Kopsavilkums par 9. pārskata periodā veiktajām darbībām

Projekta Nr.	2010/0306/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/128
Projekta nosaukums	Mehanizācijas līdzekļu izstrāde enerģētisko augu kurināmā kondicionēšanai
Finansējuma saņēmējs	Latvijas Lauksaimniecības universitāte

SATURS

2. SMALCINĀTĀJA PROTOTIPA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE 2

3. SMALCINĀTĀJA PROTOTIPA EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: SMALCINĀŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ ATKARĪBĀ NO SMALCINĀTĀJA KONSTRUKCIJAS UN GRIEZĒJASMEŅU VEIDA, ROTĒJOŠO DAĻU DINAMISKĀS LĪDZSVAROŠANAS EKSPERIMENTI, UTT. 5

4. HIDRAULISKĀS PIEDZIŅAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI. 34

6. KALTĒŠANAS EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE 35

7. KALTES ENERGOEFEKTIVITĀTES, SILTUMU ZUDUMU, RAŽĪGUMA U.C. PARAMETRU NOTEIKŠANA 39

9. DOZATORA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE. DOZATORA EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE. 41

10. DOZATORA EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: DOZĒŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ, DOZĒŠANAS PRECIZITĀTE UTT 45

12. MAISĪJUMA KVALITĀTES (HOMOGENITĀTES, PROPORCIJAS U.C. PARAMETRU) NOVĒRTĒŠANA DAŽĀDIEM BIOMASU VEIDIEM 54

13. MAISĪTĀJA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE. MAISĪTĀJA EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE 66

14. SMALCINĀTAS BIOMASAS UN PIEDEVU MATERIĀLU TEHNOLOĢISKAIS TRANSPORTS 69

15. MAISĪŠANAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: MAISĪŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ, UTT. 72

17. MOBILĀ BRIKETĒTĀJA PROTOTIPA IZSTRĀDE UN BRIKETĒŠANAS, GRANULĒŠANAS PROCESA EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI (DAŽĀDU BIOMASU MAISĪJUMA GRANULĒŠANA/ BRIKETĒŠANA, ĪPATNĒJĀ ENERĢIJAS PATĒRIŅA NOTEIKŠANA, UTT.). 81

19. NOTURĪBAS PĒTĪJUMI DAŽĀDU MAISĪJUMU GRANULĀM, BRIKETĒM 120

21. DEGŠANAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI DAŽĀDA VEIDA KURTUVĒS (ATGĀZU NOTEIKŠANA, SADEGŠANAS PROCESA IZPĒTE) 133

22. DAŽĀDU MAISĪJUMU BIOMASAS GRANULU SILTUMSPĒJAS, PELNU KUŠANAS TEMPERATŪRAS U.C. PARAMETRU NOTEIKŠANA 138

PATENTU IZSTRĀDE UN PIETEIKUMU SAGATAVOŠANA 139

ZINĀTNISKO PUBLIKĀCIJU SAGATAVOŠANA UN PUBLICĒŠANA 139

INFORMĀCIJAS SAGATAVOŠANA UN IZPLATĪŠANA MASU MĒDIJOS 139

2. SMALCINĀTĀJA PROTOTIPA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE

Ruļļu iztīšans mezgla un ruļļu smalcināšanas mezgla savienojošā rāmja izgatavošana:

Smalcinātāja prototipa aizsargsienas rāmja, vairoga izgatavošana, sagatavošana krāsošanai, krāsošana, montāža.

3. SMALCINĀTĀJA PROTOTIPA EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: SMALCINĀŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ ATKARĪBĀ NO SMALCINĀTĀJA KONSTRUKCIJAS UN GRIEZĒJASMEŅU VEIDA, ROTĒJOŠO DAĻU DINAMISKĀS LĪDZSVAROŠANAS EKSPERIMENTI, UTT.

Biomasas sagatavošana eksperimentāliem pētījumiem.

Standartu analīze par paliekošā debalansa kļūdu novērtējumu smalcinātāja prototipa dinamiskās līdzsvarošanas eksperimentiem

Balansēšanas kvalitāti nosaka balansēšanas procedūras laikā, no paliekošā debalansa mērījumiem. Standartā ISO 1940 – 2 ir minēti biežāk sastopamie kļūdu veidi, faktori, kas to izraisa un kļūdu novērtēšanas metodes. Zemāk ir veikta šī standarta analīze.

Balansēšanas kļūdu veidi:

Balansēšanas kļūda ir starpība starp rotora paliekošo debalansu un tā mērījumu rezultātu balansēšanas procesa laikā. Tā ir vektoriāls lielums. Balansēšanas kļūdas iedalās:

- ✓ Sistemātiskā kļūda – nemainās no mērījuma uz mērījumu, kuri ir veikti vienos un tajos pašos apstākļos. To var noteikt aprēķina vai tieša mērījuma rezultātā.
- ✓ Gadījuma kļūda – mērījumu modulis un leņķis mainās neparedzamā veidā no mērījuma uz mērījumu, kuri ir veikti vienos un tajos pašos apstākļos.

Balansēšanas kļūdas cēloņi:

Sistemātiskās kļūdas cēloņi:

- ✓ Balansēšanas darbagalda piedziņas vārpstas debalanss;
- ✓ Nostiprināšanas dorņa debalanss;
- ✓ Uz rotora piedziņas vārpstas nostiprināto detaļu radiālā un aksiālā „sišana";
- ✓ Radiālā un aksiālā „sišana" detaļām, kuras izmanto, lai nostiprinātu rotora sastāvdaļas un nostiprināšanas dorni;
- ✓ Asu nesakrišana starp rotora rēdzēm un virsmām ko izmanto bāzēšanai balansēšanas procesā;
- ✓ Radiālā un aksiālā „sišana" rites gultņiem, kurus izmanto balansēšanā, bet ne rotora ekspluatācijas procesā;
- ✓ Radiālā un aksiālā „sišana" rites gultņu gredzeniem, kurus izmanto ekspluatācijā pēc balansēšanas;
- ✓ Debalanss, ko rada ierievis vai grope tā ievietošanai;
- ✓ Rotora vai nostiprināšanas dorņa paliekošais magnētisms;
- ✓ Kļūdas, ko izraisa atkārtota rotora salikšana;
- ✓ Kļūdas, ko izraisa balansēšanas palīgierīces;
- ✓ Diametru starpība starp rotora bazēšanas virsmas diametru un nostiprināšanas dorņa diametru;
- ✓ Kardānsavienojumu defekti.

Gadījuma kļūdu cēloņi:

- ✓ Detaļu neblīva sēža;
- ✓ Rotoram, griežoties piesaistītām šķidrām vai cietām daļiņām;
- ✓ Temperatūras efektu ietekme;
- ✓ Gaisa pretestības ietekme;
- ✓ Piedziņā izmantotie sajūgi ar spēli;
- ✓ Smagu rotoru izliece miera stāvoklī smaguma spēka ietekmē;
- ✓ No gadījuma kļūdām var izdalīt tādas, kuru modulis var tikt novērtēts, bet kuru leņķis nav zināms;
- ✓ Spēles savienojumos.kuri pēc balansēšanas tiek izjaukti;
- ✓ Palielināta spēle kardānsavienojumos;
- ✓ Palielināta spēle uz nostiprināšanas dorņa vai vārpstas;

- ✓ Konstruktīvās vai ražošanas pielaides;
- ✓ Balansēšanas darbagalda rullīšu ekscentritāte, ja to diametri ir vienādi vai tuvi rotora rēdzes diametram, vai to attiecība ir vesels skaitlis.

Kļūdu novērtējums:

Vispārēji –

Balansēšanas kļūdas no balansēšanas iekārtas un ierīcēm var pieaugt palielinoties debalansa vērtībai. Tāpeic jācenšas veikt visu iespējaqmo, lai samazinātu sākotnējo debalansu. Bez tam jau projektēšanas stadijā var samazināt dažu debalansa cēloņu ietekmi, piemēram apvienojot vairākus elementus vienā un samazinot spēļu lielumu kustīgos savienojumos. Vēlams salīdzināt izdevumus izgatavošanā, ko nosaka ciešākas pielaides ar ieguvumu, ko dod labāk balansēta rotora ekspluatācija.

Balansēšanas kļūdas, ko rada detaļu montāža ar aksiālu un radiālu montāžu:

Ja pilnībā līdzsvarotu detaļu ar masu *m* piemontē rotorā ar ekscentritāti *e,* tad **statisko debalansu** U_s nosaka:

$$U_S = m \cdot e \tag{1}$$

Ja pilnībā nolīdzsvarotu rotoru uzstata tā, ka tā galvenā inerces ass krustojas ar vārpstas asi, bet masas centrs atrodas uz rotora ass, tad šādai detaļai ir **momenta debalanss**. Nelielām leņķa novirzēm $\Delta\gamma$ rezultējošais momenta debalanss D_C ir aptuveni vienāds ar reizinājumu no starpības starp rotora inerces momentu pret šķērsasi I_X un inerces momentu pret galveno inerces asi I_Z un leņķi $\Delta\gamma$ izteiktu radiānos:

$$D_C = (I_X - I_Z) \cdot \Delta\gamma, \tag{2}$$

(Vienādojumi ir spēkā detaļām, kurām ir rotācijas virsmas).

Ja detaļai ir gan radiālā, gan aksiālā ekscentritāte – katru kļūdu jāizskaitļo atsevišķi, ņemot vērā vietu, kurā tā izpaužas – uz balsta vai korekcijas plaknē.

Kļūdu novērtēšanas balansēšanas procesā uz balansēšanas iekārtas

Balansējot uz balansēšanas iekārtas balansēšanas kļūda var būt atkarīga no rotora tipa, tā bāzēšanas un piedziņas, balansēšanas iekārtas balstiem (gultņi un papildbalsti), svārstību pārveidošanas un nolasīšanas sistēmas.

Nosakot lielāko kļūdu cēloni, iespējams turpmāk novērst tā iedarbību, vai arī veikt korekcijas izskaidrojot paliekošo debalansu.

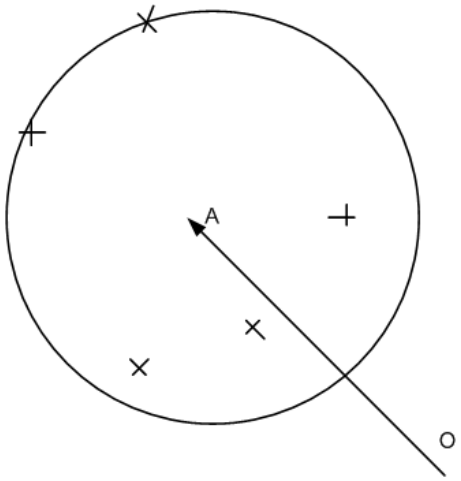
Balansēšanas iekārtas sistemātiskās kļūdas ir jānovērš vai jākoriģē, bet gadījuma kļūdas nedrīkst pārsniegt balansēšanas iekārtas jutības slieksni disbalansam. Ja balansēšanas kļūdas nosaka rotoram, kurš pēc masas vai mērīšanas plaknēm atšķiras no rotora, ar kuru ir veikta balansēšanas iekārtas testēšana – ir jāveic papildus pētījumi ar konkrēto rotoru, nosakot balansēšanas iekārtas jutības slieksni.

Gadījuma kļūdu eksperimentālais novērtējums

Ja ir apsvērumi par gadījuma kļūdu eksistenci, tad ir jāveic vairāki atkārtoti mērījumi,lai varētu novērtēt šo kļūdu vērtību. Jāpārliecinās, ka gadījuma kļūdām tiešām ir gadījuma raksturs katram mērījumam (piemēram, iestatot dažādus sākotnējā leņķa stāvokļus katram mērījumam).

Kļūdu var noteikt veicot virkni statistisku procedūru. Var rekomendēt sekojošu aptuvenu aprēķinu.

Uz grafika atliek paliekošā debalansa izmērītos vektorus un nosaka vidējo vektoru **OA** visiem mērījumiem (1. att.).



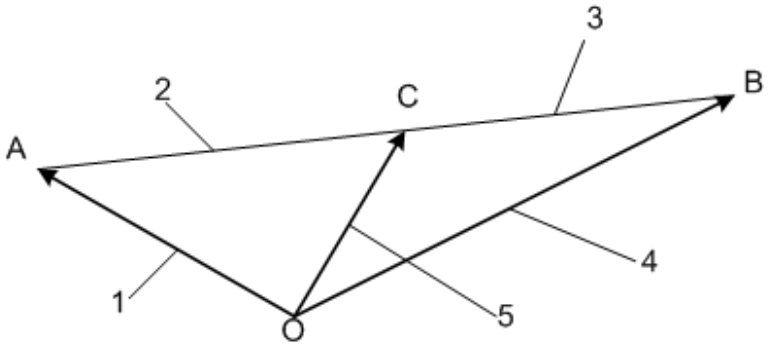
1. att. Paliekošā debalansa vektora mērījumi gadījuma kļūdu noteikšanai

Novelk aploci ar centru punktā A, kura aptver ar minimālo rādiusu visus mērījumus. Vektors OA nosaka paliekošā debalansa vērtību, bet aploces rādiuss – raksturo maksimālo kļūdu atsevišķam mērījumam. Šīs metodes precizitāte palielinās, palielinot mērījumu skaitu.

Sistemātisko kļūdu eksperimentālais novērtējums

Metode ir sekojoša:

Rotoru secīgi iestata divos pretēji vērstos stāvokļos (pret piedziņu vai nostiprināšanas dorni), kas atšķiras pa 180°. Abos šajos stāvokļos izmēra debalansa vērtību. Ja vektori **OA** un **OB** ir vektoru debalansu vidējās vērtības šiem diviem stāvokļiem (2. att.), tad punkts **C** atbilst līnijas **AB** viduspunktam un vektors **OC** ir sistemātiskās kļūdas vektors. Vektori **CA** un **CB** ir paliekošā debalansa vektori stāvokļiem 0° un 180°.



2. att. Vektora paliekošā debalansa noteikšana sistemātisko kļūdu gadījumā
1 – debalansa vidējās vērtības vektors iestatījumam 0°, 2 – paliekošais debalanss rotoram pie iestatījuma 0°, 3 - paliekošais debalanss rotoram pie iestatījuma 180°, 4 - debalansa vidējās vērtības vektors iestatījumam 180°, 5 – sistemātiskās kļūdas vektors

Balansēšanas kopējās kļūdas noteikšana

Sistemātiskās kļūdas, kuru amplitūda un fāze ir zināmas var tikt novērstas, vai nu pievienojot korekcijas masas balansēšanas procesā, vai arī matemātiski koriģējot rezultātus. Ja sistemātiskās kļūdas nevar tikt novērstas minētā veidā, tad tās apvieno ar gadījuma un skalārajām kļūdām, kā minēts zemāk.

Ja apzīmējam ar $|\Delta U_i|$ jebkuru nekoriģētu kļūdu, kuru izraisa kāds faktors, tad kopējo nekoriģēto kļūdu ΔU nosaka:

$$\Delta U = \sum |\Delta U_i| \tag{3}$$

Formula (3) bāzējas uz pesimistiskāko pieņēmumu, ka visas kļūdas ir ar vienādu fāzi un tāpēc summējas algebriski. Ja kļūda, kas aprēķināta, izmantojot formulu (3) ir tāda, ka netiek nodrošināts paliekošais debalanss pielaides robežās, tad ir jācenšas samazināt būtiskākie kļūdu cēloņi.

Ir iespējams izmantot statisko pieeju kļūdas aprēķinam, respektējot to, ka visām kļūdām jau fāzes nesakrīt. Par kopējo kļūdu ΔU var tikt pieņemta vidējā kvadratiskā vērtība:

$$\Delta U = (\sum |\Delta U_i|^2)^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

Minēto procedūru izpilda katrai mērīšanas plaknei. Masu ražošanas apstākļos iespējams kopīgo kļūdu noteikt, izmantojot specifiskas statistiskas metodes.

Pieņemšanas kritēriji

Pieņemam, ka pieļaujamais paliekošais debalanss katrā mērīšanas plaknē ir U_{per}, bet izmērītais paliekošais debalanss ir U_{rm} pēc sistemātiskās kļūdas noteikšanas un korekcijas; ΔU - kopējā kļūda, kas noteikta kā iepriekš. Ražotājs balansēšanu uzskata par apmierinošu, ja ir izpildīts nosacījums:

$$U_{rm} \le U_{per} - \Delta U \tag{5}$$

Kļūdu ΔU var neievērot, ja tā ir mazāka par 5% no U_{per}.

Ja lietotājs veic papildus balansēšanas kontroli rotoram, tas var tikt pieņemts, ja

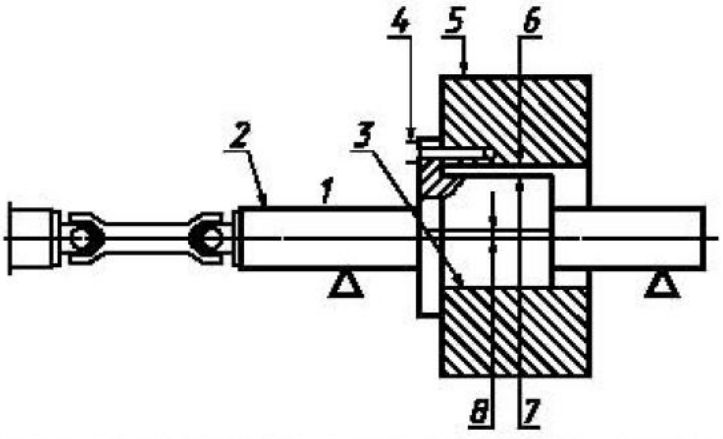
$$U_{rm} \le U_{per} + \Delta U \tag{6}$$

Piebilde: balansēšanas kvalitātes novērtējumā arī jāņem vērā debalansa izmaiņa glabāšanas un transporta laikā.

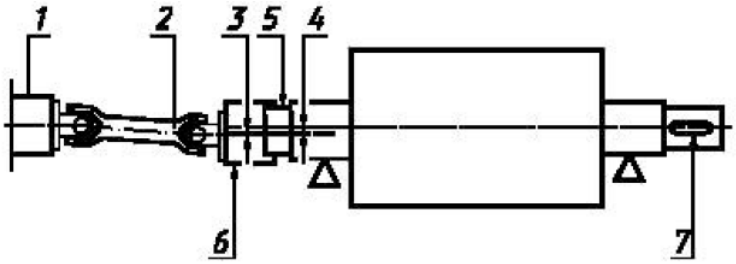
Kļūdu piemēri, to identifikācija un novērtējums

A 1. Kļūdas, ko izraisa balansēšanas iekārta

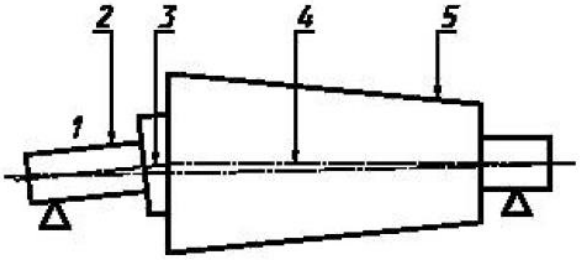
Šīs kļūdas rodas pie jebkura rotora stiprinājuma balansēšanas iekārtā (skat 3., 4. un 5. att.) un tās var izsaukt sekojoši faktori.



3. att. Uz dorņa nostiprināts rotors
1 – rēdze; 2 – tornis; 3 – iemava; 4 – stiprināšanas skrūve; 5 – rotors; 6 – iemavas diametrs; 7 – dorņa diametrs; 8 – iemavas ekscentritāte



4. att. Rotors, kas uzstādīts savos gultņos
1 – piedziņa; 2 – piedziņas vārpsta; 3 – adaptera ekscentricitāte; 4 – vārpstas ekscentricitāte; 5 – rēdze; 6 – piedziņas adapteris; 7 – ierievis (ierievja rieva)



5. att. Rotors, kas uzstādīts uz dorņa un sava gultņa
1 – rēdze; 2 – tornis; 3 – dorņa ass; 4 – rotora ass; 5 - rotors

a) Debalanss un ekscentricitāte, ko rada piedziņa, dornis u.c.

Šīs kļūdas var tikt novērtētas balansēšanas laikā. Procedūru var apgrūtināt neiespējamība atkārtot savienojuma apstākļus (A.1 c) un kļūdas, ko izraisa balansējamais rotors (A.2).

b) Gultņi

Rites gultņi, ko izmanto balansēšanas procedūrā, var ienest kļūdu, kas ir proporcionāla rotora ekscentritātei vai leņķiskai asu nesakrišanai un tā masai. Šo kļūdu var noteikt, pagriežot gultņa gredzenu attiecībā pret rotoru pa 180°.

Piezīme – Šī punkta kontekstā ekscentritāti uzskata kā sekas radiālai un (vai) ass sišanai.

c) Mehāniskā sēža

Sēža var būt kļūdas cēlonis, piemēram, debalansa vērtība pēc atkārtotas montāžas var izmainīties. Kā citi kļūdu cēloņi, kurus izraisa sēža ir minami liela radiāla spēle vai turpretīm sēža ar lielu uzspīli, kā arī gadījums, kad savienojošās skrūves nosaka centrējošās rēdzes stāvokli. Izkliedi, kas rodas dažādu sēžu rezultātā var noteikt, atkārtojot salikšanu, kuru veic dažādos leņķiskos stāvokļos. Vidējo debalansa vērtību atrod no debalansa vērtībām, kuras iegūtas katras atsevišķās montāžas rezultātā.

d) Balansēšanas iekārtas masa

Balansēšanas iekārtas masu (nav obligāti dorņa) ir vēlams pēc iespējas samazināt, lai minimizētu centrējošo iekārtu ekscentritātes un spēļu radītās kļūdas. Nostiprināšanas dorņa masas samazināšana palielina jutību balansēšanas iekārtām ar elastīgi nostiprinātiem gultņiem, bet maz ietekmē jutību iekārtām ar stingi nostiprinātiem gultņiem.

A.2 Kļūdas, ko izraisa pats rotors (4. att.)

Šīs kļūdas rodas nostiprinot balansējamo rotoru uz viņa paša rēdzēm (4. att.) un tās var izsaukt sekojoši faktori.

a) Nenostiprinātās detaļas

Kļūdas, ko izraisa nenostiprinātās detaļas, var noteikt rotoru iegriežot un apstādinot, pie nosacījuma, ka sākotnējais leņķiskais stāvoklis rotoram katru reizi tiek mainīts un mērotdebalansu katram gadījumam. Vidējā debalansa un mērījumu kļūdas vērtības aprēķina, kā iepriekš ir aprakstīts. Jāatzīmē, ka dažām mašīnām nenostiprināto detaļu ietekmi var konstatēt tikai darba apstākļos.

b) Šķidruma pilienu un nodiluma daļiņu klātbūtne uz rotora

Ja ir paredzams, ka rotoram griežoties tam neizbēgami piesaistīsies šķidruma pilieni vai nodiluma daļiņas, to kādu laiku jāapstādina ar virsotnes stāvokli 0°, tad to iegriež un veic mērījumus. To pašu ar rotora virsotnes stāvokļiem 90°, 180° un 270°. Vidējā debalansa un mērījumu kļūdas vērtības aprēķina, kā iepriekš ir aprakstīts.

c) siltuma efekti

Gariem un dobiem rotoriem neviendabīga temperatūras sadalījuma rezultātā novēro izliekšanos un debalansu. Šo efektu var samazināt, ja neļauj rotoram atrasties nekustīgā stāvoklī pat īslaicīgi vai arī griezt rotoru līdz momentam, kad disbalansa vektors sāk mainīties. Šim nolūkam var izmantot nelielu rotācijas ātrumu 5 -10 apgr. min^{-1}. Jūtamu rotora izliekšanos var izraisīt, kas saistītas ar sildīšanu un metināšanu, koriģējot debalansu. Parasti, lai, izlīdzinātu rotora temperatūru un atgrieztu to normālā stāvoklī veic lokālās sasilšanas izkliedi ar rotāciju kādā laika sprīdī.

d) Gultņi

Gultņu rotējošo gredzenu stāvoklim attiecībā pret rotoru ir jāsaglabājas nemainīgam visā balansēšanas procedūras laikā, pretējā gadījumā var parādīties kļūdas, kas ir aprakstītas A.1 b). Momentānā debalansa mānīgas vērtības var iegūt balansēšanas iekārtās ar elastīgu un arī stingu gultņu nostiprinājumu no rotējošas balsta virsmas, rites gultņa sašķiebuma pret vārpstas asi un no rotora izlieces.

Šos efektus var konstatēt ieģriežot rotoru uz dažādiem rotācijas ātrumiem n_1 un n_2, bet kļūdu nosakot sekojošā veidā.

Balansēšanas iekārtai ar stingiem gultņiem ass sišanas ietekmi var izteikt kā debalansu $U_{L,R}$ pie ātruma n_1 .

$$\Delta U_{1L} = \frac{1}{1-(n_1/n_2)^2}(U_{1L} - U_{2L}); \quad (7)$$

$$\Delta U_{1R} = \frac{1}{1-(n_1/n_2)^2}(U_{1R} - U_{2R}), \quad (8)$$

kur U_{1L}, U_{1R}, U_{2L},U_{2R} – mērījumu vērtības, kas ir summa no ass sišanas izraisītiem debalansiem un paliekošiem debalansiem U_L un U_R kreisajā un labajā plaknēs pie ātrumiem

n_1 un n_2 atbilstoši. Balansēšanas iekārtai ir jābūt kalibrētai tajās pašās debalansa mērvienībās katrai norādītajaiplaknei un ātrumam.

Balansēšanas iekārtai ar elastīgu gultņu stiprinājumu mānīgais debalanss ir atkarīgs no vibrējošām masām gultņu elastīgā stiprinājuma sistēmā un tāpēc ir proporcionāls ātruma kvadrātam. Tāpēc arī šajā gadījumā ir noderīgas minētās formulas.

Iepriekšējos aprēķinos pieņemts, ka spēki gultņos balansēšanas iekārtām ar stingu gultņu nostiprinājumu, kurus izraisa balsta virsmas ass sišana nav atkarīga no ātruma, bet iekārtām ar elastīgu gultņu stiprinājumu no ātruma nav atkarīga debalansu izraisītā gultņu vibrācija.

Formulas (7) un (8) ir pareizas tikai tajos gadījumos, kad mērījumi notiek pie ātrumiem, kas ir pietiekami attālināti no rotora un balansēšanas darbagalda rezonansei atbilstošajiem ātrumiem.

Līdzīgus efektus var novērot pie ļoti maziem balansēšanas ātrumiem, kad rotora rēdzes, kurām ir izliekums ir uzstatītas uz vaļējiem rullīšiem un , kad balansēšanas iekārtas rullīšu balstam nav pārvietošanas brīvības vertikālajā plaknē. Šīs kļūdas var samazināt līdz minimumam, attiecīgi konstruējot balansēšanas iekārtā balstus. Dažos gadījumos to iespējams veikt ar balstu gultņu regulēšanu.

e) mehāniskā sēža

Debalanss var izmainīties darba procesā konstrukcijas īpatnību vai nepareizas salikšanas rezultātā. Šādas izmaiņas var notikt, ja rotoru pēc balansēšanas daļēji izjauc un pēc tam saliek (skat. A.1c) un A.2 a)).

f) Ekscentritāte nostiprināšanas virsmai piedziņas galā

Ja balansēšanas mašīnas piedziņas vārpstas gals ir savienots ar centrēšanas ierīci, kurai ir ekscentricitāte, tas var radīt balansēšanas kļūdu, ko nevar novērst balansēšanā.Šādu kļūdu var novērtēt tikai zinot piedziņas efektīvo masu un centrēšanas ierīces vektora virzienu pret rotora vārpstu. Nepieciešamības gadījumā var izmantot pagaidu kompensējošo masu, atbilstošā leņķiskā stāvoklī balansēšanas laikā.

g) Magnētiskie efekti

Magnētiskie efekti var pirmkārt izpausties balansēšanas iekārtās ar to, ka tie izraisa nepareizus nolasījumus debalansa rādījumos, ja to frekvence ir tuva vai sakritoša rotācijas frekvencei.

Tas var notikt, piemēram, ja balansēšanas iekārtas sensori nonāk rotora magnētiskā laukā, kas mainās ar rotora griešanās frekvenci. Rotora magnetizācijas ietekmi visvienkāršāk var novērst vai nu ekranizējot sensorus, vai iekārtām ar stingu gultņu stiprinājumu izvēloties pietiekami lielu balansēšanas ātrumu, pie kura minētā ietekme vairs nav tik būrtiska. Magnētiskos efektus var konstatēt, veicot debalansa mērījumus pie dažādiem ātrumiem, kuru robežās rotors saglabā stingumu.

Tabulā 1. ir apkopoti iespējamie balansēšanas kļūdu cēloņi un to novēršanas un novērtēšanas metodes.

1. tabula. Kļūdu cēloņu identifikācija un novērtēšanas metodes

Kļūdas raksturs	Kļūdas cēloņa apraksts	Debalansa mērīšanas kļūdas samazināšanas metodes	Debalansa mērīšanas kļūdas novērtējums		
			Eksperimentālā (sistemātiskā kļūda)	Eksperimentālā (gadījuma kļūda)	Citas metodes
Balansēšanas iekārta	Mērīšanas iekārtas sistemātiskās un gadījuma kļūdas	Pārbaudīt iekārtas funkcionēšanu un kalibrēšanu,koriģēt, ja nepieciešams	-	-	Skat. Piezīmi 1
Palīgiekārtas	Piedziņas iekārtas debalanss	Balansēt palīgiekārtu	Pagriezt rotoru pa 180°, attiecībā pret piedziņu vai nostiprināšanas dorni	Novērtējums ir iespējams, bet ekonomiskāka ie indeksēšanas balansēšana	Izmēra kļūdas moduli un fāzi, veicot atsevišķu elementu balansēšanu Skat. Piezīme 2
	Dorņa debalanss	Balansēt dorni vai citu balansēšanas iekārtu vēl rūpīgāk. Samazināt palīgiekārtas masu.			
	Piedziņas radiālā un ass sišana	Veikt balansēšanu vai nomainīt piedziņas ierīci	-	-	-
	Dorņa radiālā un ass sišana	Nomainīt vai kompensēt ar nobīdītu masu	-	-	-
	Rites gultņa ekscentricitāte	Veikt balansēšanu ekspluatācijas gultņos. Pie rotora montāžas korpusā uzstādīt gultņa iekšējo gredzenu atbilstoši iezīmei	No jauna uzstādīt gultņus ar pagriezienu pa 180°	-	-
Rotors	Neblīvs nostiprinājums, piemēram kompresora rotora lāpstiņām	Veikt atkārtotu rotora iegriešanu un apturēšanu, atrodot vidējo debalansu	-	Palaist rotoru pie dažādiem sākotnējiem stāvokļiem	-
	savāktu šķidruma vai cietu daļiņu klātbūtne uz rotora	Aizvākt piesārņojuma avotu, ja nav iespējams - veikt atkārtotu rotora iegriešanu un apturēšanu, atrodot vidējo debalansu	-	Izdarīt laika ~1/2 h aizturi starp rotora palaišanas cikliem, Skat Piezīme 3	-

Kļūdas raksturs	Kļūdas cēloņa apraksts	Debalansa mērīšanas kļūdas samazināšanas metodes	Debalansa mērīšanas kļūdas novērtējums		
			Eksperimentālā (sistemātiskā kļūda)	Eksperimentālā (gadījuma kļūda)	Citas metodes
Rotors	Siltuma un gravitācijas efekti	Panākt rotora stabilu griešanos pirms balansēšanas. Neatļaut rotoram ilgstoši atrasties statiskā stāvoklī balansēšanas iekārtā	-	Iespējams novērtējums, bet vēlams samazināt cēloņu ietekmi	-
	Gaisa pretestība	Noslēgt gaisa pieplūdes ceļus, vai mainīt rotācijas virzienu	-	-	Salīdzināt mērījumu rezultātus pie dažādiem rotācijas ātrumiem
	Magnētiskie lauki, piemēram rotora magnetizācija	Atmagnetizēt rotoru vai palielināt rotācijas ātrumu, balansējot, lai samazinātu magnētiskā lauka ietekmi	-	-	Izmērīt kļūdas moduli un fāzi pie maza rotācijas ātruma
	Rites gultņa sašķiebums	Izlabot iekšējā gredzena stāvokli, piestrādāt rēdzes atdurgredzenu	-	-	Salīdzināt mērījumu rezultātus pie dažādiem rotācijas ātrumiem
	Slikta rēdzes virsmas apstrāde, slikta eļļošana	Veikt rēdzes tīrapstrādi, saeļļot	-	-	-
	Asu nesakrišana(rotoriem ar vairāk kā diviem gultņiem)	Nolīdzsvarot divos gultņos, vai uzstādīt rotoru stingā rāmī ar vairāk balstiem	-	-	-
	Ierievis un tā rieva	Nobalansēt ar pusierievi	-	-	-
	Piedziņas stiprinājuma elementu ass un radiālā sišana	Apstrādāt virsmas vai izmantot siksnas piedziņu	-	-	-

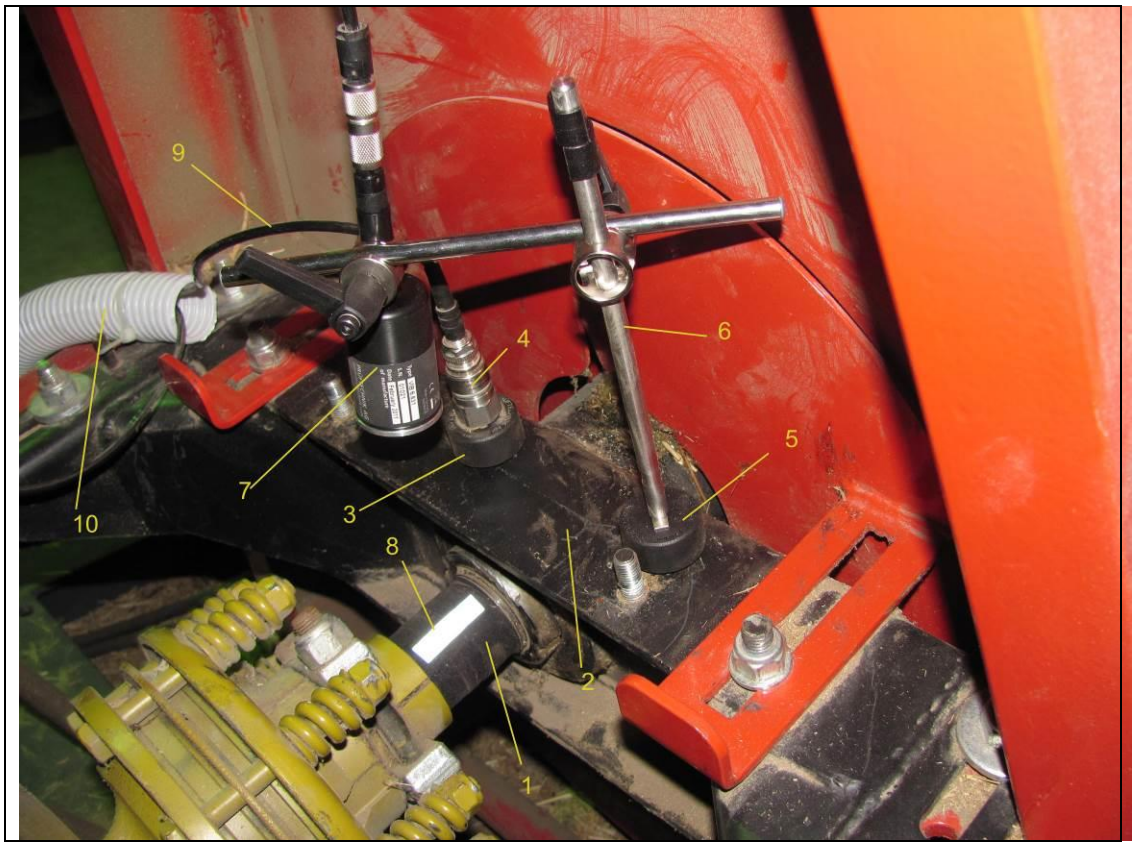
Kļūdas raksturs	Kļūdas cēloņa apraksts	Debalansa mērīšanas kļūdas samazināšanas metodes	Debalansa mērīšanas kļūdas novērtējums		
			Eksperimentālā (sistemātiskā kļūda)	Eksperimentālā (gadījuma kļūda)	Citas metodes
Montāža	Spēles savienojumos	Veikt uzspīli savienojumā, nomainīt piedziņas vārpstu vai izmantot siksnas piedziņu	Veikt katru mērījumu bez spēles	Izmainīt savienojumu starp palaišanām, rotoru iestata dažādos leņķiskos stāvokļos	-
	Nepareiza sēža savienojumos	Izjaukt un no jauna salikt savienojumu	Izmērīt ass sišanu	-	-

Piezīmes

1) Ja izstrādājuma masa vaimērīšanas plakņu novietojums jūtami atšķiras no balansēšanas iekārtas nodrošinājuma, tad minimālā paliekošā debalansa noteikšanas mērījumos jāveic izvēloties mērīšanas plaknes uz paša rotora.
2) Vispārīgos gadījumos zināmās moduļa un fāzes kļūdas var koriģēt. Taču, ja šīs kļūdas pārsniedz U_{per}, var būt vēlams veikt citus pasākumus to samazināšanai, pirms sākt balansēšanas procedūru.
3) Ieteicams rūpīgi kontrolēt mērījumu rezultātus, lai siltuma efektus nesajauktu ar piesaistīto daļiņu ietekmi un otrādi.

Vibrācijas sensoru montāža smalcinātāja prototipam

Smalcinātāja prototipa griezēja rotora dinamiskās līdzsvarošanas eksperimentu realizācijai ir veikta vibrācijas sensoru montāža. Montāžas rezultāts ir redzams 6. attēlā.



6. att. Vibrācijas sensoru montāža smalcinātāja prototipam

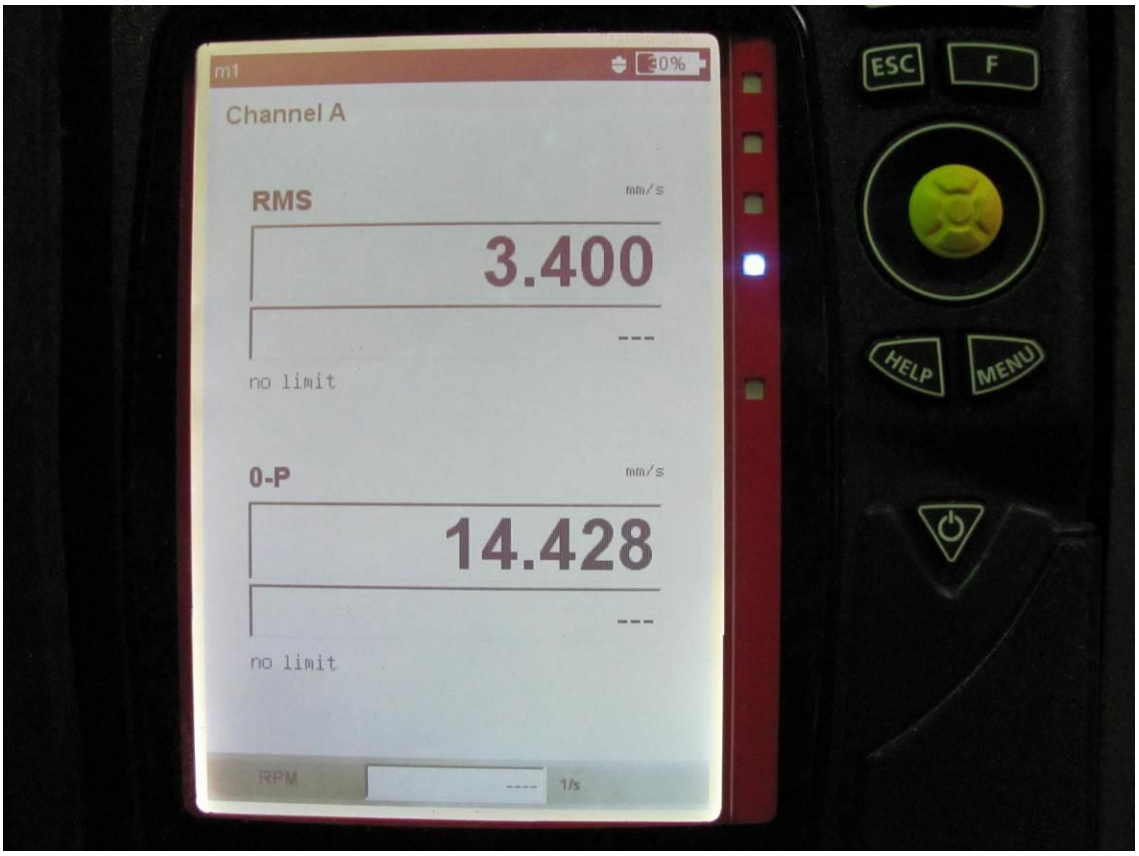
Griezēja rotora vārpstas 1 gultņu korpusam 2 ar pastāvīgā magnēta 3 starpniecību ir nostiprināts pjezoelektriskais sensors 4 (marka VIB 6.147). Otrs pastāvīgais magnēts 5 pie statnes notur statīvu 6 ar lāzera - trigera sensoru 7 (marka VIB 6.631), kura ass ir orientēta uz atstarojošo uzlīmi 8, kas ir pielīmēta griezēja rotora vārpstai 1. Lai sensors 7 darbotos sekmīgi, vārpstai 1 ir izveidots melns matēts pārklājums. Abu sensoru kabeļi 9 ir aizvadīti uz vibrāciju sensoro mezglu, izmantojot gofrētu aizsargcauruli 10. Montāža ir veikta tā, lai savienojošie kabeļi nesaskārtos ar rotējošām detaļām.

Dinamiskās līdzsvarošanas eksperimentu laikā nedrīkst tuvoties sensoru novietojumam, ja griezēja rotora piedziņa ir ieslēgta!

Sagatavojot līdzsvarošanas eksperimentus ir jāpārbauda sensoru kabeļu savienojumu kontaktu nodrošinājums un vibrāciju sensorā mezgla displeja rādījumi, atbilstoši iestatījumiem.

Smalcinātāja prototipa rotora līdzsvarošanas eksperimentu sagatavošana

Pirms tiešajiem smalcināšanas prototipa dinamiskās līdzsvarošanas eksperimentiem ir jāpārbauda vibrāciju sensorā mezgla funkcionēšana, atbilstoši iestatījumam, kāds vibrāciju parametrs ir nosakāms. Jāapgūst arī angļu termini, ar kuriem ir interpretēti svārstību parametri, kas redzami uz vibrāciju sensorā mezgla displeja. Veicot vibrāciju ātruma nolasījumu smalcinātāja prototipa griezēja rotora vārpstas gultņu korpusam uz vibrāciju sensorā mezgla displeja iegūto parametru izskats ir redzams 7. attēlā.



7. att. Vibrāciju ātruma nolasījums

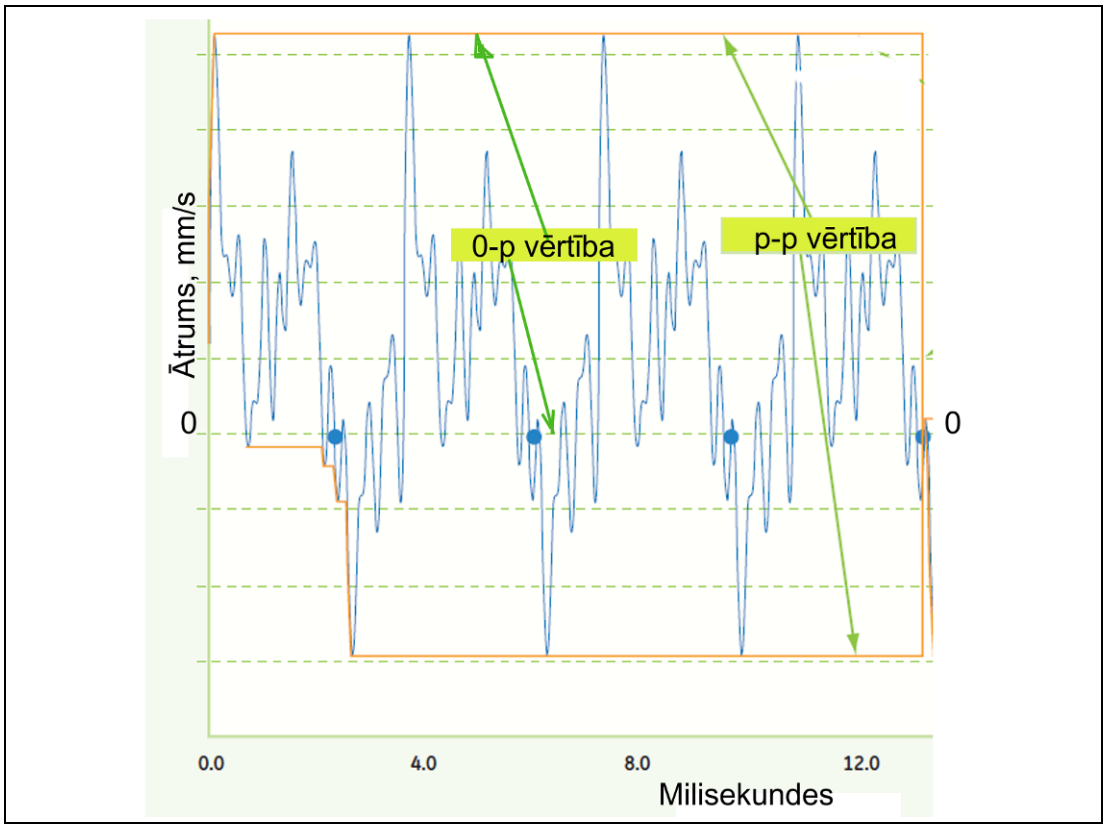
Šeit ar RMS (root-mean-square) ir jāsaprot -> lieluma vidējā kvadrātiskā novirze, kuras vērtība ir 3.4 mm/s. Vibrāciju parametru 0-p un p-p izskaidrojums ir grafiski parādīts 8. att. un var tikt interpretēti kā amplitūda un pilnais vēziens.

