

Kopsavilkums par 6. pārskata periodā veiktajām darbībām

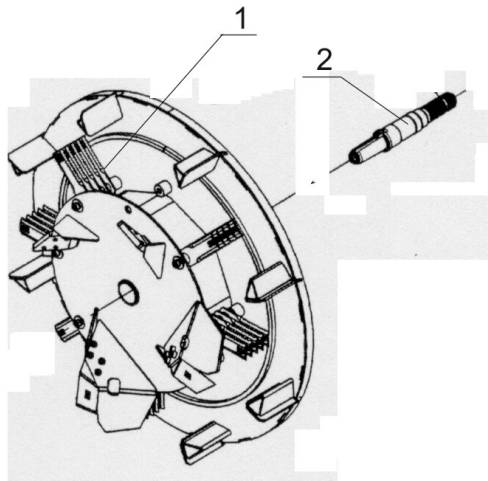
Projekta Nr.	2010/0306/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/128
Projekta nosaukums	Mehanizācijas līdzekļu izstrāde enerģētisko augu kurināmā kondicionēšanai
Finansējuma saņēmējs	Latvijas Lauksaimniecības universitāte

1. SMALCINĀŠANAS PROCESA TEORĒTISKĀ IZPĒTE

Enerģētisko augu smalcinātāja prototipam ir jānodrošina tāds biomasas daļiņu lielums, kas ir nepieciešams tālākā briketēšanas vai granulēšanas procesā. Mazāko daļiņu izmēru ~ 3 mm vēlams nodrošināt abiem šiem kompaktēšanas procesiem. Lai smalcinātājā iegūtu šādu daļiņu lielumu no enerģētisko augu stiebru materiāliem, ir jāveic stiebru sākotnējā sagriešana un tālākā smalcināšana, izmantojot trieciena smalcināšanas metodi. Trieciena smalcināšanā izmanto veserīšus, kuru asmens rotē ar lineāro ātrumu 5.000 līdz 7.000 m/min [1] gar sietu, kura acs izmērs ietekmē smalcināšanā iegūstamo daļiņu izmērus. Zinot piedziņas rotācijas ātrumu n apgr. min⁻¹, var aptuveni noteikt griezēja ārējo diametru:

$$D = \frac{v}{\pi \cdot n} \quad (1)$$

Pieņemot, ka $n = 2850$ apgr. min⁻¹, iegūstam $D = 0.56 \dots 0.78$ m. Šāda griezēja rotora aptuvens izskats ir parādīts 1. attēlā.



1. att. Smalcinātāja griezēja rotors.
1 – veserīšu griezēj disk, 2 – rotora vārpsta

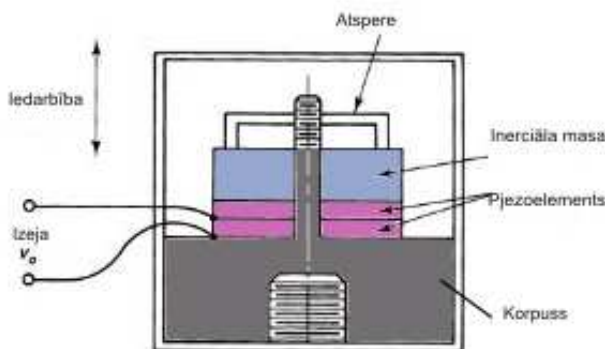
Redzams, ka gaisa ventilatora lāpstiņas, kas rotorā ir novietotas ārpus veserīšiem vēl palielina rotora diametru par ~ 0.15 m. Šādam rotoram jābūt balansētam visā darbības laikā. Eksploatācijā ir iespējami atsevišķu veserīšu lūzumi un to asu sašķiebumi, kas izsauc rotora vibrācijas. Vibrāciju ietekmē katastrofāli tiek pārslogoti rotora vārpstas gultņi, rodas troksnis smalcinātāja darbībā. Griezēja rotora līdzsvarošanai, kad tas ir iegults, ir nepieciešama sensoru montāža pie gultņu mezgla. Arī turpmākās smalcināšanas operācijās sensora signāli

raksturo vibrāciju līmeni iegultņojumā. Sensora signālu var izmantot griezēja rotora griešanās ātruma regulēšanai, nodrošinot to, lai vibrāciju līmenis nepārsniedz pieļaujamo.

Vibrācijas mērītāji (vibrometri) mēra paātrinājumu, pārvietojumu un pārvietošanās ātrumu.

Gultņu mezgla vispārējo tehnisko stāvokli vērtē pēc neraksturīgiem trokšņiem un vibrāciju amplitūdas.

Biežāk lietotie paātrinājumu mērītāji (akselerometri) ir pjezoelektriska tipa. To stiprināšanai pie gultņu mezgla izmanto dažādus paņēmienus, rūpējoties par to, lai mērījumu dati būtu tuvāki reālajām svārstībām. Biežāk lietotie ir līmes, vītnes vai magnētiskie savienojumi. Pēdējie ir visērtākie lietošanā, jo to pārvietošana dažādos gultņu mezgla punktos ir veicama ātri un savienojums ir bez brīvkustības.



2. att. Pjezoelektriskais sensors

Pjezoelektriskā sensora uzbūve parādīta 2. attēlā. Starp korpusu un inerciālo masu novietotais pjezoelements svārstību ietekmē tiek saspiegts un ģenerē elektrisko izejas signālu. Tas pēc tam tiek pārveidots, analizēts un izvadīts uz displeja vai datora, lietošanai izdevīgā formā. Smalcinātāja prototipa sensorā mezglā ir pjezoelektriskie sensori VIB 6.147, kuru tehniskie parametri (angļu val.) ir parādīti 4. attēlā.

Paātrinājuma sensora VIB 6.147 izskats un piestiprināšana ar magnēta palīdzību pie gultņu mezgla redzama 3. attēlā.



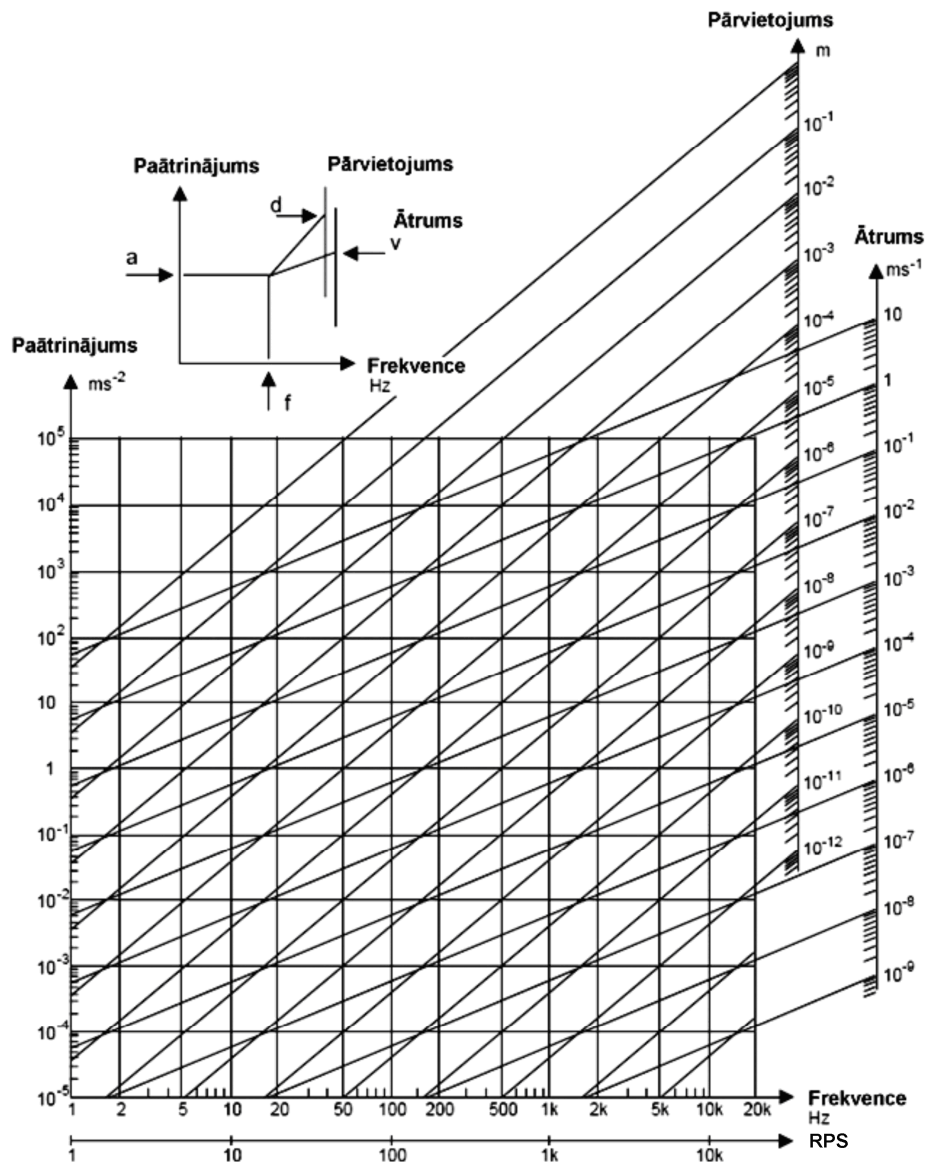
3. att. Sensors VIB 6.147 un tā nostiprināšana

Technical data

PARAMETER		VIB 6.147
Measurement	Signaling system	Current LineDrive, 3.5 mA closed current with superposed AC signal
	Transmission factor $\pm 4\%$	5.35 $\mu\text{A}/\text{ms}^{-2}$ (Ref.: 159 Hz; 25 °C)
	Frequency range $\pm 5\%$	2 Hz ... 4 kHz
	$\pm 10\%$	1 Hz ... 8 kHz
	$\pm 3\text{dB}$	0.3 Hz..12 kHz
	Resonance frequency	17 kHz; > 20 dB damped
	Linearity range $\pm 10\%$	$\pm 450 \text{ ms}^{-2}$
	Temperature range	-30 °C ... +100 °C
Electrical	Power requirement	> 10 mA / 7-18 VDC
	Transverse sensitivity	< 5% at 5 kHz
	Temperature sensitivity	< 0.01 ms^{-2}/K
	Magnetic sensitivity	< 1 ms^{-2}/T (at 50 Hz)
	Base strain sensitivity	< 0.01 $\text{ms}^{-2}/\mu\text{m}/\text{m}$
	Electrical noise, rms	< 0.002 ms^{-2} from 2 Hz
	Output impedance	> 300 kOhm
	Insulation	> 10 ⁹ MOhm
Mechanical	Case material	Stainless steel VA 1.4305
	Environmental protection	IP 65 (w/ cable)
	Cable connection	TNC socket
	Shock limit	< 50 kms^{-2}
	Weight	38 g
	Mounting	Adapter, probe tip

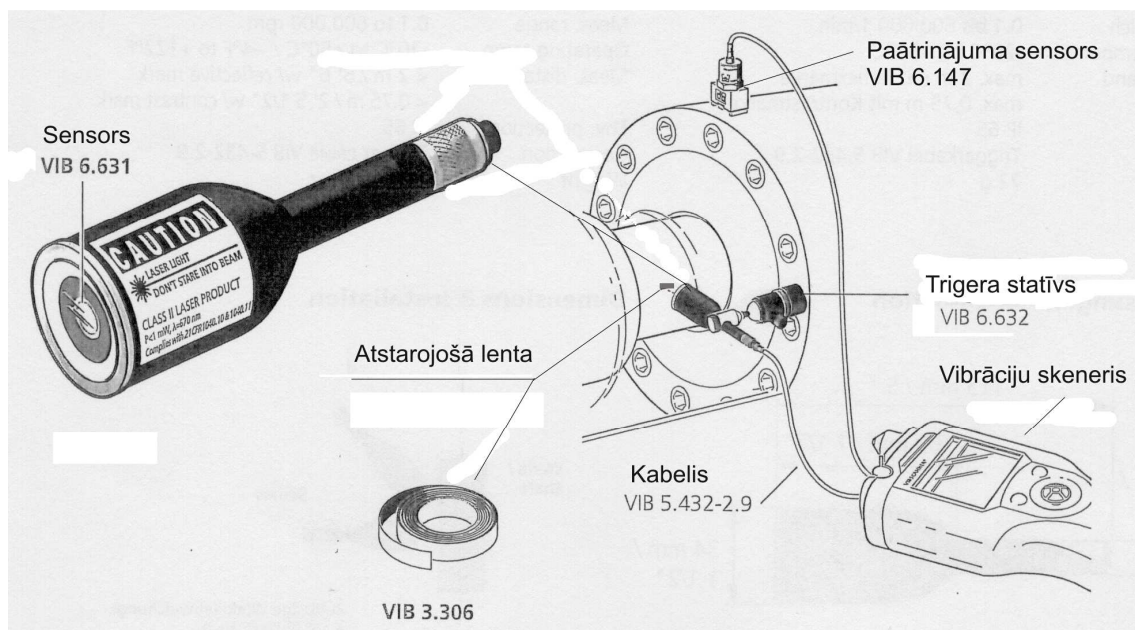
4. att. Paātrinājuma sensoru VIB 6.147 tehniskie parametri

Sensora primārais signāls atbilst paātrinājumam, bet pēc tā apstrādes un integrēšanas ir iegūstamas arī atbilstošās ātruma un pārvietojuma vērtības. Tāpēc vibrāciju sensorā mezgla sastāvā ir mērītājiēce, kurā ir mikroprocesors ar atbilstošu datu apstrādes programmu. Izmantojot Furjē transformāciju iegūst amplitūdu frekvenču diagrammas paātrinājumam, ātrumam un pārvietojumam. Ja zināma svārstību amplitūda pie noteiktas frekvences vienam no minētajiem parametriem, tad aprēķina ceļā iegūstamas pārējo divu parametru vērtības. To ilustrē 5. attēls.



