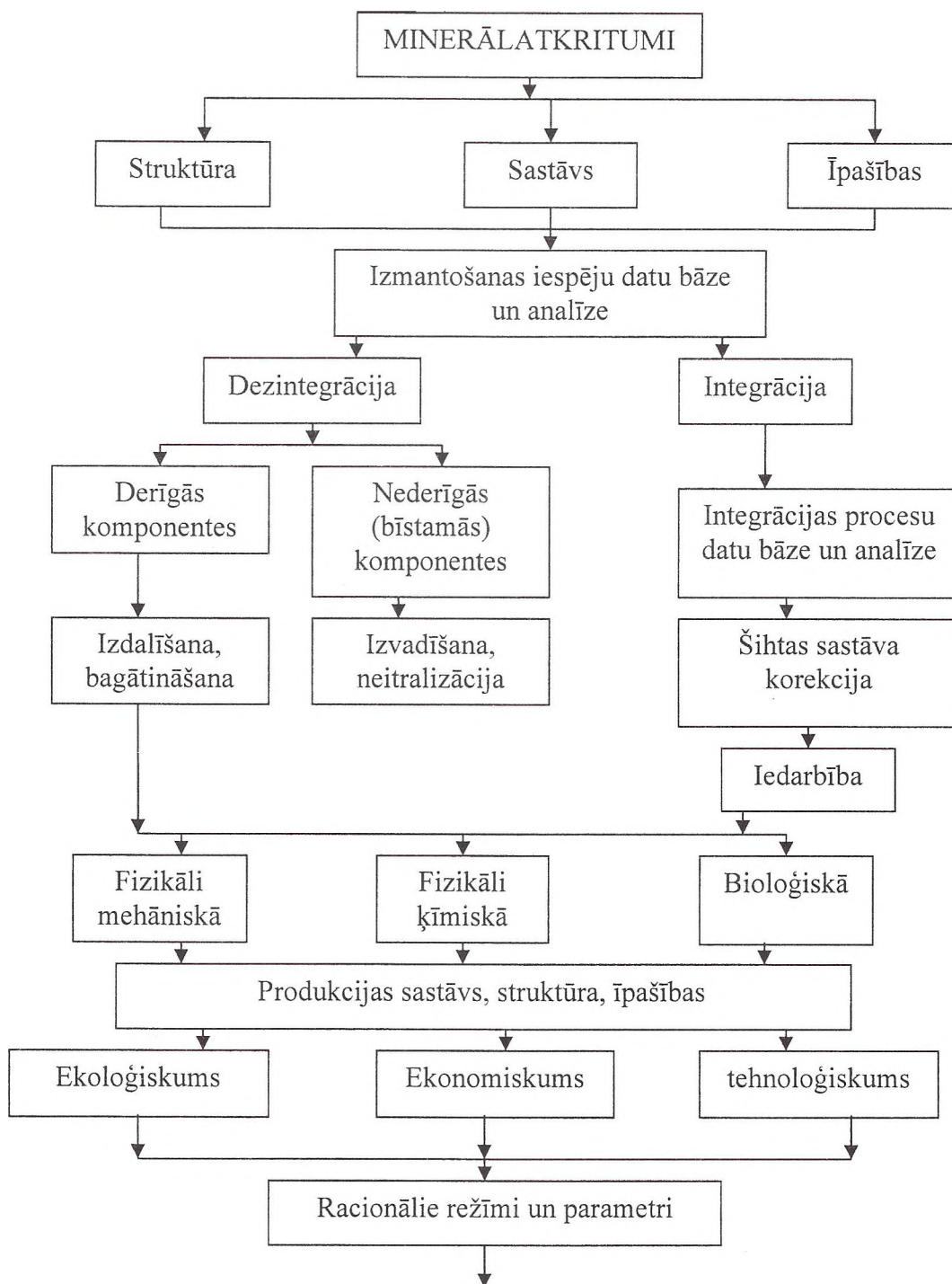
Šajā gadījumā noteicošais faktors ir minerālatkritumu struktūra, sastāvs un īpašību komplekss. Turklāt informācijai par pēdējo jābūt pēc iespējas maksimāli pilnai.