Sakarības starp minētajiem lielumiem no tehniskā dokumentācijā minētā ir sekojošas:

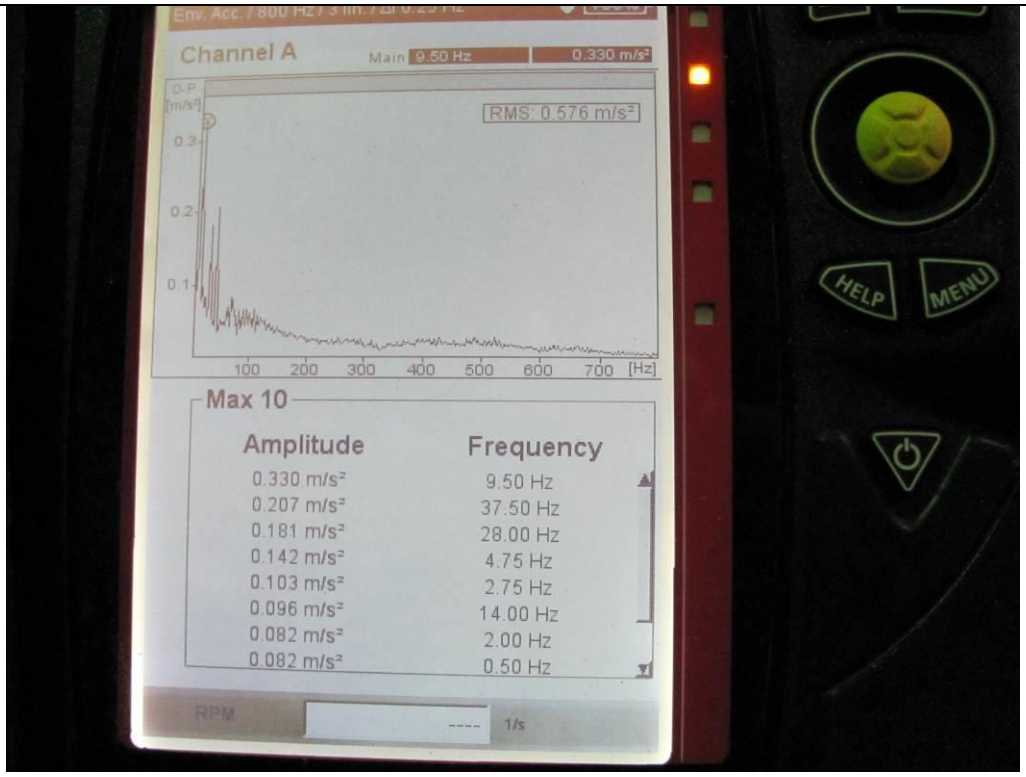
$$0-p = RMS \cdot \sqrt{2}\,; \tag{9}$$

$$p-p = (0-p) \cdot \sqrt{2} \tag{10}$$

Jāatzīmē, ka minētās sakarības ir aptuvenas un nav spēkā, ja rotācija nav stabilizējusies. Programma, kas ir vibrāciju sensorajā mezglā, ļauj iegūt ne tikai vibrāciju parametru statistiskās vērtības, kā tas ir redzams 7. att., bet arī iegūt mērāmā parametra izmaiņas pierakstu, kuram ir veikta amplitūdu – frekvenču analīze. Aprobējot mezgla darbību, iegūtais vibrāciju paātrinājuma izmaiņas grafiks ir parādīts 9. attēlā.



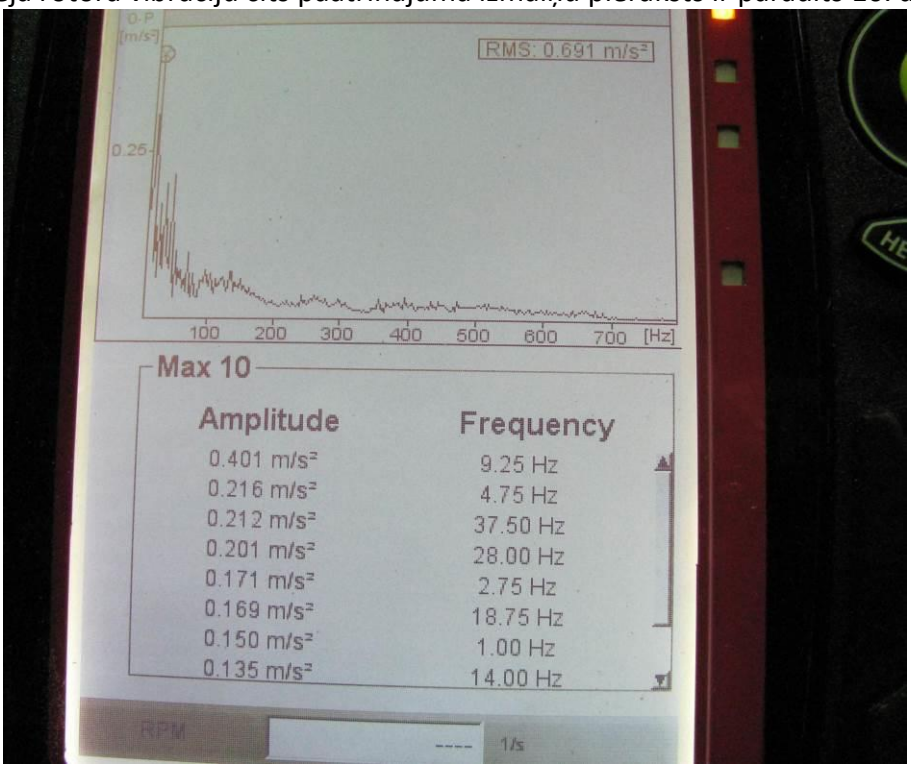
8. att. Vibrāciju parametru 0-p un p-p attēls



9. att. Paātrinājuma izmaiņa un amplitūdu – frekvenču sadalījums

No pieraksta redzams, ka paātrinājuma amplitūdas dažādām frekvencēm ir atšķirīgas, bet iespējams, ka tās ir ciešā saistībā ar griezēja rotora rotācijas frekvenci un tam pievienoto griezēju nažu un veserīšu pievienojumu skaitu. Šīs sakarības jānoskaidro turpmākos dinamiskās līdzsvarošanas eksperimentālajos pētījumos.

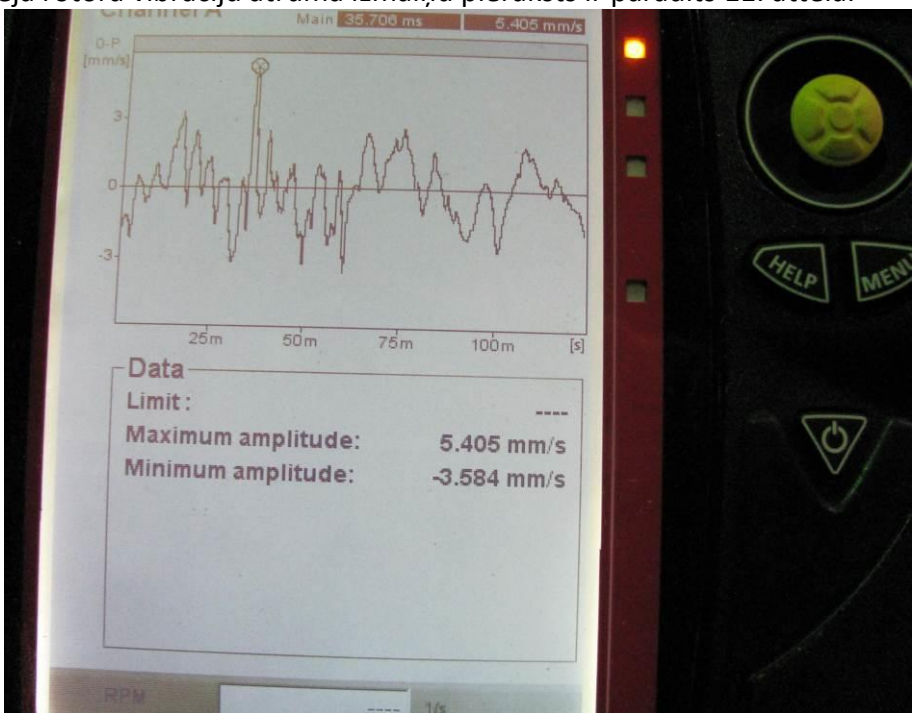
Griezēja rotora vibrāciju cits paātrinājuma izmaiņu pieraksts ir parādīts 10. attēlā.



10. att. Paātrinājuma izmaiņa un amplitūdu – frekvenču sadalījums

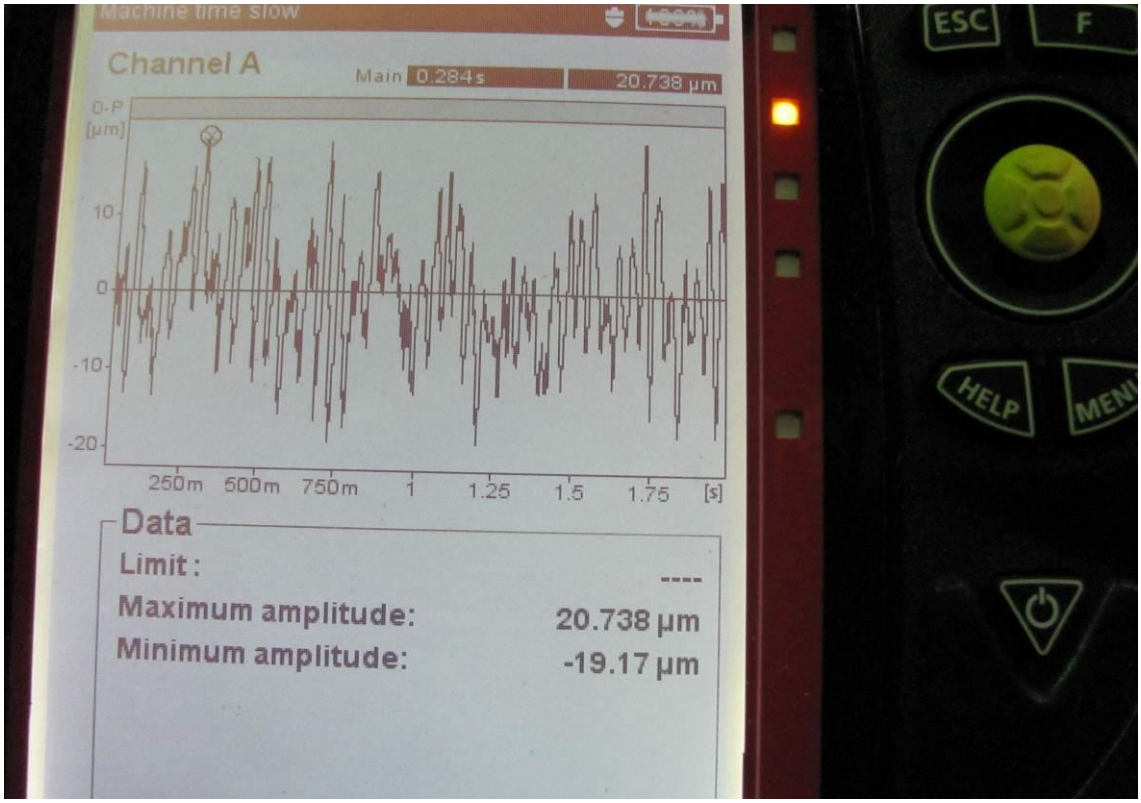
Redzams, ka amplitūdu vērtības 10. att. paātrinājumiem ir nedaudz augstākas un mainījies arī to sadalījums pa frekvencēm.

Griezēja rotora vibrāciju ātruma izmaiņu pieraksts ir parādīts 11. attēlā.



11. att. Vibrāciju ātruma izmaiņu pieraksts

Šajā pierakstā (11. att.) amplitūdu – frekvenču analīze nav izvēlēta, bet ir fiksēta maksimālā un minimālā ātruma vērtība. Līdzīgs ir vibrāciju pārvietojuma pieraksts laikā, kas parādīts 12. attēlā.



12. att. Griezēja rotora vibrāciju pārvietojuma izmaiņu pieraksts

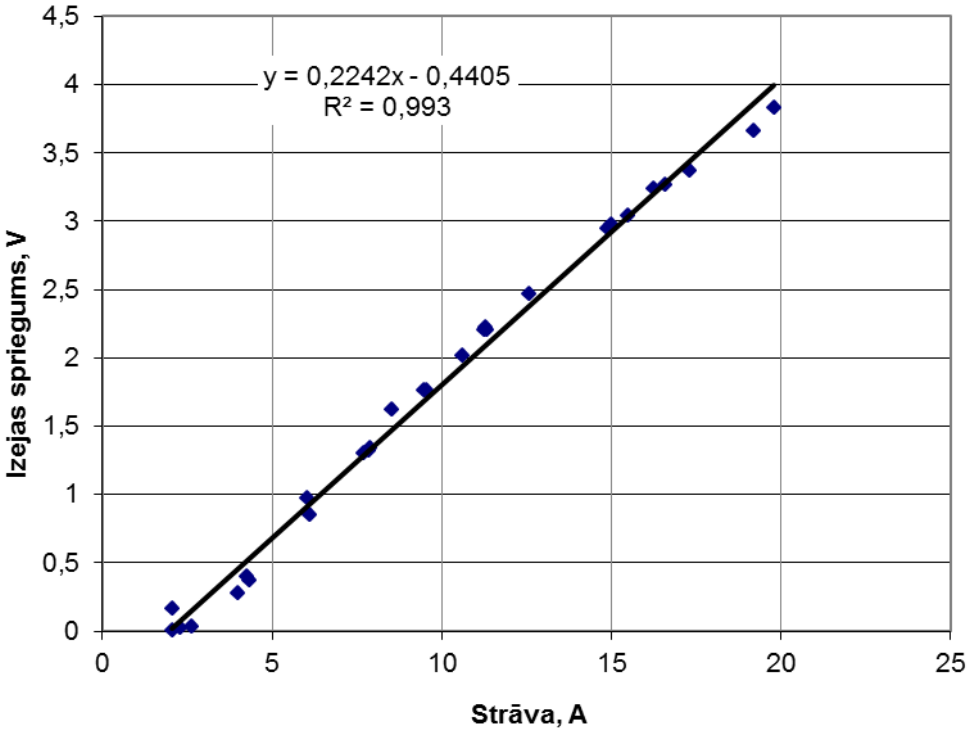
Šajā griezēja rotora gultņu korpusa vibrāciju pārvietojuma izmaiņu pierakstā ir izdalīta maksimālā un minimālā pārvietojuma amplitūda.

Veiktā vibrācijas sensoru montāža smalcinātāja prototipā un izdarītie vibrāciju parametru pieraksti ir nepieciešamais sagatavošanas etaps turpmākiem prototipa rotora dinamiskās līdzsvarošanas pētījumiem.

BIOMASAS SMALCINĀŠANAS MEZGLA MOMENTĀNĀS JAUDAS MĒRĪŠANA.

Smalcināmā materiāla nevienādais daļiņu lielums un mitrums izraisa nevienmērīgu materiāla padevi uz smalcināšanas iekārtu, kā rezultātā smalcināšanas iekārta darbojas ar mainīgu momentāno jaudu. Lai novērtētu smalcināšanas iekārtu un dažādu smalcināmo materiālu smalcināšanas enerģiju, ir nepieciešams veikt iekārtas momentānās jaudas mērījumus smalcināšanas laikā.

Momentānās jaudas mērīšanai tiek izmantots strāvas pārveidotājs, strāvas datu logeris un datorprogramma PicoLog. Lai novērtētu izstrādātās mērīšanas ierīces rādījumus, tad ir veikta tās kalibrēšana (13. att.).



13. att. Momentānās jaudas mērīšanas iekārtas kalibrēšanas līkne.

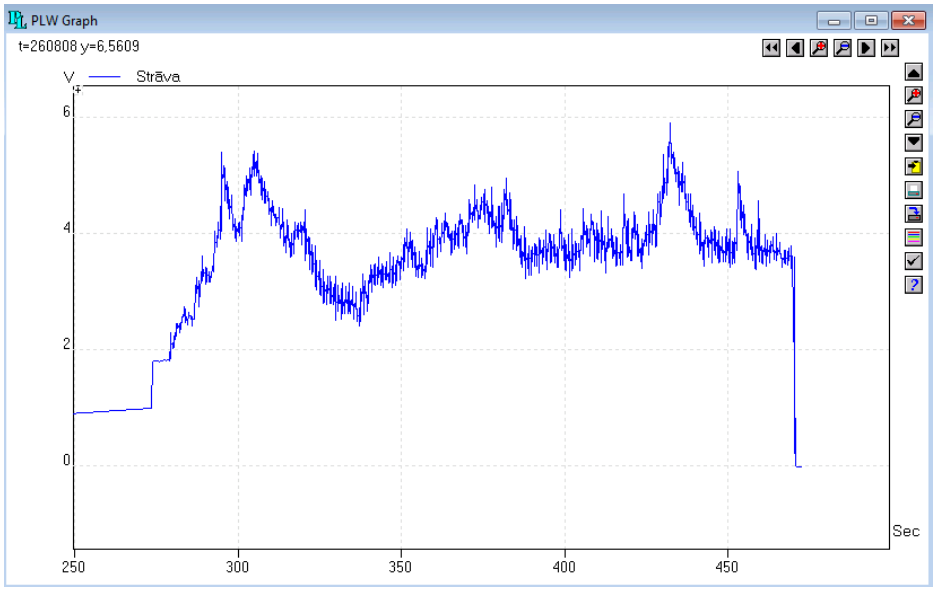
Momentānā jauda tiek aprēķināta no mērījumu datiem, kas iegūti mērot strāvu vienā no fāzēm.

$$I = \frac{U + 0.4405}{0.2242}, \tag{11}$$

$$P = \frac{I \cdot 220 \cdot \sqrt{3}}{1000} \tag{12}$$

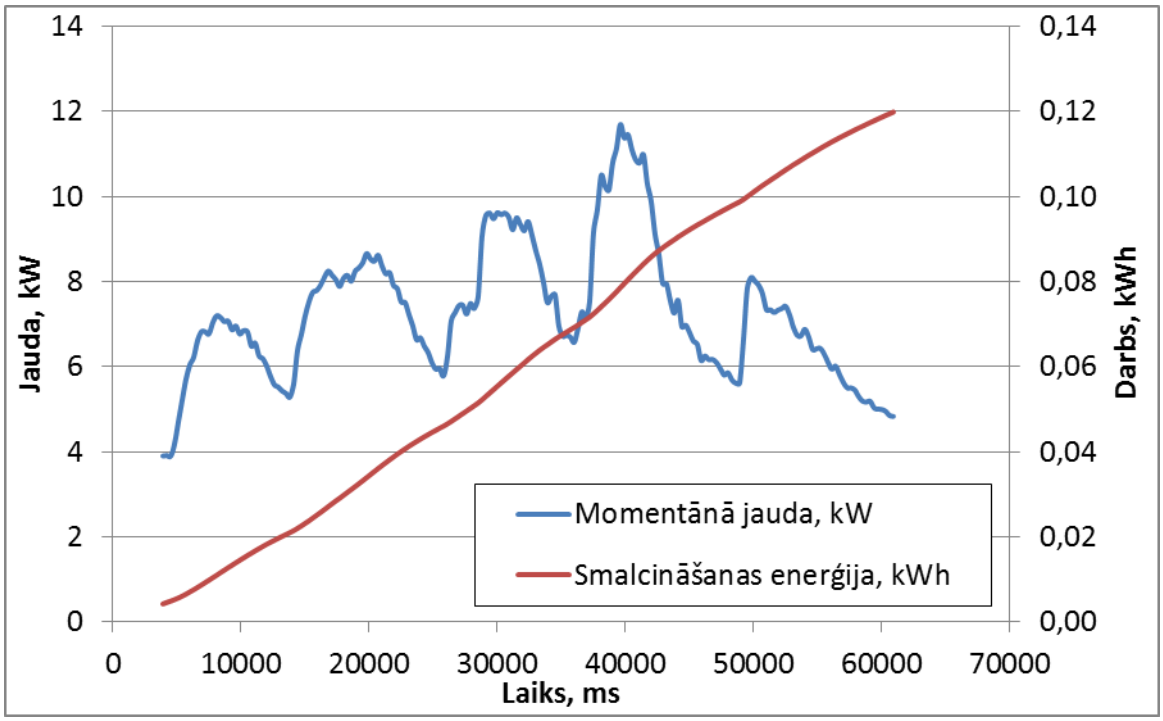
kur: I - Strāva vienā faze, A;
U - Izejas spriegums no strāvas pārveidotāja, V;
P - Smalcnāšanas iekārtas momentānā jauda, kW.

Smalcināšanas eksperimentu laikā datorprogrammā Picolog tiek veikts mērījumu pieraksts ar laika intervālu 300 ms. Iegūtie mērījumi tiek fiksēti gan tabulā, gan grafiski (14. att).



14. att. Mērījumu dati programmā Picolog.

Mērījumu dati, kas fiksēti tabulā, tālāk tiek apstrādāti ar programmu Microsoft Excel (15. att.). Katrs mērījums tiek pārrēķināts iegūstot iekārtas momentānās jaudas lielumu, kuru reizinot ar mērījumu laika intervālu un tos summējot, iegūst smalcināšanas eksperimentu laikā patērēto enerģiju.



15. att. Momentānās jaudas un enerģijas raksturlīkne, izmantojot sietu ar acs lielumu 6 mm.

Lai varētu veikt dažādu smalcināšanas iestatījumu un aprīkojuma salīdzināšanu, tad tiek aprēķināta smalcināšanai patērētā enerģija, kuru iegūst no kopējās aprēķinātās enerģijas atņemot tukšgaitas enerģiju. Iegūto smalcināšanas enerģiju, attiecinot uz sasmalcinātās masas daudzumu, iegūst īpatnējo smalcināšanas enerģiju uz masas vienību.

$$E_{SC} = \frac{E_{\Sigma} - E_{ID}}{m} \quad (13)$$

$$E_{ID} = P_{ID} \cdot t \quad (14)$$

kur: E_{SC} - Īpatnējā smalcināšanas enerģija uz masas vienību, kWh/t;
E_{Σ} - Kopējā smalcināšanas enerģija, kWh;
E_{ID} - Tukšgaitas enerģija, kWh;
m - Sasmalcinātās masas apjoms, t;
P_{ID} - Tukšgaitas momentānā jauda, kW;
t - Laiks, h;

Izveidotā momentānās jaudas mērīšanas sistēma pielietota biomasas smalcināšanas mezgla eksperimentālajos pētījumos ar mērķi noskaidrot iekārtas darba parametrus un iestatījumus, ar kuriem smalcināšanas enerģija ir vismazākā.

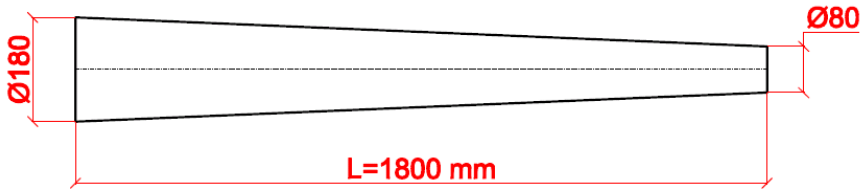
NIEDRU KŪĻU SMALCINĀŠANA AR BIOMASAS SMALCINĀŠANAS MEZGLU, IZMANTOJOT SIETUS AR DAŽĀDIEM ACS IZMĒRIEM.

Niedru kūļu smalcināšanas eksperimenti veikti, lai noskaidrotu biomasas smalcināšanas mezgla darba parametru un iestatījumu ietekmi uz smalcinātā materiāla tehniskajiem rādītājiem un smalcināšanas energopatēriņu.

Lai novērtētu biomasas smalcināšanas mezgla funkcionalitāti un energoefektivitāti, tad eksperimentāli mezglam tiek noteikti sekojoši parametri:

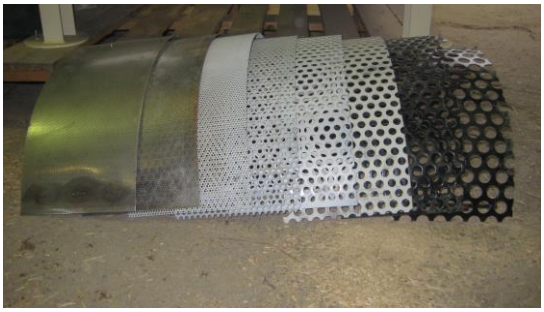
- Smalcināšanas energopatēriņš uz masas vienību [kWh/t];
- Sasmalcinātā materiāla blīvums [kg/m^3];
- Ražīgums [t/h];
- Sasmalcinātās masas frakcionālasi sastāvs.

Smalcināšanas eksperimentos izmantoti niedru kūļi, kuri pļauti Papes ezerā 2013. gada janvārī. Niedru kūļu gabarītizmēru vidējās vērtības parādītas 16. att. Niedru kūļu svars ir robežās no 3.0 – 4.0 kg, mitrums – 15%.



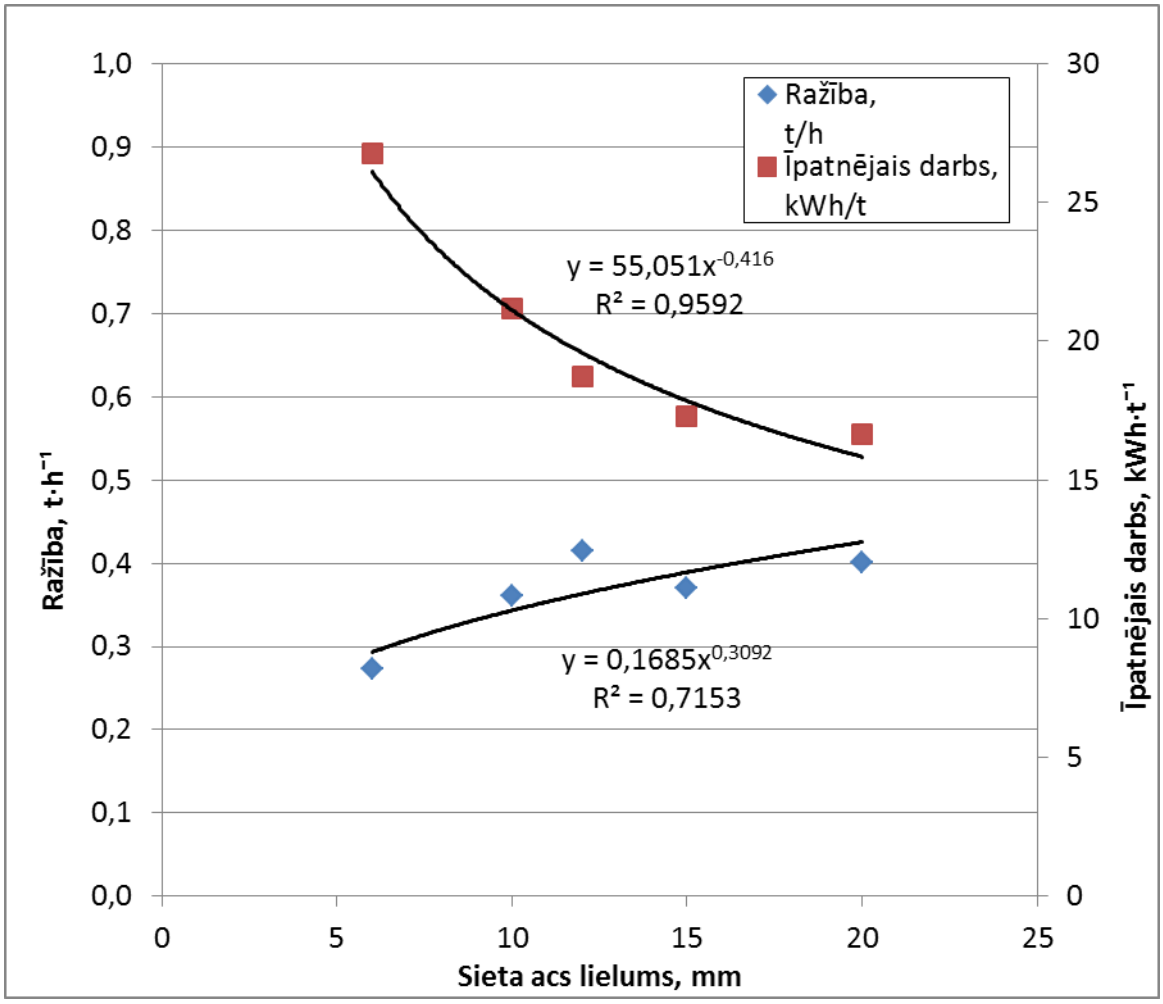
16. att. Niedru galvenie gabarītizmēri.

Smalcināšanas eksperimentos tika izmantoti smalcināšanas sieti ar dažādiem acs izmēriem – 6, 10, 12, 15 un 20 mm. Ir veikti arī eksperimenti izmantojot sietus, kuru acs izmērs ir 1, 1.5 un 3 mm, bet salīdzinoši lielais energopatēriņš un iekārtas mazais ražīgums liek secināt, ka to izmantošana materiāla sagatavošanai priekš briketēšanas vai granulēšanas ir nelietderīga.



17. att. Biomasas smalcināšanas mezgla smalcināšanas sieti.

Veicot biomasas smalcināšanas mezgla energoefektivitātes novērtējumu ir iegūta sakarība starp iekārtas ražīgumu, energoefektivitāti un smalcināšanas sieta izmēru (18. att.).



18. att. Sieta acs izmēra ietekme uz energoefektivitāti un ražīgumu.

No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka, palielinot biomasas smalcināšanas mezgla smalcināšanas sieta acs izmēru, palielinās iekārtas ražīgums, un samazinās smalcināšanai

nepieciešamā enerģija uz masas vienību. Biomasas smalcināšanas mezgla ražība būtiski nemainās, ja tiek izmantoti smalcināšanas sieti ar acs izmēru 10, 12, 15 un 20 mm, bet būtiski samazinās, ja izmanto sietus, kuru acs izmērs ir mazāks par 6 mm.

Kā viens no galvenajiem iekārtas raksturojošiem parametriem ir tās energoefektivitāte. Biomasas smalcināšanas mezgla energopatēriņu veido trīs galvenās tā darbības funkcijas:

- Primārā smalcināšana - kūlīša griešanas mehānisms;
- Sekundārā smalcināšana - dzirnavu smalcināšanas mehānisms;
- Gaisa plūsmas nodrošināšana.

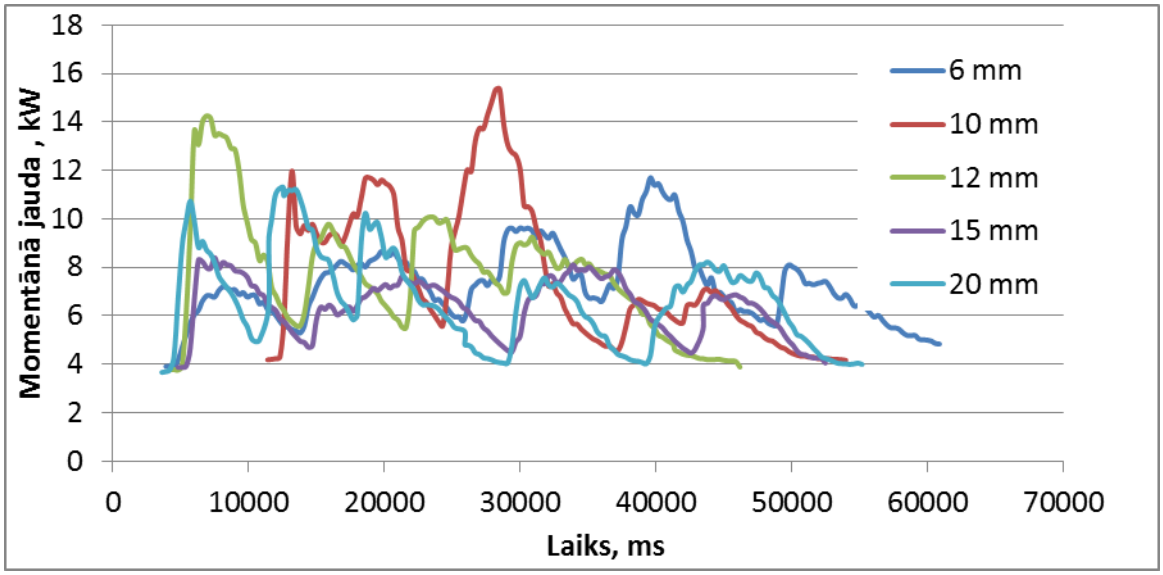
Gaisa plūsmas radīšanai nepieciešamā jauda noteikta, iekārtu darbinot tukšgaitā. Atņemot iekārtas tukšgaitas jaudu no smalcinātāja kopējās jaudas, tiek iegūta kūlīšu griešanai un materiāla smalcināšanai nepieciešamā jauda (2. tab.).

2. tabula. Biomasas smalcināšanas mezgla darba parametri.

Seits, mm	Ražība, t/h	Īpatnējais darbs, kWh/t	Vidējā momentānā jauda, kW	Tukšgaitas jauda, kW	Vidējā smalcināšanas jauda, kW
20	0,40	16,6	6,7	3,6	3,1
15	0,37	17,3	6,4		2,8
12	0,41	18,7	7,8		4,2
10	0,36	21,2	7,7		4,0
6	0,27	26,8	7,3		3,7

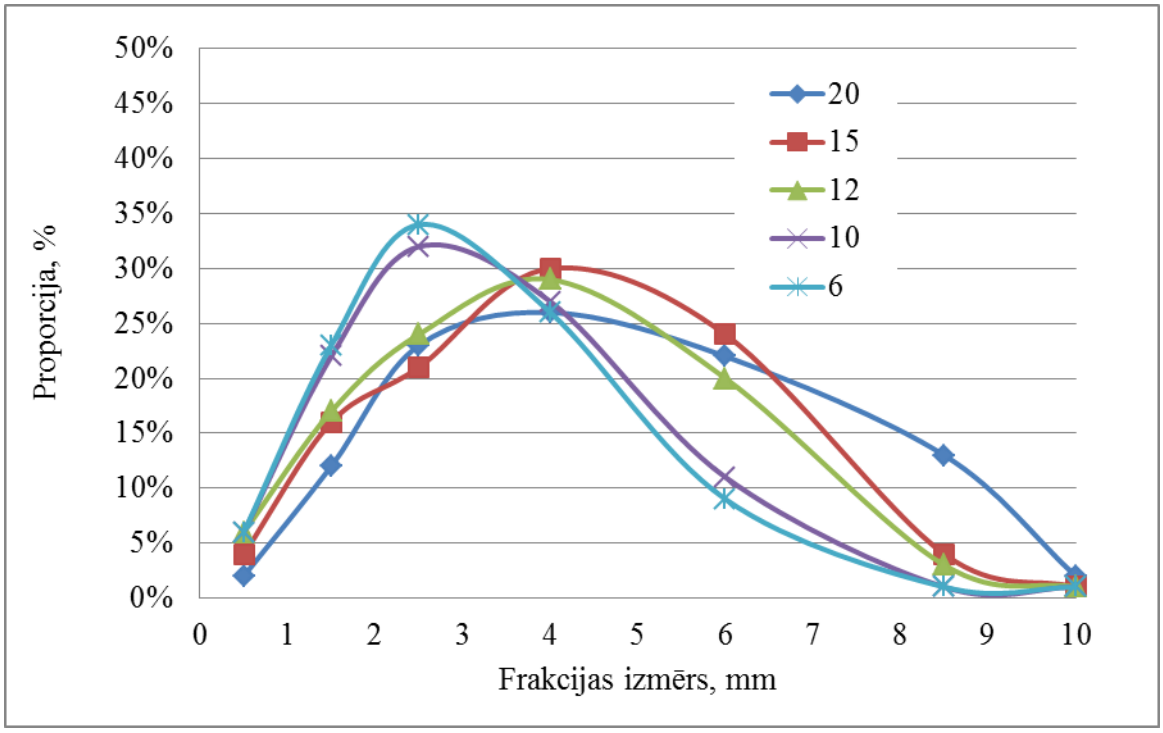
Iegūtie rezultāti liecina, ka biomasas smalcināšanas mezgls vidēji 49% no smalcināšanā patērētās enerģijas izmanto gaisa plūsmas radīšanai, kas veic sasmalcinātā materiāla transportēšanas funkciju, bet 51% no patērētās enerģijas nepieciešams kūlīša nogriešanai un smalcināšanai.

Niedru kūlīšu smalcināšanai nepieciešamā momentānā jauda parādīta 19. att.

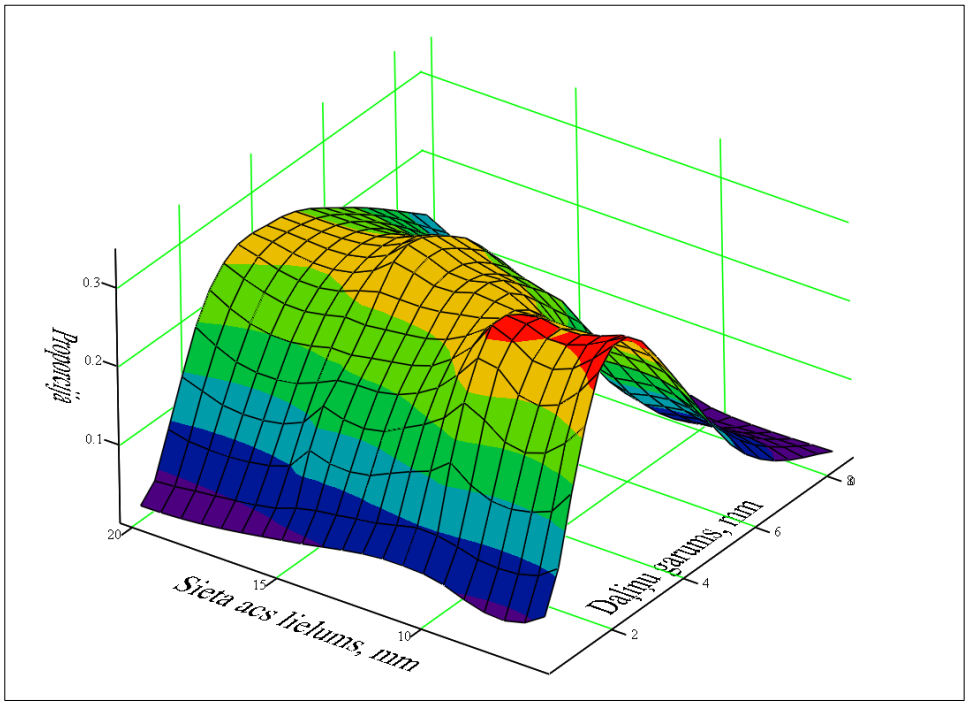


19. att. Biomasas smalcināšanas mezgla niedru kūlīšu smalcināšanas momentānā jauda izmantojot dažādus sietus.

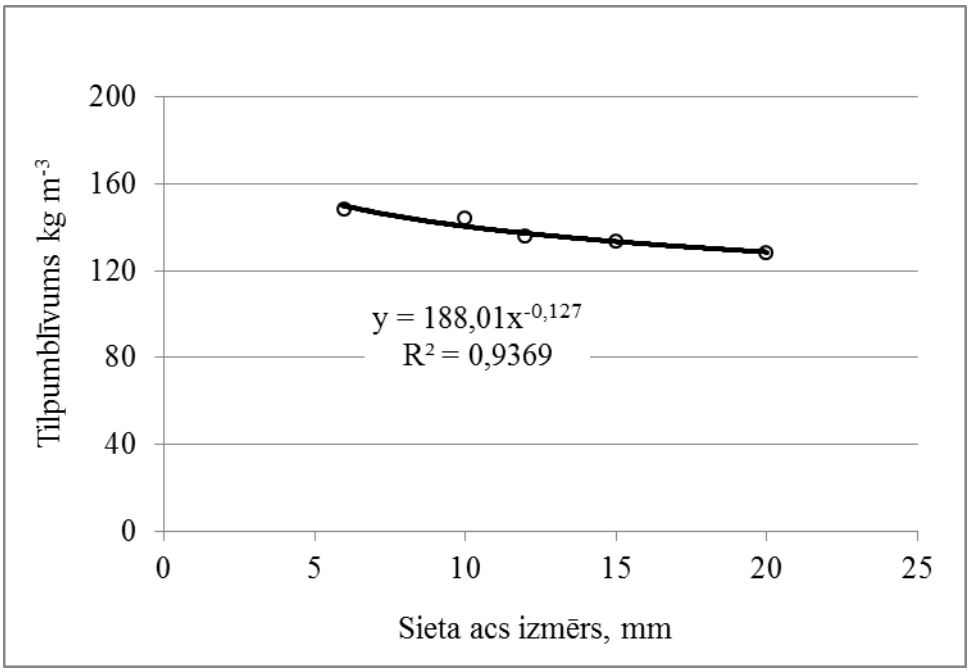
Veicot smalcināšanas eksperimentus ar dažādiem smalcināšanas sietiem, tika iegūta smalcinātu niedru masas ar dažādiem frakcionāliem sastāviem (20. un 21. att.), kas arī nosaka konkrētā materiāla blīvumu (22. att).



20. att. Smalcinātā materiāla frakcionālais sastāvs.



21. att. Smalcinātā materiāla frakcionālā sastāva telpiskais grafiks MathCAD programmā.



22. att. Smalcinātu niedru kīlīšu materiāla blīvums atkarībā no sieta acs izmēra.

Iegūto rezultātu dati liecina, ka samazinot biomasas smalcināšanas mezgla smalcināšanas sieta acs izmēru, palielinās smalko daļiņu īpatsvars, kā rezultātā palielinās materiāla blīvums. Neatkarīgi no sieta acs lieluma, katrā smalcinājuma materiāla ir arī daļiņas, kuru izmērs ir gan mazāks par smalcinēšanas sieta acs izmēru, gan arī daļiņas, kuras ir lielākas par sieta acs izmēru.

Eksperimentos iegūto datu apstrādes rezultātā ir iegūti:

✓ materiāla blīvuma atkarība no smalcināšanas sieta acs izmēra:

$$\rho = f_1(D) = 188 \cdot D^{-0.127} \tag{15}$$

✓ Smalcināšanas enerģijas atkarība no smalcināšanas sieta acs izmēra:

$$E_{SC} = f_2(D) = 55 \cdot D^{-0.416} \tag{16}$$

✓ Biomasas smalcināšanas mezgla ražīgums atkarība no smalcināšanas sieta acs izmēra:

$$Q = f_3(D) = 0.17 \cdot D^{-0.309} \tag{17}$$

kur: ρ - smalcinātā materiāla blīvums, kg/m^{-3};
D - smalcināšanas sieta acs izmērs, mm;
E_{SC} - smalcināšanas enerģija, kWh/t;
Q - ražīgums, t/h.

KAŅEPJU STIEBRU SMALCINĀŠANA AR BIOMASAS SMALCINĀŠANAS MEZGLU.

Kaņepju stiebru smalcināšanas eksperimenti tika plānoti ar mērķi novērtēt biomasas smalcināšanas mezgla funksionalitāti. Jau iepriekšējie pētījumi ir apstiprinājuši, ka kaņepju stiebru smalcināšana ar koksnes smalcinātājiem (Tuenniseen GM-10) ir apgrūtināta, jo šķiedras aptinas ap rotora vārpstu un veido sablīvējumus. Radušies sablīvējumi starp stacionārām un rotējošāms daļām rada berzi un paaugstinātu temperatūru, kas var izraisīt pašaizdegšanos vai sprādzienbīstamību.

Biomasas smalcināšanas mezgls konstruktīvi atšķiras no koksnes smalcinātājiem, jo tā rotora vārpsta ir nostiprināta tikai vienā pusē, un priekšpusē nav vārpsta, ap kuru varētu šķiedra aptīties. Biomasas smalcinātāja mezgla rotoram priekšpusē jaunizveidotie rupjās smalcināšanas griezējnaži veic primāro smalcināšanu, bet veseru dzirnavas veic sekundāro smalcināšanu.

Eksperimentu laikā tika izmantoti kaņepju stiebri, kuru garums ir robežās no 2 – 3 m, bet kāta diametrs ne lielāks par 20 mm.

Eksperimentu laikā tika secināts, ka kaņepju stiebru kātā esošā šķiedra primārās smalcināšanas laikā netiek pilnībā nogriezta, jo starp rotējošo griezējnaži un stacionāro pretgriezējnazi ir 2 mm atstarpe, kas tehnoloģiski ir nepieciešama. Nenogrieztās šķiedras ap smalcinātāja rotoru veido samlīvējumus (23. att.), kā arī tās aizblīvē smalcināšanas sietu (24. att.).

23. att. Kaņepju šķiedru sablīvējumi ap rotoru.

24. att. Kaņepju šķiedru aizblīvējums smalcināšanas sietā.

Eksperimentālie pētījumi liecina, ka biomasas smalcināšanas mezgls nav piemērots kaņepju stiebru smalcināšanai.

SECINĀJUMI

1. Lai novērtētu biomasas smalcināšanas mezgla funkcionalitāti un energoefektivitāti, eksperimentāli mezglam tiek noteikti sekojoši parametri: smalcināšanas energopatēriņš uz masas vienību, sasmalcinātā materiāla blīvums, ražīgums un sasmalcinātās masas frakcionālasi sastāvs.
2. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka, palielinot biomasas smalcināšanas mezgla smalcināšanas sieta acs izmēru, palielinās iekārtas ražīgums, un samazinās smalcināšanai nepieciešamā enerģija uz masas vienību.
3. Biomasas smalcināšanas mezgla ražība būtiski nemainās, ja tiek izmantoti smalcināšanas sieti ar acs izmēru 10, 12, 15 un 20 mm, bet būtiski samazinās, ja izmanto sietus, kuru acs izmērs ir mazāks par 6 mm.
4. Biomasas smalcināšanas mezgla energopatēriņu veido trīs galvenās tā darbības funkcijas: primārā smalcināšana - kūlīša griešanas mehānisms, sekundārā smalcināšana - dzirnavu smalcināšanas mehānisms un gaisa plūsmas nodrošināšana.
5. Biomasas smalcināšanas mezgls vidēji 49% no smalcināšanā patērētās enerģijas izmanto gaisa plūsmas radīšanai, kas veic sasmalcinātā materiāla transportēšanas funkciju, bet 51% no patērētās enerģijas nepieciešams kūlīša nogriešanai un smalcināšanai.
6. Iegūto rezultātu dati liecina, ka samazinot biomasas smalcināšanas mezgla smalcināšanas sieta acs izmēru, palielinās smalko daļiņu īpatsvars, kā rezultātā palielinās materiāla blīvums.
7. Eksperimentālie pētījumi liecina, ka biomasas smalcināšanas mezgls nav piemērots kaņepju stiebru smalcināšanai.