5. att. Grafiska pārvietojuma un ātruma noteikšana

Smalcinātāja prototipa rotora iestatītās rotācijas frekvences mērīšanai un arī regulēšanai kalpo Lāzera - trigeris sensors VIB 6.631. Tas tiek lietots kā trigeris vibrāciju mērījumos un rotora apgriezienu skaita mērīšanai. Lāzera - trigeris sensora montāža pie rotora gultņu mezgla ir parādīta 6. att..



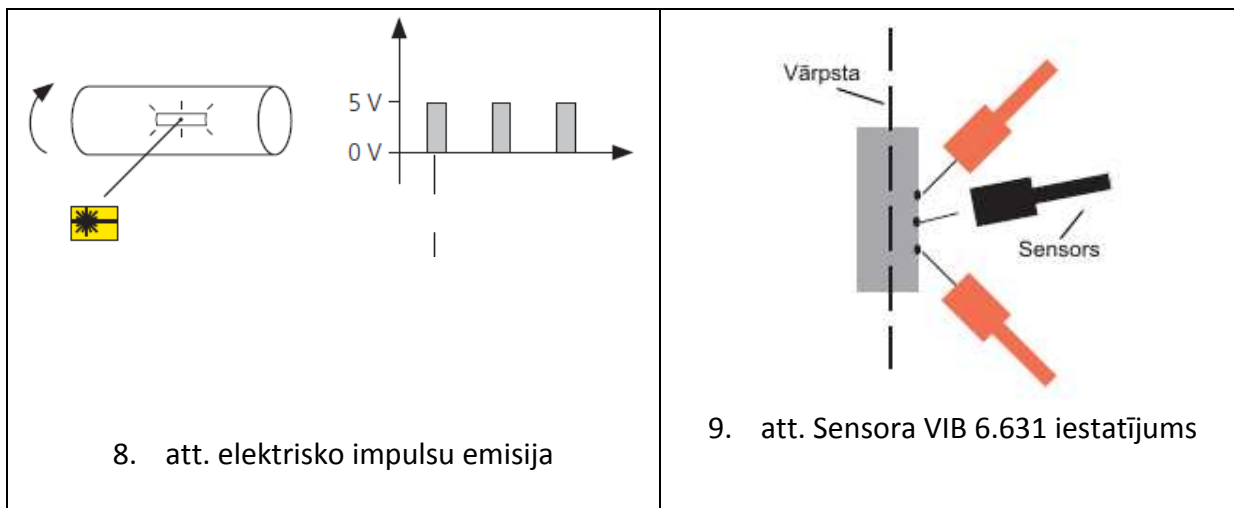
6. att. Lāzera - trigeru sensora montāža pie rotora gultņu mezgla

Sensora VIB 6.631 tehniskie parametri (angļu valodā) ir sniegti 7. att..

PARAMETER		VIB 6.631
Measurement	Measurement principle	optical
	Measurement range	0.1 ... 600'000 1/min.
	Measurement distance w/ reflective mark	0.05 ... 2 m
	w/ contrast mark	0.05 ... 0.75 m
	Temperature range	-20 °C ... +50 °C
Electrical	Power requirement	< 5.8 V (from device)
	Output	5 V (TTL)
	Laser wave length	670 nm (red)
	Laser class	2 (DIN EN 60825-1, May 2008)
Mechanical	Connection	Trigger cable VIB 5.432-2,9
	Environmental protection	IP 65
	Weight	72 g
	Dimensions	see drawing

7. att. Sensora VIB 6.631 tehniskie parametri

Sensors VIB 6.631 nolasa signālu optiski – bez kontakta ar mašīnas rotoru. Tas emitē sarkanu lāzera staru un uztver tā atstarojumu no rotoram uzlīmētās atstarojošās lentas strēmeles. Katreiz, kad sistēma fiksē spožuma kontrastu, tad sensors emitē (8. att.) elektrisku impulsu. Vibrāciju skeneris aprēķina rotora rotācijas ātrumu atkarībā no elektrisko impulsu skaita laika vienībā.



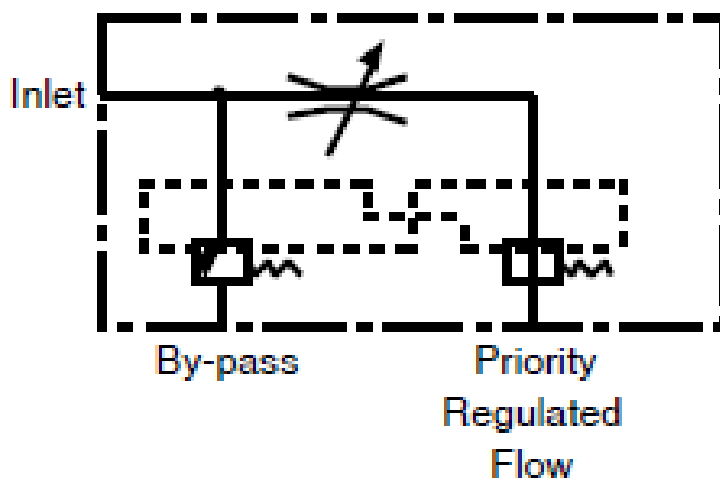
No iepriekšējā (6. att.) redzams, ka sensoru VIB 6.631 montē rotora tuvumā, izmantojot trigeria statīvu VIB 6.632. Lai iestatītu sensora lāzeru notēmē uz atstarojošo strēmeli VIB 3.306, mašīnai nedarbojoties. Cik tas ir iespējams staru virza nedaudz slīpi (9. att.) pret perpendikulāru plakni rotoram ($\pm 45^\circ$ robežās). Sensora VIB 6.631 lēcu tīra ar mitru audumu. Mitrināšanai izmanto ūdeni, bet ne spirtu. Jāizvairās no lēcas un roku kontakta. Tīrot lēcu arvien jālieto jauna auduma vieta.

LITERATŪRA:

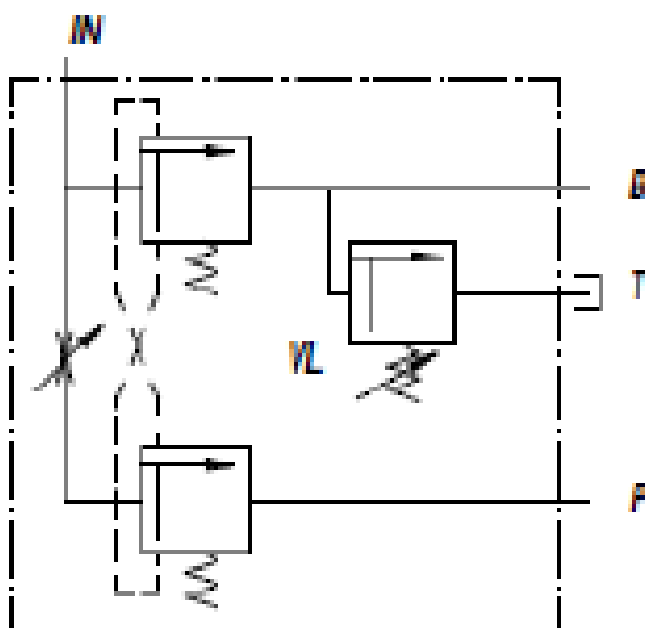
1. *Hammer mills: hammermills*. [tiešsaiste]: *Hammer design and configuration*, [Skatīts 14.08.2012]. Pieejams: http://www.feedmachinery.com/glossary/hammer_mill.php
2. PRUFTECHNIK. Sensors, cables and accessories. [Skatīts 14.08.2012]. Pieejams: http://www.pruftechnik.com/fileadmin/user_upload/COM/Condition_Monitoring/Products/catalog/english/sensor_cable_catalog_en.pdf

2. SMALCINĀTĀJA PROTOTIPA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE

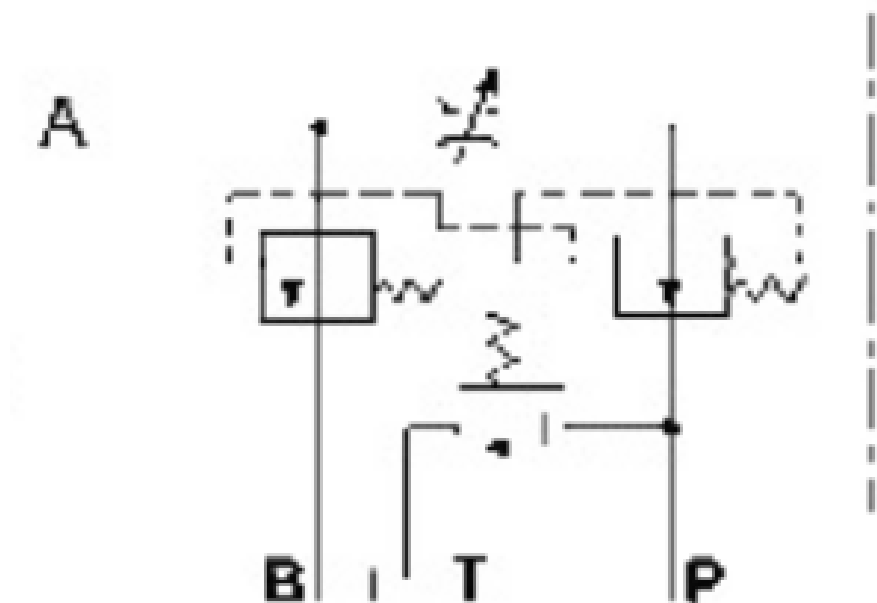
Prioritārā plūsmas regulatora shematiskie attēli dažādu firmu informatīvos materiālos (skat. 10. att., 11. att. un 12. att.) ir stipri atšķirīgi.



10. att. Firmas WEBTEC plūsmas dalītāja (regulatora) shēma



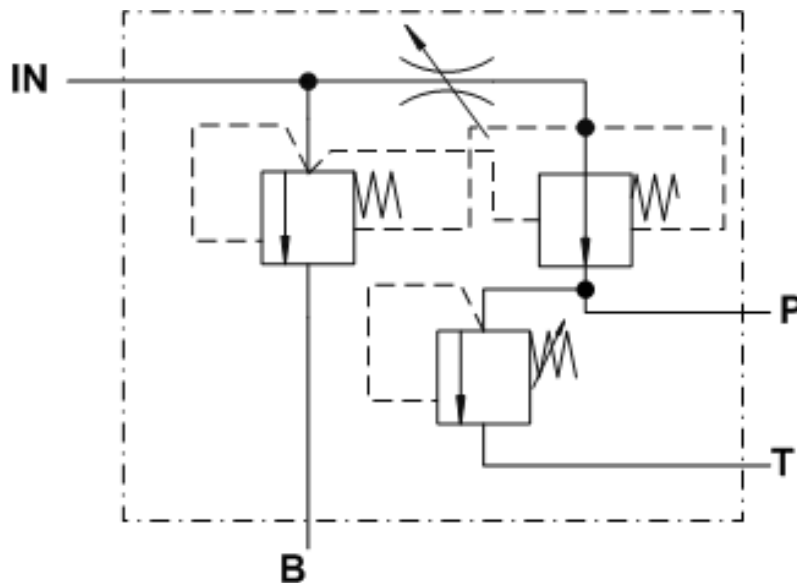
11. att. Firmas Domingo prekyba plūsmas regulatora shēma



12. att. Firms Contarini plūsmas regulatora shēma

Shēmā 10. att. nav parādīts raustīto vadības līniju pievienojums galvenajām nepārtrauktajām plūsmas līnijām. Plūsmas regulatoram 11. att. ir redzami trīs normāli aizvērti spiediena vārsti, turklāt drošības vārsts VL ir pievienots atzarojumā B uz tvertni. Šeit arī raustīto vadības līniju pievienojums galvenajām nepārtrauktajām plūsmas līnijām nav parādīts. Shēmā 12. att. ir ļoti neskaidrs zīmējums, turklāt drošības vārsts ir pievienots prioritārajai līnijai P. Arī šeit raustīto vadības līniju pievienojums galvenajām nepārtrauktajām plūsmas līnijām nav parādīts.