Optimālā risinājuma iegūšanai nepieciešama:

- izmantošanas iespēju datu bāze;
- iespējamo minerālatkritumos fizikālo un ķīmisko efektu datu bāze.

Apvienojot šo informāciju un salīdzinot ar atkritumvielu struktūru, sastāvu un īpašībām, var izdalīt iespējamus risinājumu variantus, ar kuriem būs nepieciešams veikt tālākos eksperimentālos pētījumus [12].

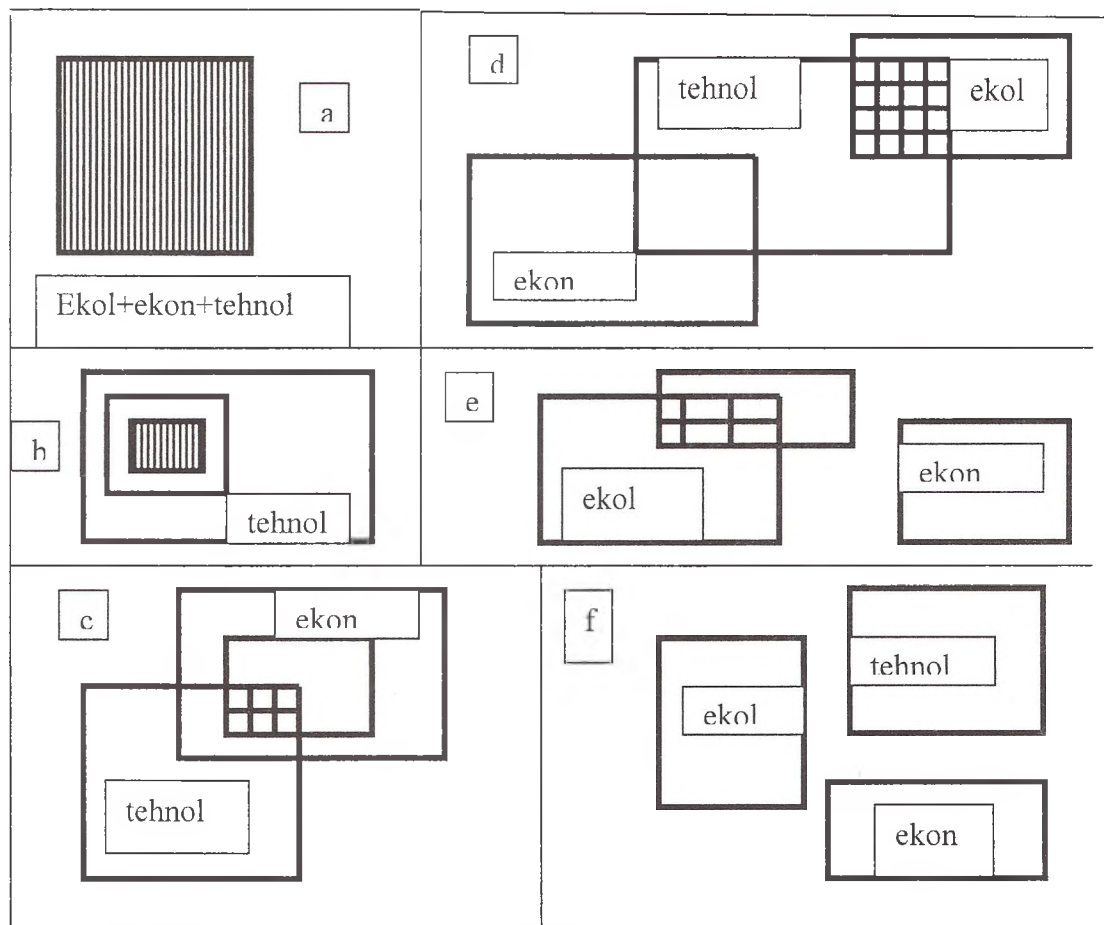
Šajos pētījumos var būt izvēlēti arī divi ceļi – pirmais saistīts ar dezintegrāciju – kaut kādas derīgas komponentes izdalīšanu no kopējās masas un tās izmantošanu; otrais – ar integrāciju – attiecīgā sastāva maisījuma veidošanu, kurš ir spējīgs fizikālo, ķīmisko vai bioloģisko procesu iedarbības rezultātā pārvērsties par derīgo produkciju (11.attēls).