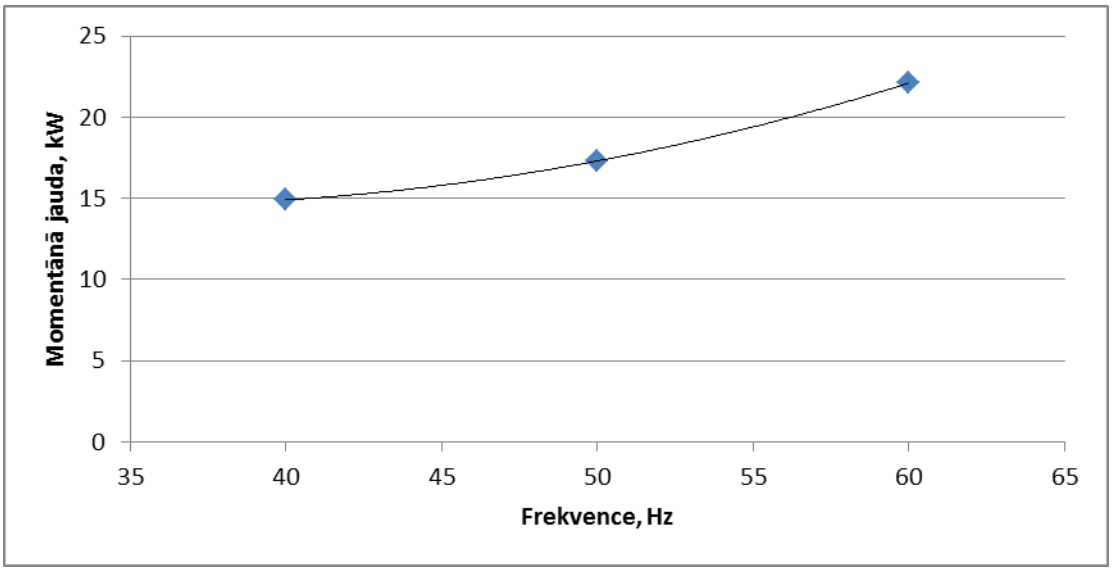
EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI AR RUĻĻU SMALCINĀŠANAS MEZGLU

Smalcināšanas jaudas noteikšana smalcinot niedru kūlīšus ar ruļļu smalcināšanas mezglu (sieta urbuma izmērs 28 mm un tīkla frekvence 40 Hz).

No 3. tabulas un 25. attēla redzams, ka pieaugot tīkla frekvencei pieaug arī momentānā jauda.

3. tabula. Niedru kūlīšu smalcināšanas momentānā jauda (S 28 mm)

Sieta acs izmērs D, mm	Frekvence, Hz		
	40	50	60
28	14.9	17.3	22.1



25. att. Niedru kūlīšu smalcināšanas momentānā jauda S 28 mm

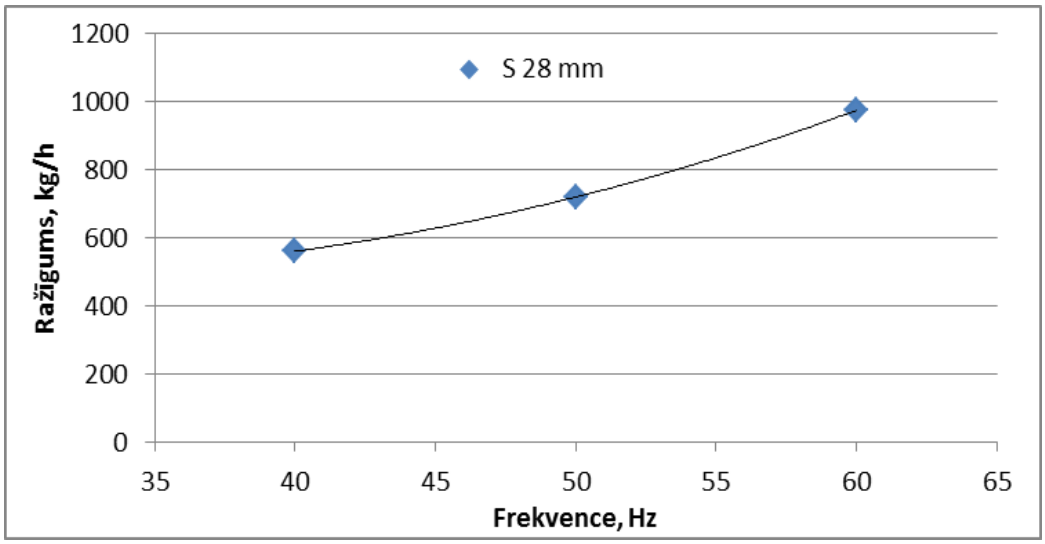
Smalcināšanas ražīguma noteikšana

Sieta urbuma izmērs 28 mm un tīkla frekvence 40, 50 un 60 Hz.

Niedru smalcināšanas ražīgumu nosaka pēc sasmalcinātās masas daudzuma noteiktā laika sprīdī.

4. tabula Niedru kūlīšu smalcināšanas ražīgums S 28 mm

Frekvence, Hz	Ražīgums, kg/h
40	560
50	720
60	975



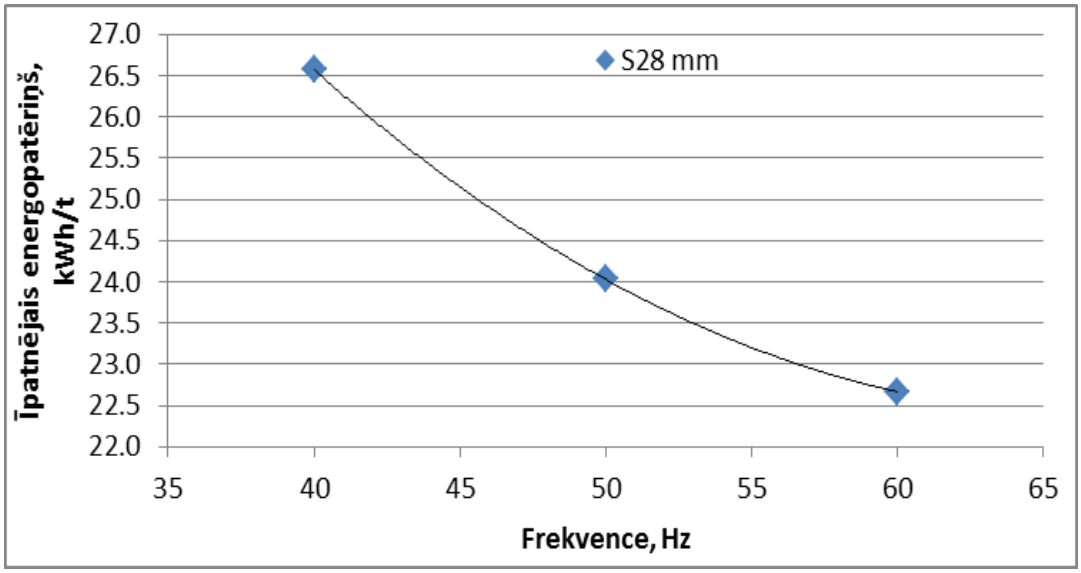
26. att. Niedru kūlīšu smalcināšanas ražīgums S 28 mm

Smalcināšanas enerģijas noteikšana

Sieta urbuma izmērs 28 mm un dzinēja rotācijas frekvence 40, 50 un 60 Hz. Īpatnējais energopatēriņš uz vienu tonnu tiek aprēķināts izmantojot momentānās jaudas mērījumus, laiku un sasmalcinātās masas daudzumu smalcināšanas laikā.

5. tabula Niedru kūlīšu smalcināšanas īpatnējais energopatēriņš S 28 mm

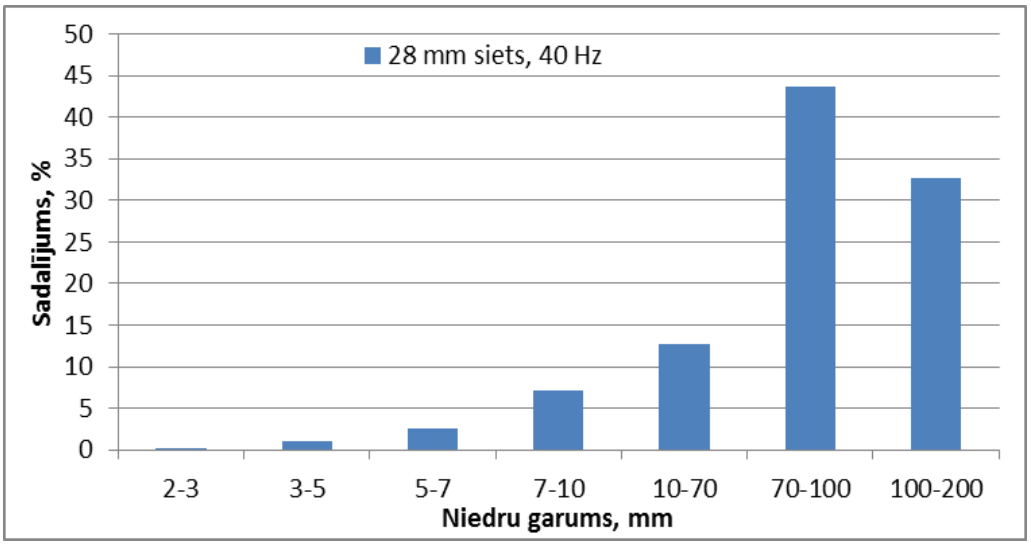
Frekvence, Hz	Īpatnējais energopatēriņš, kWh/t
40	26.6
50	24
60	22.7



27. att. Niedru kūlīšu smalcināšanas īpatnējais energopatēriņš S 28 mm

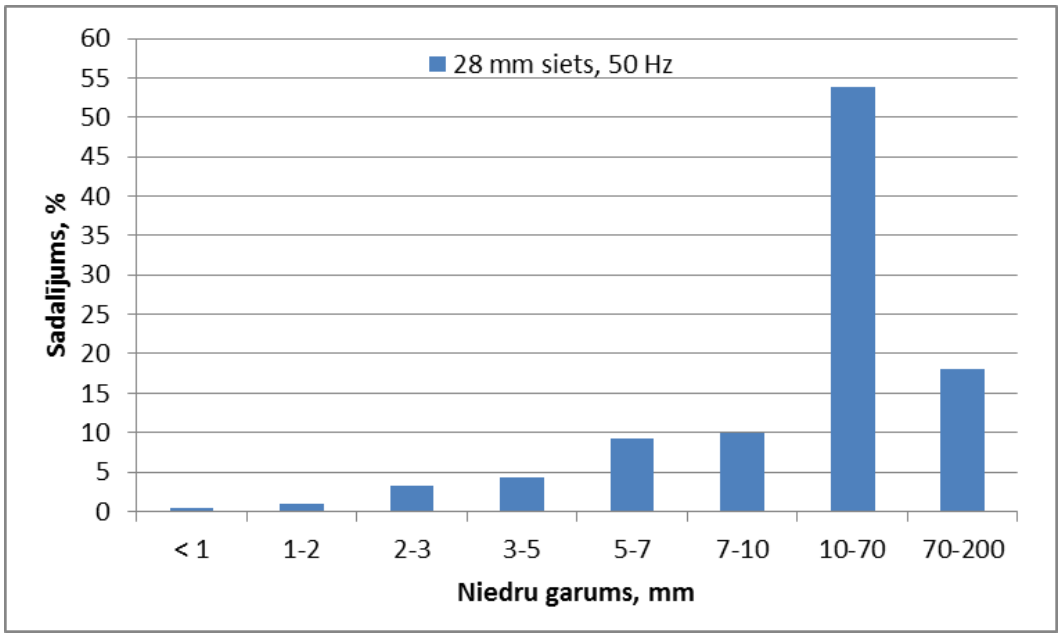
Smalcinātu niedru daļiņu lieluma sadalījuma noteikšana

Sieta urbuma izmērs 28 mm un tīkla frekvence 40 Hz.



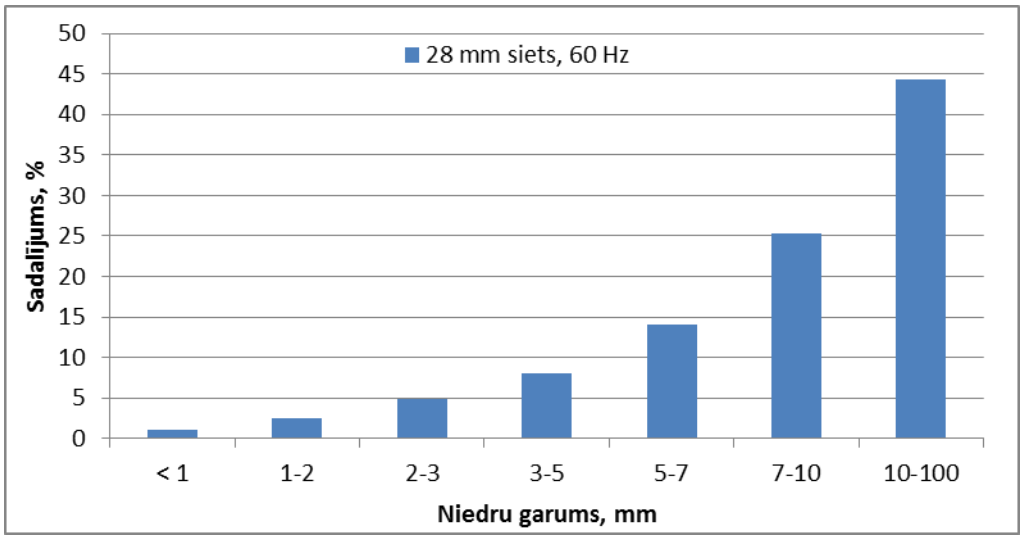
28. att. Smalcinātu niedru daļiņu sadalījums

Sieta urbuma izmērs 28 mm un tīkla frekvence 50 Hz



29. att. Smalcinātu niedru daļiņu sadalījums

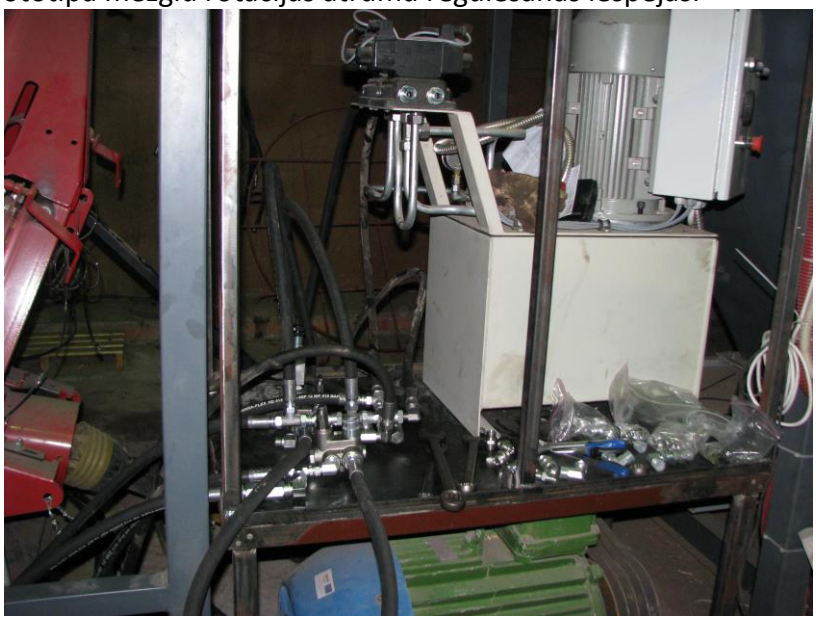
Sieta urbuma izmērs 28 mm un tīkla frekvence 60 Hz



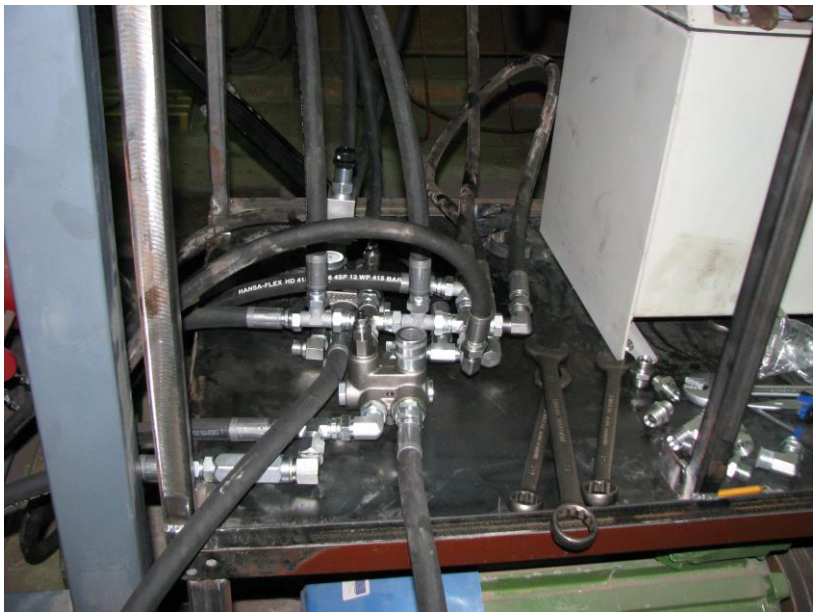
30. att. Smalcinātu niedru daļiņu sadalījums

4. HIDRAULISKĀS PIEDZIŅAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI.

Smalcinātāja prototipa mezglu piedziņai tika izstrādāta hidrauliskā shēma. Piedziņai tiek izmantota hidrostacija ar 7kW elektromotora piedziņu. Hidrauliskā shēma nodrošinās smalcinātāja prototipa mezglu rotācijas ātrumu regulēšanas iespējas.



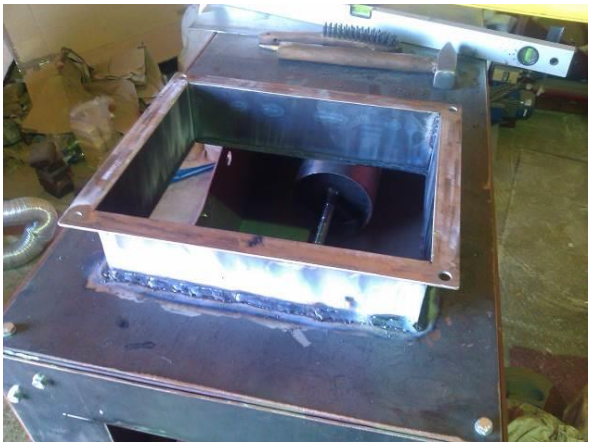
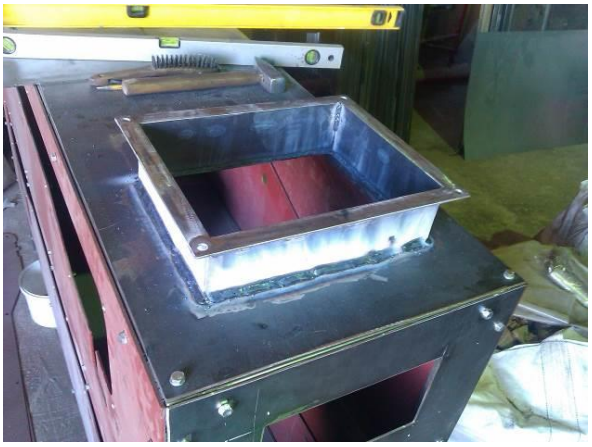
31. att. Smalcinātāja prototipa hidrostacija

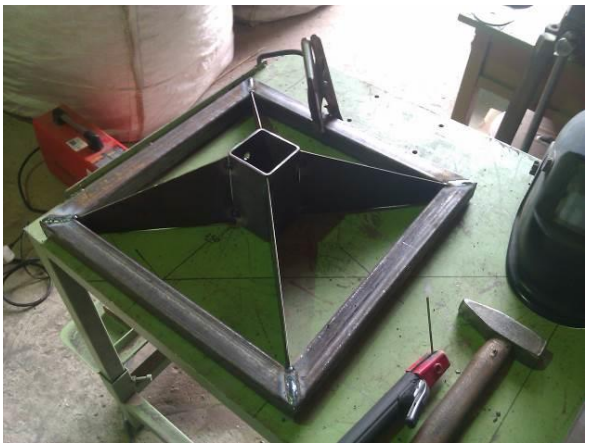


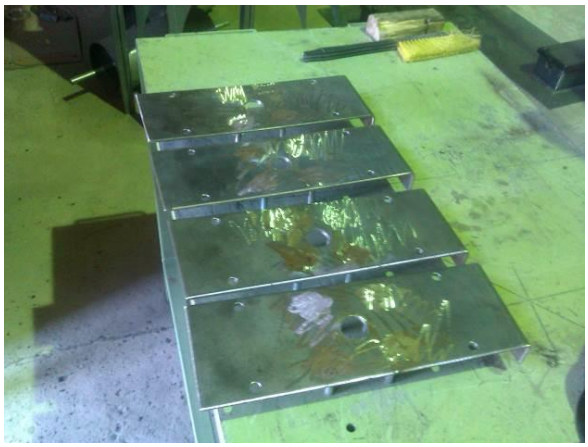
32. att. Smalcinātāja prototipa hidrauliskā shēma mezglu rotācijas ātruma regulēšanai

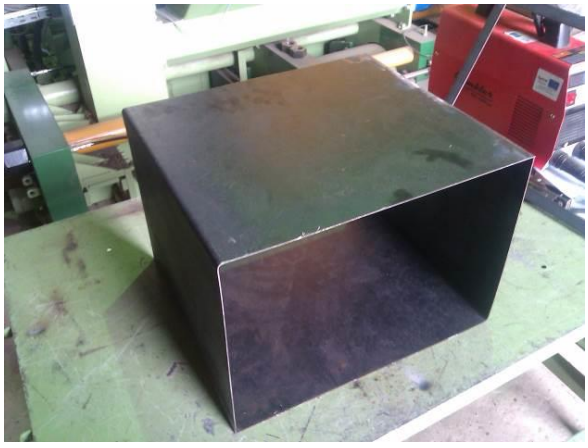
6. KALTĒŠANAS EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE

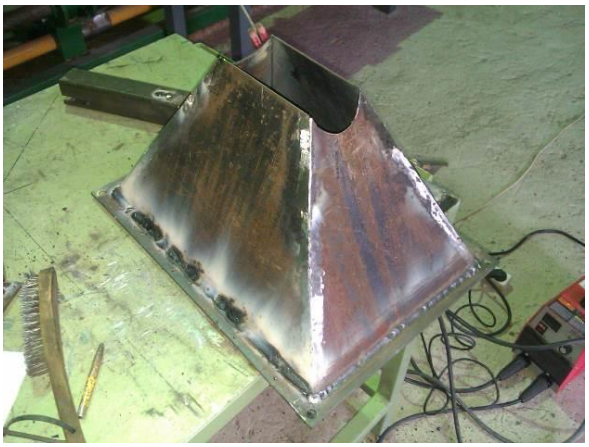
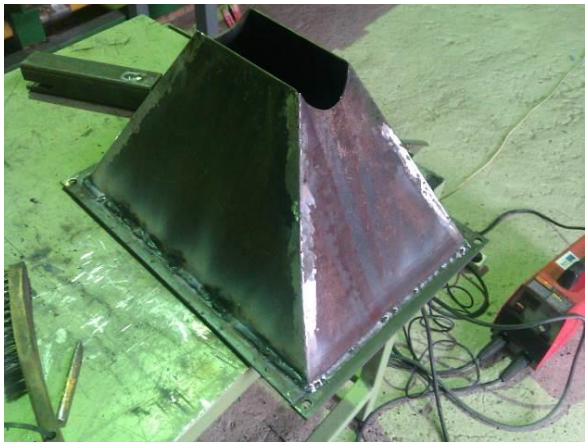
Kaltes modeļa detaļu izgatavošana, montāža







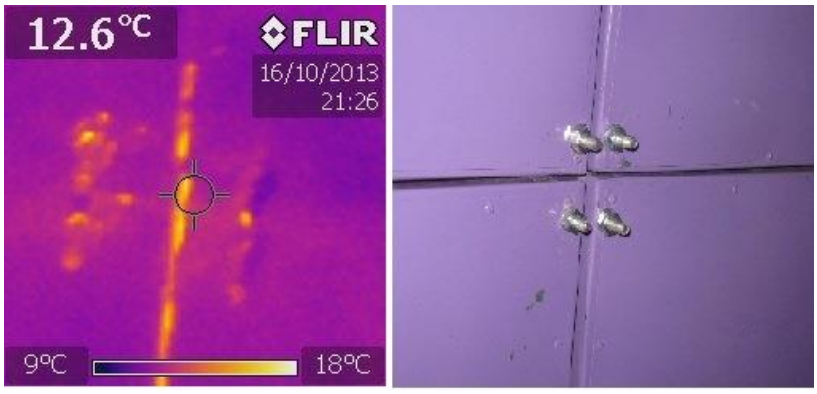
7. KALTES ENERGOEFEKTIVITĀTES, SILTUMU ZUDUMU, RAŽĪGUMA U.C. PARAMETRU NOTEIKŠANA

Kaltes energoefektivitātes noteikšanai lietderīgi izmantot termogrāfijas mērierīces, kur izmantojot infrasarkono staru kameru, iespējams konstatēt kaltes vietas ar vājāko siltumizolāciju. Kaltēšanas eksperimentālā modeļa pārbaudei tiek izmantots Flir ražotais termogrāfs Flir i5.

Tā mērīšanas fokusa leņķis/ distance ir 21° x 21° / 0.6m. Iegūtie attēli ir ar izšķirtspēju 100x100 pikseļi. Kamera uzrāda centra punkta temperatūru un kalibrēšana notiek automātiski. Spektrālais diapozons sniedzas no 7.5 līdz 13µm. Mērīšana iespējama temperatūrā no -20°C līdz +250°C, kas ir pietiekami kaltēšanas kameras novērtēšanai. Mērinstrumenta precizitāte ±2°C vai 2% no mērījuma. Darba vides temperatūra no -40°C līdz +70°C.

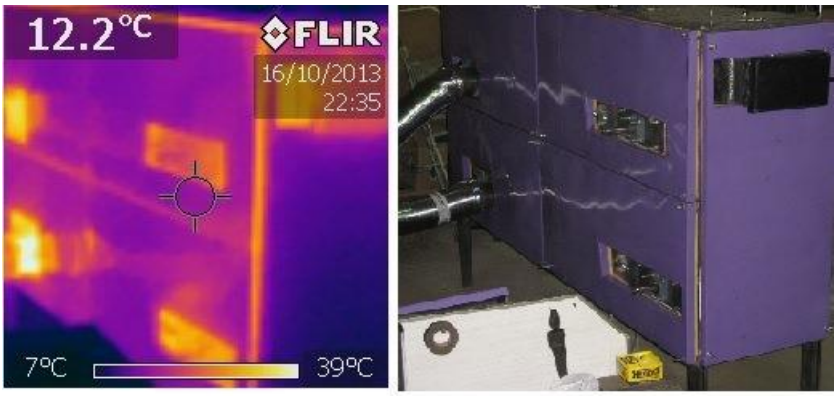
33. Siltuma zudumi pie kaltes kameras siltumnesēja pievada uz aizvada

Iegūtie attēli parāda vietas, kur, izolējot kaltēšanas kameru, nepieciešams pilnībā nosegt detaļas ar izolējošo materiālu.



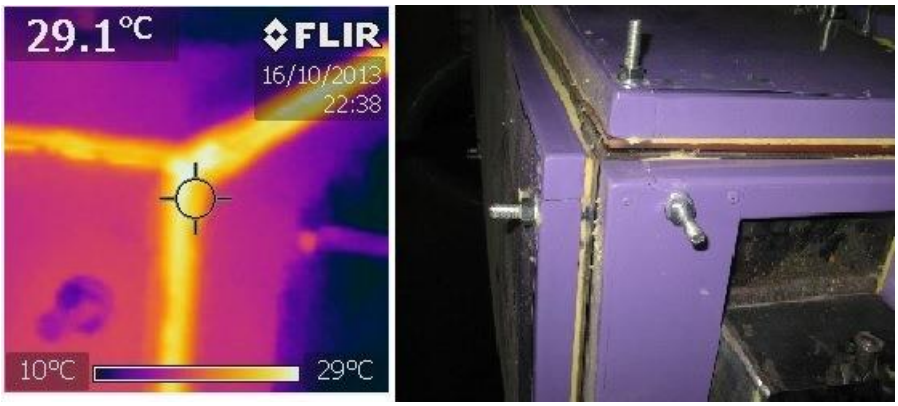
34. Siltuma zudumi starp izolējošo detaļu savienojuma vietām

Siltuma zudumus iespējams novērot arī starp izolācijas detaļu savienojuma vietām. Kaut aatālums starp tām ir līdz 5mm, redzama temperatūru starpība līdz 10°C.



35. Siltuma zudumi nenosegtās gultņu vietās

Veicot termogrāfiju gultņu vietās un spriegotājmehānismos redzams, ka temperatūru starpība sasniedz 32°C, kas pierāda nepieciešamību nosegt ar siltumizolāciju arī transportieru piedziņas daļu.

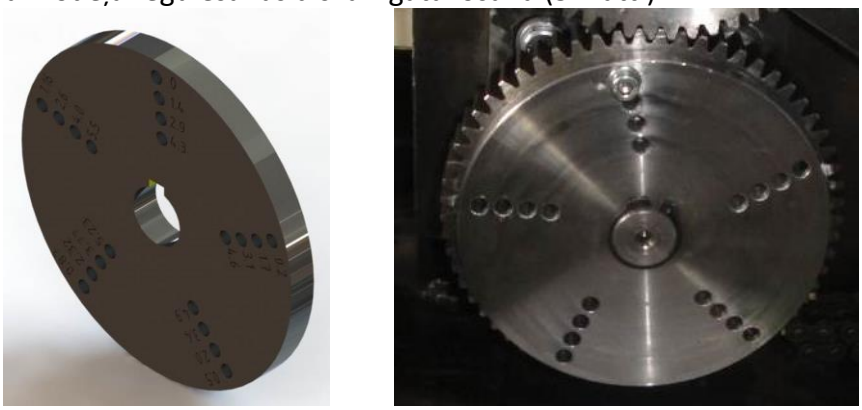


36. Temperatūru diapozons kaltēšanas kameras stūros

Temperatūru diapozons pie kaltēšanas kameras siltumnesēja ieplūdes

9. DOZATORA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE. DOZATORA EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE.

Dozatora modeļa regulēšanas diska izgatavošana (37. att.).

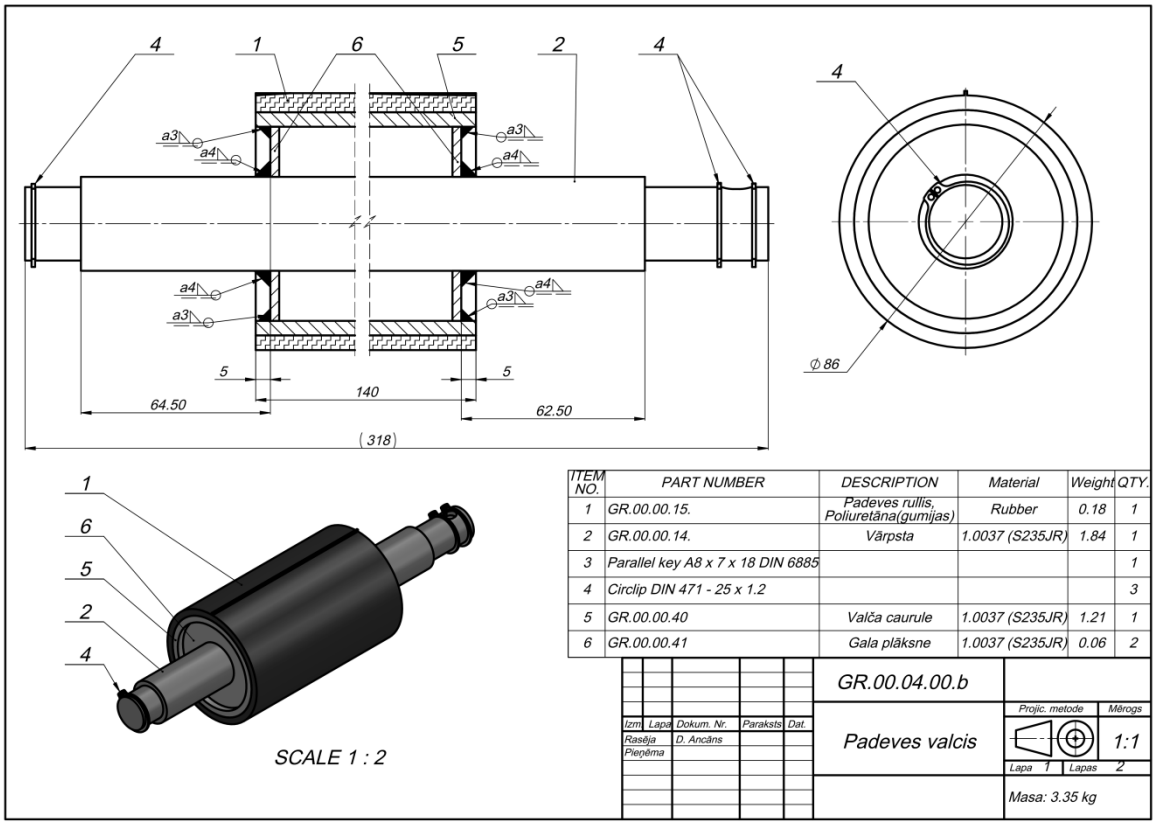


37. att. Dozatora modeļa regulēšanas disks.

DOZATORA MODEĻA IEVILCĒJRULĻU KONSTRUĒŠANA

Dozatora modelim ievilcējruļļiem jānodrošina vienmērīga masas padeve uz nažu rotoriem, un jānovērš stiebru izslīde garumošanas laikā. Lai samazinātu ievilcējruļļu dinamiskās slodzes, tie konstruēti dobi, t.i. ar samazinātu masu.

Dozatora modeļa ievilcējruļļu rasējumi redzami 38. - 42. attēlos.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	Material	Weight	QTY.
1	GR.00.00.15.	Padeves rullis, Poliuretāna(gumijas)	Rubber	0.18	1
2	GR.00.00.14.	Vārpsta	1.0037 (S235JR)	1.84	1
3	Parallel key A8 x 7 x 18 DIN 6885				1
4	Circlip DIN 471 - 25 x 1.2				3
5	GR.00.00.40	Valča caurule	1.0037 (S235JR)	1.21	1
6	GR.00.00.41	Gala plāksne	1.0037 (S235JR)	0.06	2

GR.00.04.00.b

Izm. Lapa Dokum. Nr. Paraksts Dat.
Rasēja D. Ancāns
Pieņēma

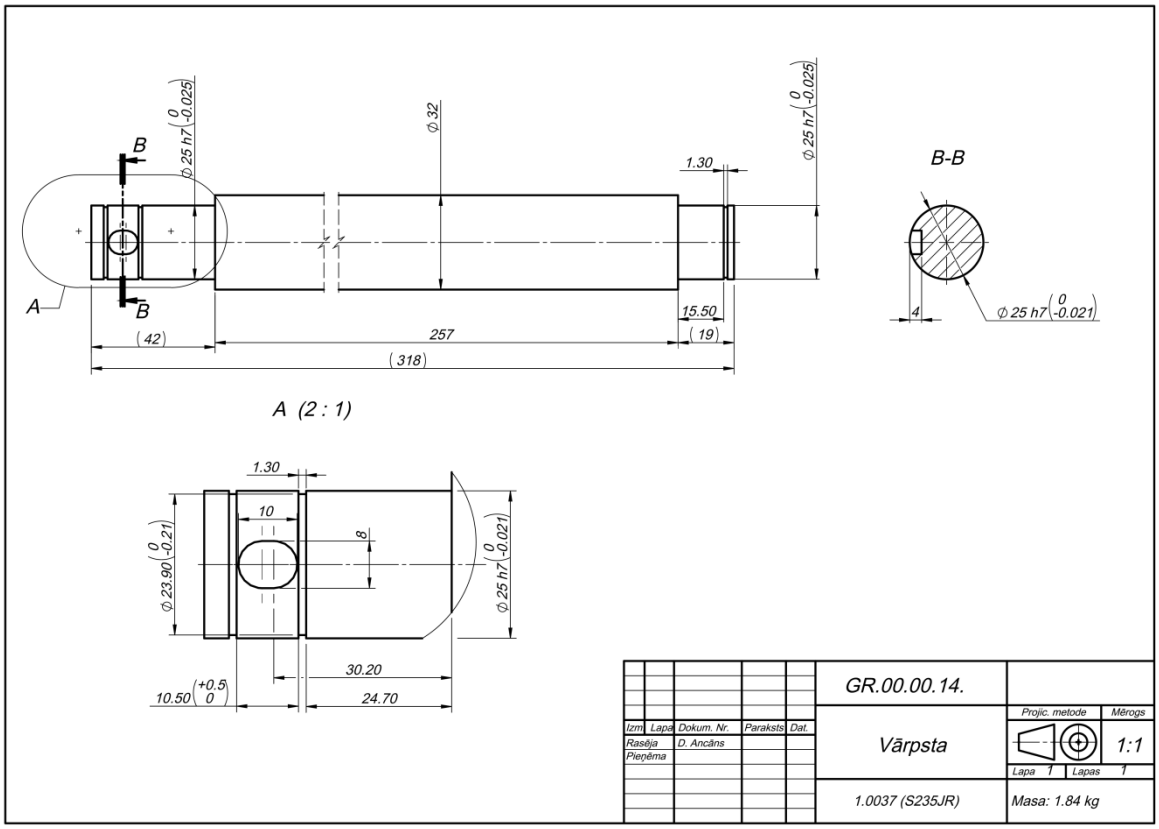
Padeves valcis

Projic. metode | Mērogs 1:1

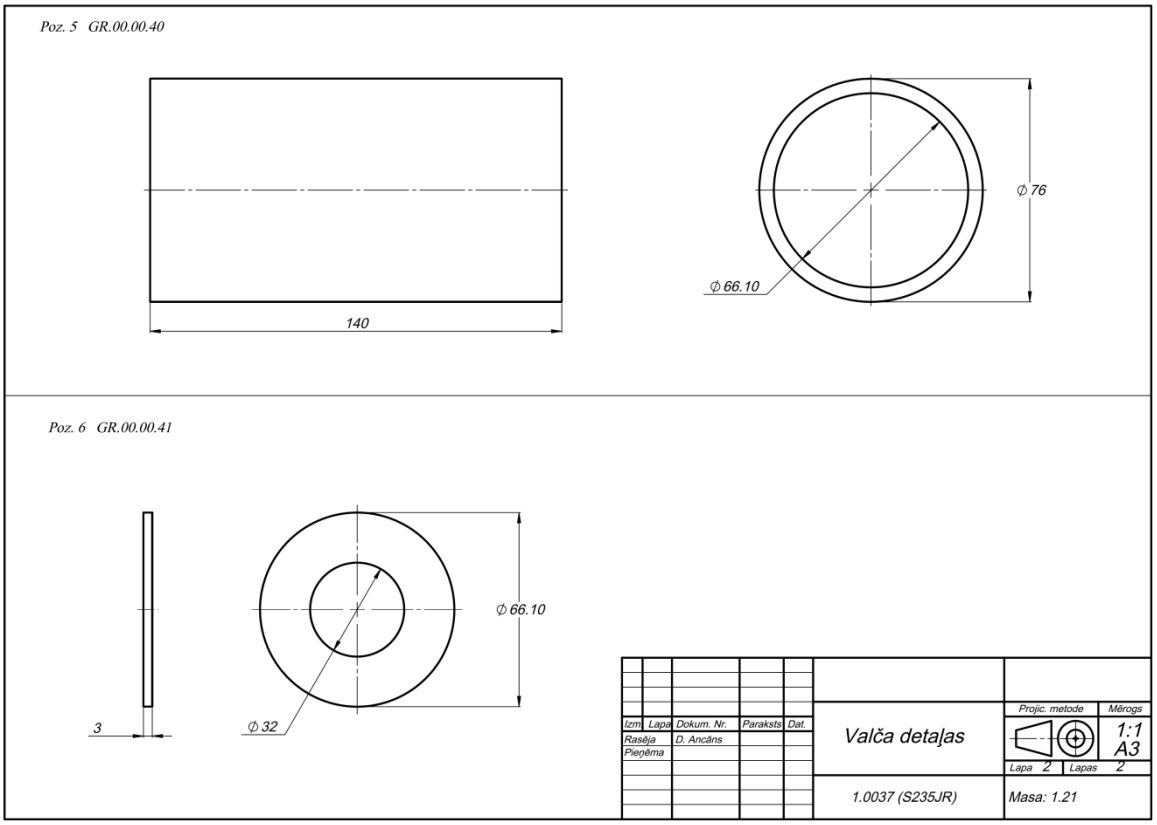
Lapa 1 Lapas 2

Masa: 3.35 kg

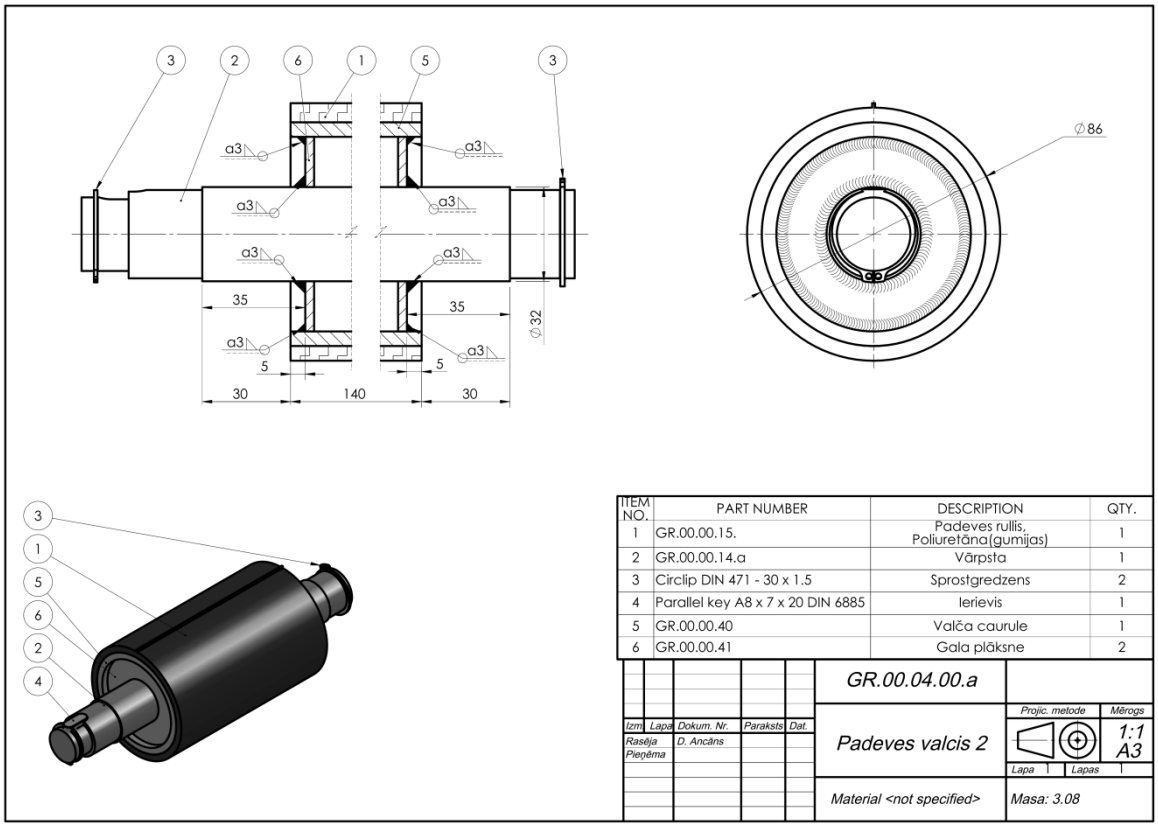
38. att. Dozatora modeļa augšējais ievilcējrullis



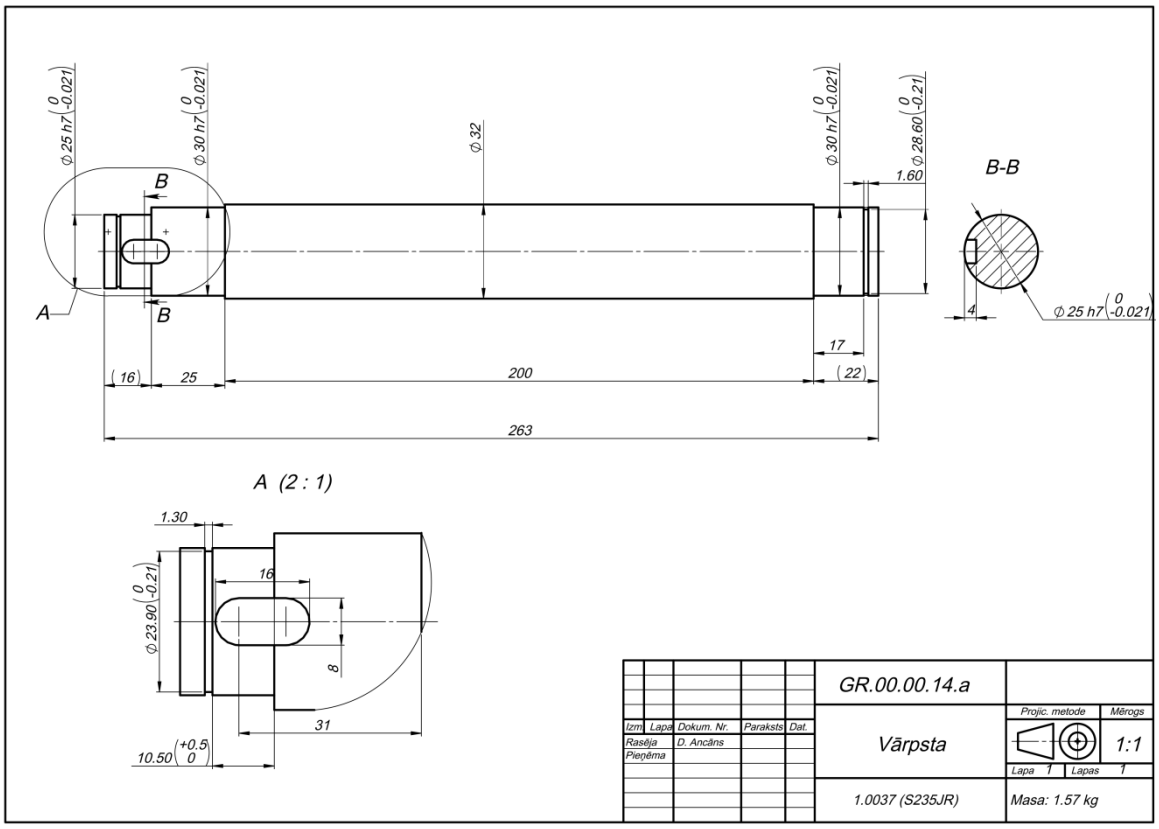
39. att. Ievilcējruļļa vārpsta



40. att. Ievilcējruļļu detaļu rasējumi



41. att. Dozatora modeļa apakšējais ievilcējrullis



42. att. Ievilcējruļļa vārpsta

Dozatora – garumotāja ievilcēju ruļļu pārklājums tika izvēlēts pēc sekojošiem kritērijiem:

1) Pārklājumam jābūt elastīgam un ar salīdzinoši augstu berzes koeficientu, lai dozējamie stiebri tiktu veiksmīgi saķerti un padoti uz dozatora modeļa nažu rotoriem.
2) Padeves ruļļa diametram, lai tas varētu tikt iemontēts korpusā, jābūt mazākam par 90 mm. Tāpēc tika izvēlēta poliuretāna caurule ar spirālveidīgu kordu, kuras ārējais diametrs atbilst prasībām, t.i. Ø=85 mm. Ievilcējruļļu diametram ir būtiska nozīme, jo tas ietekmē arī masas padeves ātrumu.

a **b**

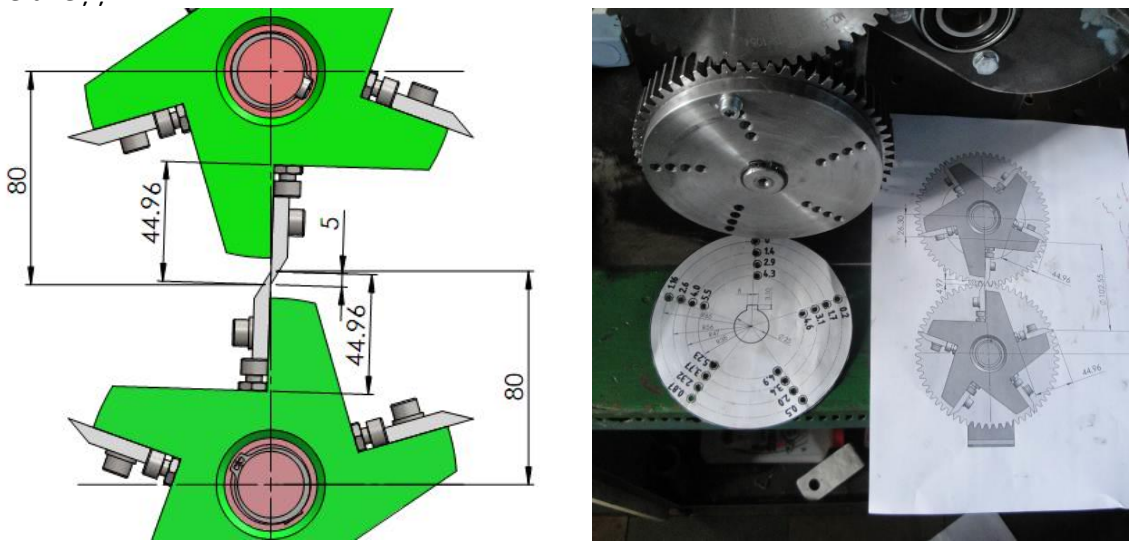
43. att. Dozatora modeļa padeves ruļļi un elastīgais pārklājums:
a – ievilcējruļļi , b – ievilcējrullis ar elastīgo pārklājumu

10. DOZATORA EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: DOZĒŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ, DOZĒŠANAS PRECIZITĀTE UTT.