Detalizēti iepazīstot vārsta uzbūvi un aprakstus, par tā darbību ir jāsecina, ka neskatoties uz 12. attēla neskaidrību, tajā spiediena vārsta attēlojums ir vistuvāk realitātei. Ja pievieno punktus, kur ir raustīto vadības līniju pievienojums galvenajām nepārtrauktajām plūsmas līnijām, tad iegūstam precizētu prioritārā plūsmas regulatora shēmu (13. att.), kuru var izmantot piedziņas shēmu zīmējumos. Informācijā par vārsta darbību tiek argumentēts tas, kāpēc drošības vārsts ir pievienots prioritārajai līnijai P. Ja prioritārā līnija P tiek bloķēta – plūsma nav iespējama pa prioritāro hidrolīniju P, tad stabilizators vārstā nobloķē arī plūsmu atzarojumā B. Lai tas nenotiktu, hidrolīnijai P ir pieslēgts drošības vārsts, kas kalpo, lai izslēgtu bezplūsmas režīmu plūsmas regulatoram.

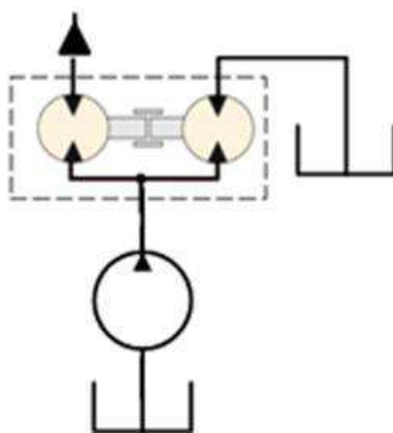


13. att. Precizēta prioritārā plūsmas regulatora shēma

Padeves mehānisma piedziņai ir jānodrošina divu veltņu hidromotoru rotācijas ātrums $n = 20 \text{ apgr min}^{-1}$, veltņu saspiešana ar regulējamu spēku, ko nodrošina hidrauliskais cilindrs. Katra hidromotora darba tilpums $V = 50 \text{ cm}^3 \text{ apgr}^{-1}$. Nosakām nepieciešamo sūkņa ražīgumu veltņu piedziņai:

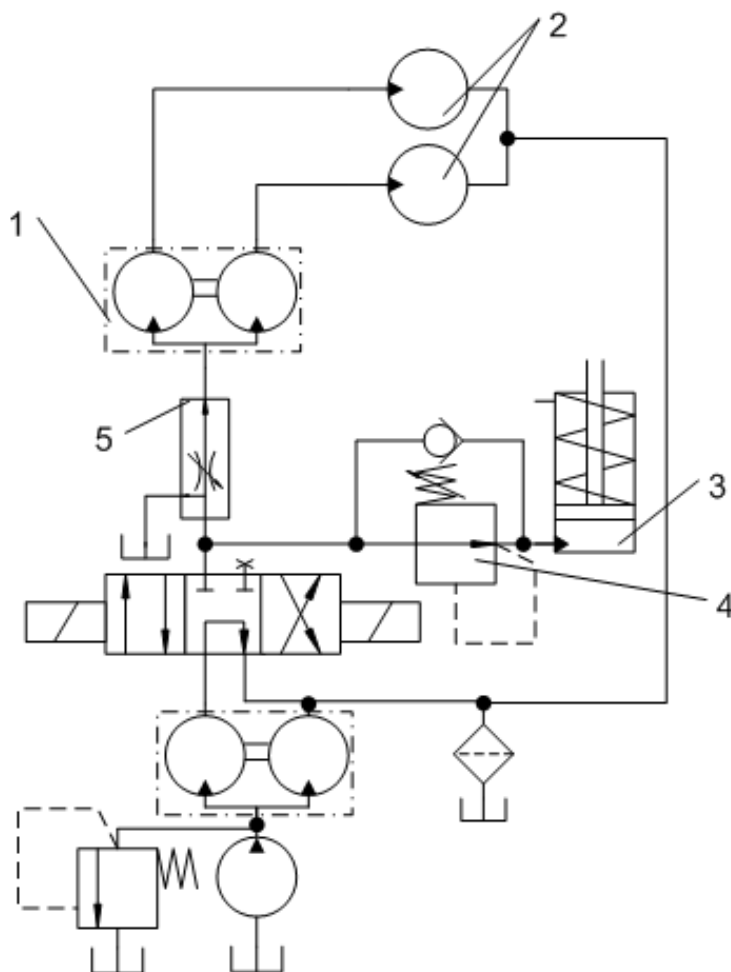
$$Q = \frac{2 \cdot 50 \cdot 20}{0.9} = 2222 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1} = 2.2 \text{ l min}^{-1} \quad (1)$$

Šāds ražīgums ir ļoti niecīgs, tādēļ, lai varētu izmantot sūkni, kas nodrošina eksperimentālos pētījumus citām smalcināšanas operācijām, ir jāparedz iespējas plūsmas regulēšanai. Plūsmu samazināt uz pusi var izmantojot (14. att.) plūsmas dalītāju.



14. att. Sūkņa plūsmas samazināšana ar plūsmas dalītāju

Veltņu piedziņas shēma ir parādīta 15. attēlā.



15. att. Veltņu piedziņas shēma

Tajā plūsmas dalītājs 1 nodrošina hidromotoru 2 sinhronus apgriezienus. Hidrocilindra 3 veltņu saspiešanas spēku ierobežo redukcijas vārsts 4. Plūsmas regulators 5 ļauj iestatīt dažādus veltņu rotācijas ātrumus eksperimentālos pētījumos.

Iztinēja hidrauliskā motora darba tilpums $V=160 \text{ cm}^3 \text{ apgr}^{-1}$. Tā pacēlāja hidrauliskā cilindra iekšējais $\varnothing 50 \text{ mm}$ un gājiens $h = 250 \text{ mm}$. Paredzamais rotācijas ātrums hidromotoram eksperimentālos pētījumos – $n = 130 \text{ apgr min}^{-1}$. Nosakām nepieciešamo sūkņa ražīgumu:

$$Q = \frac{V \cdot n}{\eta_Q}; \quad (2)$$

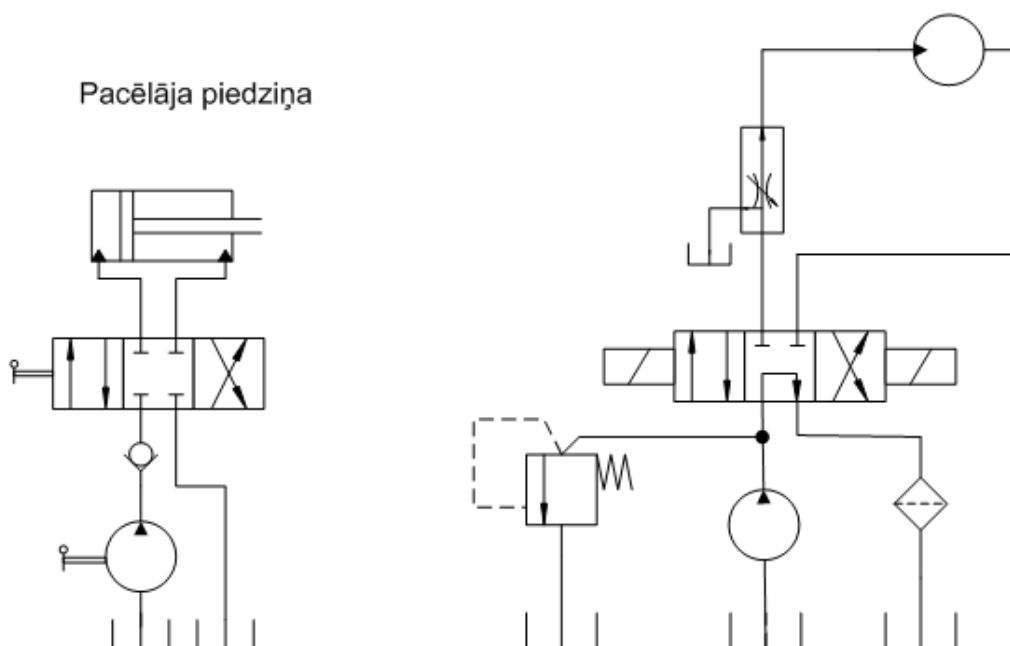
kur Q – sūkņa ražīgums, $\text{cm}^3 \text{ min}^{-1}$,
 η_Q – hidromotora tilpuma lietderības koeficients, $\eta_Q = 0.9$.
 Ievietojot skaitliskās vērtības iegūstam:

$$Q = \frac{160 \cdot 130}{0.9} = 23111 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1} = 23 \text{ l min}^{-1} \quad (3)$$

Pacēlāja hidrauliskā cilindra piedziņai paredzam izmantot hidrauliskās preses mehānismu.

Tad hidrauliskās piedziņas shēma iegūst 16. att. parādīto izskatu.

Hidromotora piedziņa



16. att. Iztinēja hidrauliskās piedziņas shēma

Shēmā pacēlāja piedziņu realizējot ar mazgabarīta hidrauliskās preses mehānismu ērti var eksperimentāli fiksēt spiediena vērtības paceļot enerģētisko augu ruļļus uz iztinēju.

Hidromotora piedziņas ķēdē iekļauts trīszaru ātruma regulators, lai būtu iespēja mainīt iztīšanas ātrumu eksperimentālos pētījumos. Šāda shēma nodrošina augstāku energoefektivitāti nekā lietojot divzaru ātruma regulatoru šim mērķim. Spiediens pie sūkņa p_s tikai nedaudz pārsniedz hidromotora griešanai nepieciešamo spiedienu p_m , tāpēc patērētā hidrauliskā jauda:

$$N = Q_s \cdot (p_m + \Delta p), \quad (4)$$

kur Δp – spiediena kritums uz regulatora droseli ($\Delta p < 0.1$ MPa).

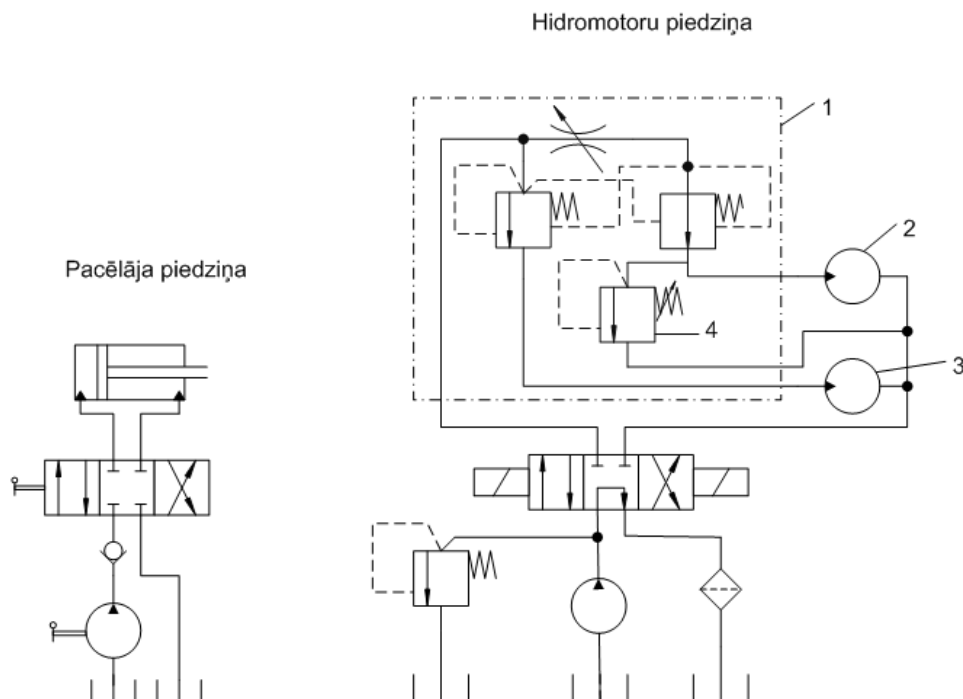
Šī nelielā spiediena krituma uz regulatora droseli dēļ var apgalvot, ka trīszaru ātruma regulatora izmantošana ļauj patērēt piedziņas jaudu, kas būtiski mazāka, nekā izmantojot divzaru ātruma regulatoru.

Apskatītā shēma paredzēta smalcinātāja prototipa atsevišķa iztinēja hidrauliskajai piedziņai. Eksperimentālajos pētījumos paredzēta arī vienlaicīga iztinēja un trumuļa darbināšana smalcinātāja prototipam. Šādā gadījumā nepieciešama lielāka ražīguma sūkņa izvēle un shēmas papildināšana ar citiem elementiem.