11.attēls. Minerālatkritumu pārstrādes tehnoloģiju pamatojuma pētījumu izvēles algoritms

Nākamais etaps – izanalizētā un tehniski iespējamā atkritumu pārstrādes varianta izpētīšana no ekoloģiskā un ekonomiskā lietderīguma un iespējamības viedokļa – attiecīgo ierobežojošo rāmju uzlikšana un ekoloģiski tehnoloģiski ekonomiski iespējamā lauka izdalīšana. Šīs metodes matemātiskais aparāts un pielietojuma piemēri ir izanalizēti mūsu iepriekšējā darbā [13].

Noteicošie tehnoloģiskās, ekoloģiskās un ekonomiskās iespējamības pārklājumu varianti parādīti 12.attēlā.



12.attēls. Atkritumu pārstrādes tehnoloģiskās, ekoloģiskās un ekonomiskās iespējamības pārklājumu varianti

Varianti a, b un c nav konflikta varianti, jo šajos gadījumos ir atrodami lauki, kur sakrīt visi trīs nosacījumi. Varianti d un e ir pretrunīgi, jo pieprasa atrisināt konfliktu starp vides aizsardzības prasībām un ekonomiskajiem rādītājiem.

Variants f norāda uz to, ka piedāvātais tehnoloģiskais risinājums neatbilst ne ekonomiskajām, ne ekoloģiskajām prasībām un līdz ar to nevar būt pieņemts īstenošanai.

Secinājumi

Atkritumvielu neorganiskās komponentes ir vērtīgs tehnogēnais resurss, kura racionāla izmantošana dažādās tautsaimniecības nozarēs ir ekoloģiski efektīva un ekonomiski izdevīga vienlaikus.

Pašlaik šo resursu izmantošanas realizējamās metodes galvenokārt saistītas ar celtniecības materiālu izgatavošanu. Raksturīgi, ka arī šajā virzienā nav izsmeltas visas minerālatkritumu izmantošanas iespējas.

Minerālatkritumu izmantošanas iespēju paplašināšanu norobežo nepilnīga informācija par to fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, to izmaiņu likumsakarībām un fizikālajiem efektiem dažādu enerģētisko lauku iedarbības rezultātā.

Praktiskā un eksperimentālā materiāla analīzes rezultātā un, balstoties uz autora personīgajiem fizikālo lauku iedarbības uz minerālām vidēm pētījumiem, izstrādāta minerālatkritumu pasportizācijas principiālā struktūra, uz kuras bāzes var sastādīt minerālatkritumu kadastrus kā pa reģioniem (teritorijas variants), tā arī pa ražošanas sfērām (tehnoloģiskais variants).

Izstrādāti minerālatkritumu pārstrādes optimālo variantu izpētes algoritmi divos gadījumos – kad minerālatkritums tiek mērķtiecīgi izvērtēts esošā resursa aizstāšanai un kad tiek izpētīti principiāli jauni iespējamie tā izmantošanas veidi.

Daudzos gadījumos minerālatkritumu izmantošanā noteicošā ir to granulometriskā struktūra, citos – minerālais un ķīmiskais sastāvs.

Darbā no šī viedokļa izskatītas minerālatkritumu trīs grupas – izejvielas sijāšanas, skalošanas un atputekļošanas paliekas, dedzināšanas paliekas un klinkera un kaļķu apdedzināšanas paliekas.

Rezultāti rāda, ka tuvās materiālu apstrādes tehnoloģijās granulometriskā sastāva līknes var būt aprakstītas analītiski ar lielu precizitāti, kas dod iespēju prognozēt palieku parametrus katrā tehnoloģijā.

Analizējot palieku ķīmisko sastāvu, noskaidrots, ka tas pēc attiecīgās korekcijas var būt atbilstošs celtniecības materiālu ražošanas šīhtu sastāvam.

Tālākās minerālatkritumu izmantošanas iespējas ir cieši saistītas ar datu un fizikālo efektu bāzes paplašināšanu un minerālo atkritumu kadastra izveidošanu, līdz ar to ekotehnoloģisko parku izveidi.