DOZATORA MODEĻA NAŽU IESTATĪŠANA EKSPERIMENTU VEIKŠANAI

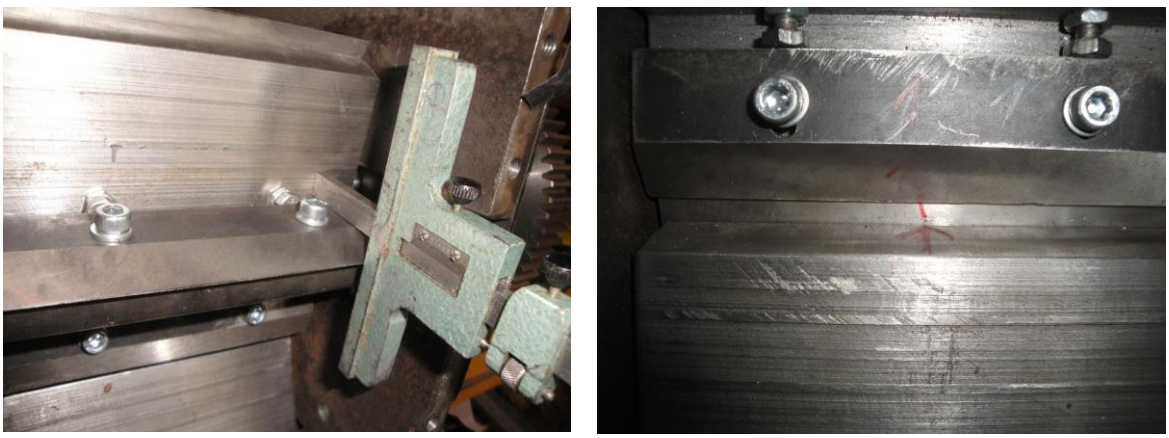
No iepriekš veiktajiem eksperimentiem ar nažu pārsedzi *0 mm,* secināts, ka nenotiek pilnīga stiebra nogriešana - sagarumošana. Tas izteikti bija redzams ar kaņepju stiebru paraugiem.

Lai nažus ieregulētu abiem rotoriem vienādāk un sasniegtu noteiktu pārsedzi, tad situācijas analīze un izmēru korekcijas tika veiktas elektroniskajā modelī *SolidWorks* programmā (44.a. att.). Ar dziļuma mēru tika ieregulēti nažu asmens izvirzījumi (45. att.), bet ar regulēšanas disku tika ieregulēts nažu asmeņu savstarpējais attālums (44.b. att.). Regulēšanas disks izveidots tā, lai vienu rotoru attiecībā pret otru būtu iespējams pagriezt pa nelielu leņķi.



a **b**

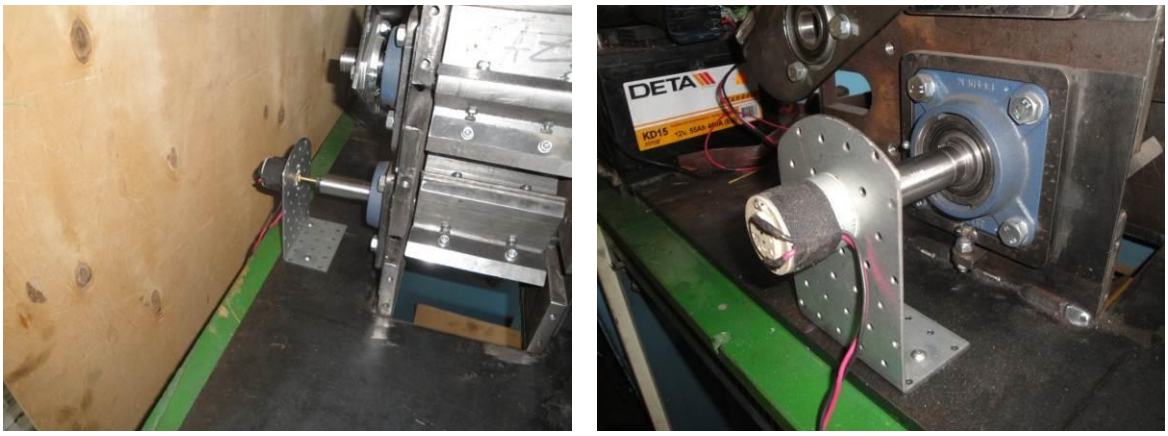
44. att. Dozatora nažu iestatījums ar 5 mm pārsedzi
a – datorizēts modelis; b – nažu asmeņu attālumu regulēšana



45. att. Nažu izvirzījuma regulēšana

DOZATORA MODEĻA APGRIEZIENU MĒRĪŠANA

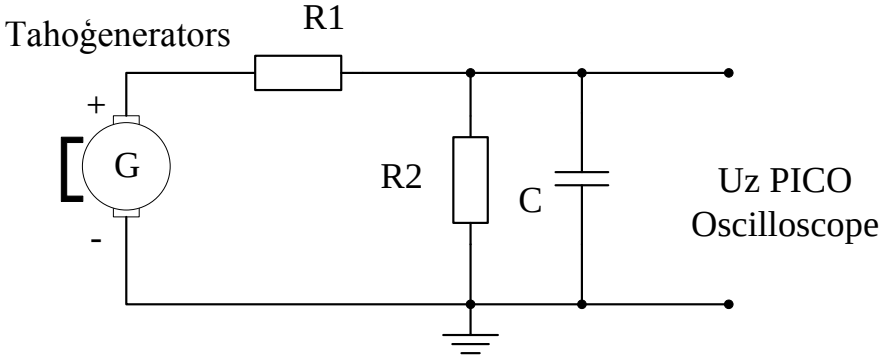
No iepriekšējā periodā aplūkotās un izpētītās mērīšanas metodikas, tika izvēlēta dozēšanas eksperimentu enerģijas noteikšanas mērierīce. Šī izvēlētā ierīce ir elektrisko impulsu tahoģenerators, jeb apgriezienu mērītājs.



46. att. Dozatora modeļa apgriezienu mērītāja uzstādīšana:

Apgriezienu mērītāju nepieciešams uzstādīt pie kādas no dozatora modeļa rotora vārpstām. Tahoģenerators rotora vārpstas galam tiek pievienots ar gumijas sajūgu un nostiprināts pie dozatora pamatnes (46. att.).

Tahoģeneratora pieslēgšanai virtuālajam mērinstrumentam *Pico Oscilloscope* tika izveidota elektriskā shēma (47. att.) un aprēķināti nepieciešamie pretestību un kondensatora parametri (rezistors *R1 = 0.5 kΩ – 1 kΩ; R2 = 1 kΩ*; *C = 5 vai 10 mΦ*). Elektriskā shēma samazina tahoģeneratora radīto spriegumu līdz mērinstrumentam nepieciešamajam, kā arī samazina signāla trokšņu līmeni mērīšanas laikā.



47. att. Tahoģeneratora elektriskā shēma

48. att. Tahoģeneratora pieslēgums pie Pico Oscilloscope mēriekārtas

Lai nodrošinātu mērījumu precizitāti, tika veikta mēriekārtas kalibriēšana. Kalibrēšanai tika izmantots rūpnieciski ražots tahometrs ТЧ10-Р ar precizitāti ±1% (skat. 49.b. att.) Tahoģenerators un apgriezienu mērītājs tika griezti ar vienādu rotācijas frekvenci un noteikts tahoģeneratora izejošais spriegums pie iestatītajiemapgriezieniem. Katrs mērījums tika atkārtots 5 reizes.

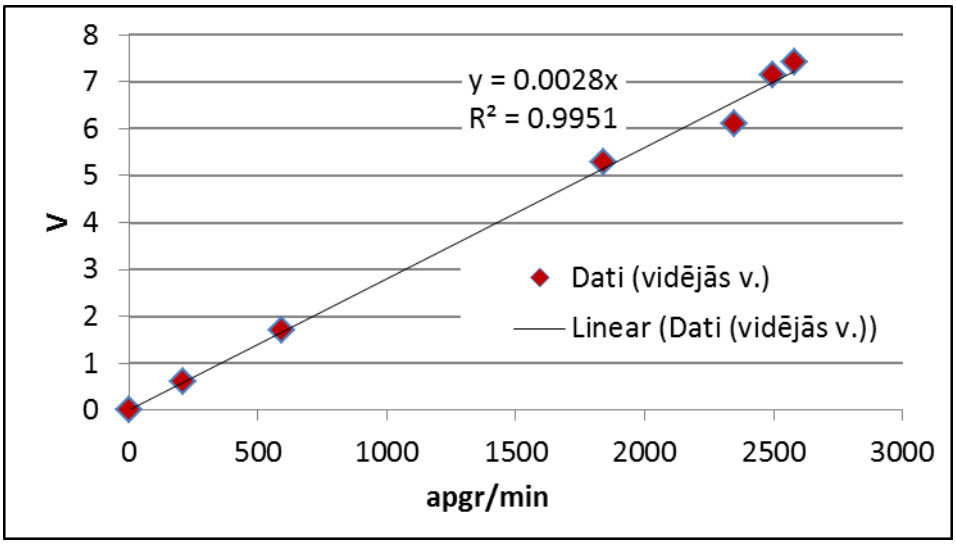
a **b**

49. att. Apgriezienu mērītāja kalibrēšana:
a – tahoģenerators; b – apgriezienu etalonmērītājs

Kalibrēšanas dati doti 6. tabulā un 50. attēlā.

6. Tabula: Kalibrēšanas datu vidējās vērtības

apgr./min	V
0	0
209.00	0.61
594.75	1.69
1840.00	5.29
2346.25	6.10
2497.50	7.14
2582.50	7.42



50. att. Apgriezienu mērītāja kalibrēšanas grafiks

Dozatora eksperimentālie pētījumi tika veikti ar niedru un kaņepju stiebriem. Kaņepju stiebri ir ar lielāku diametru, un to ārējais apvelks veidots no izturīgas šķiedras, tāpēc nosakot enerģiju, kas nepieciešama stiebra nociršanai, eksperimentos ar kaņepēm apgriezienu samazināšanās cirtiena brīdī bija izteiktāka.

Stiebru masa tika padota uz nažu rotoriem pie vienmērīga rotācijas ātruma. Dozatora modeļa nažu rotoru rotācija tika nodrošināta ar rokas urbjmašīnu.

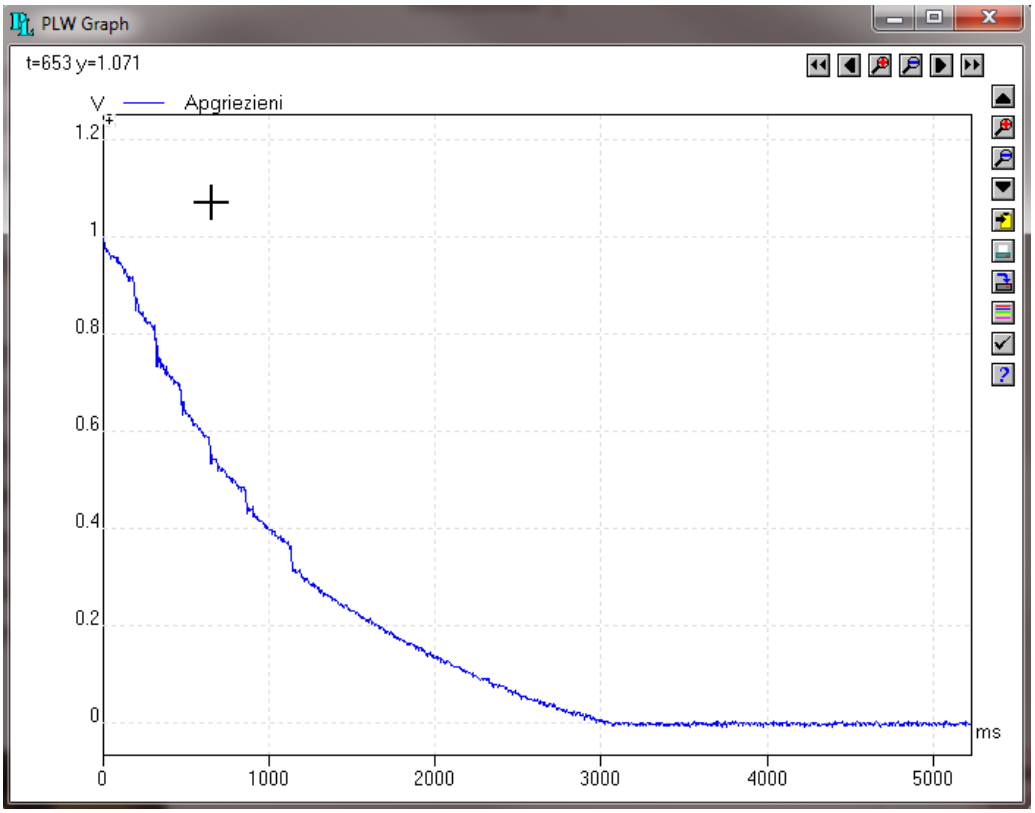
Rotoru asmeņu savstarpējā attāluma iestatīšana. Atbrīvojot zobratu no vārpstas un virzot to prom no korpusa, no sazobes atbrīvojas regulējošais zobrats. To kopā ar regulēšanas disku, vārpstu, un asmeņu bloku pagriež vienā vai otrā virzienā par noteiktu zobu skaitu. Un tad zobratu ievieto atpakaļ un nostiprina. Tā kā zobrata zobu skaits ir 62, tas ļauj regulēt asmeņu bloku plakņu savstarpējo novietojumu ik pa 360/62=5,81 grādu. Savukārt precīzāku regulēšanu veic izmantojot regulēšanas disku (skat. 44. att.)

Uz regulēšanas diska ir izveidoti 20 urbumi. Visi urbumi ir izvietoti pa četrām aploces līnijām, katrā pa pieciem urbumiem. Šie urbumi ļauj mainīt bloku plaknes savstarpējo novietojumu ik pa 5.81/20= 0,29 grādiem.

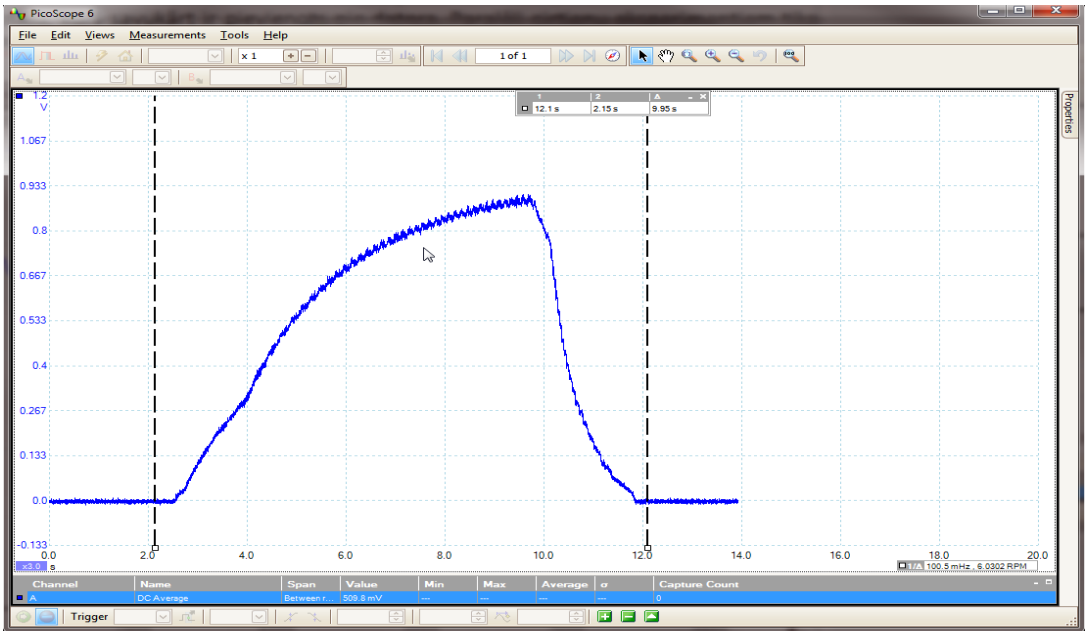
Pa ārējo aploci izvietotie urbumi ļauj bloka plakni regulēt robežās no 0 līdz 1.16 grādiem. Savukārt, pa nākamo aploci virzienā uz centru izvietotie urbumi ļauj bloka plakni regulēt robežās no 1,45 līdz 2,61 grādam. Nākamā aploce ir robežās no 2,90 līdz 4,06, bet pēdējā - robežās no 4.35 līdz 5,52 grādiem. Gadījumos ja ir nepieciešama regulēšana lielāka par 5,52 grādiem, piemēram, 5,89 grādi, tapa tiek ielikta urbumā, ar nobīdi 0 grādi un tiek pagriezts viens zobrats pret otru par vienu zobu uz priekšu, kas atbilstu bloka plaknes pagriezienam par 5,81 grādu.

Izmēģinot dažu asmeņu nobīdījuma variantus varēja izsecināt, ka labāka stiebru masas atdalīšana notiek ar vismazāko savstarpējo nobīdījumu un ar pārsedzi lielāku par 0 mm.

Eksperimentu rezultāti tika pierakstīti ar *Pico Log* (51.att.) un *Pico Oscilloscope* (52. att.) datorprogrammām, .



51. att. PicoLog programmas eksperimentu logs



52. att. Pico Oscilloscope programmas eksperimentu logs

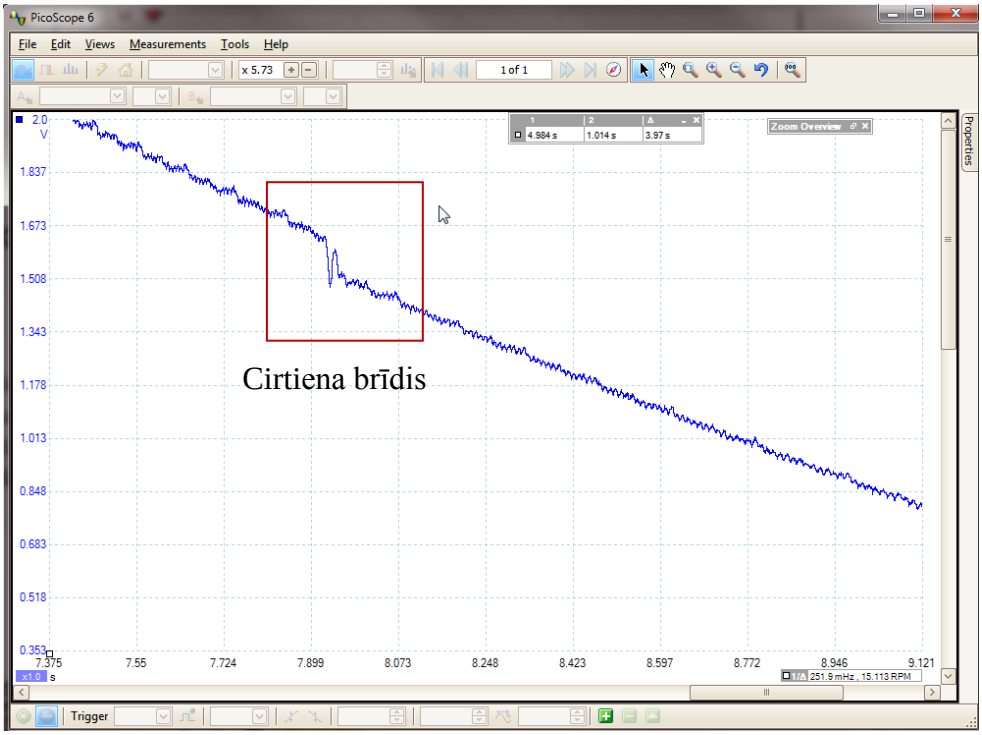
Pie nažu pārsedzes 0 mm ne visi kaņepju stiebri tiek atdalīti (53. att.). Lai pārcirstu kaņepju šķiedras, kas ir salīdzinoši smalkas, bet ļoti izturīgas nepieciešams precīzs nažu regulējums.

53. att. Eksperimentu materiāli bez nažu pārsedzes

54. att. Eksperimentu materiāli ar 5 mm nažu pārsedzi

Izmainot nažu pārsedzi, pārcirsto, atdalīto stiebru skaits pieaug. 5 mm pārsedzes gadījumā notiek divkārtēja griešana, kas sekmē stiebra posmu atdalīšanos (54. att.).

Lai stiebri tiktu atdalīti nepieciešamajos garumos, būtiska ir arī ievilcējruļļu darbība. Ievilcējruļļi nodrošina vienmērīgu masas padevi uz asmeņiem, un cirtiena brīdī stiebru nedaudz piebremzē.



55. att. Eksperimenta *Pico Oscilloscope* mērījumu logs

No iepriekš veiktajiem eksperimentiem izsecināts, ka rotoriem griežoties ar ātrumu lielāku par 400 apgr./min, grafikā ir samērā grūti izšķirt cirtienu brīžus. Savukārt ar zemāku rotācijas frekvenci, notiek rotoru strauja apstāšanās. Straujā apstāšanās izskaidrojama ar to, ka rotoru iegrieztā inerce nav tik liela, kā arī vārpstas gultņos vēl pilnīgi nav iestrādājušās un ir jūtama samērā neliela iespīle. Šo apstākļu rezultātā netiek pārcirsti stiebru materiāli, bet ieķīlēti starp nažiem.

Dozatora modeļa garumošanas cirtiena brīža labākai uzskatāmībai tika pieņemts risinājums – garumošanas eksperimentos izmantojot vienu nazi uz katra rotora.

Veicot dozēšanas/garumošanas eksperimentus ar kaņepju stiebriem, tika izmēģināta sprieguma dalīšanas un pulsācijas slāpēšanas elektriskās shēmas darbība. No 55. attēla redzams, ka pulsācijas ir samazinātas līdz pieļaujamai vērtībai, kas būtiski neietekmē eksperimentu gaitu. Pēc eksperimentu veikšanas, *Pico Oscilloscope* dati tika eksportēti uz MS-Excel datorprogrammu un apstrādāti.

Vispirms no eksportētajiem datiem (7.a. tabula.) tiek aprēķināts rotācijas frekvence.

7. tabula. Garumošanas eksperimentu dati

Laiks	Apgriezieni
ms	*V*
1	2.48
7	2.48
10	2.44
14	2.47
17	2.46
20	2.44
24	2.41
27	2.35
31	2.43
...	...

a

Laiks	Apgriezieni	Rotācijas frekvence	Rotācijas frekvence
ms	*V*	*apgr/min*	*rad·s^{-1}*
185	2.22	0.004	0.000
188	2.29	616.667	64.577
191	2.25	636.111	66.613
195	2.28	625.000	65.450
198	2.25	633.333	66.323
201	2.29	625.000	65.450
204	2.25	636.111	66.613
208	2.24	625.000	65.450
...	...	...	...

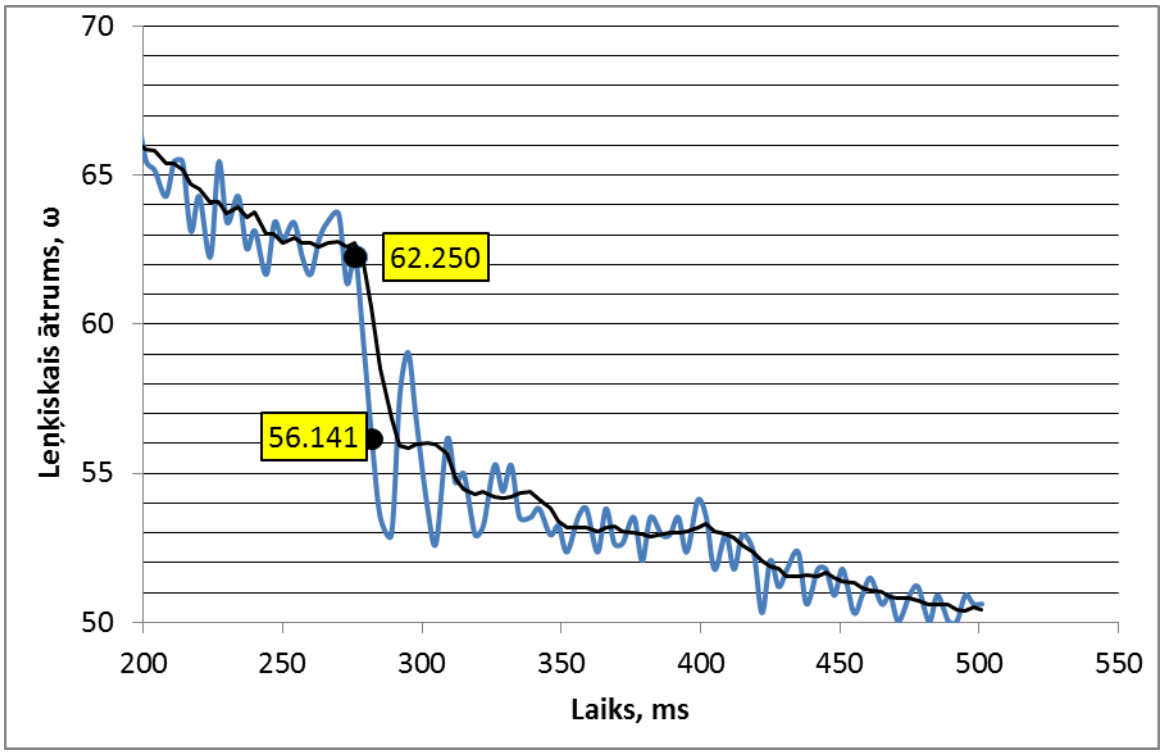
b

Pēc tam izmantojot kalibrēšanas pārvades koeficientu *(k=0.0028)* tiek pārrēķināta rotācijas frekvence no sprieguma voltiem uz apgriezieniem minūtē (7.b. tabula).

$$n = \frac{U}{k}, \tag{18}$$

kur: n – asmeņu griešanās frekvence, apgr.·min^{-1}
k – pārvades koeficients,
U – spriegums, V

56. attēlā parādīta kaņepes garumošanas eksperimenta datu līkne. Pēc grafika varam noteikt cirtiena sākuma un beigu punktus. Cirtiena sākumā ir 62.25 rad·s^{-1} un beigās 56.14 rad·s^{-1}.



56. att. Dozatora modeļa cirtiena enerģijas noteikšanas veids

Pēc šīm vērtībām tiek aprēķināta cirtiena kinētiskā enerģija:

$$KE = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \qquad (19)$$

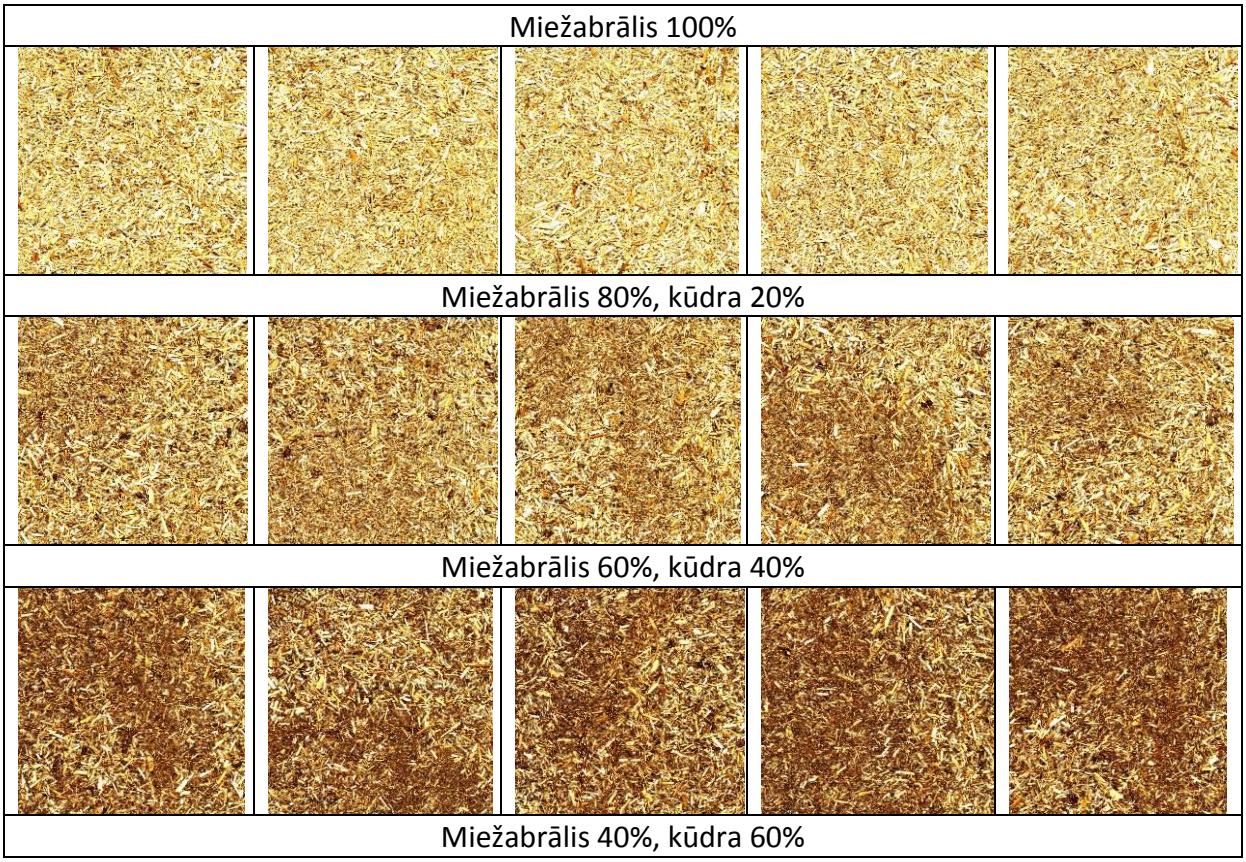
kur *KE* – Kinētiskā enerģija;
I – rotācijas inerces moments.

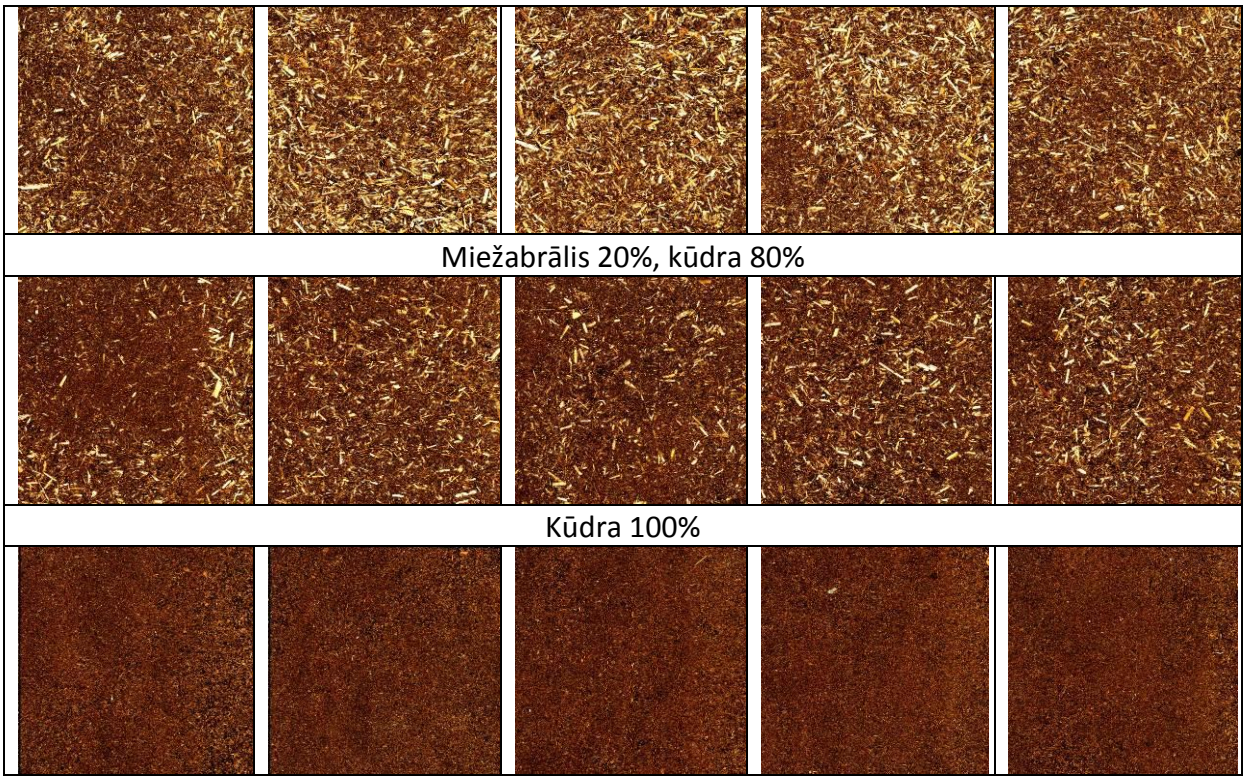
12. MAISĪJUMA KVALITĀTES (HOMOGENITĀTES, PROPORCIJAS U.C. PARAMETRU) NOVĒRTĒŠANA DAŽĀDIEM BIOMASU VEIDIEM

Kalibrēšanas līknes izstrāde Kūdras un Miežabrāļa maisījuma homogenitātes noteikšanai

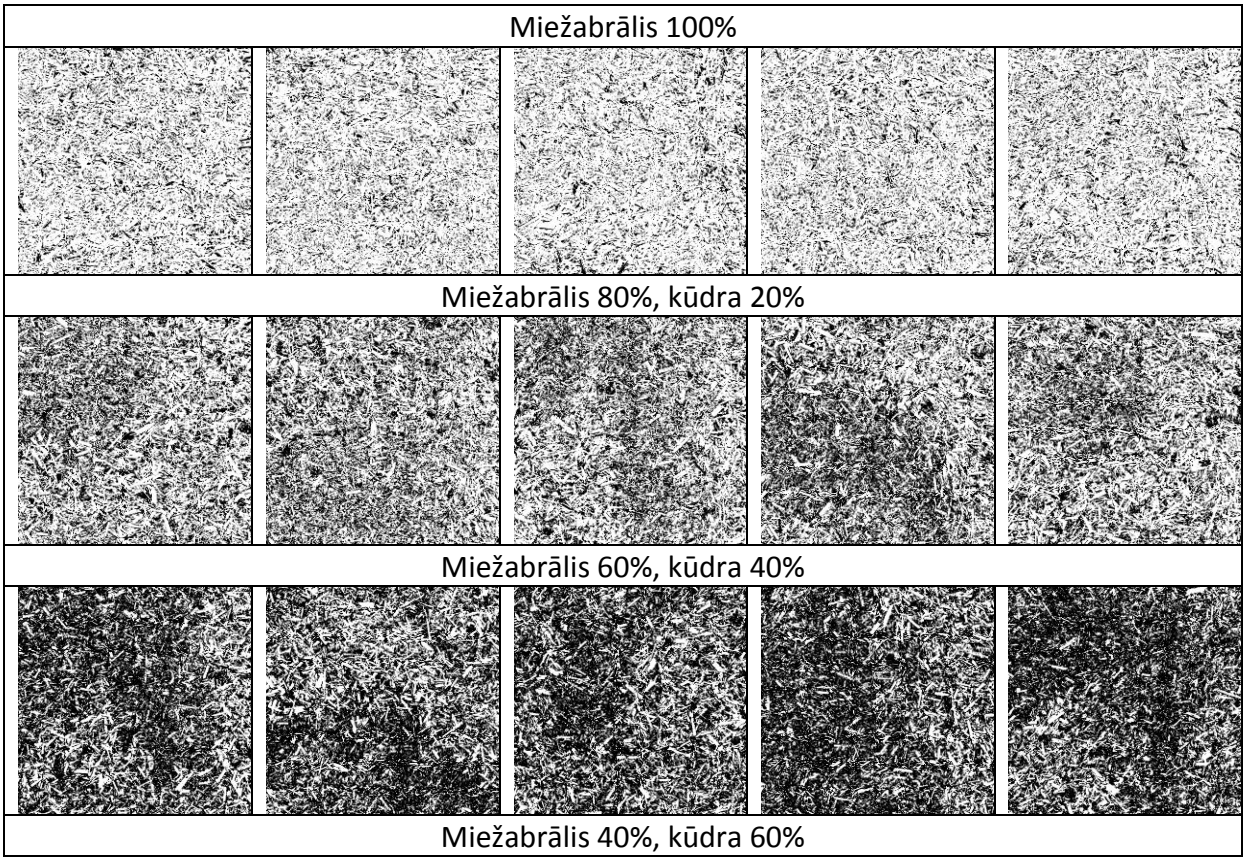
Tika izveidoti Miežabrāļa un kūdras maisījumi ar 20%, 40%, 60% un 80% kūdras piejaukumu. Maisījumi, kā arī smalcinātais Miežabrālis un kūdra nesamaisītā veidā tika ieskanēti, izveidojot 11 paraugus katrai maisījuma proporcijai (58. att.). Paraugi tika apstrādāti pēc iepriekšējās atskaitēs aprakstītās metodikas un pārvērsti melnbaltā (Black and White) formātā ar faila pagarinājumu PNG (59. att.).

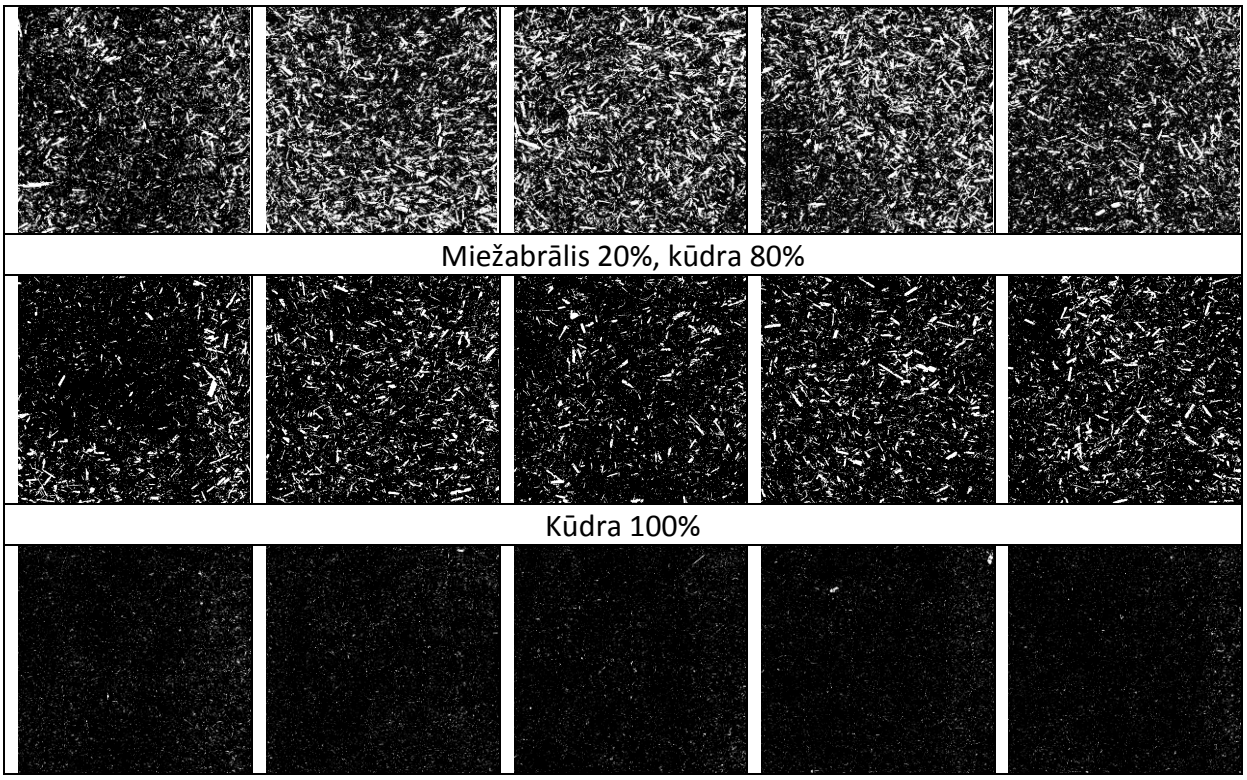
57. att. Maisījuma paraugi





58. att. Ieskanēto maisījumu attēli





59. att. Pārveidotie attēli

Apstrādājot attēlus ar datorprogrammu Matlab tika iegūts melno (kūdras) un balto daļiņu (Miežabrālis) aizņemtais laukums baitos maisījuma attēlā (1 mm^2 = 100 Bytes). Šāda attiecība tika nodrošināta iestatot bildes izšķirtspēju 254 dpi (punkti uz collu). Miežabrāļa proporcija maisījumā tika iegūta, kā attiecība Bytes (Miežabrālis)/Bytes (fons - kūdra).

Programmā tika analizēts arī attālums starp daļiņām. Aprēķinātā attālumu standartnovirze raksturo maisījuma homogenitāti. 8. tabulā redzami attēlu apstrādes rezultātā iegūtie dati.