Smalcinātāja prototipa trumuļa piedziņai ir izmantots hidromotors ar darba tilpumu $V = 200 \text{ cm}^3 \text{ apgr}^{-1}$. Paredzamais rotācijas ātrums hidromotoram eksperimentālos pētījumos – $n = 75 \text{ apgr min}^{-1}$. Nosakām nepieciešamo sūkņa ražīgumu trumuļa piedziņai, izmantojot formulu (2):

$$Q = \frac{200 \cdot 75}{0.9} = 16667 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1} = 16.7 \text{ l min}^{-1} \quad (5)$$

Kopējais ražīgums, kas nepieciešams abu hidromotoru piedziņai ir $Q_{12}=40 \text{ l min}^{-1}$. Tad hidrauliskās piedziņas shēma iegūst 17. att. parādīto izskatu.



17. att. Iztinēja un trumuļa hidrauliskās piedziņas shēma

Šajā shēmā ir izmantots prioritārais plūsmas regulators 1, kas nodrošina iztinēja hidromotora 2 un trumuļa hidromotora 3 piedziņu. Sekmīgai regulatora darbībai nepieciešams drošības vārsts 4, lai izslēgtu bezplūsmas režīmu regulatoram 1.

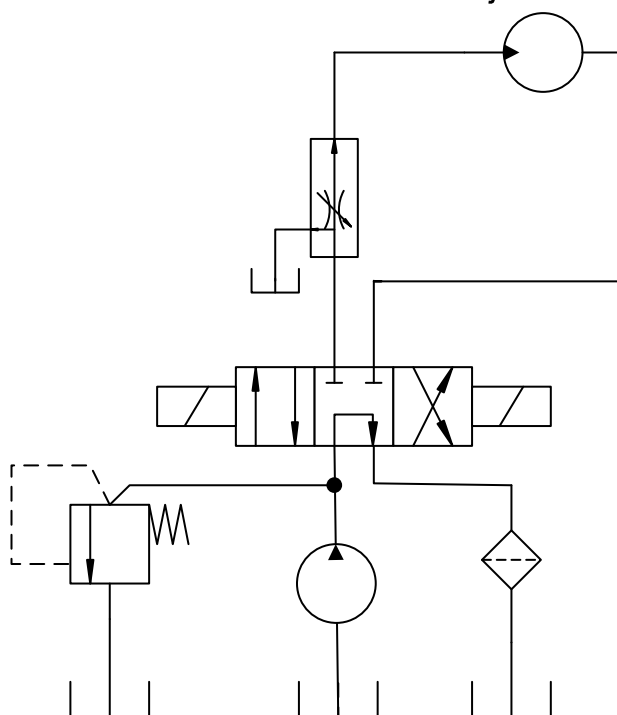
Konveijera piedziņai ir izmantots hidromotors ar darba tilpumu $V = 50 \text{ cm}^3 \text{ apgr}^{-1}$. Tā paredzētais maksimālais rotācijas ātrums ir $200 \text{ apgr min}^{-1}$. Nosakām nepieciešamo sūkņa ražīgumu konveijera piedziņai, izmantojot formulu (2):

$$Q = \frac{50 \cdot 200}{0.9} = 11111 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1} = 11 \text{ l min}^{-1} \quad (6)$$

Hidrauliskās piedziņas shēma konstruēta, kā parādīts 3. att. shēmā.

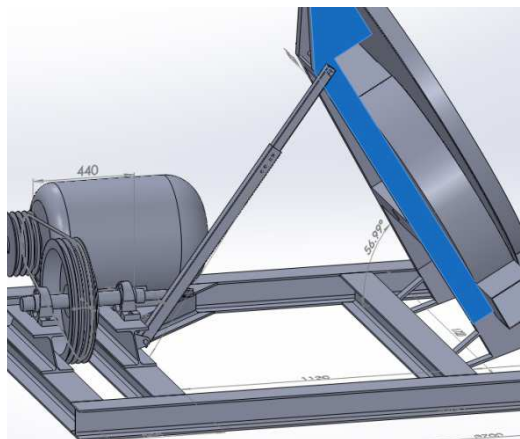
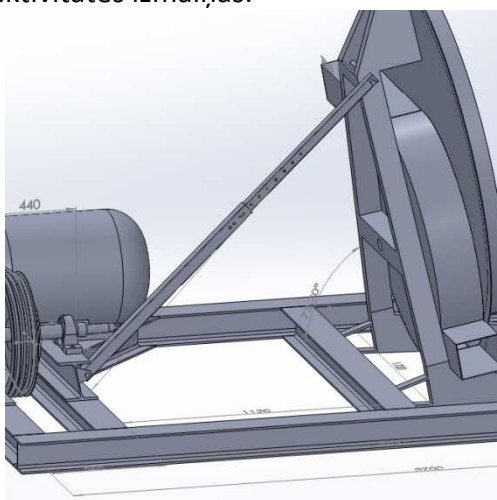
Hidromotora piedziņas ķēdē iekļauts trīszaru ātruma regulators, lai būtu iespēja mainīt konveijera ātrumu eksperimentālos pētījumos. Šāda shēma nodrošina augstāku energoefektivitāti nekā lietojot divzaru ātruma regulatoru.

Hidromotora piedziņa konveijeram



18. att. Hidrauliskās piedziņas shēma konveijeram

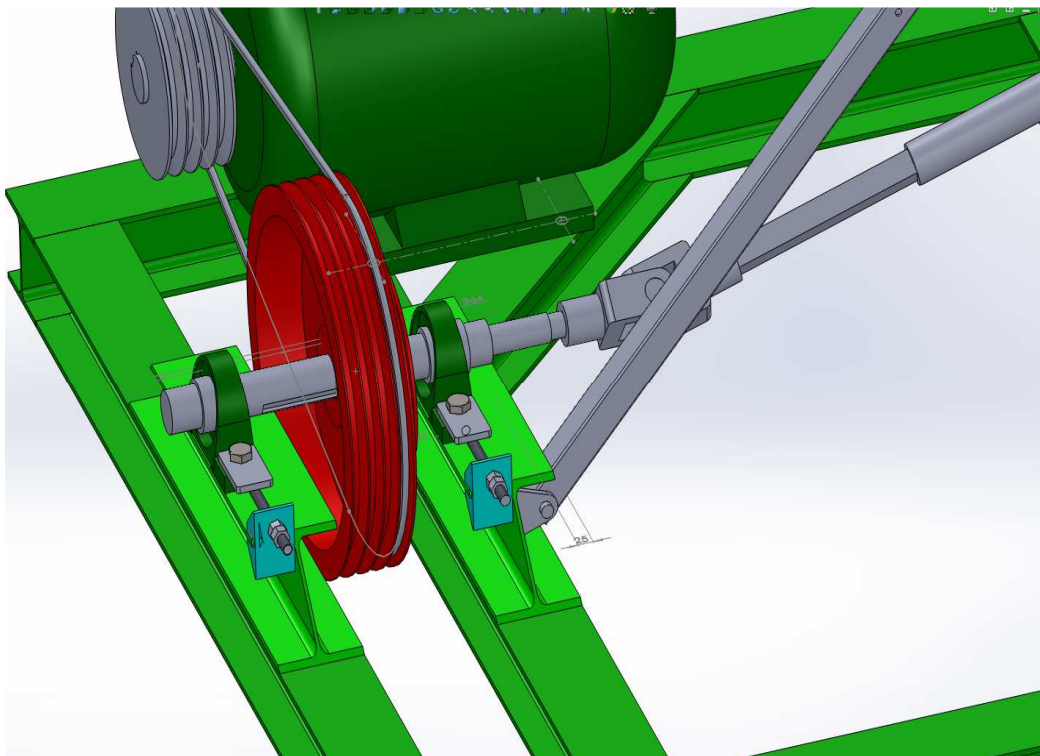
Smalcinātāja prototipa ruļļu smalcināšanas mezgla slīpumu var regulēt 20 grādu robežās (19. att.). Ruļļu smalcināšanas mezgla slīpums ietekmē ruļļa atbalsta spēku uz smalcinātāja rotoru. Eksperimentu laikā izmainot šo leņķi var noteikt smalcinātāja darbības efektivitātes izmaiņas.



19. att. Slīpuma regulēšana

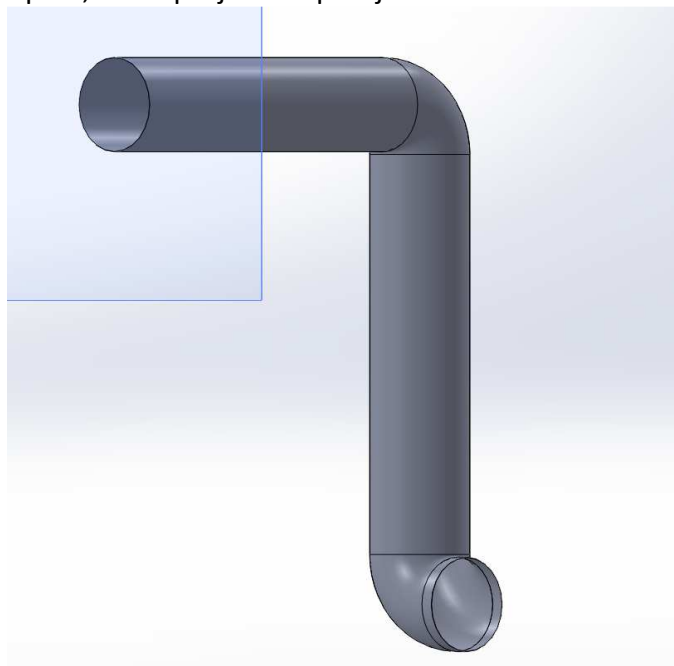
Lai nospiestu smalcināšanas prototipa ķīļsiksna pārvadu ir nepieciešams izstrādāt ķīļsiksna pārvada spriegošanas mehānismu. Smalcināšanas prototipa ķīļsiksna pārvadu nospiegošanu var panākt pārbīdot elektrodzinēju vai pārbīdot lielo ķīļsiksna skriemeli ar vārpstu un gultņu korpusiem. Tehniski vienkāršāk realizējams ir otrais variants, pārbīdot lielo skriemeli ar vārpstu un gultņa korpusiem (20. att.). Tika uzprojektēta plāksne, kuru novietoja virs gultņa korpusa nostiprināšanas pamatnes un ar bultskrūvi šī plāksne un gultnis tiek pieskrūvēts pie dubult T veida sijas. Dubult T sijas galā piemetina balstu, kuram ir urbums. Pie plāksnes ir piemetināts garš vītņu stienis, kas ievietots piemetinātā balsta urbumā.

Spriegošanu veic pievelkot uzgriežņus, kas uzskrūvēti ir uz garā vītņu stieņa. Ja sikсна ir pietiekami nospriegota, tad pieskrūvē gultņa korpusu pie dubult T veida sijas.

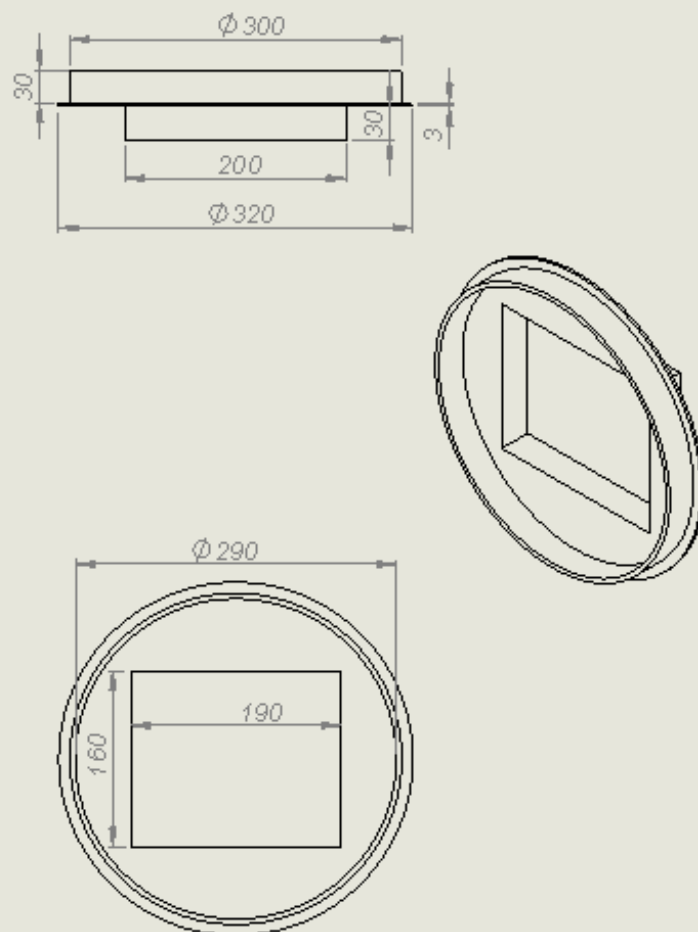


20. att. Spriegošanas mehānisms

Smalcināšanas prototipa pneimatiskais vads sastāv no divām standartizētas gaisa vada caurulēm (diametrs 300 mm) un diviem standartizētiem 90° līkumiem. Lai pievienotu cauruli smalcināšanas prototipam, tika izprojektēta pāreja.