Summary

Inorganic wastes are very important technogenical resources and their rational processing in many branches of national economy may become ecologically effective and profitable.

At the same time there are not many achievements in this field may be except civil engineering, where these materials have application in production of binders or building materials in some cases.

One of the obstacles is insufficient information about physical, chemical, and structural properties as well as about physical phenomena and impact of energetic fields on this kind of waste.

According to these problems in the paper is developed principal structure of inorganic waste certification by their physical and structural parameters. Such certificates will be useful for creation inorganic waste cadastres – territorial and technological.

Paper presents two developed algorithms for investigation and technological control optimal versions of inorganic waste utilization.

First algorithm is for the case, when inorganic waste is detended to replace convention materials, second one – for searching new original sorts of products.

In mane cases the determinant in usefulness of inorganic waste are their chemical and structural composition.

In the paper on the basis of previous investigations are analysed and worked out algebraically equations of size grading curves for different materials- coal fly ash, scrubber material, quarry by –products, municipal solid waste combustor ash, sewage sludge ash, cement and lime production dust.

Mathematical equations of size grading distribution curves show that there is possibility to prognoses these properties between similar technological processes precise.

Chemical properties of waste are function of raw origin material composition and their processing methods.

The results of experiments proved that many materials have chemical composition nearly the same that it is necessary for binding materials mixture.

The next prospective of inorganic wastes utilization are connected with necessity to widen data basis about their properties and physical effects on them and to create cadastre of wastes. It will give impulse for cooperation between enterprises and establishing ecoindustrial parks.

Literatūra

1. Noviks, G. Ekotehnoloģija – pirolīzes procesa parametru fizikāli tehniskais pamatojums. Vide. Tehnoloģija. Resursi. IV Starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli. Rēzekne, 2003. 191.-200.lpp.
2. Новик, Г.Я., Сусленков, Б.Д., Малков, Н.В. Физико-химические основы комплексного использования природных ресурсов. М.: МГИ, 1989.
3. Новик, Г.Я., Зильбершмидт, М.Г. Управление свойствами пород в процессах горного производства. М.: Недра, 1994.
4. Noviks, G. Minerālveida atkritumu pasportizācija kompleksās pārstrādāšanas nolūkos. RA raksti. I sējums. Rēzekne: Latgales kultūras centra izdevniecība, 1997. 155.-161.lpp.
5. Wood, Sandra A., Charles R. Marek. Recovery and Utilization of Quarry By-Products For Use in Highway Construction. Proceedings of the Symposium on Recovery and Effective Reuse of Discarded Materials and By-Products for Construction of Highway Facilities, Federal Highway Administration. Denver, Colorado, October, 1993.
6. Collins, R.J., Ciesielski, S.K. Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 199, Transportation Research Board, Washington, DC, 1994.
7. Federal Highway Administration and American Coal Ash Association. Fly Ash Facts for Highway Engineers. Report No. FHWA-SA-94-081, Meyers, James F., Raman Pichumani and Bernadette S. Kapples. Fly Ash. A Highway Construction Material. Federal Highway Administration, Report No. FHWA-IP-76-16, Washington, DC, 1976.
8. McQuade, Paul, V., Head, W.J., Anderson, R.B. Investigation of the Use of Coal Refuse-Fly Ash Compositions as Highway Base Course Material, Federal Highway Administration, Report No. FHWA/RD-80/129. Washington, DC, June, 1981.
9. Chandler et al. An International Perspective on Characterisation and Management of Residues from Municipal Solid Waste Incineration. Summary Report, International Energy Agency, 1994.
10. Gray, D.H., Pennessis, C. Engineering Properties of Sludge Ash. Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 44, No. 5, May, 1972.
11. Foisy, B.F., Ramon, L.I., et al. Sewage Sludge Incineration: Meeting Air Emissions in the Nineties and Beyond. Proceedings of the National Waste Processing Conference, ASME, 1994.
12. Noviks, G. Ekotehnoloģijas pamati. Rēzekne: Rēzeknes Augstskola, 2002.
13. Noviks, G. Ekotehnoloģiju kompleksās analīzes sistēmas pilnveidošana. Rēzeknes Augstskolas zinātniskie raksti, Rēzekne, 2003. 97.-111.lpp.