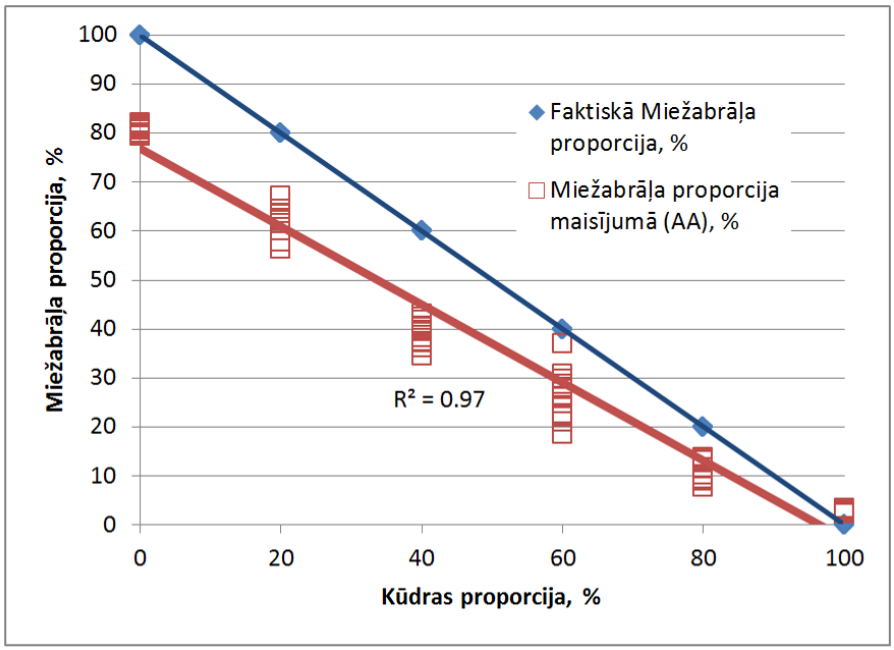
8. tabula. Miežabrāļa un kūdras maisījuma attēlu analīzē iegūtie dati

N. P. K.	Faktiskā kūdras proporcija, %	Faktiskā Miežabrāļa proporcija, %	Fona aizņemtais laukums, Bytes	Miežabrāļa daļiņu aizņemtais laukums, Bytes	Miežabrāļa proporcija maisījumā, %	Standart -novirze	Kūdras proporcija maisījumā, %
1	0	100	985853	796823	80.83	0.5979	19.17
2	0	100	996820	815036	81.76	0.5451	18.24
3	0	100	989881	811309	81.96	0.5685	18.04
4	0	100	998844	811668	81.26	0.5668	18.74
5	0	100	990910	802694	81.00	0.5789	19.00
6	0	100	992880	794733	80.04	0.6026	19.96
7	0	100	989856	800893	80.91	0.5889	19.09
8	0	100	994850	801754	80.59	0.6017	19.41
9	0	100	991872	788632	79.51	0.6095	20.49
10	0	100	995835	793514	79.68	0.6159	20.32

11	0	100	992922	815777	82.16	0.5451	17.84
12	20	80	984816	617096	62.66	0.9195	37.34
13	20	80	992830	611543	61.60	0.9082	38.40
14	20	80	985880	605919	61.46	0.8947	38.54
15	20	80	993840	559246	56.27	0.996	43.73
16	20	80	991895	617514	62.256	0.9204	37.74
17	20	80	997880	622190	62.35	0.9016	37.65
18	20	80	992830	574109	57.83	0.9342	42.17
19	20	80	994850	642143	64.55	0.9017	35.45
20	20	80	988848	663732	67.12	0.8617	32.88
21	20	80	996892	633598	63.56	0.8831	36.44
22	20	80	985853	606418	61.51	0.962	38.49
23	40	60	990864	393426	39.70	1.409	60.30
24	40	60	992856	421664	42.47	1.3787	57.53
25	40	60	987915	398557	40.34	1.4427	59.66
26	40	60	998868	362812	36.32	1.4437	63.68
27	40	60	990864	342971	34.61	1.4919	65.39
28	40	60	998818	431137	43.16	1.3482	56.84
29	40	60	999936	372439	37.25	1.3814	62.75
30	40	60	991916	402503	40.58	1.4503	59.42
31	40	60	993945	392023	39.44	1.4226	60.56
32	40	60	991916	413869	41.72	1.4125	58.28
33	40	60	995940	372107	37.36	1.3891	62.64
34	60	40	998928	185546	18.57	2.1673	81.43
35	60	40	994950	285899	28.74	1.8364	71.27
36	60	40	999879	298343	29.84	1.8251	70.16
37	60	40	997920	276801	27.74	1.8697	72.26
38	60	40	995940	219368	22.03	1.953	77.97
39	60	40	992902	278751	28.07	1.8005	71.93
40	60	40	998910	226782	22.70	1.9772	77.30
41	60	40	993865	305364	30.73	1.7931	69.28
42	60	40	997965	209405	20.98	1.9491	79.02
43	60	40	994874	261338	26.27	1.8631	73.73
44	60	40	995955	369002	37.05	1.706	62.95
45	80	20	998928	103288	10.34	3.1747	89.66
46	80	20	994916	134871	13.56	2.5828	86.44
47	80	20	998928	95020	9.51	2.9467	90.49
48	80	20	993888	130069	13.09	2.6307	86.91
49	80	20	992830	136558	13.75	2.6842	86.25
50	80	20	997857	92116	9.23	2.9646	90.77
51	80	20	990838	75970	7.67	3.0549	92.33
52	80	20	995860	116634	11.71	2.7108	88.29
53	80	20	995835	132754	13.33	2.6578	86.67
54	80	20	1000844	103144	10.30	2.7617	89.69
55	80	20	993865	89259	8.98	2.6975	91.02

56	100	0	986886	33094	3.35	2.7451	96.65
57	100	0	995808	29431	2.96	2.7316	97.04
58	100	0	990864	23546	2.38	3.0819	97.62
59	100	0	996846	23862	2.39	3.0214	97.61
60	100	0	990838	23239	2.35	2.9925	97.65
61	100	0	996846	26159	2.62	3.0534	97.38
62	100	0	991847	26830	2.71	2.8355	97.30
63	100	0	993784	26883	2.71	2.813	97.30
64	100	0	991791	23847	2.40	2.8646	97.60
65	100	0	995835	25715	2.58	2.9274	97.42
66	100	0	989856	28289	2.86	2.7747	97.14

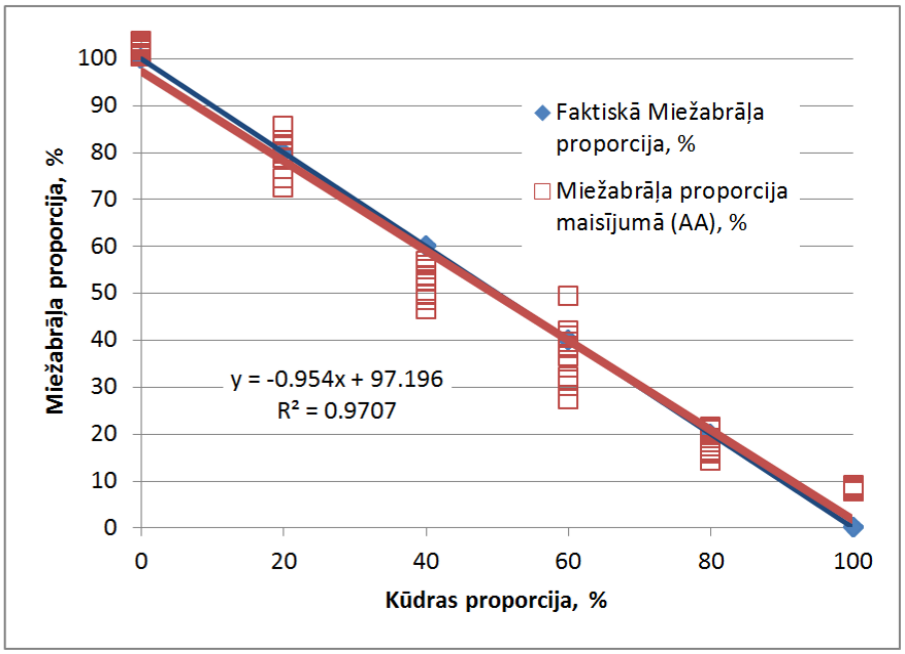
Attēlu analīzes iegūtie rezultāti parādīja, ka eksperimentāli iegūtie dati un teorētiskā maisījuma proporcija nesakrīt. Vizuāli novērtējot maisījuma attēlus var redzēt, ka Miežabrāļa daļiņas melnbaltajā attēlā nav pilnīgi baltas un tāpat kūdras daļiņas nav pilnīgi melnas. Pēc 60. attēlā redzamajiem grafikiem varam novērtēt, ka tīrs Miežabrālis, pārvēršot to melnbaltā formātā, ar savu dabīgo daļiņu krāsu veido 20% fonu, t.i. melno krāsu. Nosakot maisījuma proporciju pēc šī grafika tas jāievērtē.



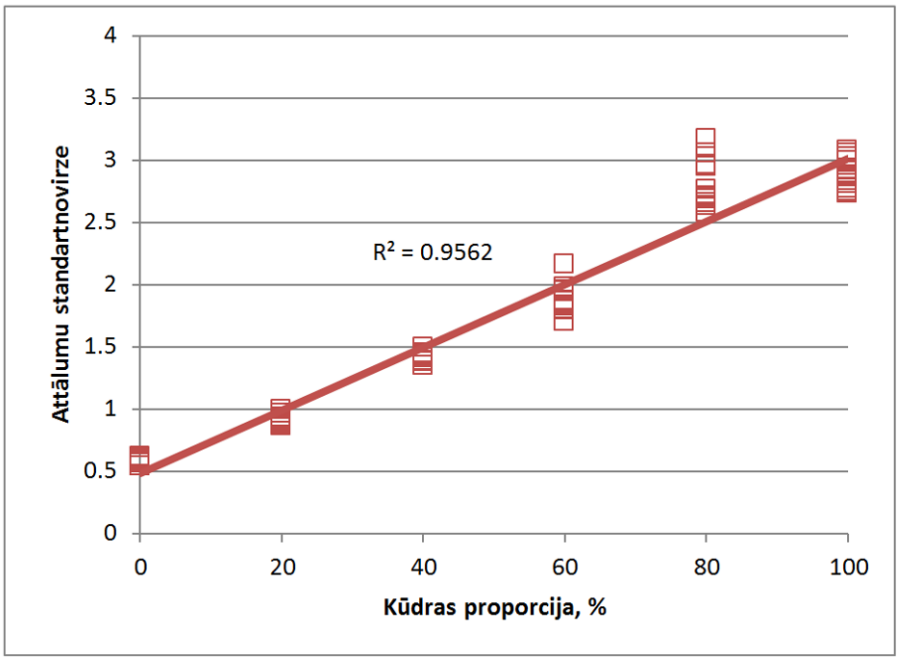
60. att. Kalibrēšanas līkne

Veicot kalibrēšanas līknes korekcijas ir iespēja pietuvināt eksperimentālo līkni teorētiskai līdz pilnīgai sakrišanai. Noskenējot attēlu un iegūstot maisījuma proporcijas parametrus, tos jāreizina ar attiecīgajiem koeficientiem, lai iegūtu patieso Miežabrāļa proporciju maisījumā.

Attālumu starp daļiņām standartnovirze parāda Miežabrāļa daļiņu izvietojuma vienmērīgumu. Ja daļiņas būs novietotas vairāk vienā attēla pusē, standartnovirze konkrētās proporcijas maisījumam pieaugs, jo pieaugs lielākās attālumu vērtības. No 62. attēla redzam, ka samazinoties Miežabrāļa daļiņu daudzumam maisījumā standartnovirzes vērtības pieaug, t.i. pieaug attālums starp daļiņām.



61. att. Precizētā kalibrēšanas līkne

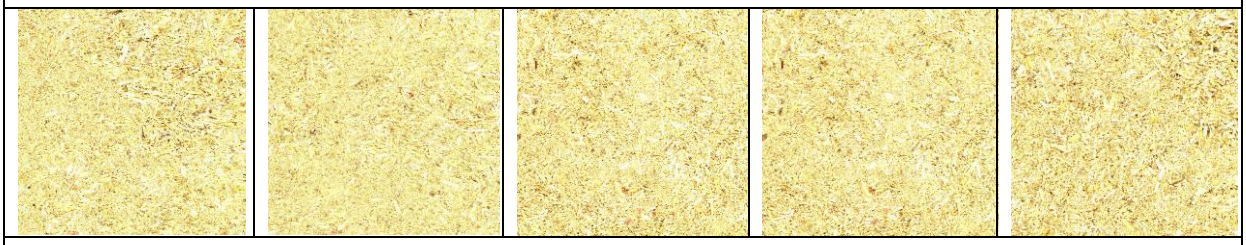
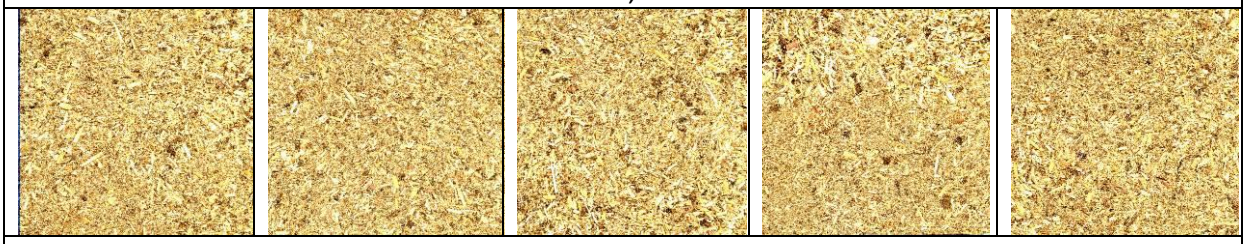
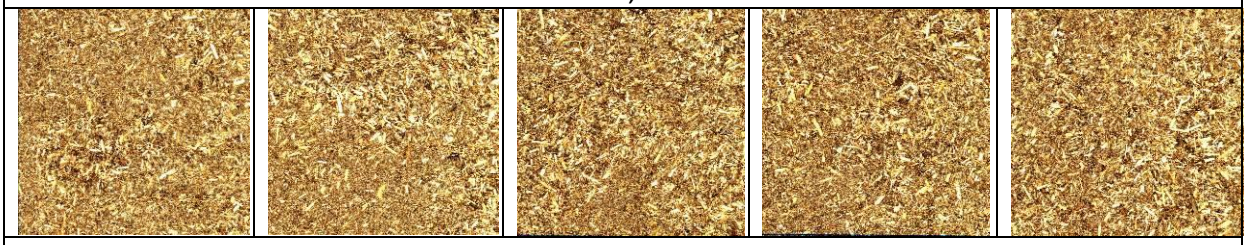
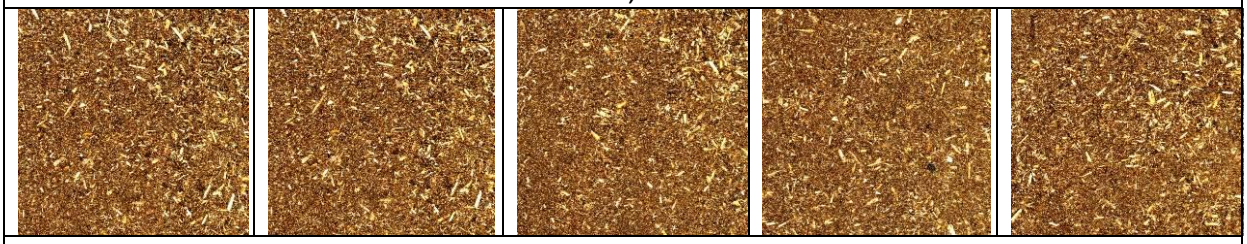


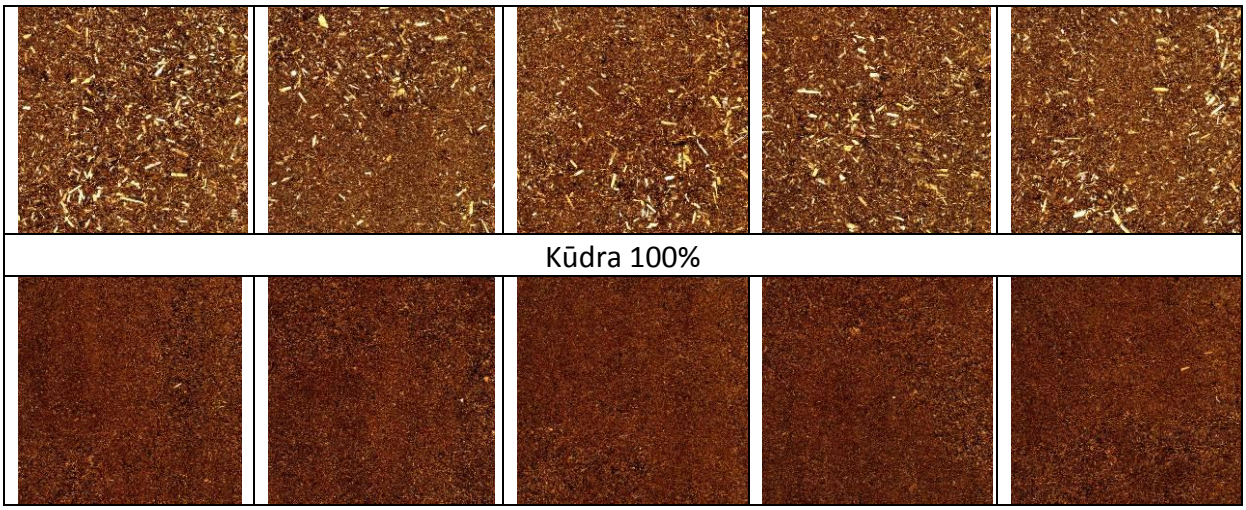
62. att. Attālumu starp Miežabrāļa daļiņām standartnovirze

Kalibrēšanas līknes izstrāde Kūdras un niedru maisījuma homogenitātes noteikšanai

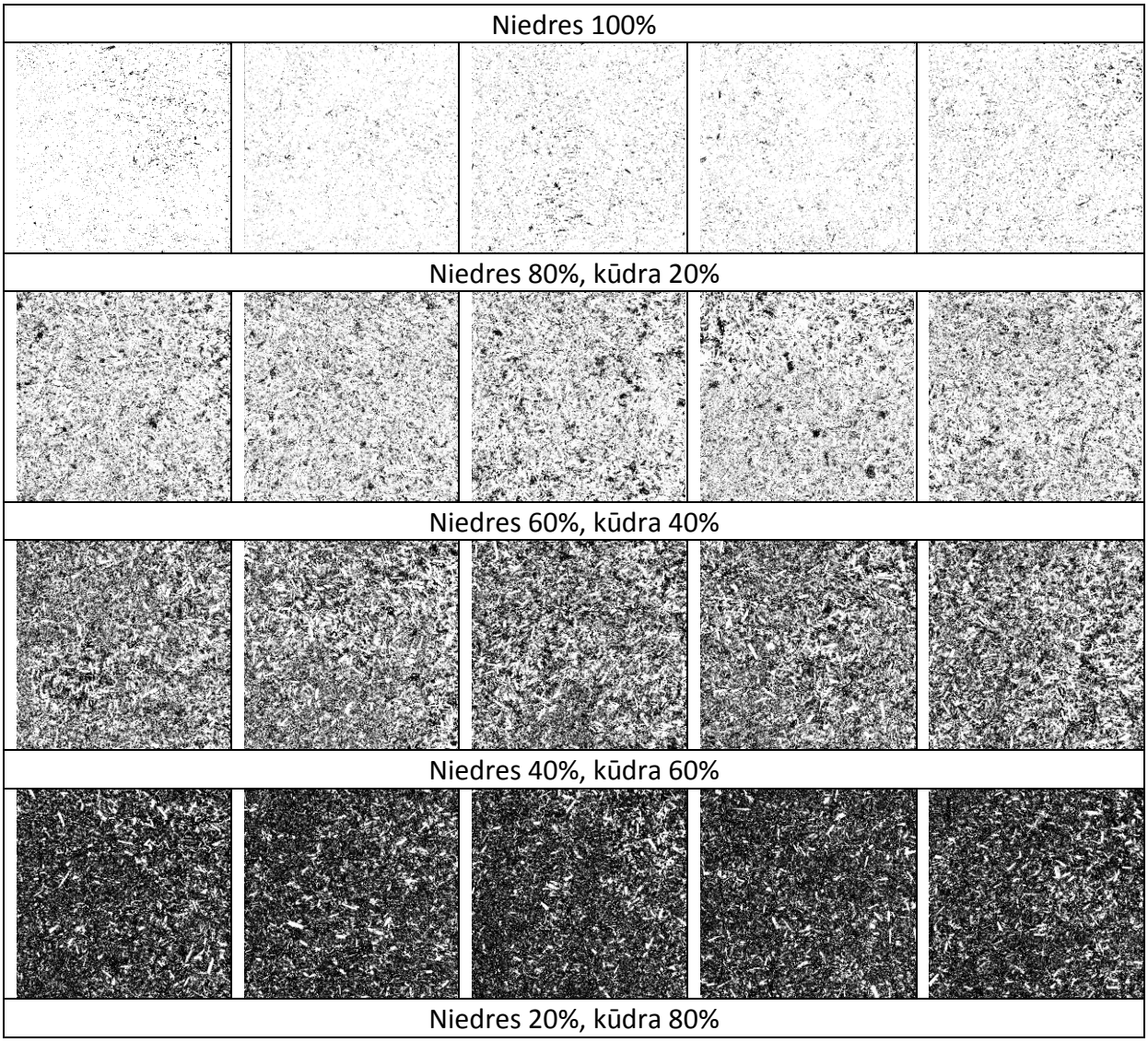
Tika izveidoti smalcinātu niedru un kūdras maisījumi ar 20%, 40%, 60% un 80% kūdras piejaukumu (63. att.). Maisījumi, kā arī smalcinātās niedres un kūdra nesamaisītā veidā tika ieskanēti, izveidojot 11 paraugus katrai maisījuma proporcijai (64. att.). Paraugi tika apstrādāti un pārvērsti melnbaltā (*Black and White*) formātā ar faila pagarinājumu PNG (65. att.).

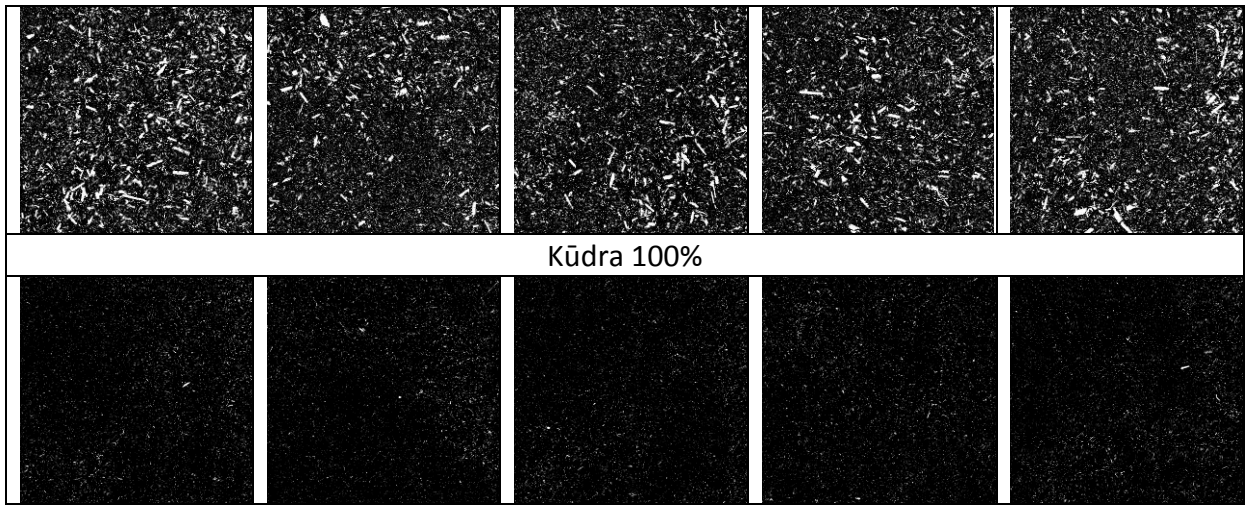
63. att. Maisījuma paraugi

Niedres 100%

Niedres 80%, kūdra 20%

Niedres 60%, kūdra 40%

Niedres 40%, kūdra 60%

Niedres 20%, kūdra 80%



64. att. Ieskanēto maisījumu attēli





65. att. Pārveidotie attēli

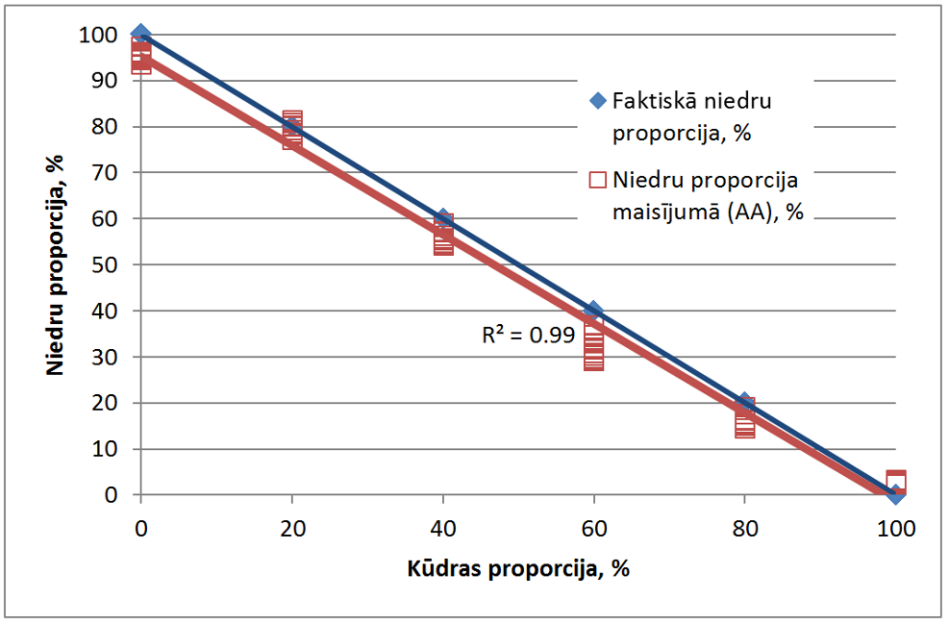
9. tabulā apkopoti apstrādāto attēlu dati.

9. tabula. Niedru un kūdras maisījuma attēlu analīzē iegūtie dati

N. P. K.	Faktiskā kūdras proporcija, %	Faktiskā niedru proporcija, %	Fona aizņemtais laukums, Bytes	Niedru daļiņu aizņemtais laukums, Bytes	Niedru proporcija maisījumā, %	Standart -novirze	Kūdras proporcija maisījumā, %
1	0	100	997901	960953	96.30	0.20	3.70
2	0	100	999879	973824	97.39	0.16	2.61
3	0	100	1000928	954983	95.41	0.23	4.59
4	0	100	995883	959007	96.30	0.20	3.70
5	0	100	997901	942590	94.46	0.25	5.54
6	0	100	995883	953602	95.75	0.21	4.25
7	0	100	999900	945819	94.59	0.25	5.41
8	0	100	987915	942824	95.44	0.22	4.56
9	0	100	994934	931172	93.59	0.27	6.41
10	0	100	991872	940428	94.81	0.25	5.19
11	0	100	1002892	952782	95.00	0.23	5.00
12	20	80	999919	799940	80.00	0.51	20.00
13	20	80	993888	802966	80.79	0.48	19.21
14	20	80	991935	785924	79.23	0.56	20.77
15	20	80	987936	790649	80.03	0.53	19.97
16	20	80	993945	778448	78.32	0.53	21.68
17	20	80	995923	782835	78.60	0.51	21.40
18	20	80	999919	787122	78.72	0.57	21.28
19	20	80	992922	796984	80.27	0.50	19.73
20	20	80	1000890	783467	78.28	0.57	21.72
21	20	80	985928	760747	77.16	0.58	22.84
22	20	80	996930	811663	81.42	0.48	18.58

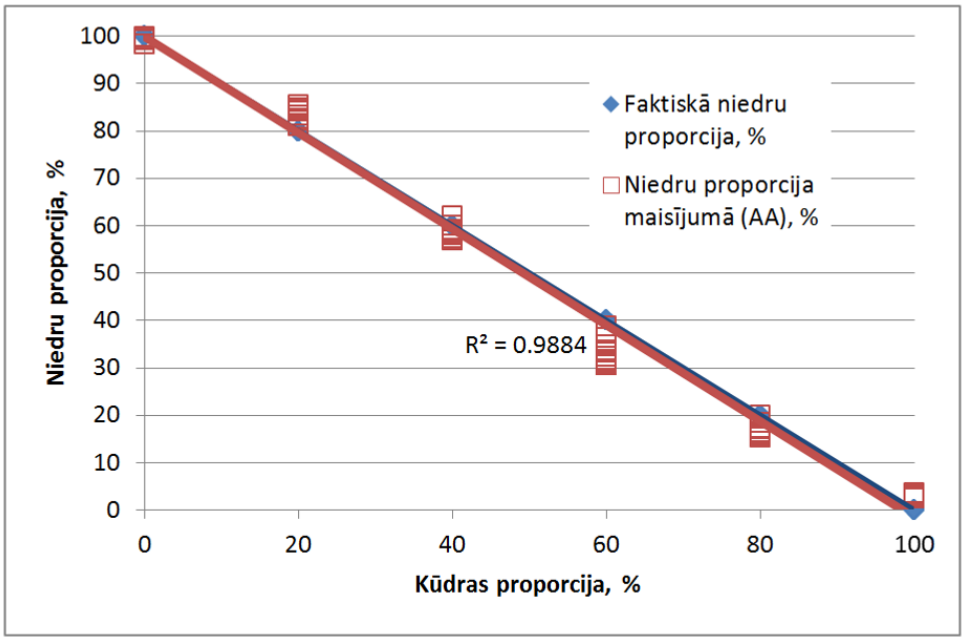
23	40	60	992902	566734	57.08	0.78	42.92
24	40	60	993840	586832	59.05	0.78	40.95
25	40	60	993865	543500	54.69	0.86	45.31
26	40	60	998844	541016	54.16	0.85	45.84
27	40	60	994874	560430	56.33	0.85	43.67
28	40	60	998868	553826	55.45	0.85	44.55
29	40	60	993840	554579	55.80	0.90	44.20
30	40	60	994896	549775	55.26	0.86	44.74
31	40	60	990888	547558	55.26	0.82	44.74
32	40	60	992856	539282	54.32	0.84	45.68
33	40	60	991895	567433	57.21	0.85	42.79
34	60	40	991935	294259	29.67	1.19	70.33
35	60	40	993865	291931	29.37	1.13	70.63
36	60	40	994850	290326	29.18	1.15	70.82
37	60	40	999831	290570	29.06	1.11	70.94
38	60	40	993865	300947	30.28	1.16	69.72
39	60	40	996846	307037	30.80	1.13	69.20
40	60	40	993865	328365	33.04	1.19	66.96
41	60	40	993865	314466	31.64	1.14	68.36
42	60	40	991872	343600	34.64	1.15	65.36
43	60	40	994850	318364	32.00	1.13	68.00
44	60	40	994874	366505	36.84	1.18	63.16
45	80	20	994874	189531	19.05	1.62	80.95
46	80	20	994824	151809	15.26	1.56	84.74
47	80	20	983964	147507	14.99	1.78	85.01
48	80	20	993909	154994	15.59	1.67	84.41
49	80	20	992802	174075	17.53	1.54	82.47
50	80	20	990838	152685	15.41	1.60	84.59
51	80	20	995808	144486	14.51	1.53	85.49
52	80	20	999831	164237	16.43	1.60	83.57
53	80	20	992856	161405	16.26	1.60	83.74
54	80	20	990838	160886	16.24	1.50	83.76
55	80	20	991872	153464	15.47	1.51	84.53
56	100	0	986886	33094	3.35	2.75	96.65
57	100	0	995808	29431	2.96	2.73	97.04
58	100	0	990864	23546	2.38	3.08	97.62
59	100	0	996846	23862	2.39	3.02	97.61
60	100	0	990838	23239	2.35	2.99	97.65
61	100	0	996846	26159	2.62	3.05	97.38
62	100	0	991847	26830	2.71	2.84	97.29
63	100	0	993784	26883	2.71	2.81	97.29
64	100	0	991791	23847	2.40	2.86	97.60
65	100	0	995835	25715	2.58	2.93	97.42
66	100	0	989856	28289	2.86	2.77	97.14

Aplūkojot niedru un kūdras maisījumu kalibrēšanas līkni, redzams, ka niedru daļiņu krāsa ir gaišāka un apstrādājot ar Matlab iegūtā novirze no pilnīgi baltas krāsas ir 5% robežās (Miežabrālim 20% robežās).



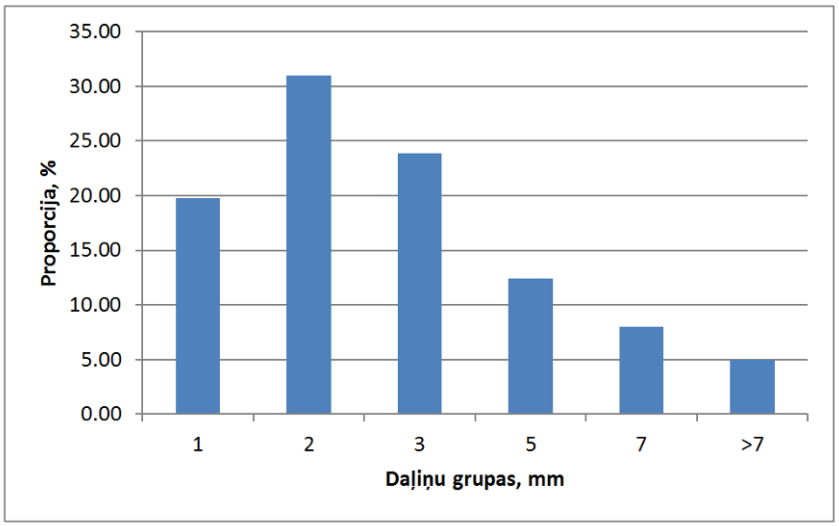
66. att. Kalibrēšanas līkne

Pēc kalibrēšanas līknes matemātiskās korekcijas iegūstam maisījuma proporcijai atbilstošāku attēlu (67. att.).

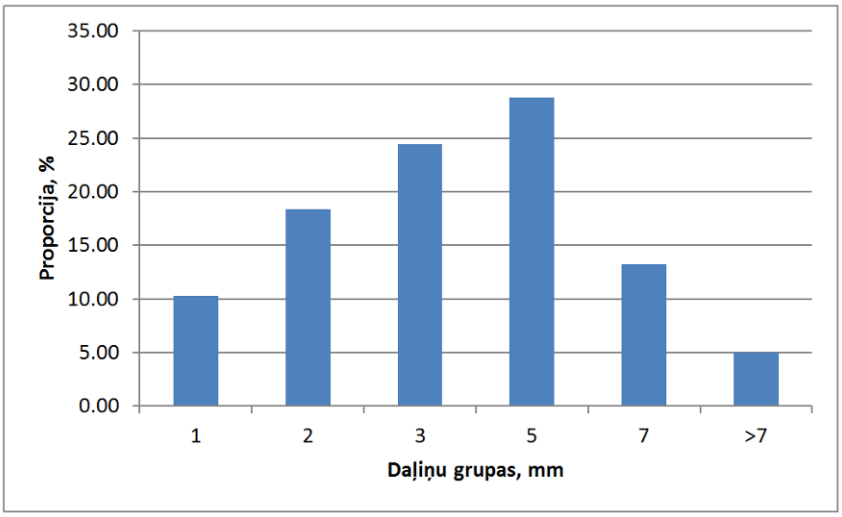


67. att. Koriģēta kalibrēšanas līkne

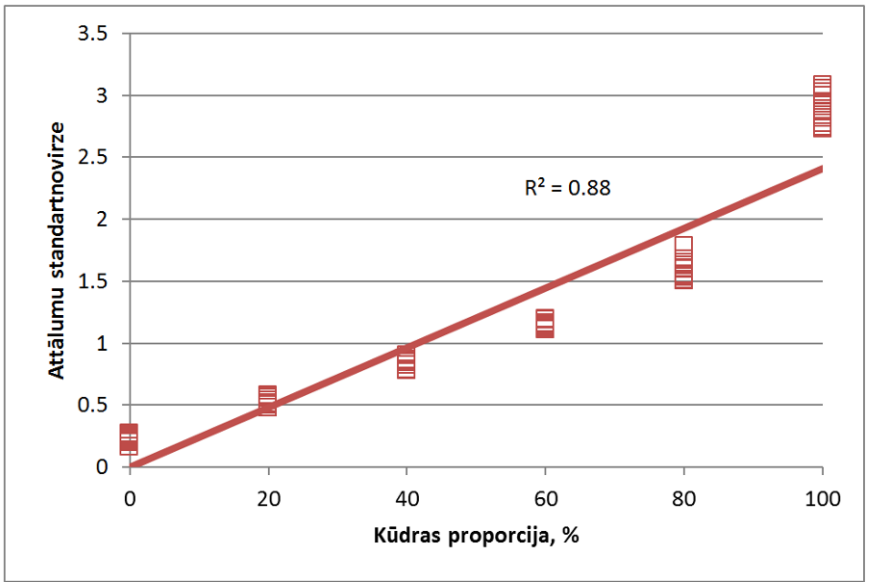
Tā kā daļiņu lielumu sadalījums gan smalcinātam Miežabrālim (68. att.), gan niedrēm (69. att.) ir līdzīgs, tad arī attālumu starp daļiņām standartnovirze atkarībā no maisījuma proporcijas veido līdzīgu grafiku (70. att.).



68. att. Daļiņu lieluma sadalījums Miežabrālim



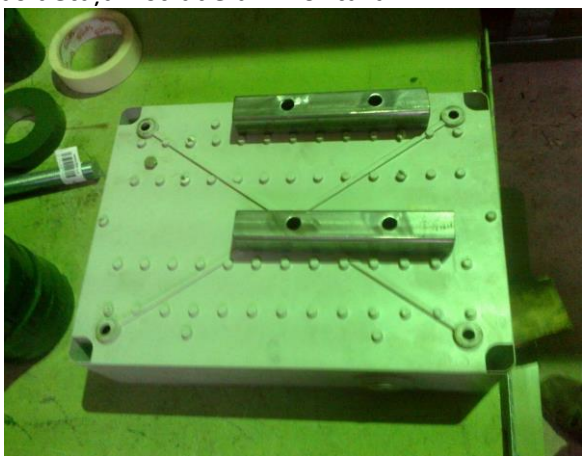
69. att. Daļiņu lieluma sadalījums niedrēm



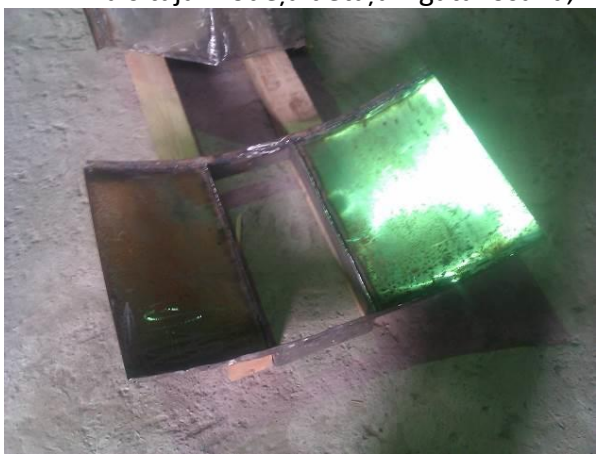
70. att. Attālumu starp daļiņām standartnovirze

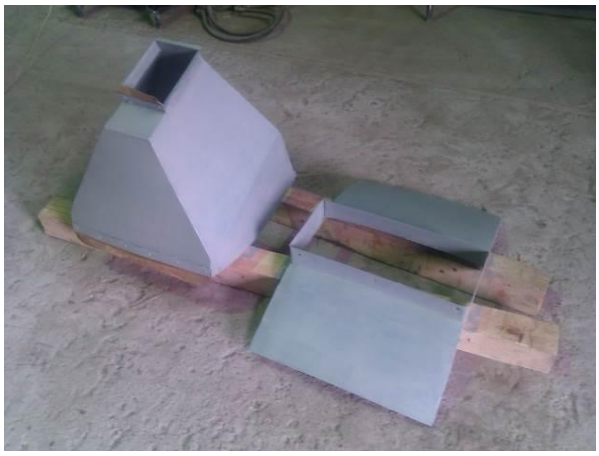
13. MAISĪTĀJA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE. MAISĪTĀJA EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE.

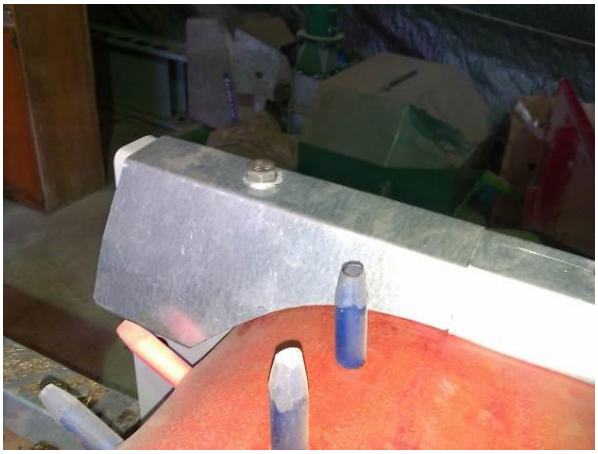
Maisītāja modeļa hidrauliskās sūkņu stacijas detaļu izstrāde un montāža



Maisītāja modeļa detaļu izgatavošana, montāža un krāsošana

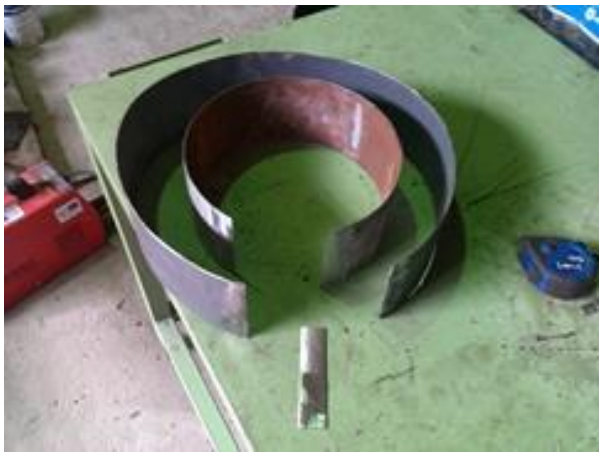
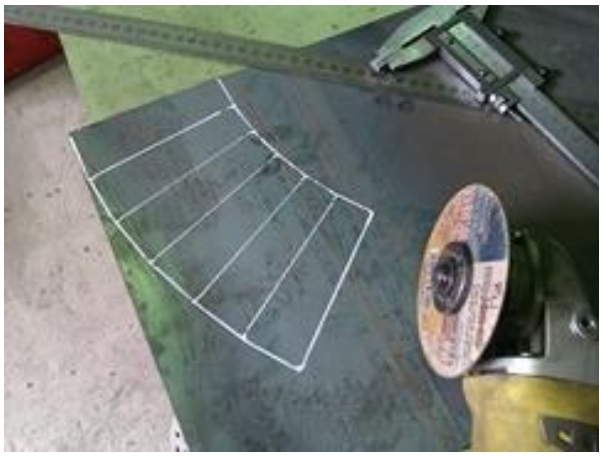


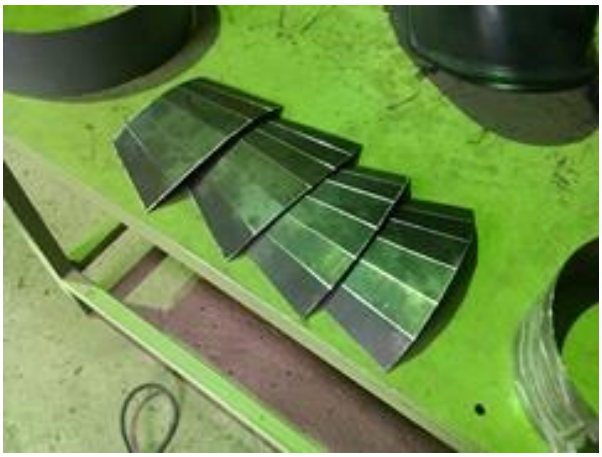




14. SMALCINĀTAS BIOMASAS UN PIEDEVU MATERIĀLU TEHNOLOĢISKAIS TRANSPORTS

Smalcinātāja prototipa gaisa plūsmas regulēšanas vārsta izgatavošana



Gaisa vada pievienošana pie ruļļu smalcināšanas mezgla un ciklona.

15. MAISĪŠANAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: MAISĪŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ, UTT.

Biomasas sagatavošana maisīšanas eksperimentiem.

MIEŽABRĀĻA UN KŪDRAS MAISĪJUMU VEIDOŠANA

Maisīšanas eksperimentos tika izmantota kūdra un smalcināta Miežabrāļa masa ar 68. attēlā uzrādīto daļiņu lielumu sadalījumu. Masas mitrums 12%. Vēlamā proporcija 85% Miežabrālis un 15% kūdra. Pēc iepriekš noteiktā maisītāja modeļa dozatoru ražīguma, tika izvēlēta rotācijas frekvence, lai šo maisījuma proporciju sasniegtu. Miežabrāļa dozatoram tas bija 1.19 s^{-1}, bet kūdras dozatoram 0.125s^{-1}. Rotācijas ātrums tika noteikts ar induktīvajiem sensoriem un impulsu skaitītāju (71. att.), bet regulēšanu nodrošināja hidrauliskais plūsmas regulators. Kad ātrumi iestatīti augšējā dozatorā tika iebērta kūdra. Maisītāja piedziņa tika iedarbināta līdz kūdra nonāca līdz konveijera lentas galam, tad arī otrajā tvertnē tika iepildīta masa – Miežabrālis. Masas iepriekš tika nosvērtas. Maisītājs tika iedarbināts un telpā starp pirkstainajām lentām notika samaisīšanās. Kad tvertne ar Miežabrlāli bija iztukšojusies, kūdras dozators tika apturēts. Iedarbinot kūdras dozatoru pretējā virzienā tā tika izkrauta atsevišķā tvertnē un nosvērta. Tas nepieciešams, lai zinātu cik kg kūdras ir maisījumā. Pēc masas proporcijas tika noteikts, ka maisījums ir ar 15.65% kūdras piejaukumu.

71. att. Eksperimenta shēma

Konveijeru, ar pirkstveida izciļņiem, lentes kustības ātrums eksperimenta laikā bija ļoti atšķirīgs – 9.52 reizes. Līdz ar to arī maisīšanās starp pirkstveida izciļņiem bija ļoti intensīva, un maisījums telpā starp lentēm bija viendabīgs (73. att.). Masai virzoties caur gliemežtransportieri tā tika vēl papildus samaisīta un iegūtais maisījums izskatās homogēns (74. att.).

72. att. Maisīšanas process

73. att. Maisījuma veidošanās

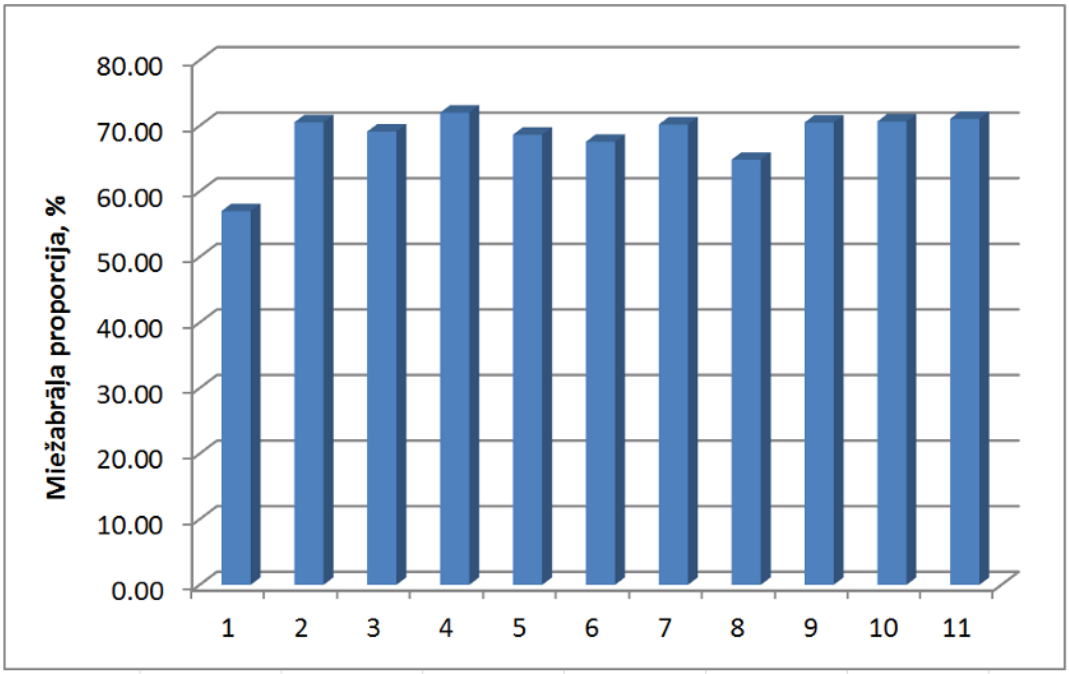
74. att. Miežabrāļa un kūdras maisījums

No iegūtā maisījuma tika noņemti 11 paraugi, ieskanēti un veikta attēlu analīze. Iegūtie eksperimenta rezultāti apkopoti 10. tabulā.