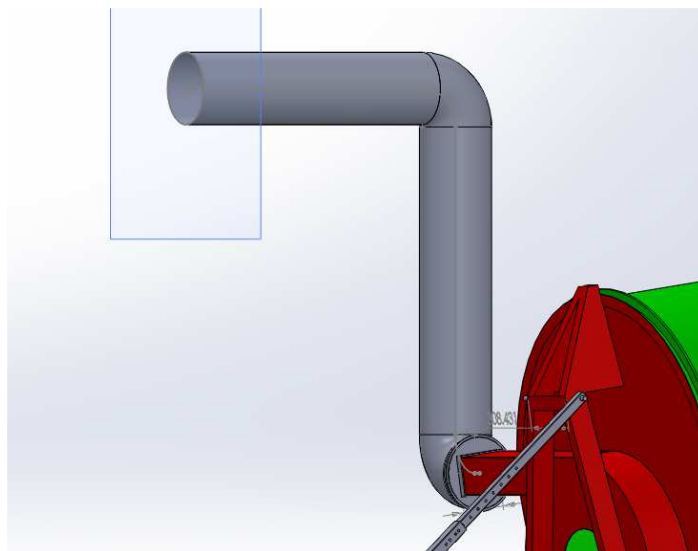


21. att. Pneimatiskais vads



						Pāreja		
							Proj.c. metode	Mērogs
Izm. Lapa	Dokum. Nr.	Paraksts	Dat.					1:5
Rasēja	I.Nulle						Lapa 1	Lapas 1
Piegāja							Masa:	

22. att. Pneimatiskā vada pievienošanas pāreja



23. att. Pievienots pneimatiskais vads

Smalcināšanas prototipa eksperimentālajos pētījumos ruļļa smalcināšanas mezgla rotora radītā gaisa plūsmas ātrums nebija pietiekošs, lai smalcināto masu nogādātu ciklonā, kā rezultātā daļa sasmalcinātā masas palika pneimatiskajā vadā, kā rezultātā pēc neilga laika caurule tika nosprostota (24., 25. att.).



24. att. Nosprostojums



25. att. Nosprostojums

Gaisa caurules vadam ir divi 90° grādu līkumi, kas rada lielu pretestību gaisa plūsmai. Lai samazinātu šo gaisa pretestību ir nepieciešams veikt konstruktīvus uzlabojumus.

Pasākumi smalcināšanas prototipa konstrukcijas izveidei:



26. att. Transportēšanas mezgla montāža pie smalcinātāja prototipa



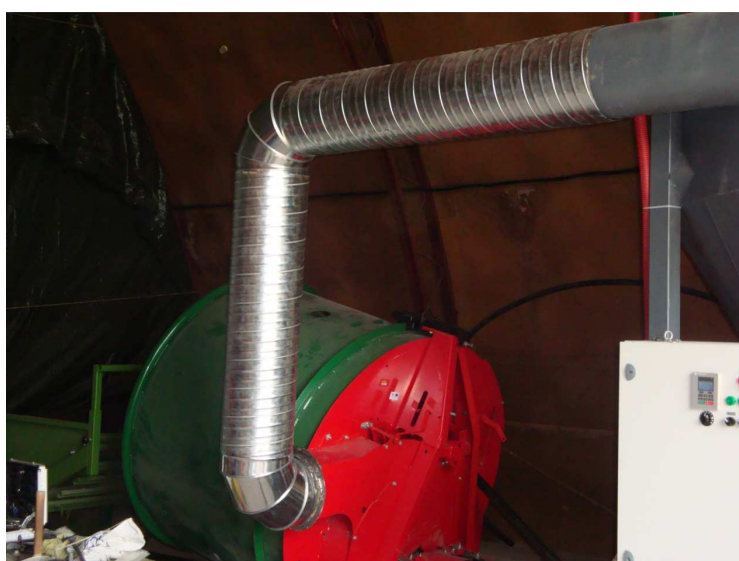
27. att. Smalcinātāj prototipa vadības bloku montāža



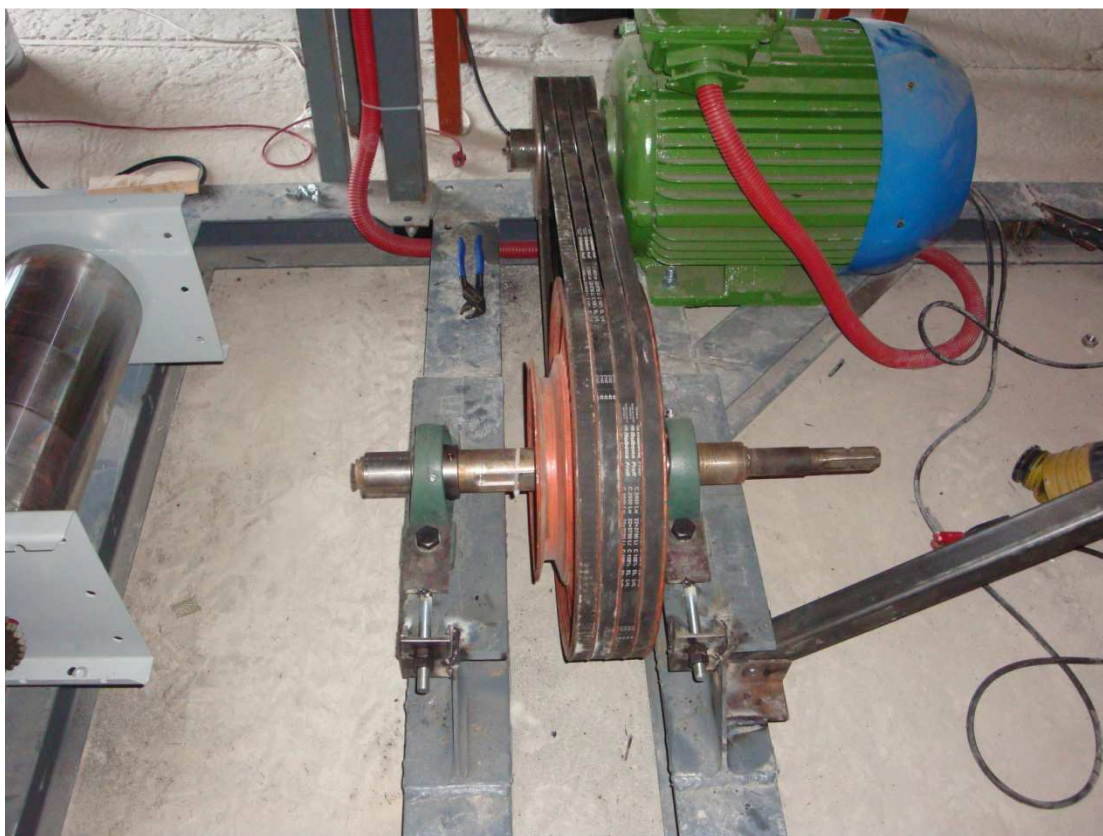
28. att. Ruļļu iztīšanas mezgla montāža pie smalcinātāja prototipa rāmja



29. att. Ruļļu smalcināšanas mezgla slīpuma regulēšanas mehānisms



30. att. Pneimatiskā vada montāža



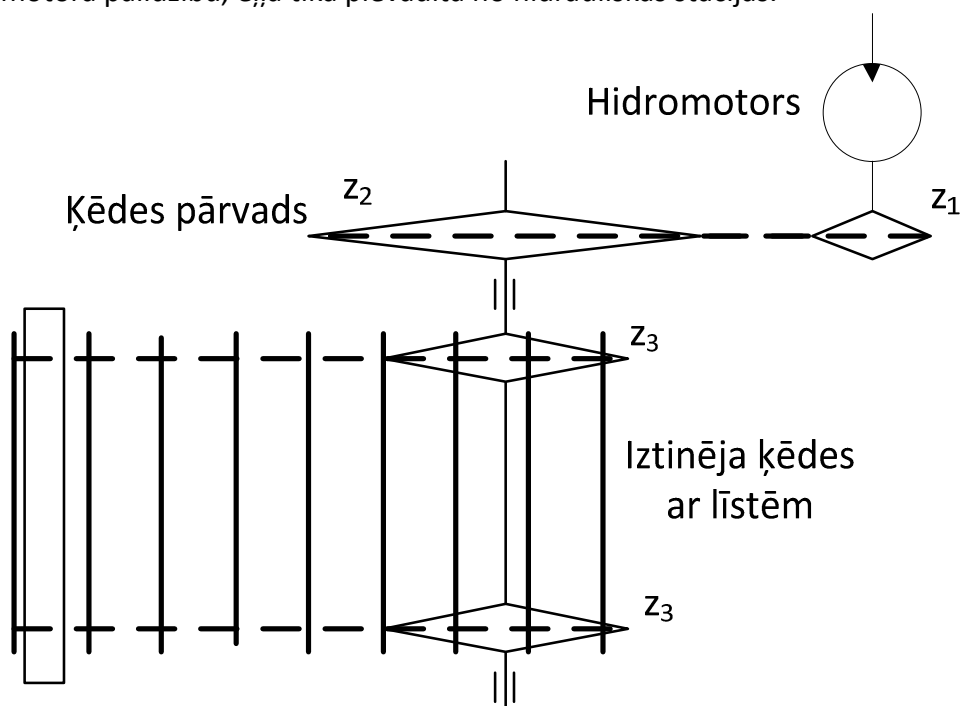
31. att. Ruļļu smalcināšanas mezgla siksnu spriegošanas mehānisms



32. att. Smalcināšanas prototipa hidraulisko elementu slēgums (daļējs)

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

Smalcinātāja prototipa ruļļu iztīšanas mezgla transportiera piedziņa tiek realizēta ar hidromotora palīdzību, eļļa tika pievadīta no hidrauliskās stacijas.



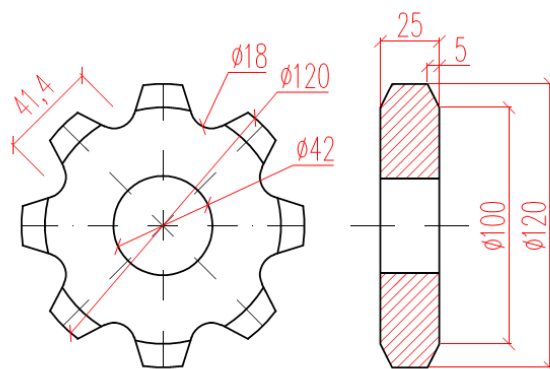
33. att. Smalcinātāja prototipa ruļļu iztīšanas transportiera piedziņas kinemātiskā shēma

Eksperimentāli darbinot smalcinātāja prototipa ruļļu iztīšanas mezgla transportiera ķēdi, tika uzņemts laiks un aprēķināts tā ātrums. Ātrums transportiera ķēdei $v_k = 0.2 \text{ m/s}$.

Ja ir zināms ķēdes ātrums, tad varam aprēķināt ķēdes piedziņas vārpstas apgriezienus n_2 .

$$n_2 = \frac{v_k \times 60}{\pi \times d} = \frac{0.2 \times 60}{3.14 \times 0.110} = 34.5 \text{ apgr min}^{-1}, \quad (7)$$

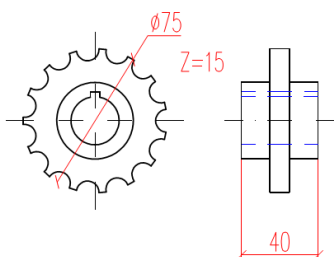
kur: d – ķēdes zvaigznītes dalāmās aploces diametrs, m.



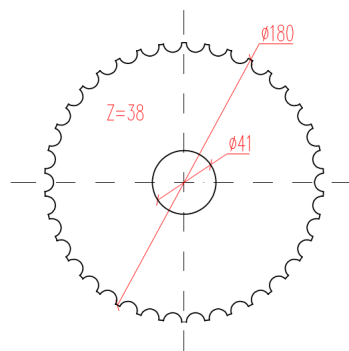
34. att. Ķēdes transportiera piedziņas zvaigznīte

Hidromotora apgriezieni atkarīgi no ķēdes zvaigznītes zobu skaita (skat. 35. un 36. att.), kas veido noteiktu pārneseuma skaitli.

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{38}{15} = 2.53$$



35. att. ķēdes zvaigznīte uz
hidromotora
Hidromotora apgriezieni



36. att. ķēdes zvaigznīte uz ķēdes
transportiera piedziņas vārpstas

$$n_1 = n_2 \times u = 34.5 \times 2.53 = 87 \text{ apgr/min} \quad (8)$$

Hidromotora jauda, kW

$$N = \frac{P \times Q}{612}, \quad (9)$$

kur: P – eļļas spiediens hidrosistēmā, bar,
Q – eļļas caurplūde, l min⁻¹.

Hidromotora caurplūde uz 1 apgriezienu ir q = 160 cm³. Hidromotora eļļas ražīgums minūtē

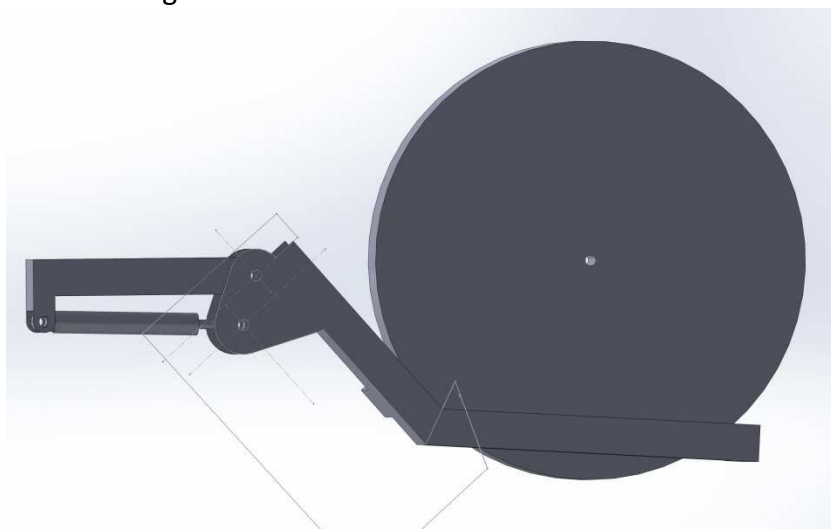
$$Q = n_1 \times q = 87 \times 0.16 = 14 \text{ l/min} \quad (10)$$

Hidrauliskā stacija nodrošina eļļas plūsmu 28 l min^{-1} . Eļļas plūsma no hidrostacijas tika sadalīta divās daļās ar plūsmas dalītāja palīdzību. Eļļas spiediens tika nomērīts ar manometra palīdzību $P = 85 \text{ bar}$.

Hidromotora jauda

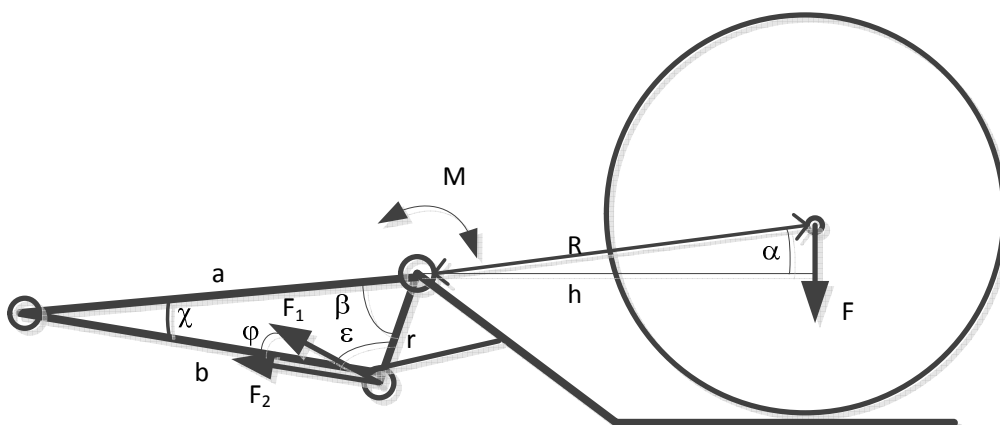
$$N = \frac{P \times Q}{612} = \frac{85 \times 14}{612} = 1.95 \text{ kW} \quad (11)$$

Smalcināšanas prototipa ruļļu iztīšanas mezgla pacelšanas mehānisma ruļļu pacelšanai nepieciešamā spēka aprēķins tiek veikts no paceļamās ruļļu materiāla masas. Smalcināmā ruļļa svars aptuveni ir 250 kg



37. att. Ruļļa pacelšanas mehānisma konstruktīvā shēma

Smalcinātāja prototipa ruļļu pacelšanas mehānisma kinemātiskā aprēķinu shēma parādīta 38. att.



38. att. Ruļļu smalcināšanas mezgla slīpuma regulēšanas mehānisms

Griezes moments pie dažādiem pacelšanas leņķiem, ko rada ruļļu svars

$$M = h \times F, \quad (12)$$

kur: h – spēka plecs, mm;
 F – ruļļa svars, N.

Spēka pleca aprēķins

$$h = R \times \cos \alpha, \quad (13)$$

kur: R – rādiusa attālums līdz ruļļa centram, $R = 990$ mm.

F_1 spēka aprēķins

$$F_1 = \frac{M}{r}, \quad (14)$$

kur r – spēka pleca attālums līdz hidrocilindra kātam, $r = 140$ mm.

Leņķis β ir tieši atkarīgs no leņķa α . Ja α leņķis ir 0° , tad β leņķis ir 45° .

Hidrocilindra stiprinājuma vietas starpasu centru atstatums b :

$$b = \sqrt{a^2 + r^2 - 2 \times a \times r \times \cos \beta}, \quad (15)$$

kur a – hidrocilindra balstu stiprinājuma atstatums, $a = 607$ mm.

Hidrocilindra kāta pārvietojums:

$$c = b - b_0, \quad (16)$$

kur b_0 – starpasu centra atstatums sākuma stāvoklī

Leņķa χ aprēķins

$$\chi = \arcsin \frac{r}{a} \beta. \quad (17)$$

Leņķa ε aprēķins

$$\varepsilon = 180 - (\chi + \beta). \quad (18)$$

Leņķa φ aprēķins

$$\varphi = \varepsilon - 90. \quad (19)$$

Spēka aprēķins uz cilindra kāta F_2 .

$$F_2 = \frac{F_1}{\cos \varphi}. \quad (20)$$

Hidrocilindra virzuļa šķērsriezuma laukuma aprēķins

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4}, \quad (21)$$

kur: d – hidrocilindra virzuļa diametrs, $d = 5$ cm.

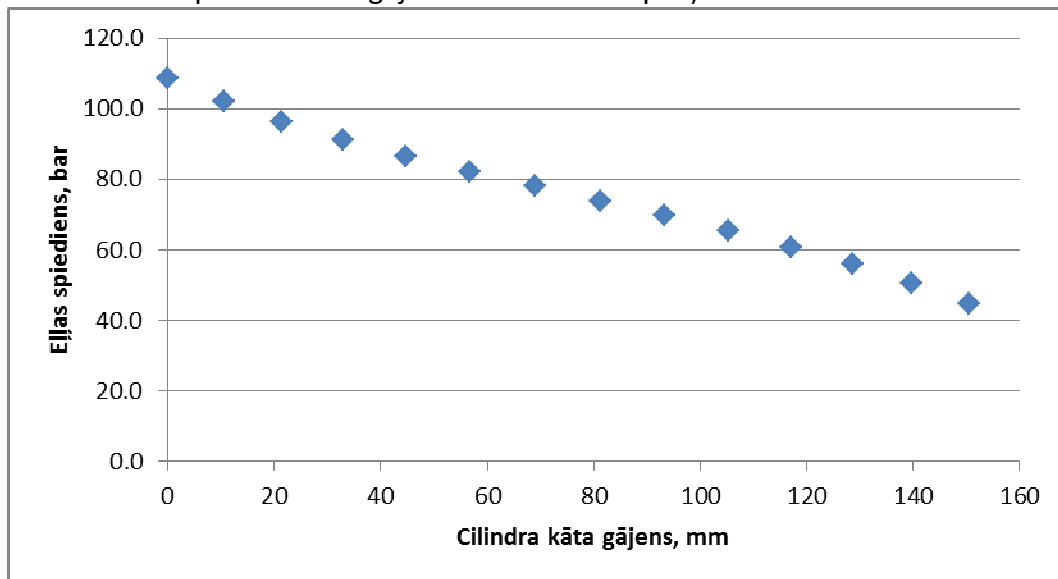
Eļļas spiediens hidrocilindrā, bar:

$$p = \frac{F_2}{S}. \quad (22)$$

Aprēķina rezultāti apkopoti tabulā

α , grādi	h, mm	M, Nm	F1, N	β , grādi	b, mm	c, mm	χ , grādi	ε , grādi	φ , grādi	F2, N	p, bar
0	990,00	2475,00	17678,57	45	517,56	0,00	11,03	123,97	33,97	21317,4 3	108,6
5	986,23	2465,58	17611,30	50	528,02	10,46	11,72	118,28	28,28	19998,4 2	101,9
10	974,96	2437,40	17409,99	55	539,04	21,48	12,28	112,72	22,71	18874,1	96,2
15	956,27	2390,67	17076,19	60	550,52	32,96	12,72	107,28	17,27	17883,0 8	91,1
20	930,30	2325,74	16612,42	65	562,34	44,77	13,04	101,96	11,95	16981,0 2	86,5
25	897,24	2243,11	16022,23	70	574,39	56,83	13,24	96,76	6,75	16134,3 8	82,2
30	857,37	2143,41	15310,09	75	586,57	69,01	13,33	91,67	1,67	15316,6	78,0
35	810,96	2027,40	14481,44	80	598,78	81,22	13,31	86,69	3,31	14505,6 7	73,9
40	758,38	1895,96	13542,57	85	610,93	93,37	13,20	81,80	8,19	13682,3 3	69,7
45	700,04	1750,09	12500,64	90	622,94	105,38	12,99	77,01	12,98	12828,8 2	65,4
50	636,36	1590,90	11363,57	95	634,71	117,15	12,69	72,31	17,69	11927,7 9	60,8
55	567,84	1419,60	10140,01	100	646,19	128,63	12,32	67,68	22,31	10961,2 2	55,9
60	495,00	1237,50	8839,29	105	657,30	139,74	11,87	63,13	26,87	9909,36	50,5
65	418,39	1045,98	7471,29	110	667,97	150,41	11,36	58,64	31,35	8749,34 1	44,6

Hidrocilindra spēka un kāta gājiena teorētiskais aprēķins attainots 39. attēlā.



39. att. Hidrocilindra kāta gājiena un spēka diagramma

Padarītā darba aprēķins

$$A = p_v \times v, \quad (23)$$

kur p_v – eļļas spiediena vidējā vērtība hidrocilindrā, bar
 v – ieplūstošais eļļas tilpums hidrocilindrā, paceļot rulli, cm^3 .

Eļļas spiediena vidējā vērtība hidrocilindrā

$$p_v = \frac{p_{\max} + p_{\min}}{2} = \frac{108.6 + 44.6}{2} = 76.2 \text{ bar}, \quad (24)$$

kur $p_{\max}$ – eļļas spiediena maksimālā vērtība, bar;
 $p_{\min}$ – eļļas spiediena minimālā vērtība, bar.