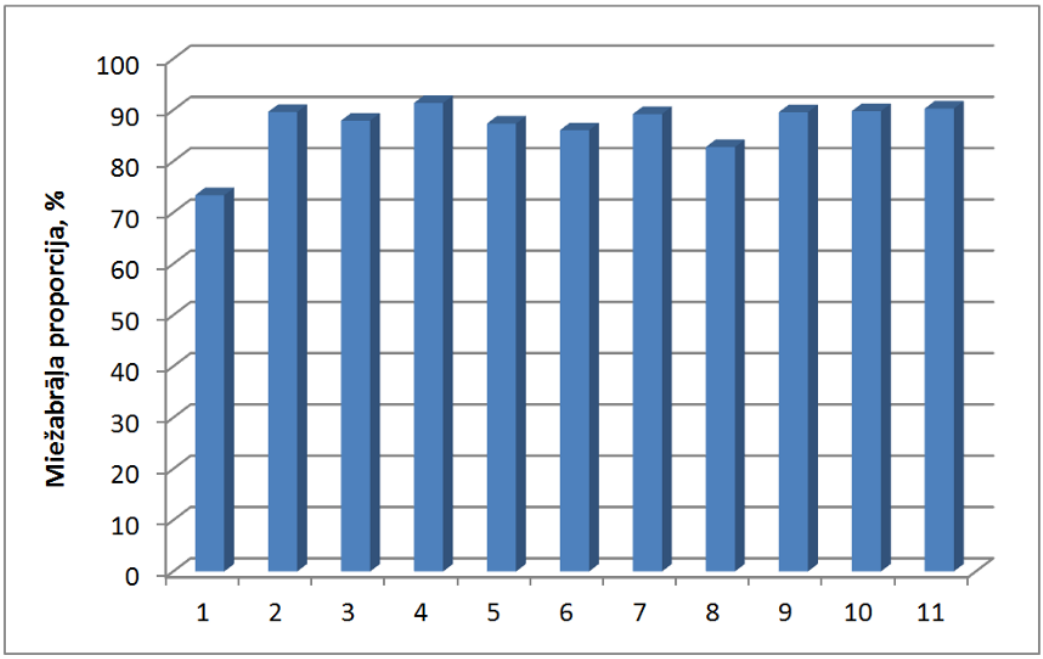
10. tabula. Miežabrāļa un kūdras maisījuma novērtēšanas rezultāti

N. P. K.	Faktiskā kūdras proporcija, %	Faktiskā Miežabrāļa proporcija, %	Fona aizņemtais laukums, Bytes	Miežabrāļa daļiņu aizņemtais laukums, Bytes	Miežabrāļa proporcija maisījumā (AA), %	Standart-novirze	Kūdras proporcija maisījumā, %
1	15.65	84.35	994916	567034	56.99	0.91	43.01
2	15.65	84.35	989976	698231	70.53	0.74	29.47
3	15.65	84.35	992880	686233	69.12	0.76	30.88
4	15.65	84.35	989904	712690	72.00	0.74	28.00
5	15.65	84.35	985949	676766	68.64	0.76	31.36
6	15.65	84.35	991895	670077	67.56	0.79	32.44
7	15.65	84.35	993909	697672	70.19	0.78	29.81
8	15.65	84.35	993865	644329	64.83	0.81	35.17
9	15.65	84.35	986932	695636	70.48	0.77	29.52
10	15.65	84.35	990864	700146	70.66	0.74	29.34
11	15.65	84.35	989904	703573	71.07	0.75	28.93

Pēc primārās attēlu apstrādes vērtības parādīja, ka maisījumā ir 31.63±2.86% kūdra (75. att.), bet pēc datu korekcijas atbilstoši kalibrēšanas līknei 12.96±3.43% (76. att.), kas sakrīt ar maisījuma noteikto proporciju pēc masas - 15.65% kūdras piejaukums.



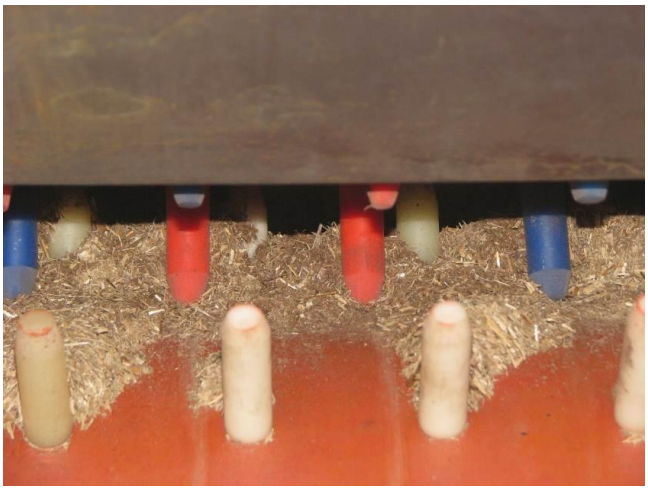
75. att. Attēlu analīzes dati



76. att. Koriģētie dati

Column1	
Mean	12.96
Standard Error	1.54
Median	10.77
Mode	#N/A
Standard Deviation	5.11
Sample Variance	26.13
Kurtosis	5.42
Skewness	2.23
Range	18.00
Minimum	8.60
Maximum	26.61
Sum	142.51
Count	11.00
Confidence Level(95.0%)	3.43

Miežabrāļa un kūdras maisījumu veidošana proporcijā 70:30. Pēc masas noteiktā proporcija 25.33%. Masas daļiņu lielumu sadalījums redzams 68. attēlā. Miežabrāļa dozatoram tas bija 1.19 s^{-1}, bet kūdras dozatoram 0.25s^{-1}. Rotācijas ātrumu attiecība ir mazāka kā iepriekš, t.i. 4.76, bet vēl joprojām maisīšana starplentu telpā notiek ļoti intensīvi un izveidotais maisījums ir viendabīgs (77. att.).



77. att. Starplentu telpā izveidotais maisījums

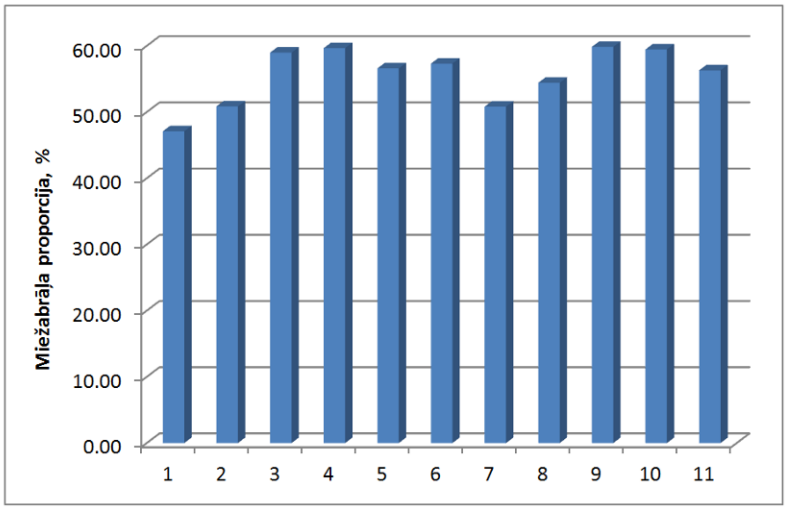
78. att. Maisījums M70-K30

Programmatūrā Matlab veiktajā attēlu apstrādē iegūtie dati apkopoti 11. tabulā.

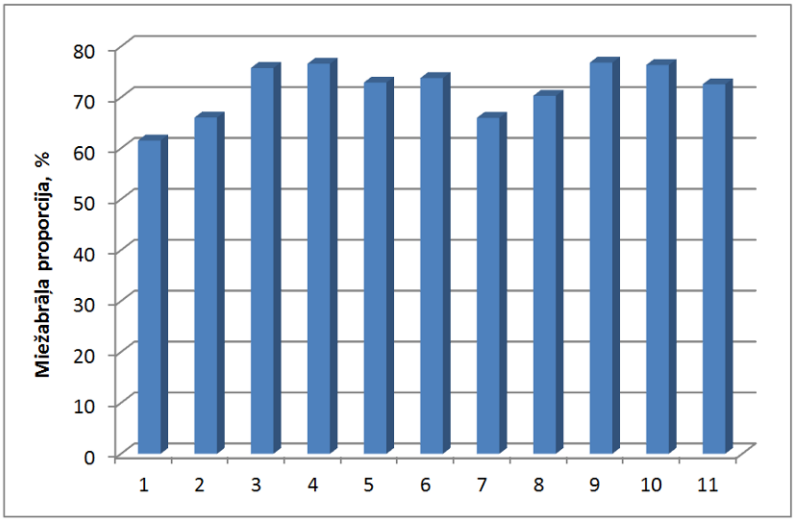
11. tabula. Miežabrāļa un kūdras maisījuma novērtēšanas rezultāti

N. P. K.	Faktiskā kūdras proporcija, %	Faktiskā Miežabrāļa proporcija, %	Fona aizņemtais laukums, Bytes	Miežabrāļa daļiņu aizņemtais laukums, Bytes	Miežabrāļa proporcija maisījumā (AA), %	Standart-novirze	Kūdras proporcija maisījumā, %
1	25.33	74.67	988898	465743	47.10	1.16	52.90
2	25.33	74.67	992922	504967	50.86	1.09	49.14
3	25.33	74.67	993888	586185	58.98	0.93	41.02
4	25.33	74.67	992922	592348	59.66	0.96	40.34
5	25.33	74.67	993840	562392	56.59	0.98	43.41
6	25.33	74.67	990888	567960	57.32	0.96	42.68
7	25.33	74.67	990864	503440	50.81	1.10	49.19
8	25.33	74.67	989944	538694	54.42	0.96	45.58
9	25.33	74.67	989904	592385	59.84	0.94	40.16
10	25.33	74.67	989961	588553	59.45	0.95	40.55
11	25.33	74.67	985968	555055	56.30	0.97	43.70

Pēc attēlu analīzes datiem kūdras proporcija maisījumā ir 44.43±2.88% (79. att.), bet ņemot vērā kalibrēšanas līknes korekcijas 28.31±3.46%(80. att.).



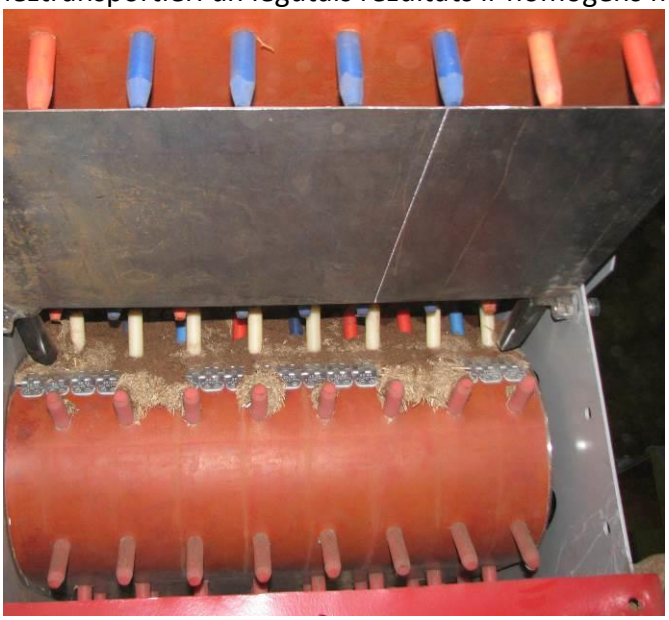
79. att. Attēlu analīzes dati



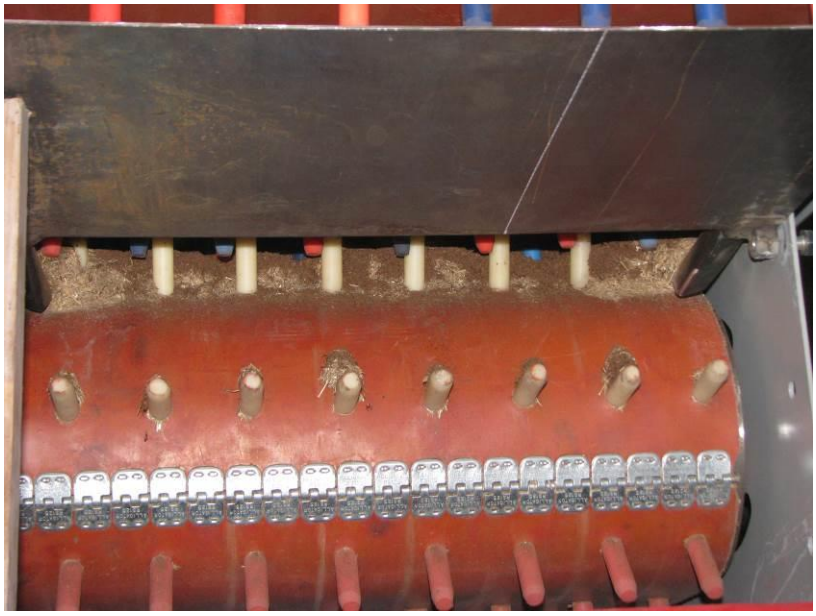
80. att. Koriģētie dati

Column1	
Mean	28.31
Standard Error	1.55
Median	27.09
Standard Deviation	5.15
Sample Variance	26.54
Range	15.29
Minimum	23.19
Maximum	38.48
Sum	311.43
Count	11.00
Confidence Level(95.0%)	3.46

Ja maisījuma proporcija tuvojās 50%, konveijeru lentu ātruma attiecība tuvinās 1, un maisīšanās starplentu telpā nenotiek tik intensīvi kā iepriekš. Starplentu telpas maisījuma attēlos parādās slāņi (81. un 82. att.). Taču papildus sajaukšanās notiek masai izplūstot no maisītāja, kā arī gliemežtransportierī un iegūtais rezultāts ir homogēns maisījums (83. att.).



81. att. Maisījums starplentu telpā



82. att. Maisījums starplentu telpā

83. att. Miežabrāļa un kūdras maisījums M55K45

17. MOBILĀ BRIKETĒTĀJA PROTOTIPA IZSTRĀDE UN BRIKETĒŠANAS, GRANULĒŠANAS PROCESA EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI (DAŽĀDU BIOMASU MAISĪJUMA GRANULĒŠANA/ BRIKETĒŠANA, ĪPATNĒJĀ ENERĢIJAS PATĒRIŅA NOTEIKŠANA, UTT.).

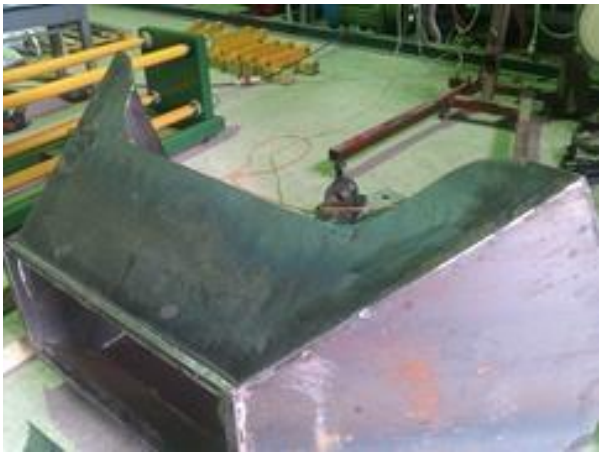
Mobilā briketētāja mehānisma atbalsta plākšņu izgatavošana

Mobilā briketētāja mehānisma sānu kronšteinu izgatavošana

Mobilā briketētāja elementu sagatavošana krāsošanai, gruntēšana, krāsošana un montāža.

Mobilā briketētāja mehānisma atbalstu kronšteinu montāža un metināšana

Mobilā briketētāja mehānisma montāža



Mobilā briketētāja prototipa mehānisma tapu izvirpošana

Mobilā briketētāja prototipa mehānisma stiprinājuma plākšņu izgatavošana

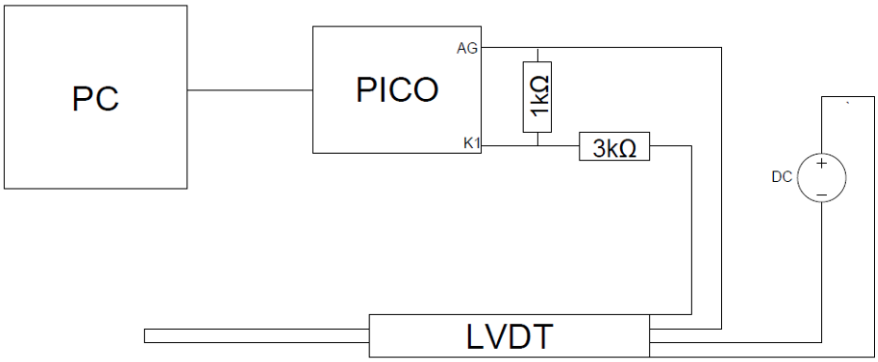
PĀRVIETOJUMA MĒRĪŠANAS APARATŪRAS IZVĒLE, PARAMETRU NOTEIKŠANA UN UZSTĀDĪŠANA MOBILĀ BRIKETĒTĀJA PROTOTIPA GALVENĀ CILINDRA PĀRVIETOJUMA NOTEIKŠANAI

Mobilā briketētāja prototipa, galvenā cilindra pārvietojuma mērīšana, nepieciešama briketēšanas enerģijas aprēķinam. Pārvietojumu mērīšanai iespējams izmantot dažādus mērpārveidotājus – potenciometriskos, ultraskaņas, lineāro diferenciālo transformeri, u.c. Hidrocilindru kātā pārvietojumu mērīšanai piemērotākais ir lineārais diferenciālais transformeris (LDT), tas ir piemēros arī no konstruktīvā novietojuma viedokļa. Nepieciešamais mērīšanas diapazons ir 300 mm. Pārvietojuma mērīšanas mērpārveidotāju salīdzinājums redzams 12. tabulā.

12. tabula. Pārvietojuma mērīšanas mērpārveidotāji

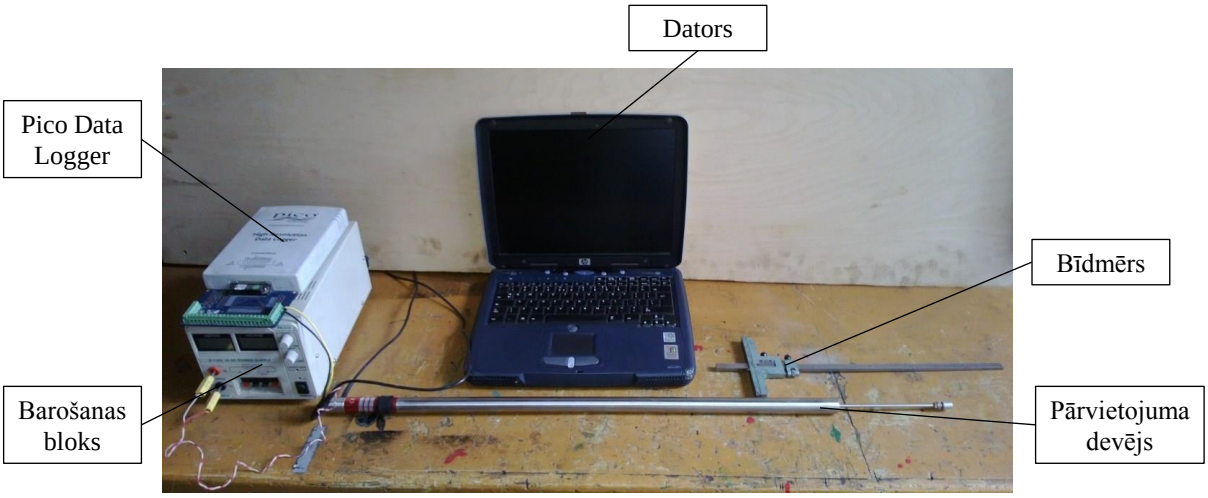
Nosaukums	Attēls	Parametri
DCTH Series DCTH6000C		• mērīšanas diapazons: ±150 mm; • linearitāte: 0.29% ; • jutīgums: 32.6 mV/mm
GT Precision LVDT Gauging Transducer		• mērīšanas diapazons: ±150 mm; • linearitāte: 0.25% ; • jutīgums: 32.6 mV/mm
WayCon SL		• mērīšanas diapazons: 50...600 mm; • linearitāte: 0.30%; • jutīgums: 32.6 mV/mm

Mērījumu veikšanai tiks izmantots DCTH Series DCTH6000C mērpārveidotājs. Datu pierakstīšanai un saglabāšanai tiks izmantots Data Pico Logger datu uzkrāšanas ierīce un dators. Elektriskā slēguma shēma redzama 84. attēlā.



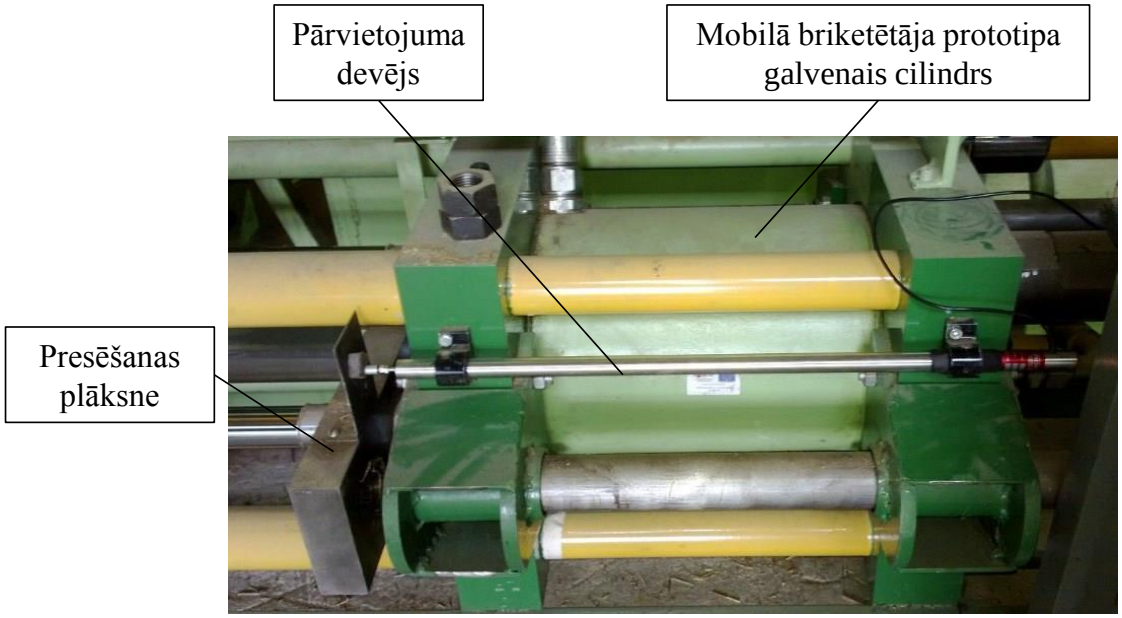
84. att. Pārvietojuma devēja slēguma shēma

Pirms mērījumu veikšanas, nepieciešama mērpārveidotāja kalibrēšana (85. att.).



85. att. Pārvietojuma mērpārveidotāja kalibrēšana

Lai nodrošinātu pārvietojuma mērpārveidotāja drošu darbību, jāveic tā atbilstoša uzstādīšana. Jāpievērš uzmanība fiksējošiem elementiem, kas var bojāt mērpārveidotāja korpusu. Jānodrošina slīdošā gala brīva pārvietošanās un fiksācija pie presēšanas plāksnes (86. att.)



86. att. Pārvietojuma mērpārveidotājā uzstādīšana

BRIKEŠU BLĪVUMA NOTEIKŠANAS METOŽU ANALĪZE, EKSPERIMENTĀLIEM PĒTĪJUMIEM

Cietās biodegvielas. Daļiņu blīvuma noteikšanas metodes

Sfēra

Eiropas standarts LVS EN 15150:2012 apraksta metodi daļiņu blīvuma noteikšanai, sablīvētai cietajai biodegvielai, piemērām, granulām un briketēm. Noteiktais daļiņu blīvums nav absolūtā vērtība un tam ir salīdzinošs raksturs.

Princips

Tiek noteiktas masas un tilpuma vērtības vienai daļiņai vai daļiņu grupai. Tilpuma mērīšanai tiek izmantota metode, kur materiāls tiek iemērkts šķidrumā. Šī tilpuma mērīšanas metode balstās uz fizikālu principu – ķermeņa tilpums ir proporcionāls izspiestā šķidruma daudzumam. Ķermeņa tilpumu iespējams aprēķinot, zinot precīzu šķidruma blīvumu.

Piezīmes: Ja brikete vai granula ir regulāras formas, tad to tilpumu iespējams aprēķināt nomērot ķermeņa dimensijas. Materiāla blīvumu nosaka kā masas un tilpuma attiecību. Uzmanība jāpievērš mērīšanas procedūrai, ja novērojamas būtiskas rezultātu svārstības, veicot mērījumu atkārtojumus.

Reaģenti

1) Ūdens ar mazu jonu saturu (dzeramais ūdens), ūdens temperatūras diapazons no 10 ^{o}C līdz 30 ^{o}C.
2) Mazgāšanas līdzeklis O-[4-(1,1,3,3-Tetrametilbutils)-fenils]-deka(oksitilēns) vai Polietilenglikols-mono-[p-(1,1,3,3- Tetrametilbutils)-fenil]-ēteris.

Piezīmes: Mazgāšanas līdzekļa (ar dotajiem parametriem) un ūdens maisījums nodrošinās šķidruma (maisījuma) konstantu blīvumu. Par mazgāšanas līdzekli var izmantot Triton X-100, kura blīvums pie 20 ^{o}C ir 1.07 g/l.

1) Parafīns ar kušanas temperatūru no 52 ^{o}C līdz 54 ^{o}C.

Aprīkojums (kopējais)

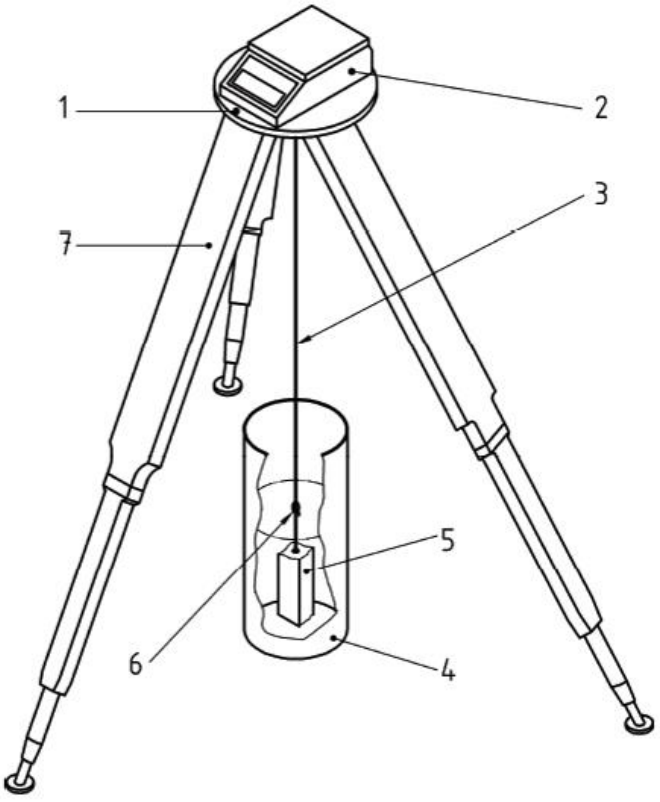
1) Termometrs ar precizitāti 1 ^{o}C.
2) Mitruma satura noteikšanas aprīkojums, atbilstoši EN 14774-1 vai EN 14774-2 standartam.

Aprīkojums (brikešu blīvuma testam)

1) Svari ar atbilstošu precizitāti – 0.001 g, ja brikešu masa ir lielāka par 500 g, tad pieļaujama svaru precizitāte 0.1 g. Svariem jāatrodas vēja aizsargātā vietā un svari jānovieto tā, lai būtu iespējams maksimāli ātri nolasīt mērījumu rezultātus. Svariem jābūt iespējai, pievienot slodzes uzdošanas stienīti.
2) Caurspīdīgs trauks ar brikešu izmēriem atbilstošu tilpumu.

Piezīmes: Par atbilstošs trauka tilpumu tiek uzskatīts trauks, kura šķērsgriezuma laukums ir 8 reizes lielāks par briketes šķērsgriezuma laukumu. Šāds izmēru attiecība samazinās iespējamo mērījumu kļūdu.

1) Statīvs svaru novietošanai. Statīva svaru novietošanas plāksnei jābūt ar urbumu, kas ļauj svarus savienot ar tērauda stieplīti. Statīva shēma redzama 87. Att.
2) Aprīkojums briketes noturēšanai, iemērkšanai šķidrumā (tērauda stieples cilpiņa vai skavas).
3) Ja nosakāmais briketes blīvums ir mazāks par 1.0 g cm^{-3}, jānodrošina materiāla piespiedu iegremdēšana šķidrumā, pilnā apjomā.



87. att. Brikešu blīvuma noteikšana ar iemērkšanas metodi: 1 – plāksne ar urbumu, svaru novietošanai; 2 – svari; 3 – tērauda stienītis; 4 – trauks ar šķidrumu; 5 – testējamais paraugs (brikete); 6 – savienošanas elements (fiksators); 7 – statīvs

Paraugu sagatavošana

1) Testējamo paraugu (brikešu) noņemšana un sagatavošana jāveic saskaņā ar EN 14778 un EN 14780 standartiem.
2) Kopējā paraugu masa – 500 g (granulām ar diametru lielāku vai vienādu ar 12 mm) vai 1000 g granulām ar diametru lielāku par 12 mm. Ieteicamais testējamo brikešu paraugu skaits ir 15.
3) Minimālais paraugu skaits (40 granulas vai 10 briketes) jānovieto telpā, kur tiks veiktu mērījumi. Mērījumu jāveic divu dienu laikā.

4) Briketēm ar nelielu blīvumu vai rupju tekstūru, iespējama strauja šķidruma uzsūkšanās testējamajā materiālā. Testējamais parauks var tikt pārklāts ar parafīna kārtiņu, veicot iepriekšēju parauga iemērkšanu izkausētā parafīnā. Ieteicamā šķidrā parafīna temperatūra 90 ^{o}C.

Procedūra (brikešu tests)

1) Piepilda pilnu trauku ar šķidrumu.
2) Pievieno mazgāšanas līdzekli, 1.5 garumus uz litru un iemaisa ūdenī, līdz šķidrums kļūst homogēns.
3) Veic mērījumus šķidruma temperatūrai.
4) Nosver testējamo paraugu (briketi) un pieraksta mērījumu rezultātu ar precizitāti 0.001 g. Ja briketes masas lielāka par 500 g, pieļaujama mērījumu precizitāte 0.1 g.
5) Nofiksē tērauda stiepli ar testējamā parauga turēšanas cilpu (skavām) un iemērc maksimālā dziļumā, traukā ar šķidrumu. Jāpārliecinās lai fiksējošie elementi nepieskaras trauka sieniņām.
6) Notāre svarus, kopā ar tērauda, paraugu turēšanas aprīkojumu. Šajā gadījuma paraugu turēšanas aprīkojums neatrodas šķidrumā.
7) Nostiprina testējamo paraugu (briketi) turēšanas cilpā (skavās) un pilnībā iemērc traukā ar šķidrumu.
8) Kad testējamais paraugs ir pilnībā iemērkts šķidrumā, nolasa svaru rādījumu. Ja briketes blīvums ir mazāks par 1.0 g/cm3, jāpārliecinās par briketes pilnīgu iemērkšanu šķidrumā. Šajā gadījuma jāpārliecinās par pareizu svaru tērēšanu. Svari jātērē kopā ar papildus slodzi, kas nepieciešama testējamā parauga pilnīgai iemērkšanai šķidrumā.

Piezīmes: Nedrīkst pieļaut testējamā parauga un aprīkojama saskaršanos ar trauku, kurā iepildīts šķidrums. Pēc parauga iegremdēšanas šķidrumā, svaru rādījums jānolasa pēc iespējas ātrāk, pirmajās 3 līdz 5 sekundēs.

1) Testējamais paraugs jāizņem no šķidruma uzreiz pēc mērījumu rezultātu nolasīšanas.
2) Procedūra jāveic vismaz desmit paraugiem. Pēc katra atkārojuma, jāveic šķidruma uzpildīšana līdz minimālajam līmenim.
3) Nosaka testējamā materiāla sākotnējo mitruma saturu, izmantojot metodiku, kas dota EN 14774-1 vai EN 14774-2 standartos.

Aprēķini

1) Šķidruma (ūdens un reaģenta maisījuma) blīvums ir 0.9958 g cm^{-3}. Šo vērtību jāizmanto turpmākiem aprēķiniem.
2) Aprēķina testējamā parauga blīvumu:

$$\rho_M = \frac{m_a}{m_a - m_1}\rho_1 , \qquad (20)$$

kur ρ_M – testējamā parauga blīvums pie zināmā mitruma satura M, g cm^{-3};

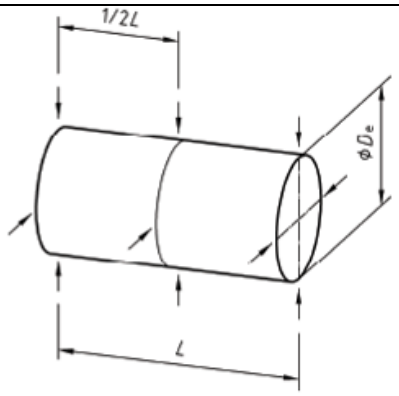
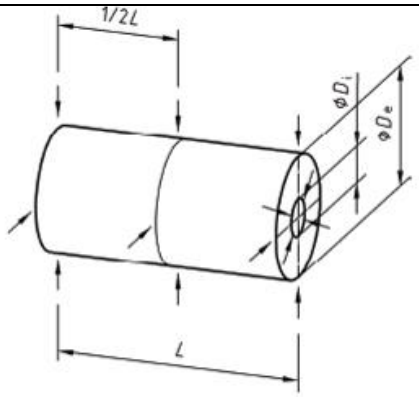
m_a – testējamā parauga masa, kas noteikta sākotnēji, ieskaitot sākotnējo mitruma saturu, g;

M_1 – testējamā parauga masa šķidrumā, g;

ρ_1 – šķidruma blīvums (9.1), g cm^{-3};

1) Aprēķina paraugu vidējo blīvuma vērtību, no 10 atkārtojumiem.

13. tabula. Tilpuma noteikšana ar mērīšanas metodi (regulāras formas briketēm un granulām)

Briketes bez centra urbuma un granulas	Briketes ar centra urbumu
	
Veic mērījums ar bīdmēru: • Garumu L: divi mērījumi katrai briketei/granulai, katrs mērījums pa 90 grādiem. • Ārējais diametrs (De): seši mērījumi katrai briketei/granulai, divi mērījumi galos un viens vidū $^1/_2$L.	Veic mērījums ar bīdmēru: • Garumu L: divi mērījumi katrai briketei/granulai, katrs mērījums pa 90 grādiem. • Ārējais diametrs (De): seši mērījumi katrai briketei/granulai, divi mērījumi galos un viens vidū $^1/_2$L. • Iekšējais diametrs: četri mērījumi, briketes galos.
Aprēķini: $$V_p = \frac{D_{em}^2 \pi L}{4}$$ V_p – briketes/granulas tilpums, cm^3; L – vidējais garums, cm; D_{em} – diametra sešu mērījumu vidējā vērtība, cm.	Aprēķini: $$V_p = \frac{D_{em}^2 \pi L}{4} - \frac{D_{im}^2 \pi L}{4}$$ V_p – briketes/granulas tilpums, cm^3; L – vidējais garums, cm; D_{em} – diametra sešu mērījumu vidējā vērtība, cm. D_{im} – iekšējā diametra četru mērījumu vidējā vērtība, cm.

Minimālais mērījumu atkārtojumu skaits: briketēm – 5, granulām – 10.

Tilpuma noteikšana ar mērīšanas metodi (metode, kas piemērojama arī neregulāras formas briketēm un granulām)

1) Nepieciešama papīra lapa (A4, 21 x 29.7 cm), nosaka masu ar precizitāti 0.1 mg un nomēra dimensijas ar precizitāti 0.01 cm. Aprēķina virsmas laukumu.
2) Novieto testējamo paraugu papīra lapas centrā.
3) Izmantojot 0.5 mm zīmuli iezīmē novietotā parauga perimetru.
4) Izgriež iezīmēto kontūru.
5) Nomēra izgrieztā papīra masu ar precizitāti 0.1 mg.
6) Veic briketes garuma divus mērījumus ik pa 90 grādiem. Ja briketei ir centra urbums veic iekšējā diametra četrus mērījumus (katrā pusē pa 90 grādiem).

Aprēķins.

Briketes virsmas laukums bez centra cauruma:

$$A_b = \frac{A_s M_p}{M_s}, \quad (21)$$

kur A_b – testējamā parauga virsmas laukums, cm^2;
A_s – laukums oriģinālajai lapai, cm^2;
M_p – izgrieztā papīra masa, g;
M_s – oriģinālās papīra lapas masa, g.

Briketes tilpums:

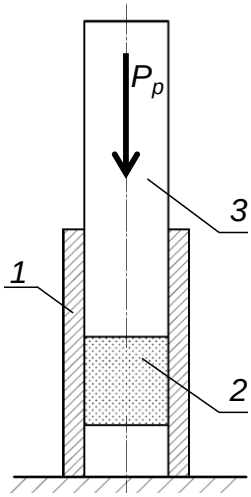
$$V_b = A_b L_b, \quad (22)$$

kur V_b – testējamā parauga tilpums, cm^3;
L_b – testējamā parauga garums, cm.

Biomasas sagatavošana briketēšanas eksperimentiem.

MIEŽABRĀĻA, MIEŽABRĀĻA UN KŪDRAS MAISĪJUMU BRIKETĒŠANAS EKSPERIMENTI

Miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras maisījumu kompaktēšanas eksperimentiem izmantota slēgtā tipa presforma (88. att.), kur presēšanas virzuļa virsmas laukums ir 8720 mm^2. Presēšanas spiediens 22.5 Mpa.



88. att. Shēma: 1 – presforma; 2 – presējamais materiāls; 3 – virzulis

Eksperimentu metodika:

- ✓ materiāla sagatavošana. Miežabrāļa smalcināšanai, izmantoti sieti ar acs diametru 6, 12 un 20 mm. Miežabrāļa un kūdras maisījumi sagatavoti ar kūdras piedevu 15 un 30%;
- ✓ mitruma noteikšana eksperimentālajam materiāla, atbilstoši LVS EN 14774-1 standartam;
- ✓ eksperimentālās iekārtas sagatavošana – spiediena sensora uzstādīšana, pārvietojuma sensora uzstādīšana, materiāla iepildīšana tvertnē;
- ✓ datu pierakstīšanas aparatūras pieslēgšana;
- ✓ briketēšanas eksperimenti, veicot galvenā cilindra darba spiediena un pārvietojuma pierakstu.
- ✓ mērījumu veikšana, brikešu blīvuma aprēķinam uzreiz pēc briketes izņemšanas no presformas, atbilstoši LVS EN 15150 standartam;
- ✓ atkārtota mērījumu veikšana, brikešu blīvuma aprēķinam (pēc 24 stundām), atbilstoši LVS EN 15150 standartam;
- ✓ eksperimentālo rezultātu matemātiskā apstrāde un novērtējums.

Izgatavoto brikešu blīvuma aprēķins:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{kabh}, \tag{23}$$

kur ρ – briketes blīvums, kg m^{-3};

m – briketes masa, kg;

V – briketes tilpums, m^{-3};

k – koeficients, kas ievērtē laukuma samazinājumu, briketes sānu malu noapaļojuma rādiusu dēļ, k = 0.972 (skat. 89. att.);

a, b, h – vidējie briketes malu garumi, m.

89. attēlā redzama brikete ar norādītajiem dimensiju mērīšanas punktiem, briketes tilpuma aprēķinam. Aprēķinam izmantotas mērījumu vidējās vērtības.

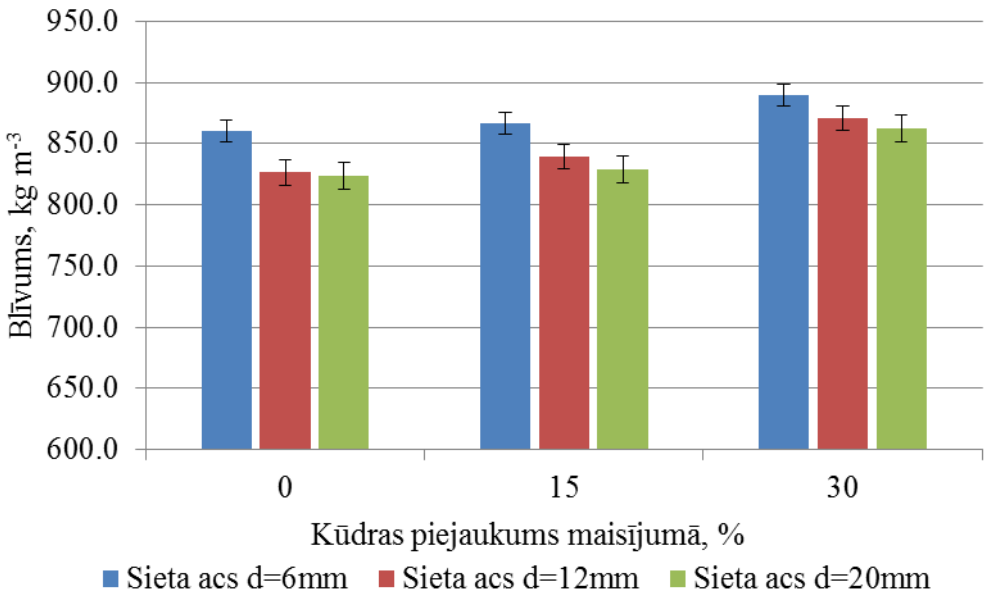
89. att. Brikešu blīvuma mērīšana

14. tabulā redzami mitruma mērīšanas rezultāti eksperimentālajam materiālam.

14. tabula. Miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras maisījumu materiāla mitruma

Materiāls	Mitrums, %
S6, K0%	12.69
S6, K15%	13.84
S6, K30%	15.02
S6, K50%	13.4
S12, K0%	12.89
S12, K15%	13.25
S12, K30%	14.98
S20, K0%	13.65
S20, K15%	15.38
S20, K30%	15.78
Kūdra	25.88

Iegūtās miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras brikešu blīvuma vidējās vērtības redzama 15. tabulā, grafiskais attēlojums 90. attēla.



90. att. Brikešu blīvums

No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka maksimālā brikešu blīvuma vidējā vērtība 889.1±11.8 kg m^{-3} iegūta briketējot miežabrāļa frakciju, kur smalcināšanai izmantots siets ar acs diametru 6 mm un veidots maisījums ar kūdras piedevu 30 %. Savukārt minimālais vidējais blīvums 823.3±13.2 kg m^{-3} iegūts briketējot miežabrāļa frakciju, kur smalcināšanai izmantots siets ar acs diametru 20 mm un neizmantojot kūdru kā piedevu.