Ieplūstošais eļļas tilpums hidrocilindrā

$$v = c_{\max} \times S = 150.41 \times 19.625 = 295.2 \text{ cm}^3, \quad (25)$$

kur $c_{\max}$ – hidrocilindra kāta maksimālais pārvietojums, cm

Padarītais darbs paceļot biomasas rulli

$$A = 76.2 \times 295.2 = 22265.64 \text{ J} = 22.27 \text{ kJ} \quad (26)$$

4. HIDRAULISKĀS PIEDZIŅAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI.

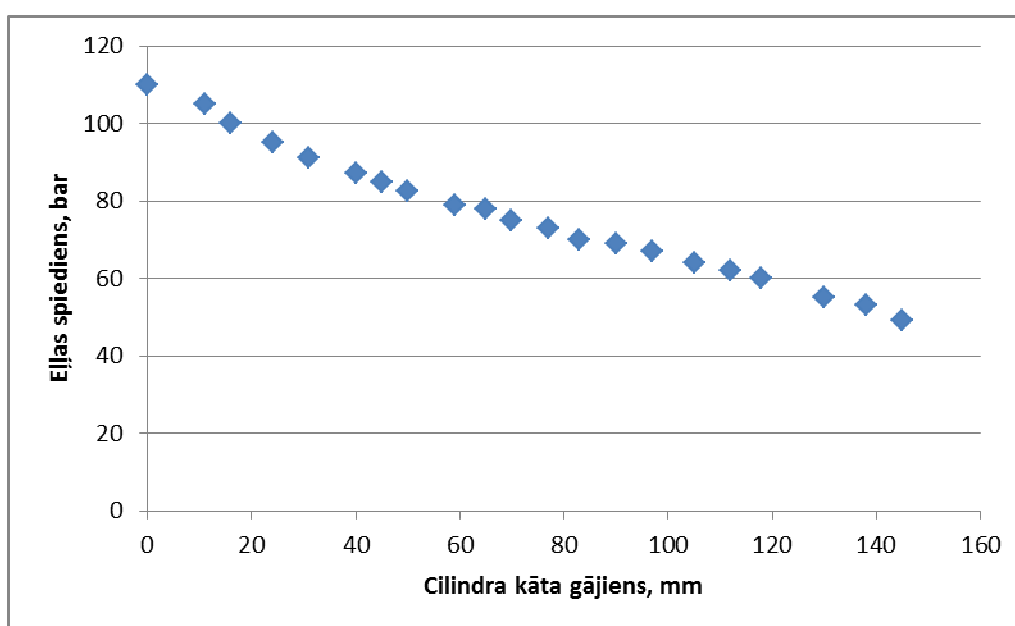
Smalcināšanas prototipa ruļļu iztīšanas mezgla pacelšanas mehānisma ruļļu pacelšanai nepieciešamais eļļas spiediens un hidrocilindra pārvietojums tika pierakstīts eksperimenta laikā paceļot miežabrāļa rulli. Eksperimentālie rezultāti apkopoti tabulā.

c, mm	p, bar
0	110
11	105
16	100
24	95
31	91
40	87
45	85
50	82.5
59	79
65	78
70	75
77	73
83	70
90	69
97	67
105	64
112	62
118	60
130	55
138	53
145	49



40. att. Ruļļu iztīšanas mezgla eksperimenti

41. attēlā parādīti eksperimentāli iegūto spiedienu un cilindra kāta gājiena dati. Salīdzinot hidrocilindra spēka un kāta gājiena eksperimentālos datus ar teorētiski aprēķinātiem, varam novērot sakritību.

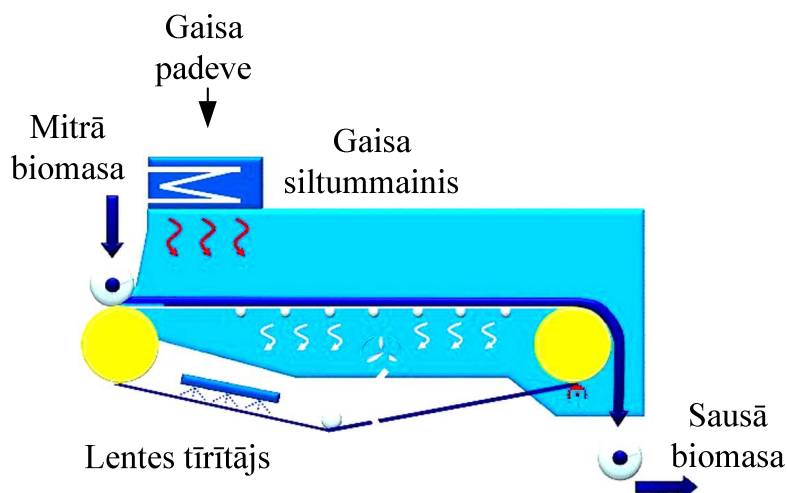


41. att. Hidrocilindra spēka un kāta gājiena no eksperimenta datiem

5. KALTĒŠANAS PROCESA TEORĒTISKĀ IZPĒTE

SILTUMA REĢENERĀCIJAS METODES BIOMASU KALTĒS

Kvalitatīva biomasas kurināmā sagatavošanā ir būtiski nodrošināt optimālu materiāla mitrumu. To panāk, kaltējot biomasu, pirms briketēšanas vai granulēšanas. Iepriekš veiktajā kaltēšanas veidu novērtējumā tika secināts, ka stiebru biomasu kaltēšanai piemērotas ir konveijera tipa kaltes, kas nodrošina masas kaltēšanu zemā temperatūrā, parasti 30 - 200°C (42. att.).



42. att. Konveijera tipa biomasas kalte

Konveijera tipa kaltēs kaltējamā biomasu tiek padota nepārtraukti un noteikta biezuma slānī uzklāta uz perforētas metāla lentes. Kaltēšanai nepieciešamais saussais gaiss tiek sagatavots gaisa siltummainī un padots uz kaltējamo materiālu. Kaltējamās masas (konveijera) kustības ātrums tiek regulēts atbilstoši ūdens izneses pakāpei un nodrošina nepieciešamo mitrumu kaltes izejā.

Konveijera kaltes ļauj būtiski samazināt kaltēšanai nepieciešamo enerģijas patēriņu un masas aizdegšanās risku. Iepriekš veiktajos pētījumos tika secināts, ka lielākais enerģijas patēriņš nepieciešams siltuma zudumu caur kaltes sienām kompensēšanai un kaltēšanas aģenta (gaisa) uzsildīšanai.

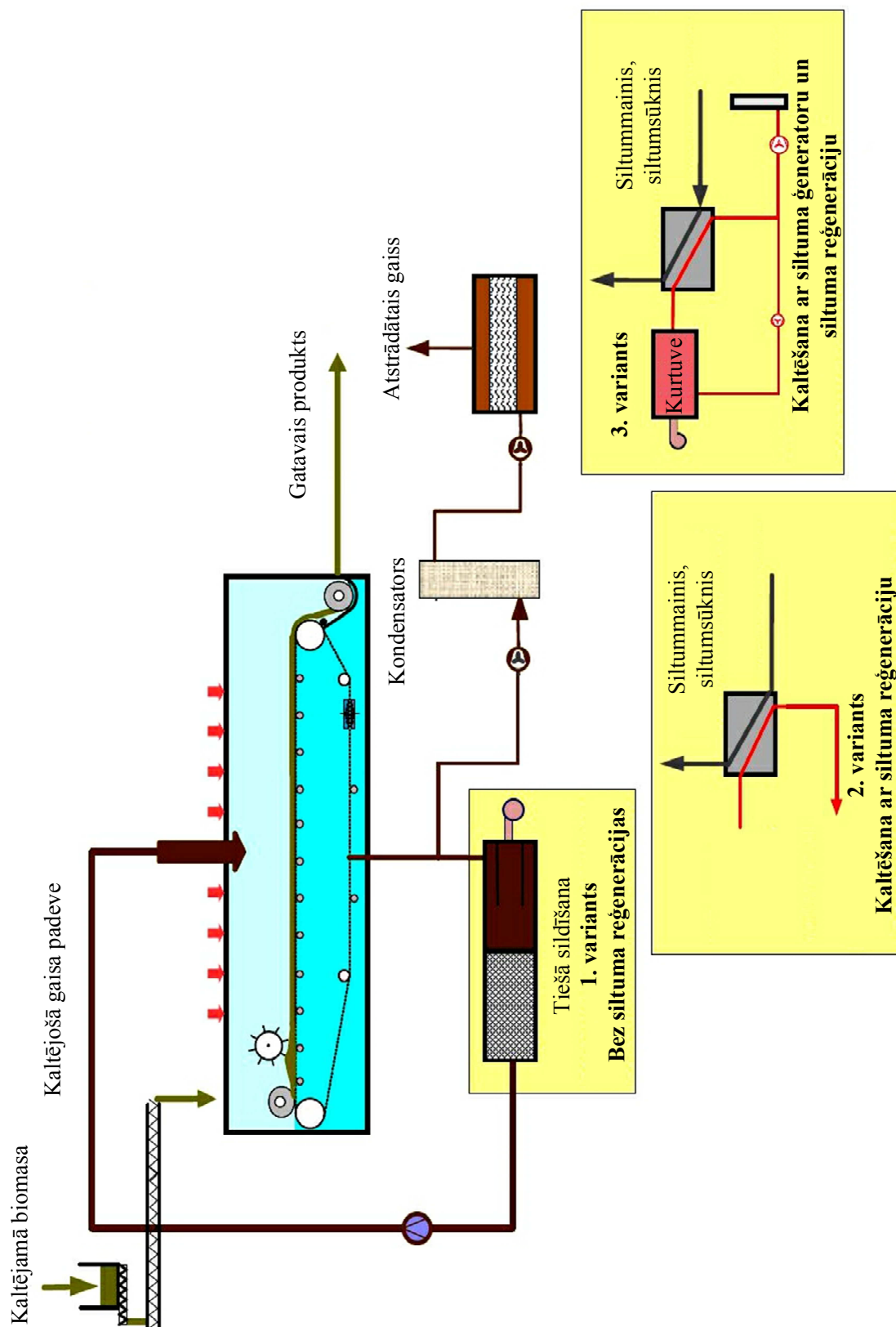
Siltuma zudumus var samazināt siltumizolējot kaltes sienas, kas arī paredzēts kaltes prototipa projektā.

Enerģijas patēriņu gaisa uzsildīšanai var ievērojami samazināt nodrošinot siltuma reģenerāciju kaltē.

Veicot literatūras izpēti, tika konstatētas iespējamās siltuma reģenerācijas metodes:

- ✓ siltumnesēja atkārtota izmantošana līdz maksimāli pieļaujamajam mitrumam,
- ✓ divkārtēja kaltēšana,
- ✓ siltuma apmaiņa starp ieejošo un izejošo siltumnesēju izmantojot siltummaini,
- ✓ siltuma apmaiņa starp ieejošo un izejošo siltumnesēju izmantojot siltumsūkni.

Siltuma apmaiņa starp ieejošo un izejošo siltumnesēju izmantojot siltummaini vai siltumsūkni nodrošina visefektīvāko siltuma izmantošanu un ļauj atgūt arī ūdens iztvaikošanai patērēto siltumu.



43. att. Siltuma reģenerācijas iespējas kaltēšanas procesā

Konveijera kaltēm ir izstrādātas dažādas siltuma reģenerācijas shēmas, skat. 43. attēlā. Izmantojot siltuma reģenerācijas principus, jāņem vērā, ka siltummaiņa vai siltumsūkņa izmantošana sadārdzina kaltes cenu un arī ekspluatācijas izmaksas. Katrā konkrētā gadījumā