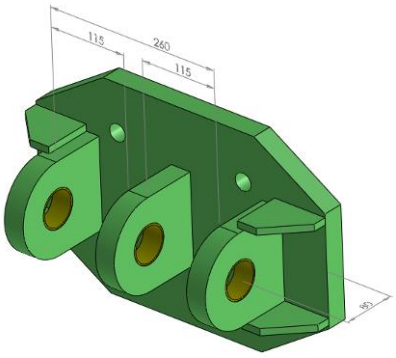
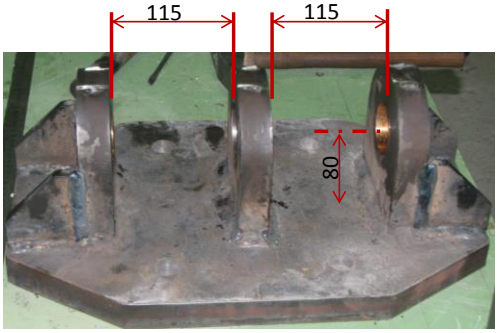
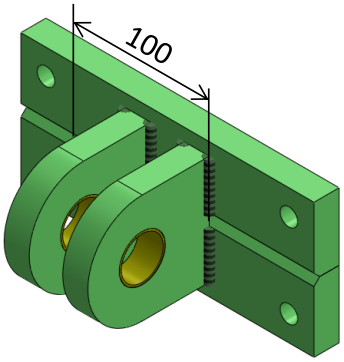
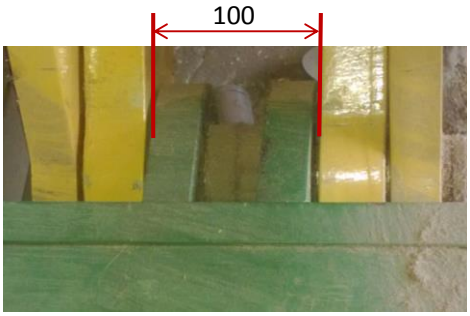
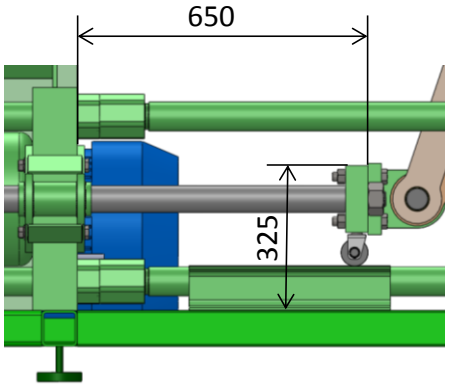
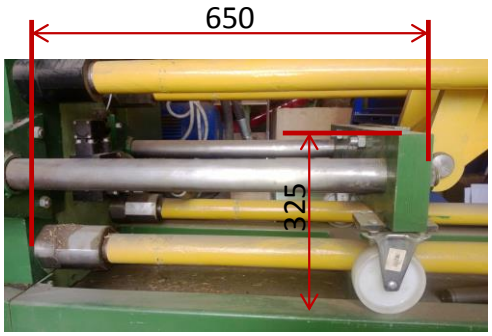
15. tabula. Miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras maisījumu brikešu blīvums

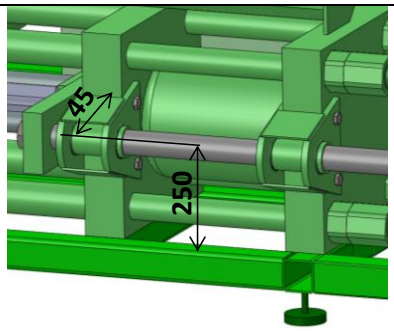
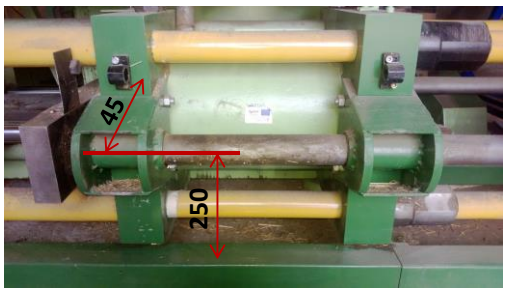
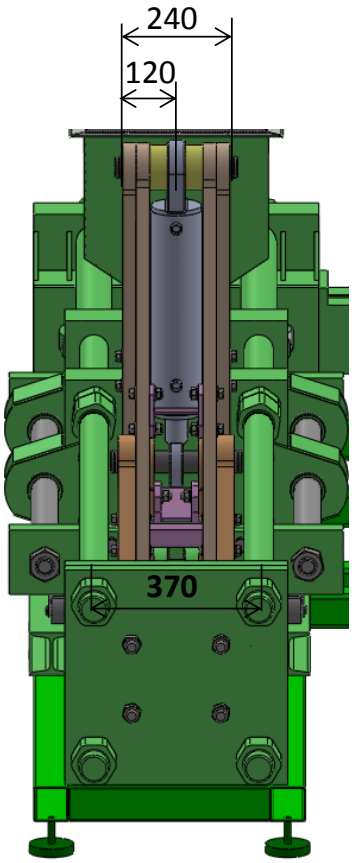
Nr.p.k.	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 30%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 30%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 30%
	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}	Blīvums, kg m^{-3}
1	895.10	892.08	930.97	842.85	886.19	973.53	812.76	850.50	904.16
2	871.15	884.59	905.89	828.76	851.19	874.44	823.17	842.61	900.70
3	837.55	879.43	889.38	823.98	864.90	850.79	804.39	824.62	882.20
4	859.22	871.89	899.53	852.42	838.38	860.67	824.78	827.16	860.55
5	839.30	875.59	878.30	830.54	828.13	868.07	813.90	838.38	856.14
6	855.09	867.21	879.61	790.99	822.08	854.72	840.36	812.28	847.15
7	856.51	867.08	878.47	818.69	834.40	862.23	829.22	816.67	843.21
8	873.51	841.24	890.52	817.63	820.72	858.77	814.38	808.19	850.57
9	853.68	826.55	882.42	805.58	829.91	862.43	831.87	879.90	846.78
10	865.11	860.27	878.14	802.82	826.49	861.28	822.94	805.79	841.33
11	855.01	864.69	867.38	874.50	828.84	850.43	838.97	811.86	853.10
Vidējā vērtība	860.11	866.42	889.15	826.25	839.20	870.67	823.34	828.91	862.35
Kļūda ±, kJ kg^{-1}	10.80	12.60	11.80	20.90	13.70	23.40	12.30	15.10	15.30

MOBILĀ BRIKETĒTĀJA PROTOTIPA PRESĒŠANAS MEHĀNISMA ĢEOMETRISKO PARAMETRU PĀRBAUDE

Pēc mobilā briketētāja prototipa elementu izgatavošanas un montāžas nepieciešamas veikt ģeometrisko parametru atbilstības pārbaudi. Veiktie mērījumi atspoguļoti 16. tabulā.

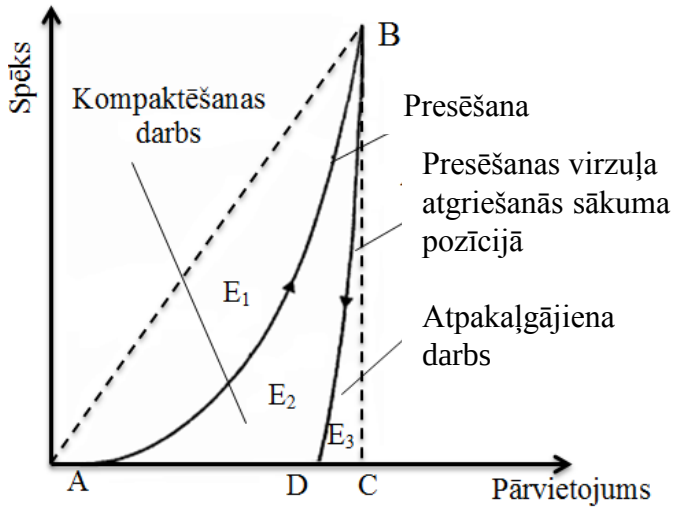
16. tabula. Ģeometrisko parametru pārbaude

Elementa elektroniskais modelis ar galvenajiem izmēriem	Reālā elementa ģeometriskie izmēri	Secinājumi
		Izgatavotā elementa ģeometriskie parametri atbilst projektētajam.
		Izgatavotā elementa ģeometriskie parametri atbilst projektētajam.
		Elementu montāža veikta atbilstoši projektētajam.

		Elementu montāža veikta atbilstoši projektētajam.
		Elementu montāža veikta atbilstoši projektētajam.

ĪPATNĒJĀS BRIKETĒŠANAS ENERĢIJAS PATĒRIŅA NOTEIKŠANA

Kompaktēšanas procesa raksturošanai virzuļpresēm, iespējams izmantot spēka – pārvietojuma raksturlīknes. Tipiskā spēka – pārvietojuma raksturlīkne redzama. 91. attēlā.



91. att. Tipiskā spēka – pārvietojuma raksturlīkne virzuļpresēm

No teorētiskās spēka – pārvietojuma raksturlīknes redzams kā mainās spēks uz virzuļa gala virsmas. Lakums ABD nosaka darbu, kas nepieciešamas materiāla saspiešanai, preses virzulim pārvietojoties no sākuma pozīcijas, presformas slēgtā gala virzienā, attīstot maksimālo presēšanas spēku. Maksimālais presēšanas spēks tiek sasniegts punktā B. Virzulim pārvietojoties atpakaļ uz sākotnējo pozīciju tiek patērēts darbs, ko nosaka lakums DBC.

Veicot spiediena un pārvietojuma pierakstu, biomasas presēšanas laikā, presēšanas procesā patērēto enerģiju var aprēķināt:

$$E = \left[\left(\frac{F_1 + F_2}{2} \right) \triangle z + \left(\frac{F_3 + F_2}{2} \right) \triangle z + \ldots + \left(\frac{F_n + F_{n-1}}{2} \right) \triangle z \right], \quad (24)$$

kur E – presēšanas enerģija, J;
F_1, – presēšanas spēks atbilstoši pirmajam spiediena mērījuma punktam, N;
F_n – presēšanas spēks atbilstoši n-tajam spiediena mērījuma punktam, N;
Δz – presēšanas virzuļa pārvietojums, m.

Vizuāļa presēšanas spēks ir atkarīgs no spiedienu starpības starp hidrocilindra virzuļa un kāta telpām. Atbilstoši spiediena pierakstam, presēšanas spēku n-tajam punktam var aprēķināt:

$$F_n = \left(p_{vn} \frac{\pi D^2}{4} - p_{kn} \frac{\pi \left(D^2 - d^2 \right)}{4} \right) \eta, \quad (25)$$

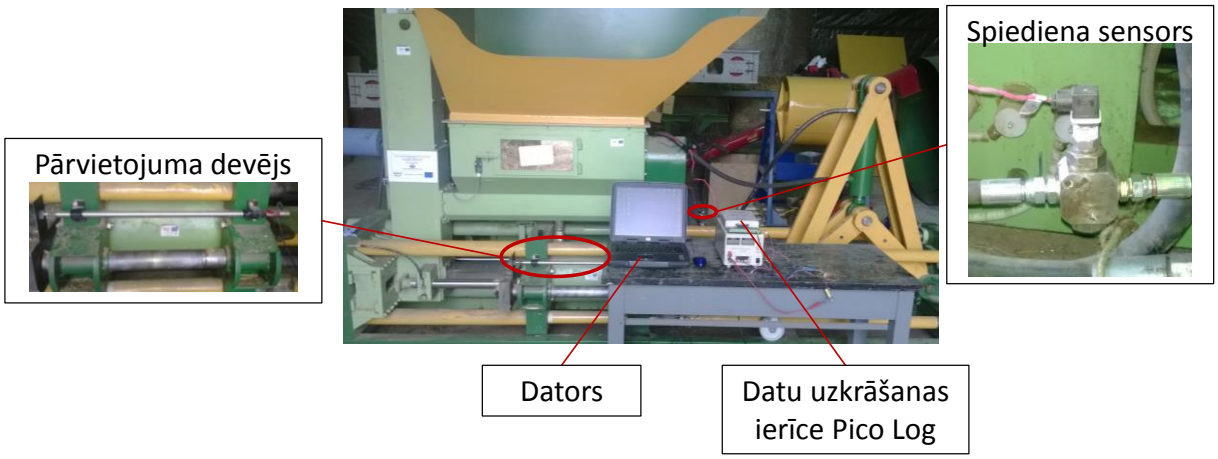
kur p_{vn} – spiediens hidrocilindra virzuļa telpā, MPa;
p_{kn} – spiediens hidrocilindra kāta telpā, MPa;
D – hidrocilindra virzuļa diametrs, mm;
d – hidrocilindra kāta diametrs, mm;
η – mehānisko zudumu koeficients.

Īpatnējās briketēšanas enerģija:

$$E_{īp} = \frac{E}{m}, \quad (26)$$

kur – $E_{īp}$ – īpatnējā briketēšanas enerģija, J kg^{-1};
m – briketes masa, kg.

Spiediena un pārvietojuma pierakstam izmantoti spiediena sensori, pārvietojuma devējs, datu uzkrāšanas ierīce Pico Log un dators. Mērījumiem izmantotās iekārtas redzamas 92. attēlā.



92. att. Spiediena un pārvietojuma mērīšanai izmantotie elementi

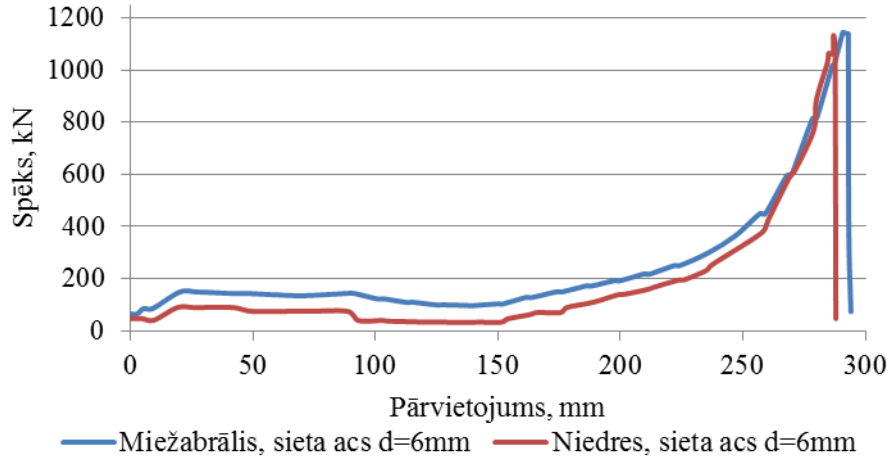
BRIKETĒŠANAS ENERĢIJAS APRĒĶINS

Eksperimentālo pētījumu mērķis ir noskaidrot īpatnējo briketēšanas enerģiju, briketējot dažādu enerģētisko augu biomasu un to maisījumus. Novērtēt īpatnējās enerģijas izmaiņu atkarībā no biomasas veida, materiāla frakcijas lieluma un biomasas maisījuma sastāva. Eksperimentiem izvēlētās biomasas ir miežabrālis un niedres. Biomasas maisījumu veidošanai izmantota kūdra. Kūdras proporcija maisījumos 15 un 30%.

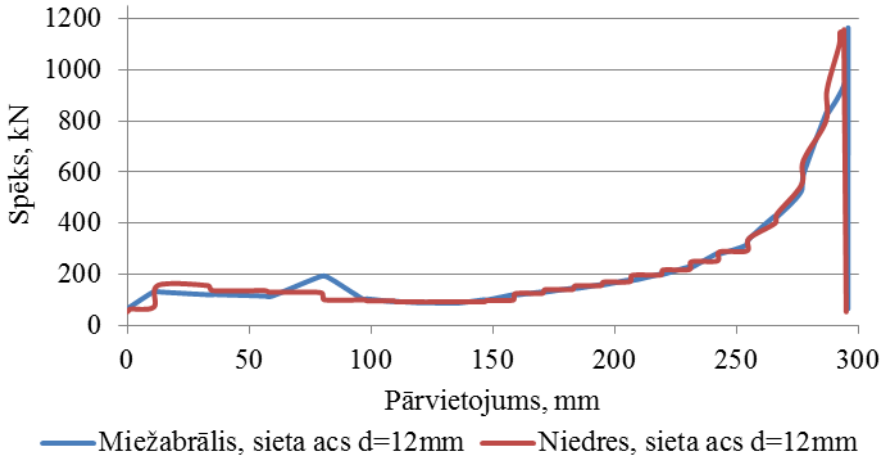
Eksperimentu veikšanas metodika:

1) Sagatavot dažādas frakcijas eksperimentālo materiālu. Eksperimentālā materiāla smalcināšanai, izmantoti sieti ar sieta acs diametriem 6, 12 un 20 mm.
2) Izveidot maisījumus, izmantojot kūdras piedevu 15 un 30%. Maisījumi sagatavoti katrai eksperimentālā materiāla smalcinājuma pakāpei.
3) Noteikt eksperimentālā materiāla mitrums.
4) Sagatavot aparatūru un veikt briketēšanas eksperimentus, pierakstot spiediena un pārvietojuma izmaiņu, katras briketes izgatavošanai.
5) Noteikt izgatavoto brikešu parametrus (masa, blīvums).
6) Veikt iegūto rezultātu matemātisko apstrādi un izmantojot vienādojumus (24), (25), un (26) aprēķināt īpatnējo enerģijas patēriņu biomasas maisījumu briketēšanai.
7) Sniegt iegūto rezultātu novērtējumu.

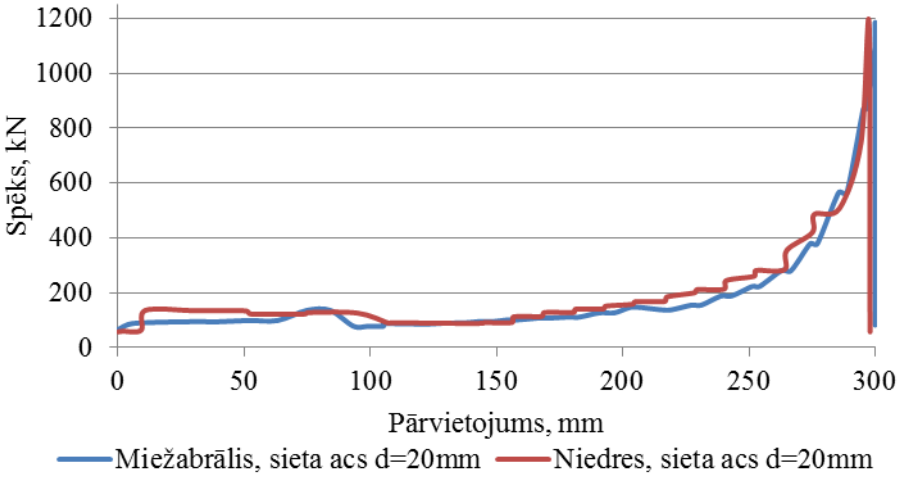
Briketējot enerģētisko augu un to maisījumu biomasu, veiks kompaktēšanas spēka – pārvietojuma raksturlīkņu pieraksts. Presēšanas spēks aprēķināts, izmantojot formulu (25). Atbilstošās presēšanas virzuļa pārvietojuma vērtības, iegūtas no pārvietojuma devēja. Iegūtās spēka – pārvietojuma raksturlīknes redzamas no 93. līdz 95. attēlam.



93. att. Spēka – pārvietojuma raksturlīknes
(materiāla smalcināšanas sieta acs d = 6 mm)



94. att. Spēka – pārvietojuma raksturlīknes
(materiāla smalcināšanas sieta acs d = 12 mm)

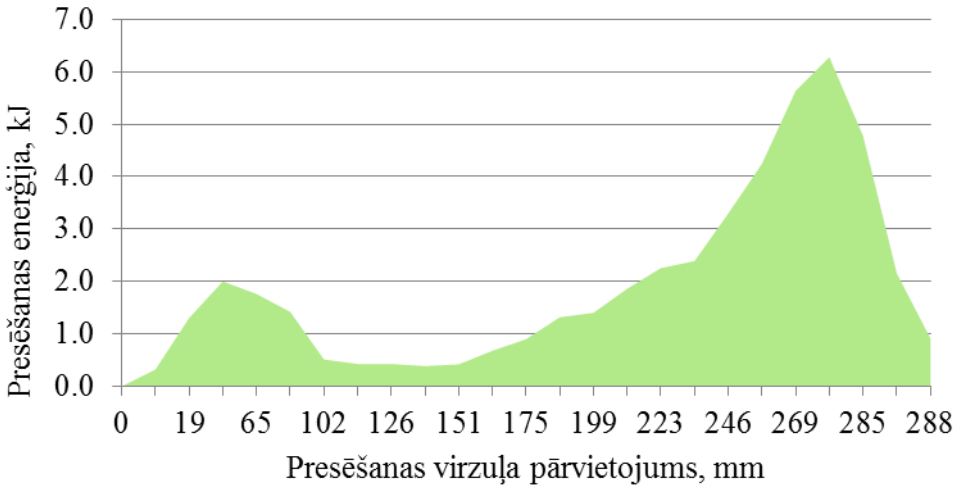


95. att. Spēka – pārvietojuma raksturlīknes
(materiāla smalcināšanas sieta acs d = 12 mm)

No spēka – pārvietojuma raksturlīknēm redzams, ka pie sākotnējā presēšanas virzuļa pārvietojuma (vidēji līdz 50 % no kopējā presēšanas virzuļa pārvietojuma) presēšanas spēka vērtības nepārsniedz 75 kN. Tas izskaidrojams ar to, ka šajā presēšanas cikla posmā notiek presējamā materiāla pārvietošana no primārās presēšanas kameras uz galīgās saspiešanas kameru. Nākošajā presēšanas cikla etapā, novērojams straujš presēšanas spēka pieaugums līdz maksimālajai vērtībai.

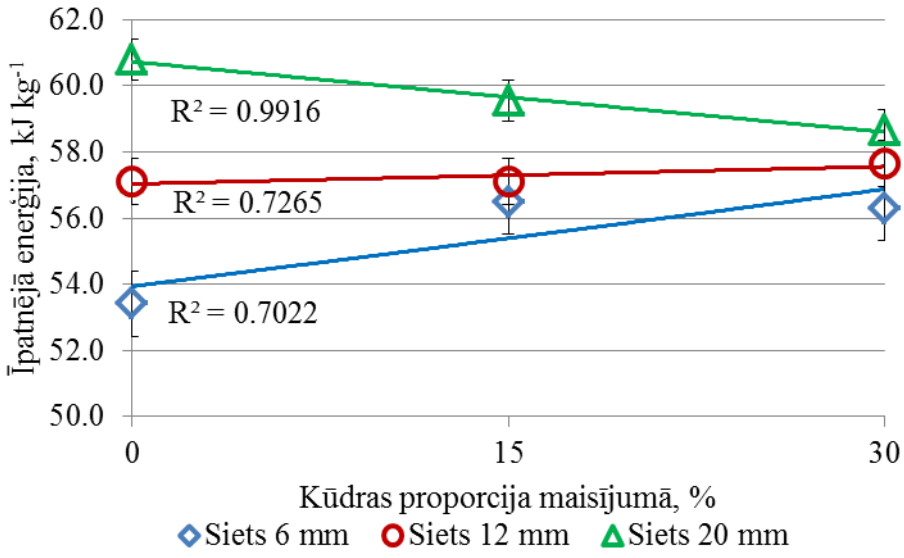
Eksperimentiem izvēlētais biomasas materiāls ir miežabrālis, niedres un kūdra. Savstarpēji salīdzinot miežabrāļa un niedru spēka – pārvietojuma raksturlīknes (skat. 93. līdz 95. attēls) redzams, ka to raksturs ir līdzīgs, atšķiras tikai skaitliskās vērtības.

Veicot spēka – pārvietojuma raksturlīkņu grafisko integrēšanu, izmantojot formulas (24) un (26) iespējams aprēķināt presēšanas enerģiju un īpatnējo presēšanas enerģiju. Briketēšanas enerģijas izmaņiņa atkarībā no presēšanas virzuļa pārvietojuma redzama 96. attēlā. Grafikā attēlotas vidējās vērtības no miežabrāļa brikešu izgatavošanas rezultātiem (materiāla smalcināšanai izmantots siets ar acs diametru 6 mm).



96. att. Briketēšanas enerģija atkarībā no presēšanas virzuļa pārvietojuma

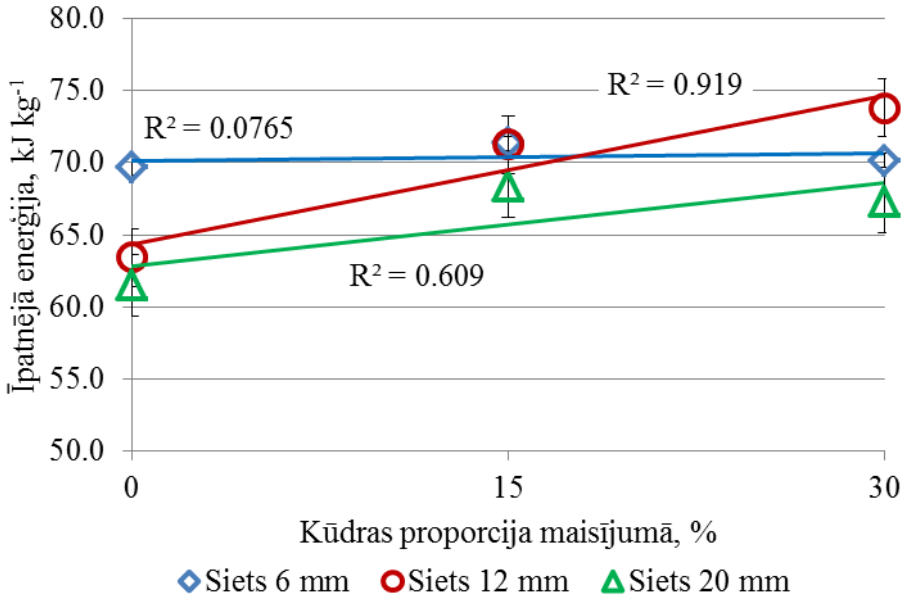
Aprēķinātās, īpatnējās enerģijas vērtības, veicot miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras briketēšanu apkopotas 17. tabulā, rezultātu grafisks attēlojums redzams 97. attēlā.



97. att. Miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras briketēšanas īpatnējā enerģija

97. attēlā redzamas miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras briketēšanas īpatnējās enerģijas vidējās vērtības, atkarībā no smalcināšanai izmantotā sieta acs diametra un kūdras daudzuma maisījumā. Iegūtie rezultāti rāda, ka nav ciešas korelācijas starp kūdras piejaukumu maisījumā un vidējo īpatnējo enerģiju. Iegūtās determinācijas koeficienta vērtības ir R^2 = 0.70 un R^2 = 0.72 (eksperimentālā materiāla frakcija iegūta ar sietu acs diametriem d = 6 un d = 12 mm). Ciešāka korelācija R^2 = 0.99 novērota materiāla frakcijai, kas iegūta ar d = 20 mm. Novērojams neliels īpatnējās enerģijas pieaugums, palielinoties presējamā materiāla smalcinājuma pakāpei. Veicot miežabrāļa briketēšanu bez kūdras piejaukuma minimālā vidējā vērtība ir 43.45±1.20 kJ kg^{-1}, (sieta acs d = 6 mm) un maksimālā vidējā briketēšanas īpatnējās enerģijas vērtība 60.79±1.30 kJ kg^{-1} (sieta acs d = 20 mm).

Aprēķinātās, īpatnējās enerģijas vērtības, veicot niedru, niedru un kūdras briketēšanu apkopotas 18. tabulā, rezultātu grafisks attēlojums redzams 98. attēlā.



98. att. Niedru, niedru un kūdras briketēšanas īpatnējā enerģija

No iegūtajiem niedru, niedru un kūdras briketēšanas eksperimentu rezultātiem redzams, ka cieša korelācija starp kūdras piejaukuma daudzumu maisījumā un īpatnējo enerģiju nepastāv (R^2 = 0.76 un R^2 = 0.61), ja smalcināšanai izmantoto sietus acs diametriem 6 un 20 mm. Ja izmantots 12 mm siets, tad novērojams īpatnējās briketēšanas enerģijas pieaugums no 63.4±2.5 līdz 73.8±1.9, palielinot kūdras proporciju maisījuma no 0 līdz 30%. Veicot niedru briketēšanu bez kūdras piejaukuma minimālā vidējā vērtība ir 61.46±3.20 kJ kg^{-1}, (sieta acs d = 20 mm) un maksimālā vidējā briketēšanas īpatnējās enerģijas vērtība 69.65±1.70 kJ kg^{-1} (sieta acs d = 6 mm).

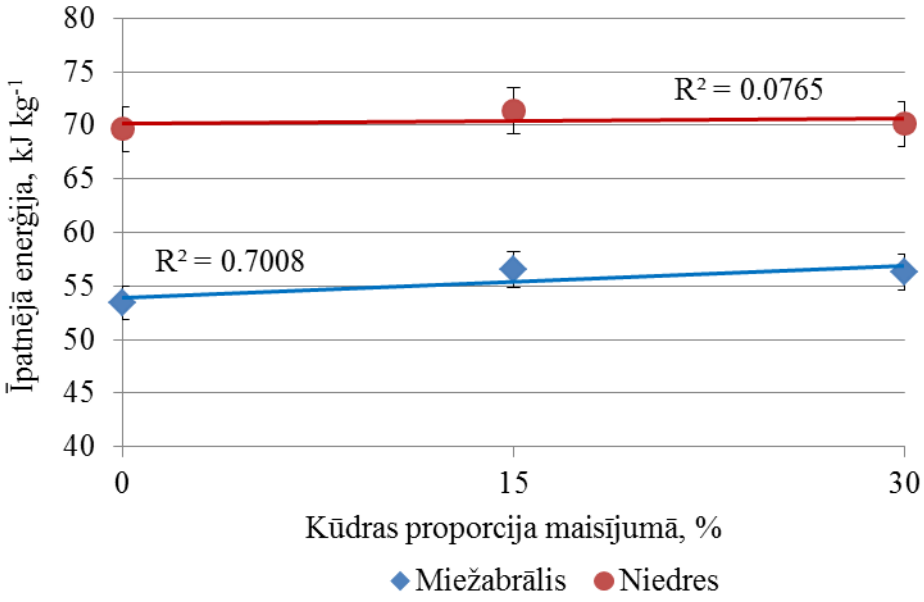
17. tabula. Miežabrāļa, miežabrāļa un kūdras briketēšanas īpatnējā enerģija

Nr.p.k.	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 30%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 30%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 30%
	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}
1	42.78	61.43	54.78	55.53	63.09	56.80	60.19	59.78	57.60
2	41.09	58.81	55.33	59.23	55.91	56.23	58.77	54.61	54.63
3	47.50	60.10	54.76	55.61	54.47	61.66	59.96	60.11	63.63
4	42.92	55.72	53.03	59.75	56.57	58.35	59.58	60.37	62.60
5	43.94	60.37	58.08	61.34	55.85	56.15	63.19	59.78	58.31
6	46.00	59.42	56.74	56.28	58.46	59.88	59.45	57.00	59.96
7	43.21	60.64	57.65	57.43	56.57	56.55	63.57	57.74	59.59
8	41.74	59.32	57.78	54.89	58.01	56.03	59.22	58.18	56.44
9	42.92	58.28	58.02	55.43	58.24	57.39	59.62	61.63	56.98
10	42.56	56.35	57.82	56.30	56.49	55.92	64.11	62.21	57.37
11	43.30	63.63	55.40	56.54	54.51	59.18	60.99	63.57	58.14
Vidējā vērtība	43.45	59.46	56.31	57.12	57.11	57.65	60.79	59.54	58.66
Kļūda ±, kJ kg^{-1}	1.20	1.50	1.20	1.40	1.60	1.30	1.30	1.70	1.80

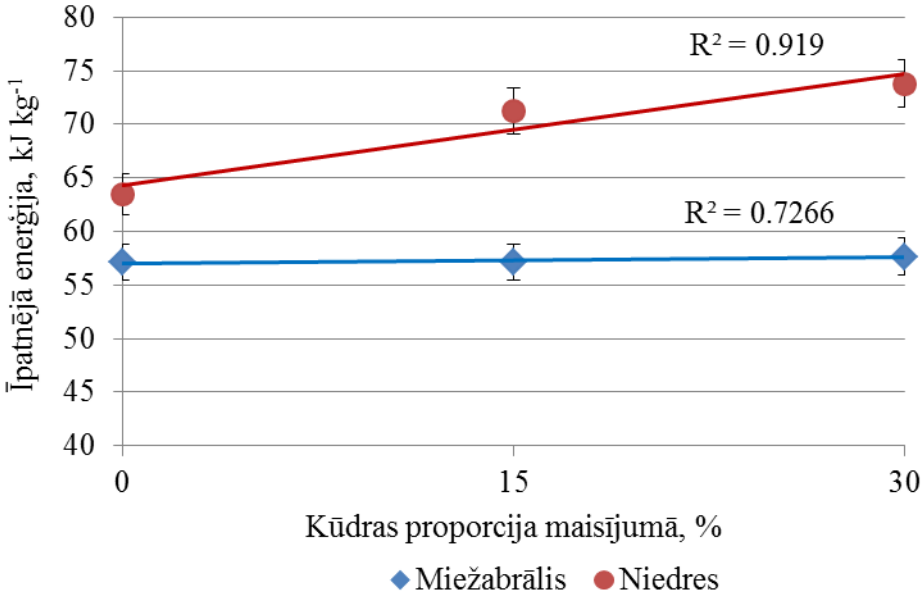
18. tabula. Niedru, niedru un kūdras briketēšanas īpatnējā enerģija

Nr.p.k.	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=6 mm, Kūdra 30%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=12 mm, Kūdra 30%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 0%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 15%	Sieta acs d=20 mm, Kūdra 30%
	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}	Īpatnējā enerģija, kJ kg^{-1}
1	71.11	67.45	70.13	63.56	66.59	71.76	62.78	66.00	60.00
2	72.90	74.52	66.29	59.22	73.83	68.61	53.52	67.90	68.26
3	66.47	72.98	71.23	64.48	70.10	75.24	62.85	70.58	68.95
4	66.37	72.06	66.58	67.87	70.13	70.41	65.40	68.50	66.03
5	66.70	69.36	70.34	60.13	75.22	78.96	63.52	63.33	68.81
6	71.75	72.86	71.32	60.53	70.09	74.09	66.06	75.75	60.61
7	70.32	72.25	73.40	66.56	70.53	75.67	53.90	63.11	72.35
8	69.07	70.15	73.48	57.50	68.96	74.26	55.24	70.29	68.98
9	71.80	74.91	68.85	65.26	68.84	71.52	63.53	70.92	66.58
10	67.25	68.98	72.20	63.30	72.52	75.23	65.60	70.43	68.87
11	72.47	69.17	67.65	69.27	77.13	75.89	63.63	65.35	70.36
Vidējā vērtība	69.65	71.34	70.13	63.42	71.27	73.79	61.46	68.38	67.25
Kļūda ±, kJ kg^{-1}	1.70	1.60	1.70	2.50	2.10	1.90	3.20	2.50	2.60

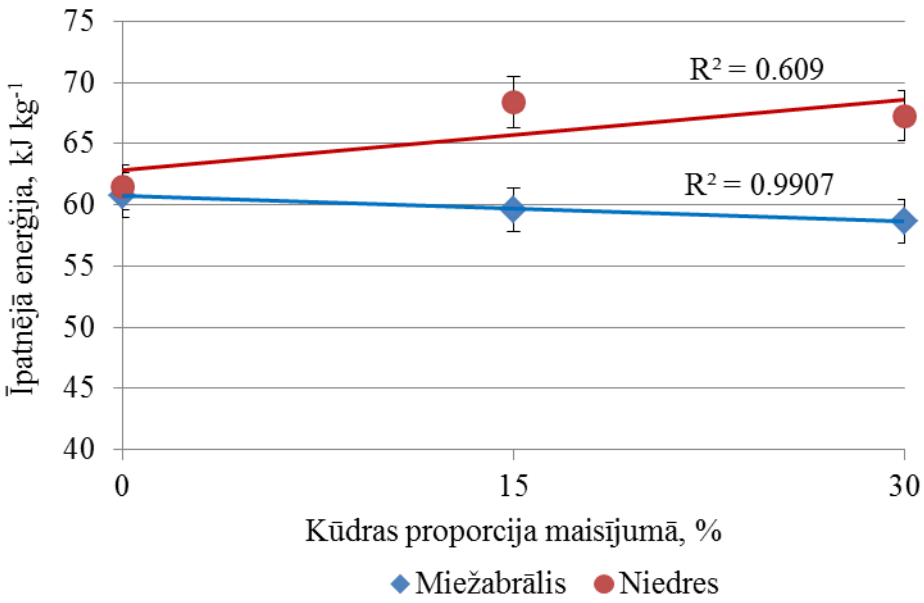
Savstarpēji salīdzinot biomasas maisījumu vidējos īpatnējos briketēšanas enerģijas patēriņus redzams, ka lielāka enerģija tiek patērēta niedru brikešu izgatavošanai, slēgtā tipa presformā. Briketējot niedres un miežabrāli bez kūdras piejaukuma, niedru brikešu izgatavošanai nepieciešama vidēji 1.2 reizes lielāka īpatnējā enerģija. Līdzīga attiecība saglabājas arī briketējot biomasas maisījumus. Rezultātu grafiskais attēlojums redzams no 99. līdz 101. attēlam.



99. att. Biomasas īpatnējā briketēšanas enerģija (smalcināšanas sieta acs d = 6 mm)



100. att. Biomasas īpatnējā briketēšanas enerģija (smalcināšanas sieta acs d = 12 mm)



101. att. Biomasas īpatnējā briketēšanas enerģija
(smalcināšanas sieta acs d = 12 mm)

Veicot briketēšanas eksperimentu un īpatnējās enerģijas aprēķina rezultātu novērtējumu, var secināt, ka palielinot kūdras daudzumu maisījumā novērojams nebūtisks īpatnējās enerģijas pieaugums, vidēja 1.2%. Šāda parādība varētu būt izskaidrojuma ar mitruma satura palielināšanos maisījumos, palielinot kūdras proporciju maisījumā. Viens no risinājumiem šādas problēmas novēršanai, varētu būt papildus materiāla žāvēšana. Salīdzinot niedru un miežabrāļa biomasu maisījumu īpatnējās briketēšanas enerģijas redzams, ka niedru briketēšanai enerģijas patēriņš ir lielāks vidēji 1.2 reizes.

GRANULĒŠANAS EKSPERIMENTI

Granulēšanas eksperimentālā iekārta ZLSP150B ar 4kW elektromotoru un plakano granulēšanas matricu (6mm) pēc ražotāju ieteikuma jāpiestrādā ar speciālu maisījumu. Granulātoru detaļu piestrādei tika sagatavots maisījums, kā sastāvā ietilpst granulējamais materiāls (tika izmantots miežabrālis), sijāta grants un hidrauliskā eļļa.

Granulēšanas iekārta tika aprīkota ar granulējamā materiāla padeves un mitrināšanas ierīcēm (102. att.).

102. att. Granulēšanas iekārta ar granulējamā materiāla padeves un mitrināšanas ierīci

103. att. Kūdras granulas (smalcinātāja sieta acs izmērs 6 mm)

104. att. Miežabrāļa granulas smalcinātāja sieta acs izmērs 6mm)

Pēc granulēšanas procesa tika noteikts granulu blīvums. Izmērot granulu diametru un garumu tika aprēķināts to tilpums. Lai nomērītu granulu garumu, to gali tika noslīpēti, iegūstot paralēlas virsmas. Pēc granulu izmēru noteikšanas tās tika svērtas un no iegūtajiem datiem tika aprēķināts to blīvums. Tabulās 19. un 20. atspoguļoti iegūtie rezultāti.

19. tabula. Kūdras granulas (smalcinātāja sieta acs izmērs 6 mm)			
Mērijuma Nr.	Garums *l*; mm	Diametrs *d*; mm	Masa *m*; g
1.	18.8	6.2	5.58
2.	19.8	6.2	
3.	19.4	6.2	
4.	17.7	6.2	
5.	18.0	6.1	
6.	15.6	6.3	
7.	15.3	6.3	
8.	13.1	6.2	
9.	14.2	6.2	
Kopējais garums; mm	151.9		
d_{vid}; mm	6.2		
Tilpums; mm^3	4600.1		
Granulu blīvums; kg/m^3	1213.02		

20. tabula. Miežabrāļa granulas (smalcinātāja sieta acs izmērs 6 mm)			
Mērijuma Nr.	Garums *l*; mm	Diametrs *d*; mm	Masa *m*; g
1.	16.8	6.7	5.04
2.	17.9	6.6	
3.	16.6	6.5	
4.	18.8	6.2	
5.	13.5	6.2	
6.	18.8	6.5	
7.	16.9	6.4	
8.	15.5	6.9	
9.	21.2	6.2	
Kopējais garums; mm	156.0		
d_{vid}; mm	6.5		
Tilpums; mm^3	5121.0		
Granulu blīvums; kg/m^3	984.18		

No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka kūdrai ir lielāks blīvums, kā tāda paša smalcinājuma miežabrāļa granulām.

Granulēšanas eksperimentālie pētījumi ar smalcinātu miežabrāli un kūdru (smalcinātāja sieta acs izmērs 1,5 mm un 3 mm).

105. att. Kūdras granulas
(smalcinātāja sieta acs izmērs 1,5 mm)

106. att. Kūdras granulas
(smalcinātāja sieta acs izmērs 3 mm)

107. att. Miežabrāļa granulas
(smalcinātāja sieta acs izmērs 3 mm)

108. att. Miežabrāļa granulas
(smalcinātāja sieta acs izmērs 1.5 mm)

109. att. Kūdras granulas
(smalcinātāja sieta acs izmērs 1.5 mm)

Granulēšanas procesā iegūto granulu blīvumi apkopoti tabulās 21. līdz 25.

21. tabula Kūdras granulas (smalcinātāja sieta acs izmērs 1.5 mm)			
Mērijuma Nr.	Garums *l*; mm	Diametrs *d*; mm	Masa *m*; g
1.	14.1	6.2	7.04
2.	17.5	6.3	
3.	15.6	6.2	
4.	18,0	6.1	
5.	19.9	6.1	
6.	19.2	6.2	
7.	20.5	6.1	
8.	15.0	6.2	
9.	13.4	6.2	
10.	15.5	6.3	
11.	14.2	6.3	
Kopējais garums; mm	164.9		
d_{vid}; mm	6.2		
Tilpums; mm^3	4975.9		
Granulu blīvums; kg/m^3	1414.81		

22. tabula Kūdras granulas (smalcinātāja sieta acs izmērs 3 mm)			
Mērijuma Nr.	Garums *l*; mm	Diametrs *d*; mm	Masa *m*; g
1.	16.3	6.1	5.58
2.	16.4	6.3	
3.	12.3	6.2	
4.	13.5	6.1	
5.	21.4	6.1	
6.	20.3	6.1	
7.	17.1	6.2	
8.	15.1	5.9	
9.	14.2	6.1	
Kopējais garums; mm	146.6		
d_{vid}; mm	6.1		
Tilpums; mm^3	4313.4		
Granulu blīvums; kg/m^3	1293.64		

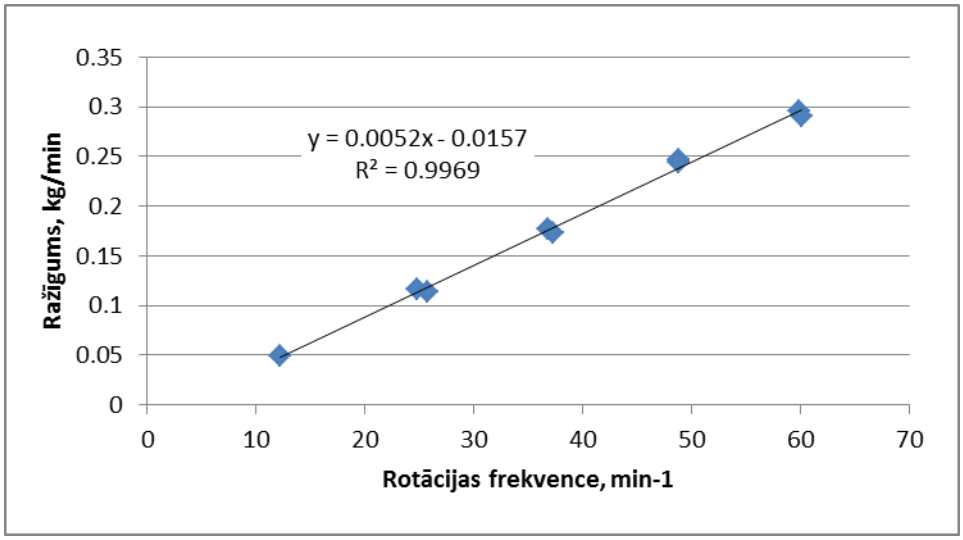
23. tabula. Miežabrāļa granulas(smalcinātāja sieta acs izmērs 3 mm)			
Mērijuma Nr.	Garums *l*; mm	Diametrs *d*; mm	Masa *m*; g
1.	14.8	6.1	4.93
2.	17.4	6.1	
3.	15.9	6.1	
4.	19.2	6.6	
5.	17.3	6.5	
6.	14.7	6.7	
7.	18.1	6.4	
8.	19.0	6.6	
9.	12.2	6.6	
Kopējais garums; mm	148.6		
d_{vid}; mm	6.4		
Tilpums; mm^3	4794.6		
Granulu blīvums; kg/m^3	1028.23		

24. tabula. Miežabrāļa granulas (smalcinātāja sieta acs izmērs 1.5 mm)			
Mērijuma Nr.	Garums *l*; mm	Diametrs *d*; mm	Masa *m*; g
1.	19.9	6.4	5.13
2.	18.4	6.5	
3.	14.0	6.3	
4.	18.5	6.5	
5.	18.0	6.5	
6.	13.3	6.0	
7.	19.2	6.2	
8.	10.6	6.2	
9.	10.4	6.5	
Kopējais garums; mm	142.3		
d_{vid}; mm	6.3		
Tilpums; mm^3	4496.4		
Granulu blīvums; kg/m^3	1140.92		

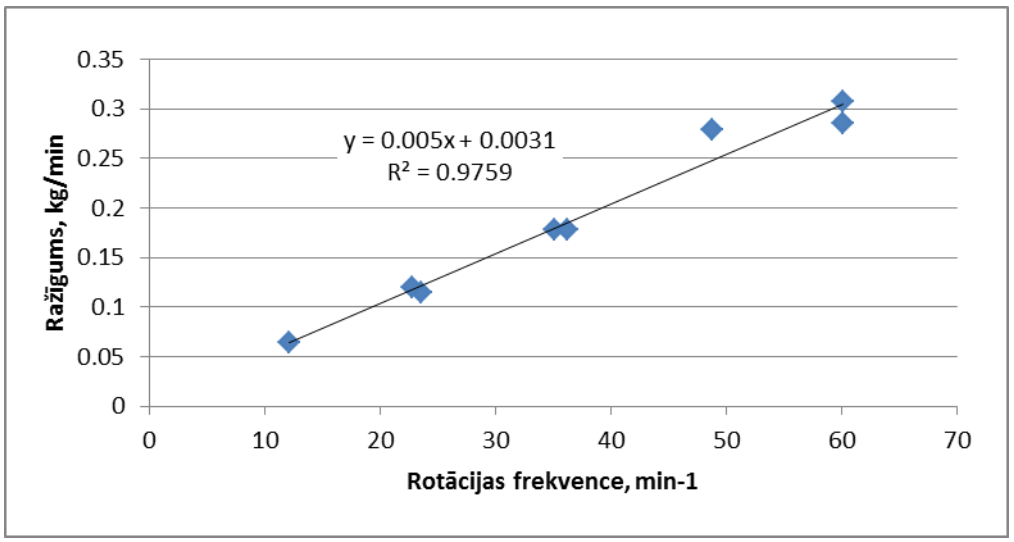
25. tabula. Kūdras granulas (smalcinātāja sieta acs izmērs 1.5 mm)			
Mērijuma Nr.	Garums *l*; mm	Diametrs *d*; mm	Masa *m*; g
1.	14.8	5.8	3.72
2.	14.1	5.8	
3.	16.4	6.0	
4.	12.9	5.8	
5.	19.9	6.0	
6.	14.4	5.9	
7.	17.6	5.5	
8.	17.3	5.7	
9.	17.2	5.8	
Kopējais garums; mm	144.6		
d_{vid}; mm	5.8		
Tilpums; mm^3	3833.2		
Granulu blīvums; kg/m^3	970.48		

Granulējamās masas padeves konveijera ražīguma noteikšana

Eksperiments tika veikts ar miežabrāļa un kūdras masu, kas smalcināta ar 6 mm smalcināmo sietu. Eksperiments ļauj salīdzināt konveijera ražīgumu mainot granulējamās masas padeves konveijera dzenošās vārpstas rotācijas frekvenci. Iegūtie dati atspoguļoti attēlos 110. un 111.



110. att. Granulējamās masas konveijera ražīgums dozējot miežabrāli (smalcinātāja sieta acs izmērs 6 mm)

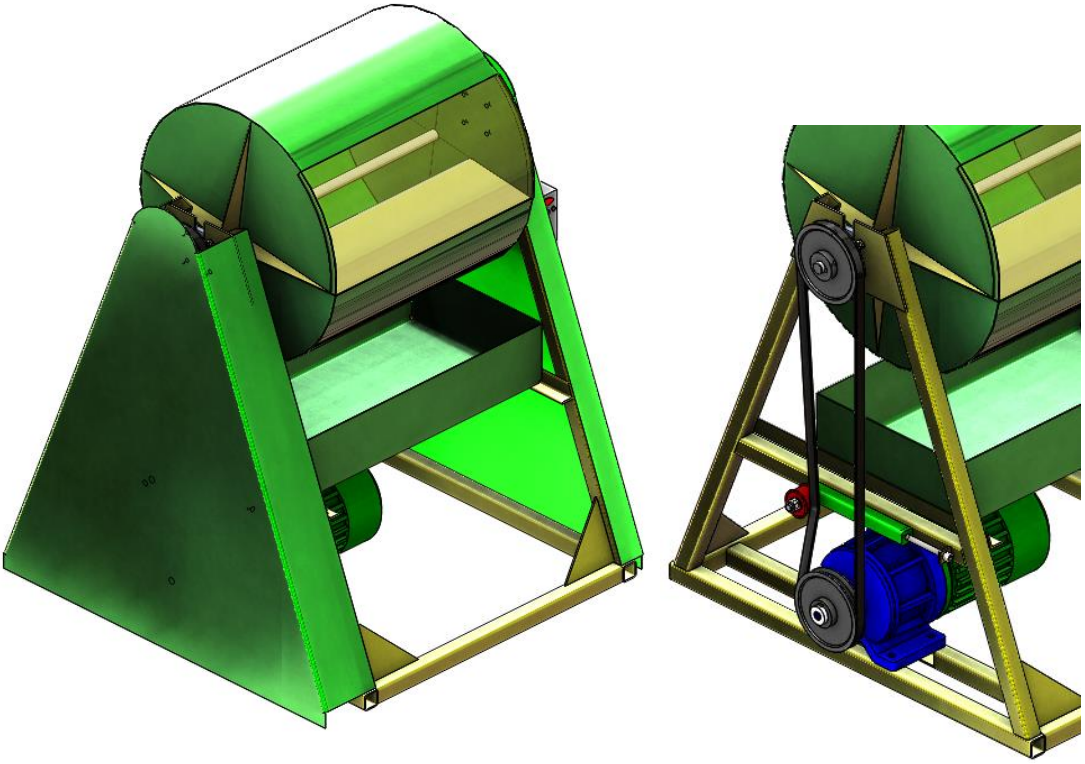


111. att. Granulējamās masas konveijera ražīgums dozējot kūdru (smalcinātāja sieta acs izmērs 6 mm)

19. NOTURĪBAS PĒTĪJUMI DAŽĀDU MAISĪJUMU GRANULĀM, BRIKETĒM

BRIKEŠU PĀRBAUDES IEKĀRTAS PROJEKTĒŠANA UN RASĒJUMU IZSTRĀDE

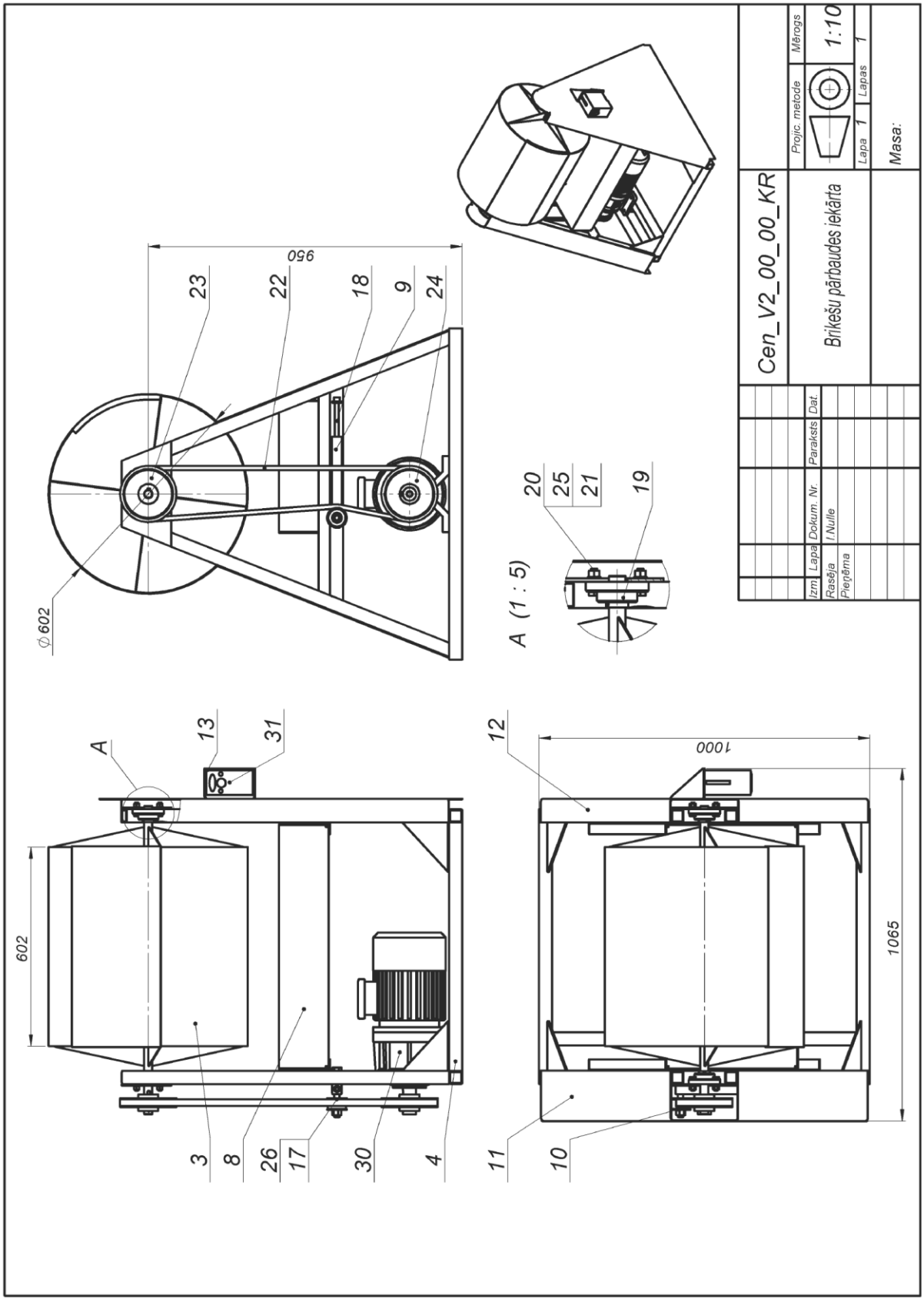
Cietās biodegvielas standarts LVS EN 15210-2 nosaka, ka granulām un briketēm jānosaka mehāniskā ilgizturība. Vadoties pēc šī standarta norādītajiem pārbaudes iekārtas parametriem, tā tika uzprojektēta (112. att.) ar mērķi noteikt un salīdzināt savā starpā dažādu maisījumu brikešu mehānisko ilgizturību.



112. att. Brikešu pārbaudes iekārta

Brikešu pārbaudes iekārtas sastāvdaļas redzamas kopsalikuma rasējumā (113. att.), to skaits nosakāms pēc klāt pievienotās specifikācijas tabulas (26. tabula). Iekārtas galvenās sastāvdaļas ir tās rāmis, trumulis, elektromotors ar reduktoru, siksnas pārvads un invertors, kas nodrošina motora apgriezienus atbilstoši standartā prasītam. Lai nodrošinātu darba drošību eksperimentu laikā, pārbaudes iekārtas kustīgās daļas pārklātas ar pārsegiem. Siksnas spriegošanu nodrošinās rullītis ar spriegotājmehānismu.

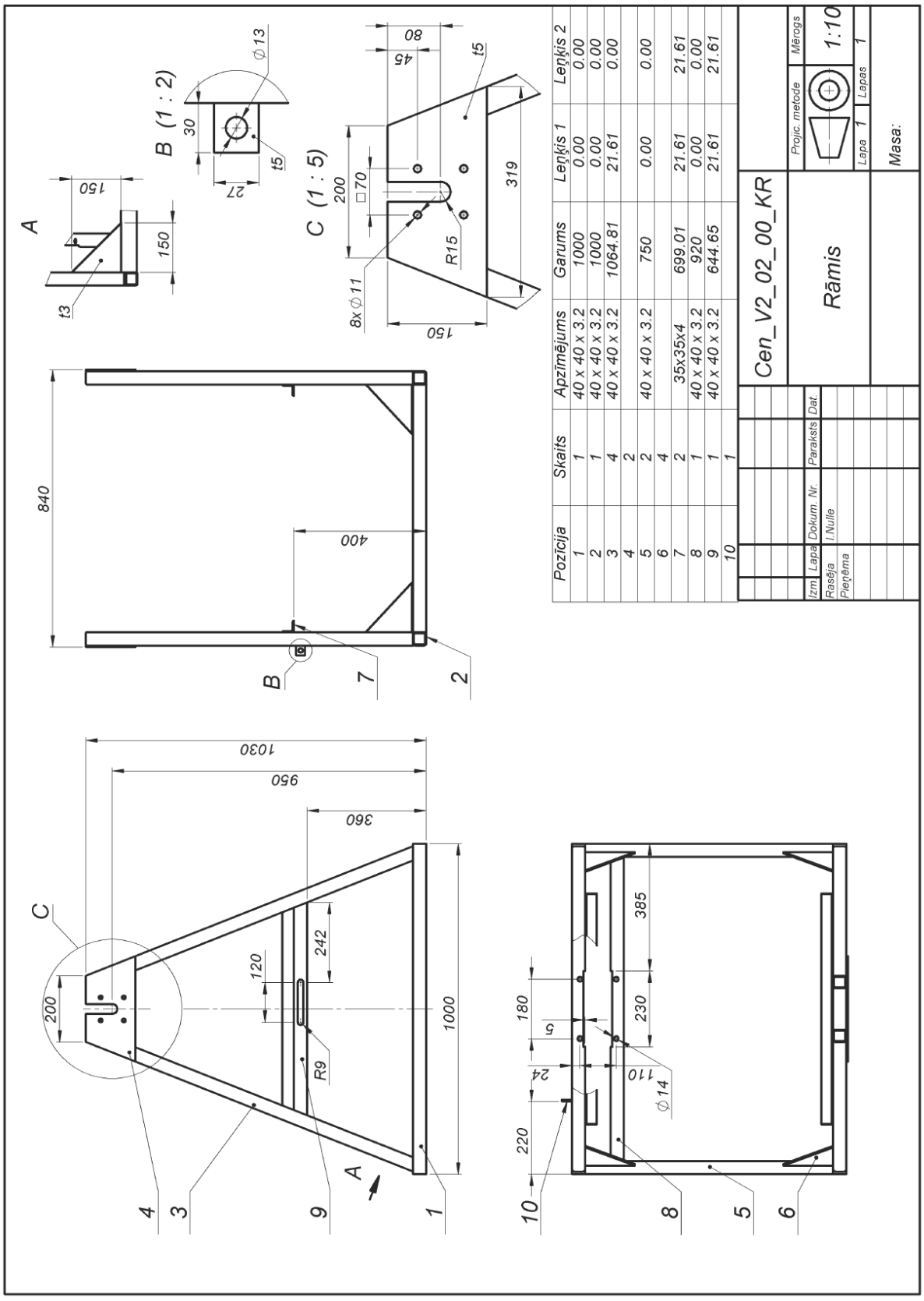
Motoram un reduktoram jānodrošina 21 ± 0.1 apgr. $min.^{-1}$. Trumuļa garumam un diametram jābūt 598 ± 8 mm. Sieniņu biezumam vismaz 1mm. Pie trumuļa iekšējās sienas, visā trumuļa garumā piemetināts šķērslis, kura platums ir 200 ± 2 mm.



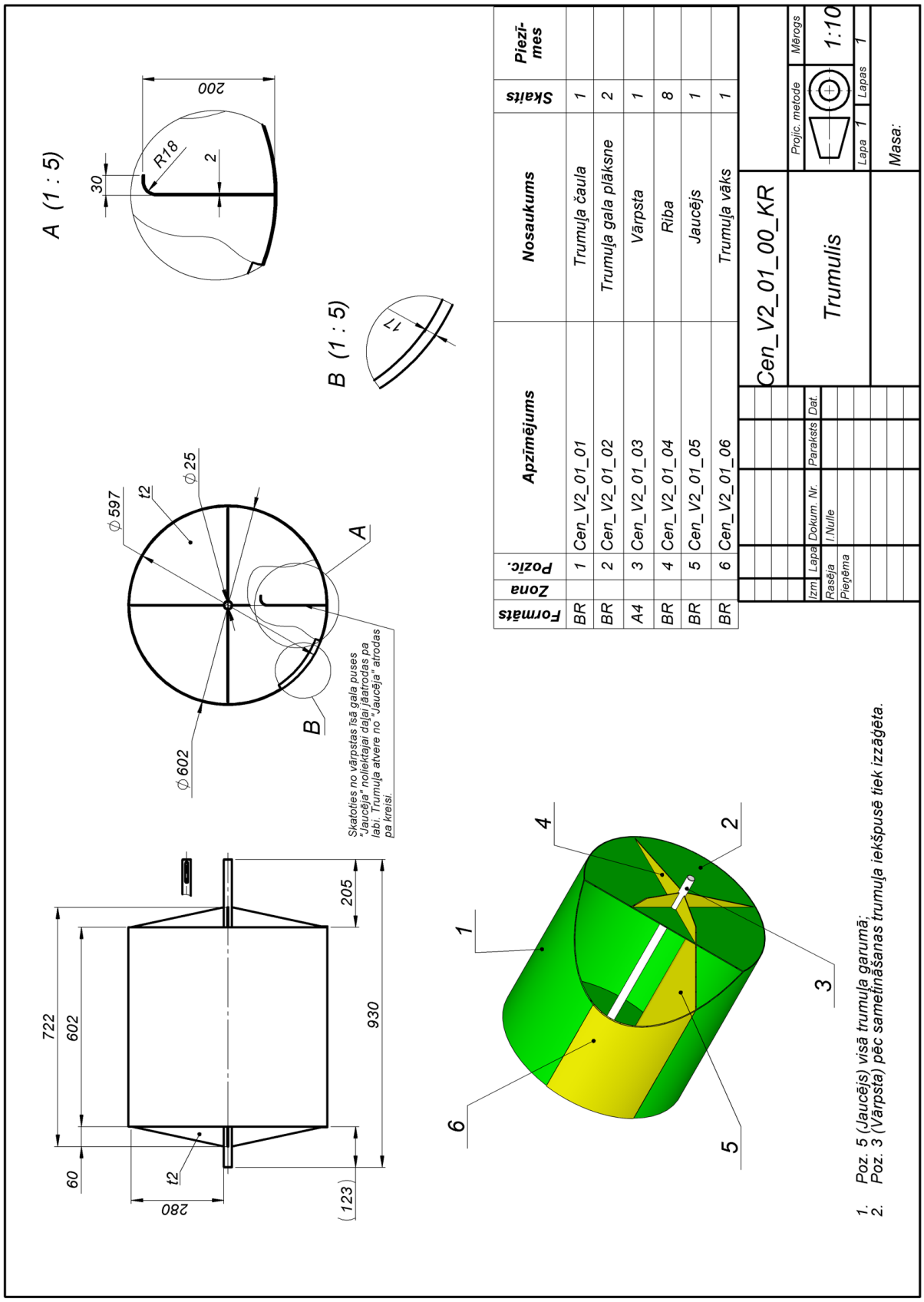
113. att. Brikešu pārbaudes iekārtas kopsalikuma rasējums

26. tabula. Specifikācija

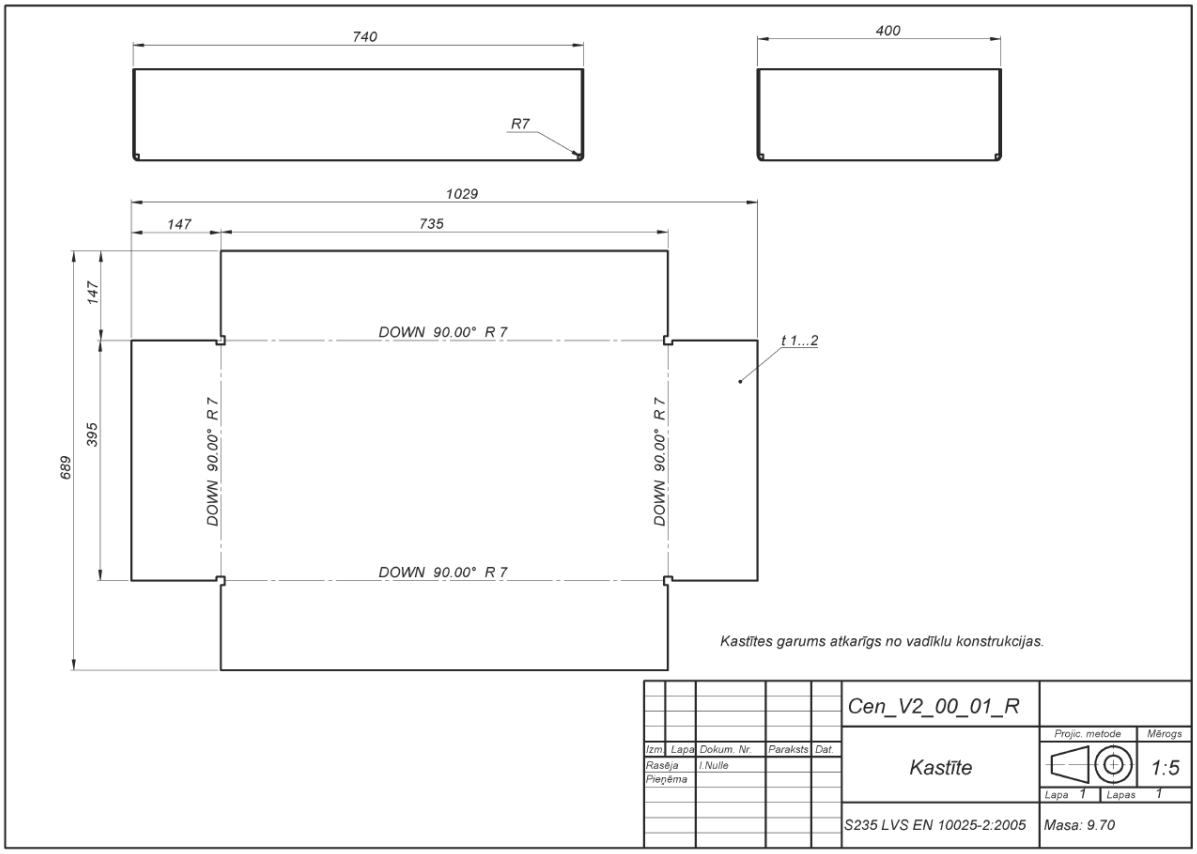
Formāts	Zona	Pozīc.	Apzīmējums	Nosaukums	Skaits	Piezīmes
				Kopsalikuma vienības		
A3		3	Cen_V2_01_00	Trumulis	1	
A3		4	Cen_V2_02_00	Rāmis	1	
				Detalas		
A3		8	Cen_V2_00_01	Kastīte	1	
A4		9	Cen_V2_00_04	Spriegošanas stienis	1	
BR		10	Cen_V2_00_05	Spriegošanas rullis	1	
A3		11	Cen_V2_00_00_07	Piedziņas meh. pārsegs	1	
A3		12	Cen_V2_00_00_08	Pārsegs	1	
A3		13	Cen_V2_00_00_09	Kronšteins Inverterim	1	
				Standartizētie izstrādājumi		
		17		Bultskrūve ISO 4014 - M16 x 140 x 44	1	
		18		Galvskrūve ISO 4762 M12 x 120	1	
		19		Gultnis FKF FYK 25	2	
		20		Bultskrūve ISO 4017 - M10 x 35	8	
		21		Starplika ISO 7090 - 10	8	
		22		Ķīļsiksna L-2120	1	
		23		Skriemelis d=25, D=170	1	
		24		Skriemelis d=40, D=170	1	
		25		Uzgrieznis ISO - 4034 - M10	8	
		26		Uzgrieznis ISO - 4033 - M16	1	
				Citi izstrādājumi		
		30		Motorreduktors 1,1 kW	1	
		31		Inverteris 1,1 kW	1	



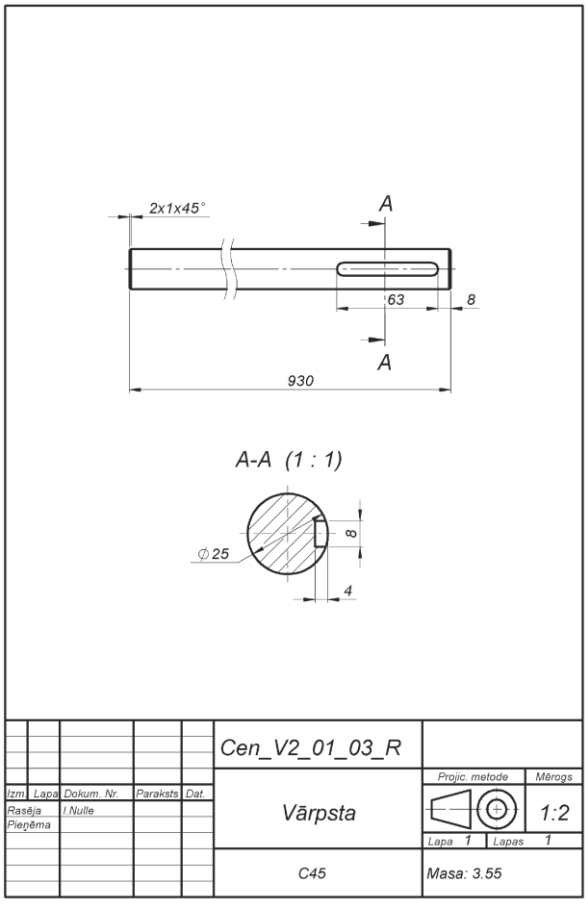
114. att. Rāmja kopsalikuma rasējums

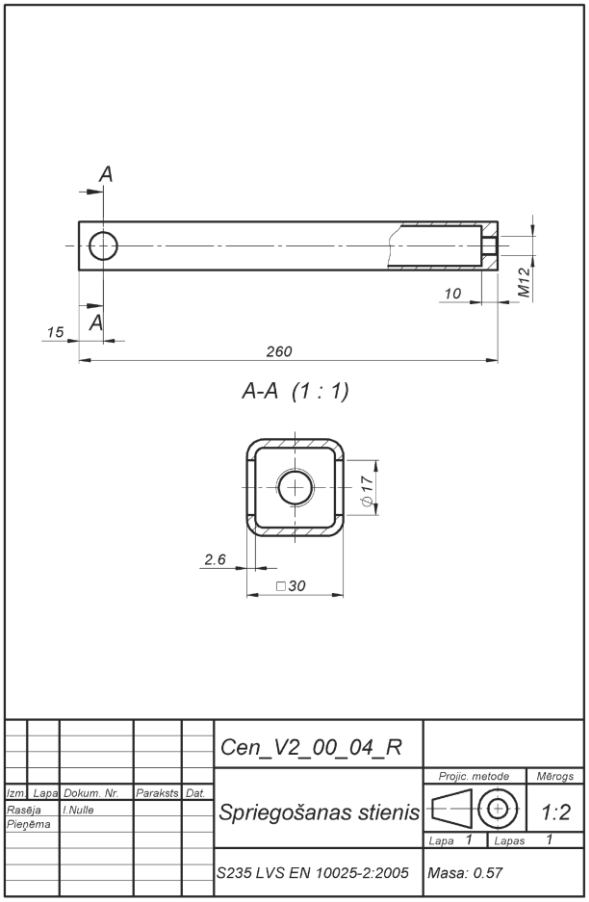


115. att. Trumuļa kopsalikuma rasējums



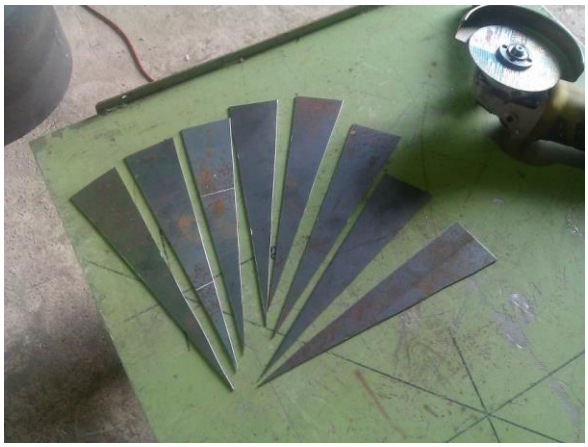
116. att. Tvertnes rasējums

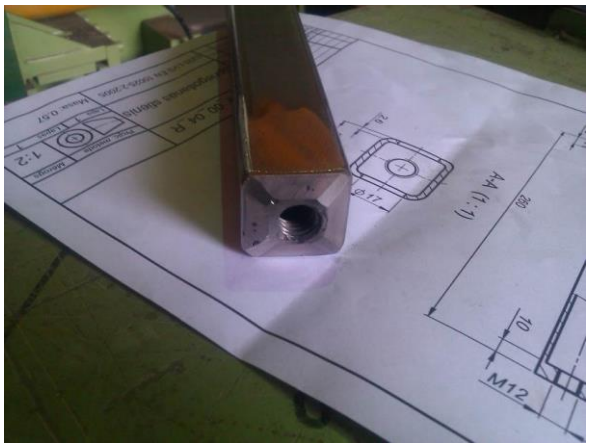


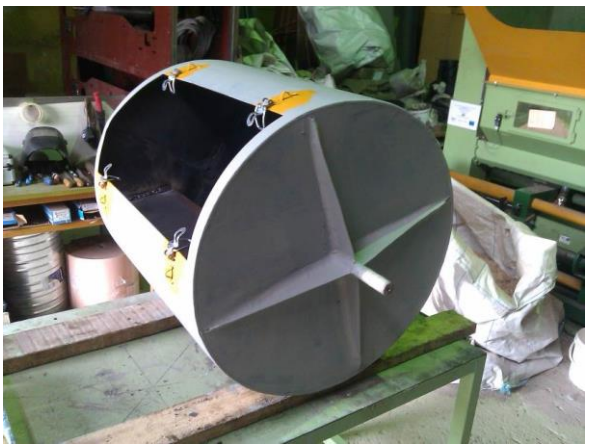


117. att. Detaļu rasējumi

Brikešu pārbaudes iekārtas detaļu izgatavošana, montāža un metināšana.

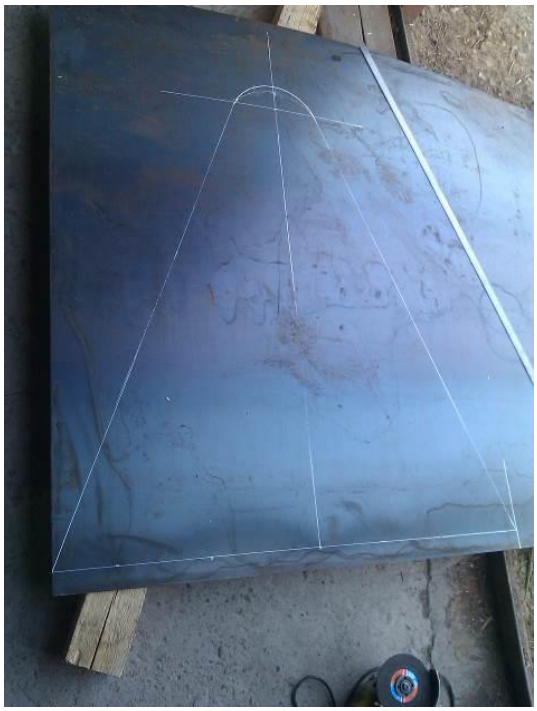



M12



PIX
1SPB 170
PIX
1SPB 170

PIX
1SPB 170



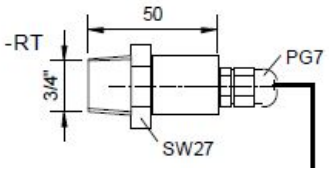
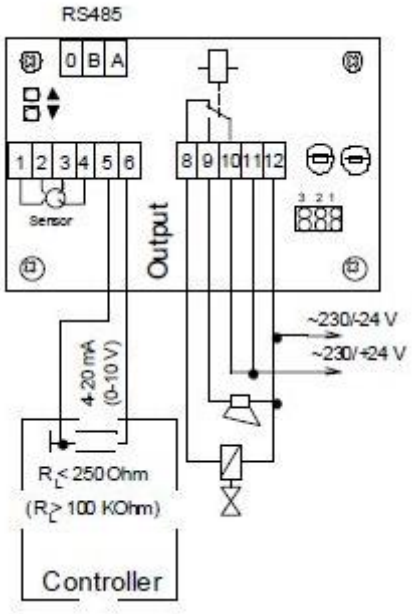
21. DEGŠANAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI DAŽĀDA VEIDA KURTUVĒS (ATGĀZU NOTEIKŠANA, SADEGŠANAS PROCESA IZPĒTE)

MĒRAPARATŪRAS VADĪBAS PROGRAMMAS IESTATĪŠANA UN KALIBRĒŠANA DŪMGĀZU PARAMETRU MĒRĪŠANAI

Dūmgāzu ķīmiskā sastāva noteikšanai tiks izmantoti vairāki sensori, kas nodrošina oglekļa monoksīda, skābekļa, metāna un smago ogļūdeņražu noteikšanu dūmgāzēs.

Gāzu sensoru tehniskie dati doti 27. tabulā.

27. tabula. Dūmgāzu sastāva noteikšanas sensoru parametri

Sensoru attēls un pieslēguma shēma	**Oglekļa monooksīda detektors E2606-CO**
    Izmēri – 80x120x58 Aizsardzības klase – IP54	Diapazons 0..400/1000 ppm CO Analogā izeja 4 – 20mA Izejas relejs 230V, 3A RS485 pieslēgums Barošana 230 VAC Darba temperatūra – (-20...+50°C) Gaisa mitrums - <90%RH
	Skābekļa detektors E2606E-O_2 Mērījumu diapazons 0..25 % O_2 Analogā izeja 4 – 20mA Izejas relejs 230V, 3A Barošanas spriegums 230 VAC Darba temperatūra – (-20...+50°C) Darba mitrums - <90%RH
	Metāna detektors E2606-CH4 Mērījumu diapazons – 0-5%vol; 0...50000ppm CH4 Analogā izeja 4 – 20mA Izejas relejs 230V, 3A RS485 pieslēgums Barošana 230 VAC Darba temperatūra – (-20...+50°C) Gaisa mitrums - <90%RH
	Smago ogļūdeņražu detektors E2606-

Ar iznesamo sensoru un ¾'' pieslēgumam	**LPG** Mērījumu diapazons – 0-2%vol; 0...20000ppm C4H10, C3H8 Analogā izeja 4 – 20mA Izejas relejs 230V, 3A Barošanas spriegums 230 VAC Darba temperatūra – (-20...+50°C) Darba mitrums - <90%RH

Kā redzam no 27. tabulā, visu gāzu detektoru izejas signāli ir vienādi. Šie sensori nodrošina strāvas analogo izeju ar standarta signālu 4 – 20mA.

Dūmgāzu temperatūras mērīšanai tiek izmantoti divu veidu sensori: platīna rezistīvie sensori PT100 (118. att.) un K tipa termopāri (119. att.).

Sensora specifikācija

Mērīšanas diapazons - 50...+500°C
Jutīgais elements - PT100
Drošības klase - IP55
Diametrs – 6mm
Garums – 30mm
Pieslēgums - trīsvadu

118. att. Kompānijas Evikon temperatūras devējs PT100

Specifikācija

Mērīšanas diapazons -200°C...+1100°C
Pievienošanas vītne M12x1,5
Garums 150mm
Diametrs 6mm

119. att. Termopāris TP-553K-1a-150

Dūmgāzu parametru noteikšanas eksperimentu plānā paredzēts mērīt gāzu parametrus dažādās gāzu izplūdes kolektora vietās. Termopāris ir paredzēts gāzu temperatūras mērīšanai degkameras tuvumā, tas ļauj mērīt temperatūru līdz 1100°C.

Platīna sensora mērdiapazons ir līdz 500°C. Šis sensors paredzēts dūmgāzu temperatūras mērīšanai izvadkanālos. Platīna sensors nodrošina augstāku mērījumu precizitāti.

Eksperimentu rezultātu reģistrēšanai paredzēts izmantot kompānijas **Picotech** virtuālos instrumentus ADC 24 vai Picoscope 3424, kas ļauj reģistrēt datus vienlaicīgi vairākos kanālos. Lai nodrošinātu dažādu sensoru pieslēgšanu, nepieciešams veikt to izejas signālu kondicionēšanu.

Lai nodrošinātu temperatūras sensoru pieslēgšanu virtuālajiem instrumentiem, nepieciešams izmantot mērķēdes, kas nodrošina atbilstošus izejas signāla parametrus. Rezistīvajiem sensoriem parasti tiek izmantoti līdzstrāvas mērtilti, bet termopāriem mērķēdes ar termopāra „aukstā" gala kompensāciju.

Šo Situāciju var atrisināt izmantojot speciālus signāla kondicionierus, kas nodrošina sensora izejas signāla pārveidošanu standartizētā signālā – strāvā vai spriegumā.

Ir zināms, ka strāvas izeja nodrošina stabilu sensora darbību un labu trokšņu un traucējumu noturību, pārvadot signālu lielos attālumos. Tāpēc signāla kondicionēšanai tika izvēlēti kondicionieri SENECA T121 (120. att.).

Tehniskie dati
Temperatūras devēja galvā montējams izpildījums
Analogā signāla izeja – 4...20mA
Pielāgojams pēc jūtīgā elementa tipa (PT100, Ni100, PT500, PT1000, TC)
Precizitāte - 0,1%
Max. izšķiršanas spēja - 16bit
Barošana – 5-30VDC
Savienojumi - Clamp - push wire
Programmējams izmantojot datorprogrammu.

120. att. Signāla kondicionieris ar strāvas izeju.

Izvēlētais signāla kondicionieris ļauj pieslēgt dažādus sensorus – dažādus rezistīvos temperatūras sensorus, dažādu tipu termopārus, potenciometrus u.c.

Kondicioniera programmēšanu izdara ar ierīci EasyUSB, kas nodrošina kondicioniera pieslēgšanu datoram.

Lai noteiktu temperatūras sensoru darbības precizitāti, tika veikta platīna sensoru kalibrēšana darbā ar signāla kondicionieri SENECA T121.

Izmantojot programmu Easy Setup tika ieprogrammēts sensora PT100 pieslēgums signāla kondicionierim SENECA T121. Kalibrēšana tika izdarīta temperatūru diapazonā 0 - 100°C. Iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar rezultātiem, kas iegūstami noklusētajā režīmā ar programmas iestatījumiem.

Sensora kalibrēšanas līkne redzama 4. attēlā.

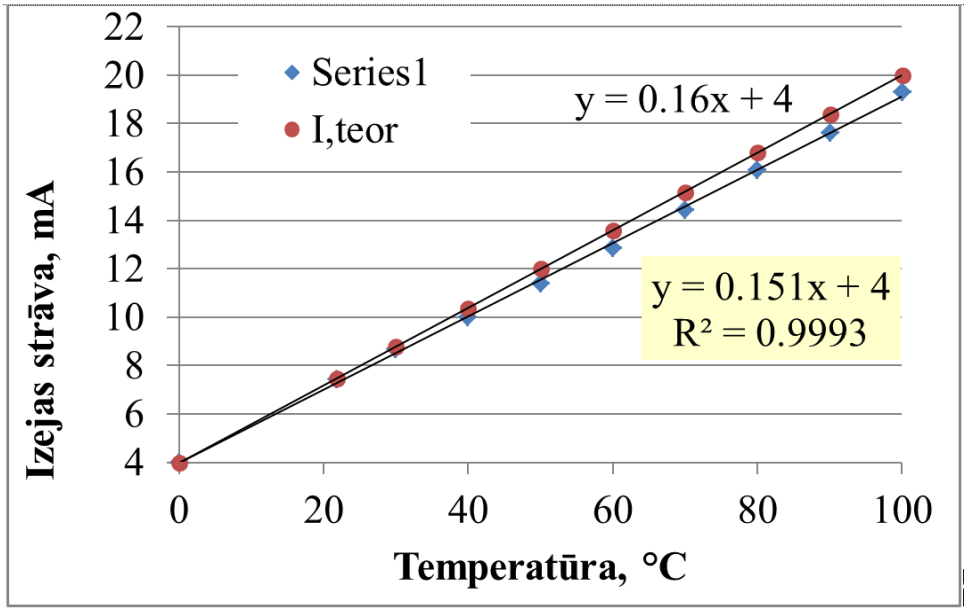
Eksperimentāli iegūtā kalibrēšanas līkne (Series 1) rāda, ka sensora raksturlīkne ar signāla kondicionieri ir lineāra un to apraksta regresijas vienādojums (27):

$$I_{iz} = 0.151 \cdot t + 4, \quad (27)$$

kur I_{iz} – izejas strāva, mA, t – temperatūra, °C.

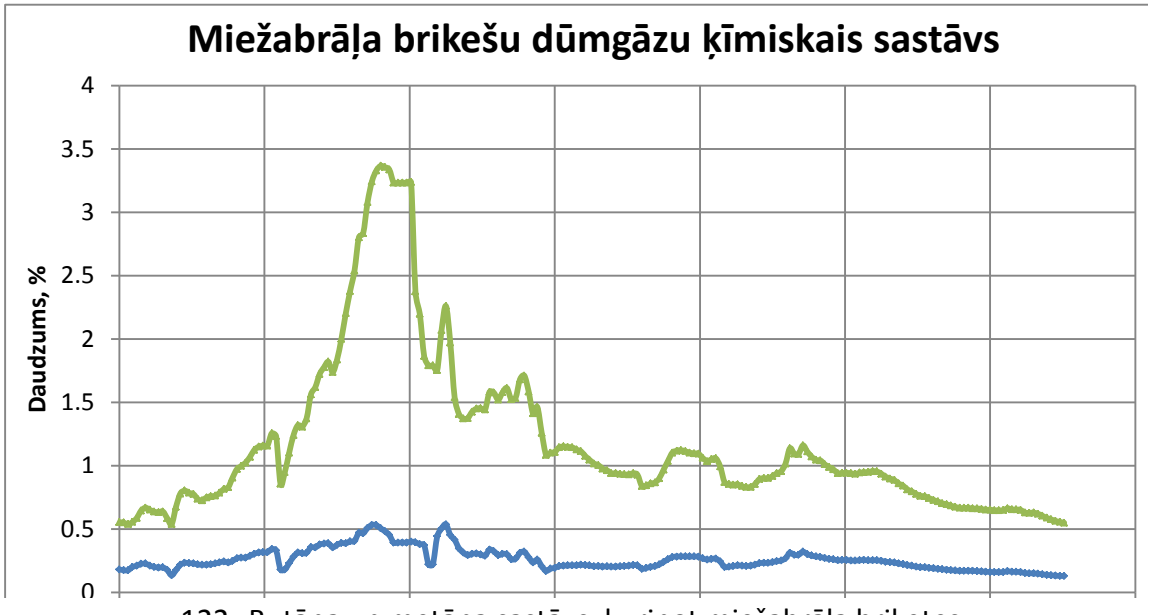
Novērtējot regresijas vienādojuma atbilstību eksperimenta datiem, redzam, ka determinācijas koeficients ir R^2=0.999. Tas nozīmē, ka kalibrēta sensora kļūda nepārsniedz 0.1%. Šajā gadījumā izejas strāva pie maksimālās temperatūras sasniedz tikai 19.3mA.

Ja sensoru izmanto tikai ar programmas iestatījumiem (bez kalibrēšanas), tad iegūstam teorētisko līkni (I, teor., skat. 121. att.). Šajā gadījumā mērījuma kļūda palielinās līdz 4.5%.



121. att. Sensora Pt100 kalibrēšanas līknes.

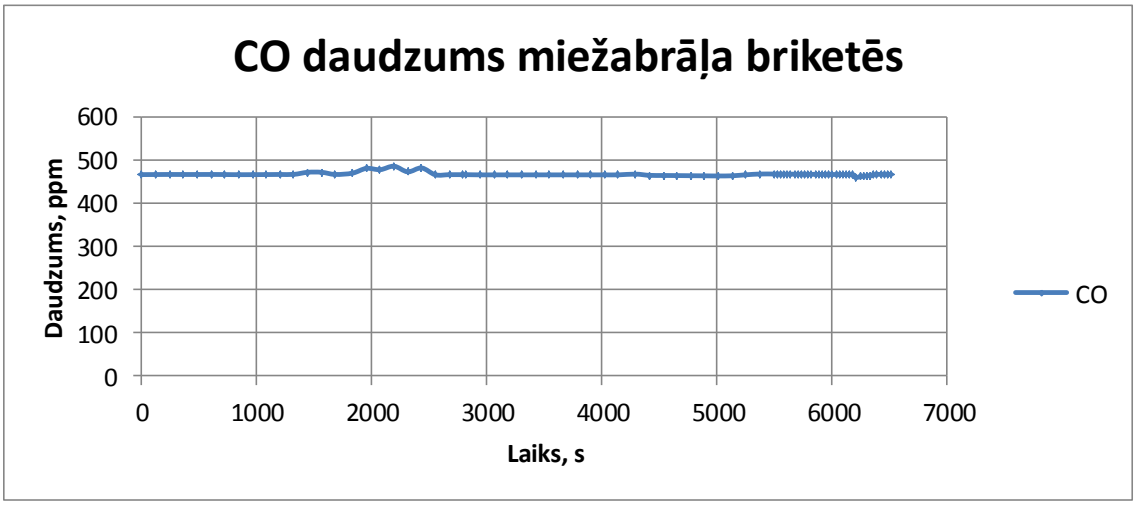
Iegūto kalibrēšanas vienādojumu var ievadīt programmā Picolog un veikt mērījumus ar augstu precizitāti.



122. Butāna un metāna sastāvs, kurinot miežabrāļa briketes

Veicot miežabrāļa brikešu sadedzināšanu un dūmgāzu analīzi novērojams straujš metāna pieaugums pie maksimālās degšanas intensitātes, bet butāna pieaugums ir salīdzinoši minimāls. Maksimālā metāna vērtība sasniedz 3.3%, bet butāna 0.55%.

CO daudzums, kurinot miežabrāļa briketes ir vienmērīgs un sasniedz vidēji 465ppm.



123. CO sastāvs, kurinot miežabrāļa briketes

22. DAŽĀDU MAISĪJUMU BIOMASAS GRANULU SILTUMSPĒJAS, PELNU KUŠANAS TEMPERATŪRAS U.C. PARAMETRU NOTEIKŠANA

BIOMASAS MAISĪJUMU DEGŠANAS PARAMETRU NOTEIKŠANAS EKSPERIMENTA PLĀNS

Iepriekš veiktajos eksperimentos tika noteikti sekojoši degšanas parametri: augstākā un zemākā siltumspēja, pelnu saturs, hlora un sēra saturs un pelnu kušanas temperatūra. Tika testēti trīs biomasu veidi: kaņepes, niedres un miežabrālis, kā arī šo biomasu maisījumi ar kūdru.

Iegūtie rezultāti liecināja, ka biomasas un to maisījumi ir nehomogēns materiāls, kura parametri var ievērojami atšķirties dažādos paraugos. Par to liecina atsevišķu mērījumu lielā izkliede, piemēram, hlora un sēra satura atšķirības vienā paraugā pārsniedz 2 reizes.

Veidojot stiebru biomasu maisījumus ar kūdru, iespējams aprēķināt maisījuma parametrus izejot no abu maisījuma sastāvdaļu sastāva. Par darba hipotēzi pieņemam, ka maisījuma parametri izmainās proporcionāli maisījuma sastāvdaļu procentuālajai attiecībai.

Pieņemsim, ka ir zināmi maisījuma komponenšu parametri (piemēram, augstākā siltumspēja) q_1 un q_2 un maisījuma sastāvdaļu proporcija (procentos). Maisījuma kopējo siltumspēju var aprēķināt pēc formulas:

$$q_m = \frac{\left(100 - n(\%)\right) \cdot q_1 + n(\%) \cdot q_2}{100}, \qquad (28)$$

kur q_1 un q_2 – maisījuma komponenšu parametri, n(%) – piedevas procentuālais sastāvs.

Pieņemsim, ka tiek noteikta niedru un kūdras maisījuma augstākā siltumspēja. Ir noteikts, ka niedru augstākā siltumspēja Q_{an}=18.6 MJ/kg un kūdras augstākā siltumspēja ir Q_{ak}=19.8 MJ/kg; kūdras piedevas daudzums maisījumā n(%)=30%. Ievietojot dotos lielumus formulā un aprēķinot, iegūsim maisījuma siltumspēju Q_m=19.96 MJ/kg.

Līdzīgi var aprēķināt arī sēra un hlora saturu biomasas maisījumā, zinot sēra un hlora saturu sastāvdaļās.

Lai noskaidrotu izvirzītās hipotēzes atbilstību realitātei, eksperimentāli jānosaka katras sastāvdaļas degšanas parametri.

Iepriekš tika noteikti degšanas parametri dažāda sastāva biomasu maisījumiem un veikta iegūto rezultātu novērtēšana. Lai iegūtu pilnu pārskatu par visu testēto biomasu un to maisījumu parametriem, nepieciešams veikt eksperimentu sēriju, lai noteiktu trūkstošos parametrus un precizētu parametrus tajos eksperimentu datos, kur novērojama liela rezultātu izkliede.

Eksperimentu plāns.

Lai realizētu izvirzītos mērķus nepieciešams noteikt parametrus sekojošiem paraugiem:

- ✓ kūdra – 4 paraugi,
- ✓ miežabrālis – 2 paraugi,
- ✓ miežabrālis + 15% kūdra – 2 paraugi,

- ✓ miežabrālis + 30% kūdra – 2 paraugi,
- ✓ miežabrālis + 50% kūdra – 2 paraugi,
- ✓ kaņepes – 2 paraugi,
- ✓ niedres – 3 paraugi.

Paraugi tiek sagatavoti no gaissausa materiāla to sasmalcinot daļiņās, kuru izmērs nepārsniedz 3mm. Sasmalcinātie materiāli tiek izmantoti maisījuma sagatavošanai.

PATENTU IZSTRĀDE UN PIETEIKUMU SAGATAVOŠANA

Patentu izstrāde un pieteikumu sagatavošana – 5 gab.
Sasniegts jau iepriekšējā periodā.

ZINĀTNISKO PUBLIKĀCIJU SAGATAVOŠANA UN PUBLICĒŠANA

Zinātnisko publikāciju sagatavošana un publicēšana -10 gab.
Sasniegts jau iepriekšējā periodā.

INFORMĀCIJAS SAGATAVOŠANA UN IZPLATĪŠANA MASU MĒDIJOS

Informācija ievietota projekta mājas lapā:
http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=243