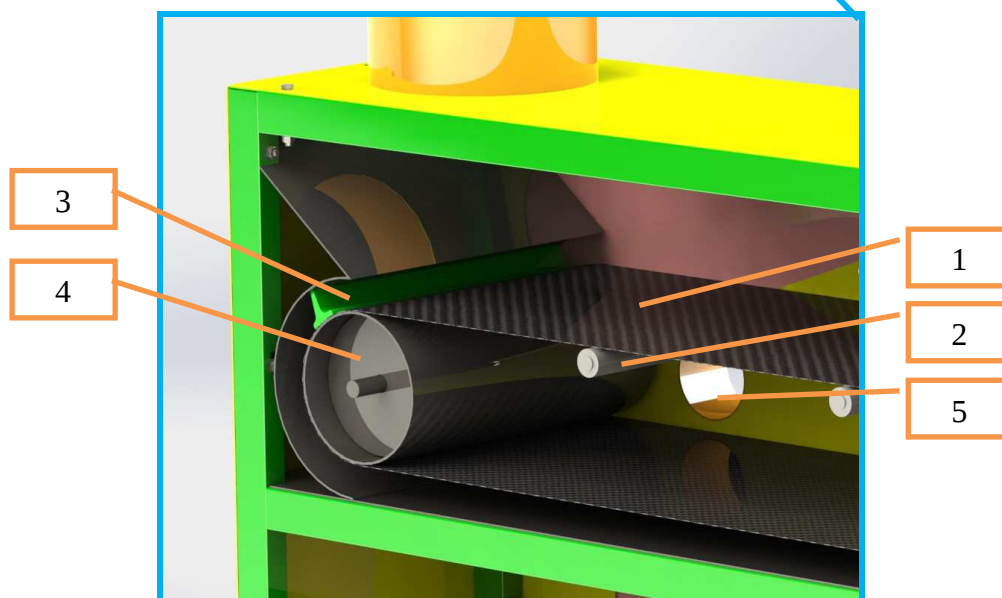
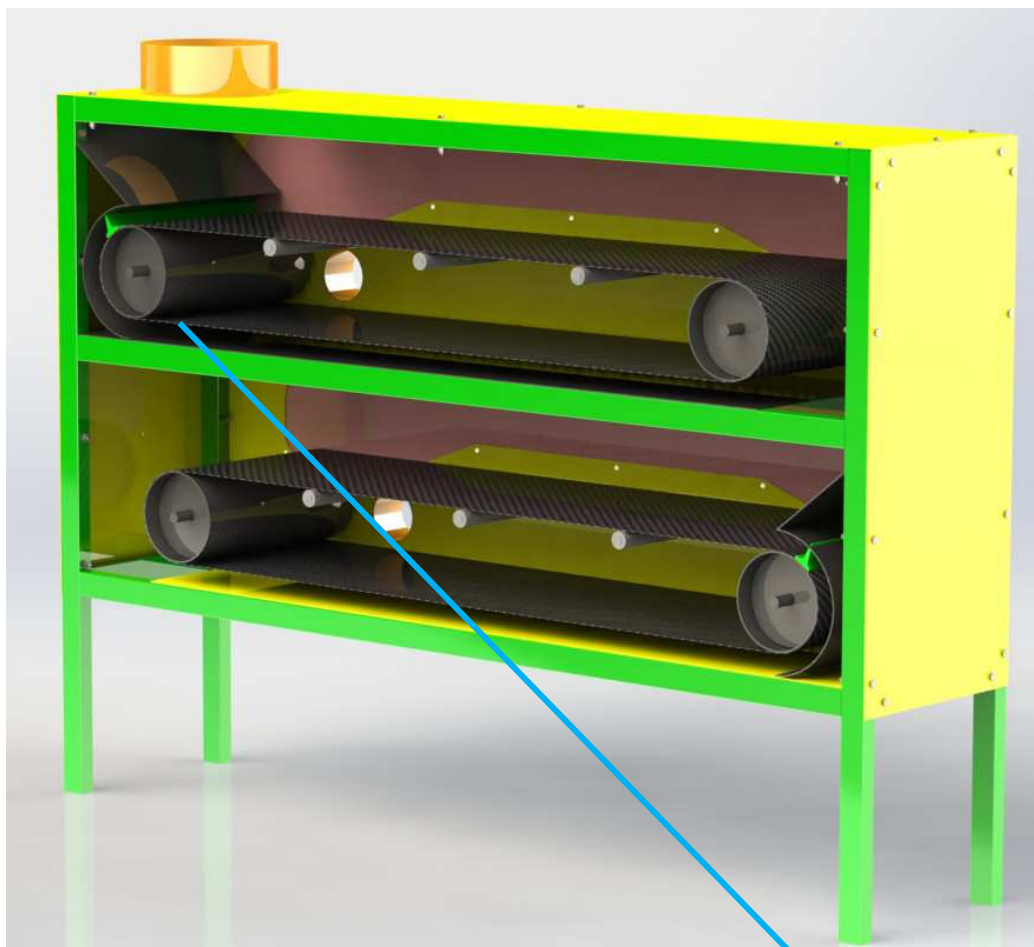
ir jānovērtē ekonomiskais efekts, ko iegūst veicot siltuma reģenerāciju. Šajā virzienā turpinās pētījumi, lai izstrādātu jaunas siltuma reģenerācijas metodes, kas ļautu iegūt vēlamo efektu ar ekonomiskākām metodēm.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Interneta resurss: <http://rapidlibrary.com/source.php?file=ulcxt9ffrvi89on&url=http%3A%2F%2Fwww.tappi.org%2Fcontent%2FEvents%2F11BIOPRO%2F24.4Bennet.pdf&sec=ab1cb4e39443f119> skatīts 21.08. 2012.
2. Interneta resurss: <http://www.nrel.gov/docs/fy99osti/25885.pdf> , Report on Biomass Drying, Wade A. Amos, National Renewable Energy Laboratory Technology, skatīts 14.08.2012.
3. Interneta resurss: http://progress-e.com/NewTech/ep_thermal_brochure_bds_e.pdf, skatīts 14.08.2012.

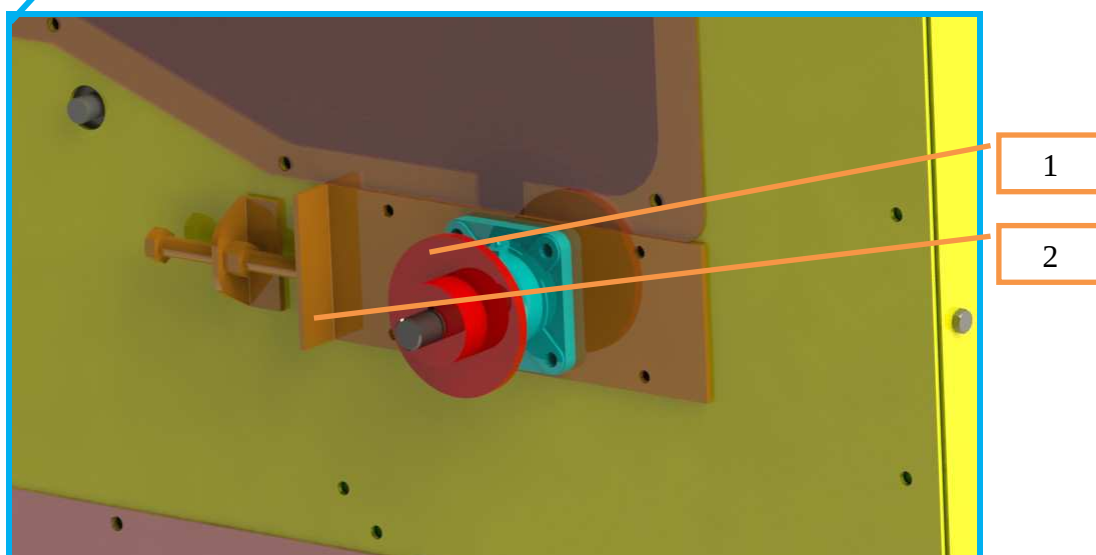
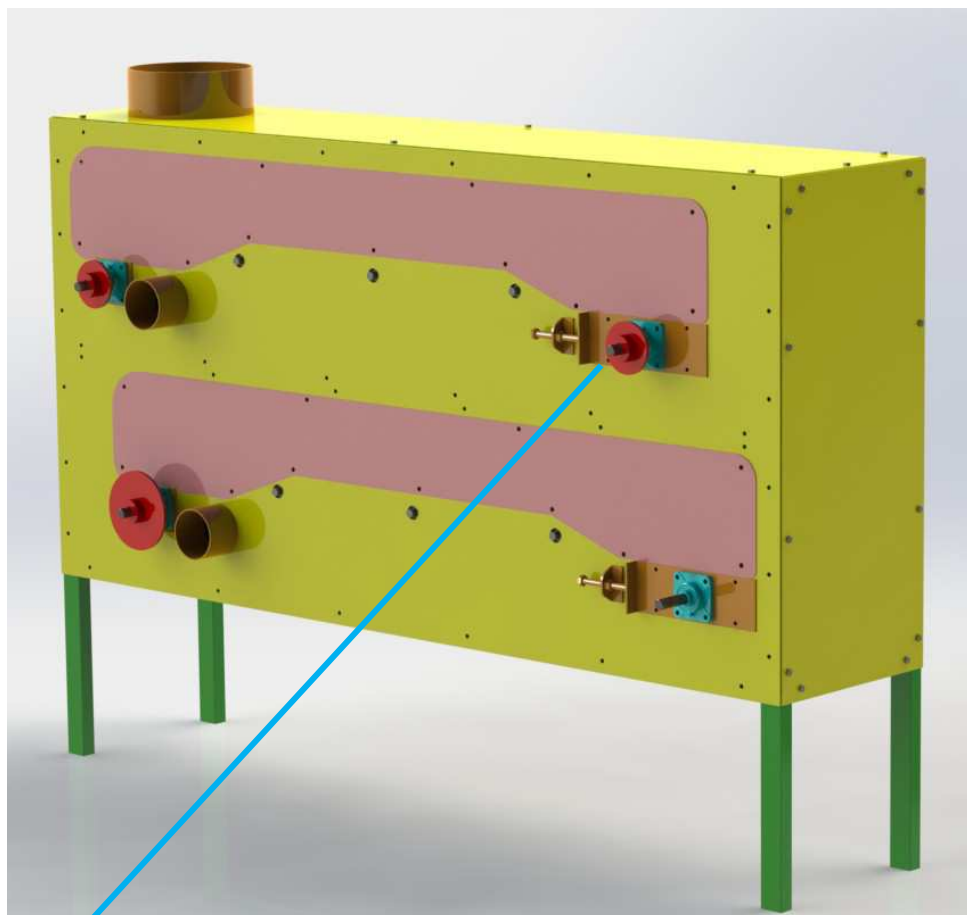
6. KALTĒŠANAS EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE

Kaltē biomasas tiek transportēta izmantojot divus metāla sietveida transportierus, kuros siltuma aģenta plūsma iespējama arī caur lentu. Izstrādājot kameru, siltuma aģenta ieplūde un izplūde izvietota transportieru lentes vidusdaļā, kas nodrošina siltuma aģenta plūsmu caur materiālu. Transportiera vidusdaļā iestrādāti 3 ruļļveida balsti. Transportiera lentā izveidots caurbirumu rausējs, kas uzņem smalkāko caurbirušo biomasu no kameras pamatnes.

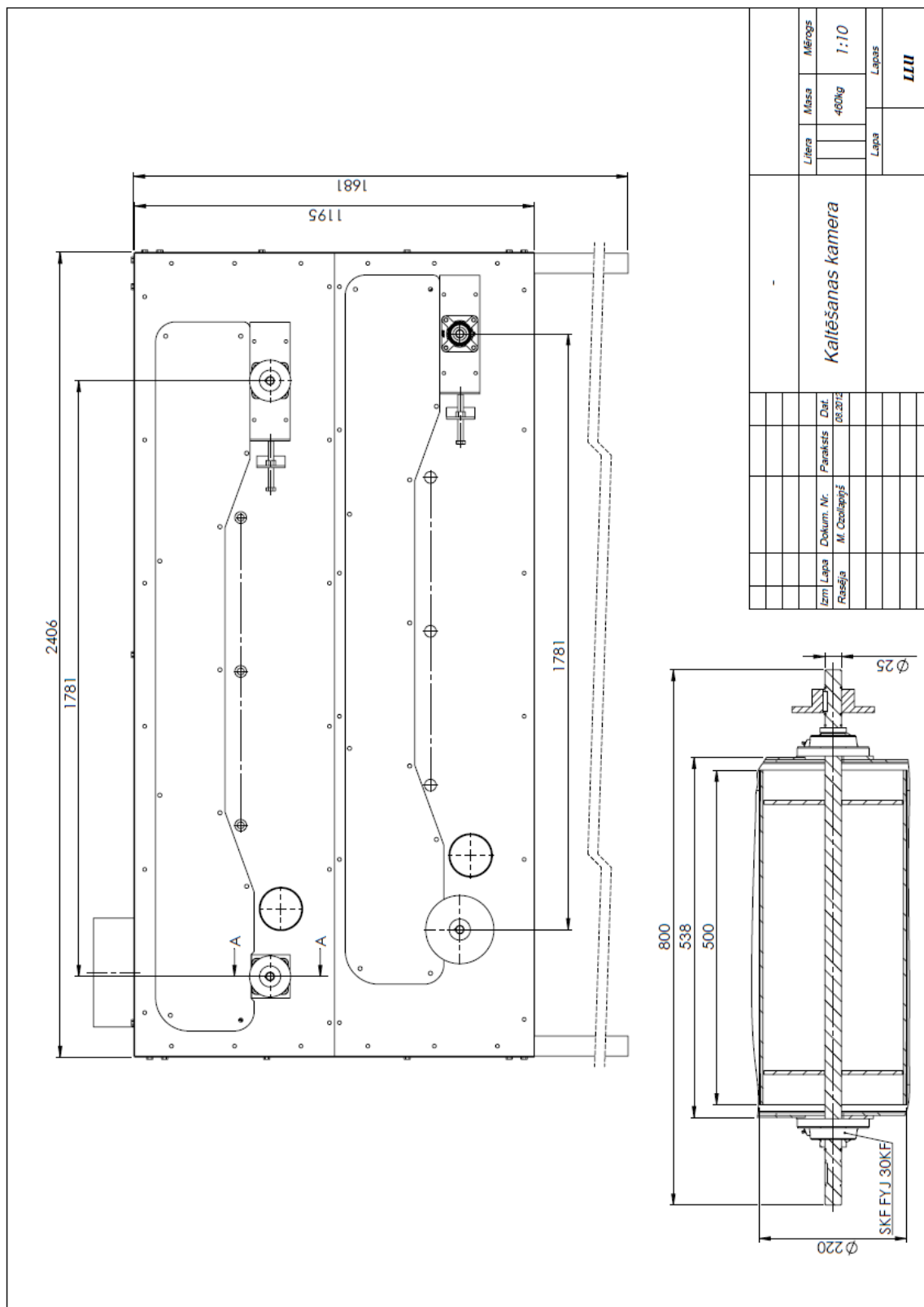


44. att. Kaltes modelis

1 - sietveida lenta; 2 - lentas balsts; 3 – caurbirumu rausējs;
4 – transportiera rullis; 5 – siltuma aģenta izplūde



45. att. Kaltes konstruktīvo elementu izpildījums
1 – piedziņas zobrats; 2 – transportiera lentas spriegotājmehānisms

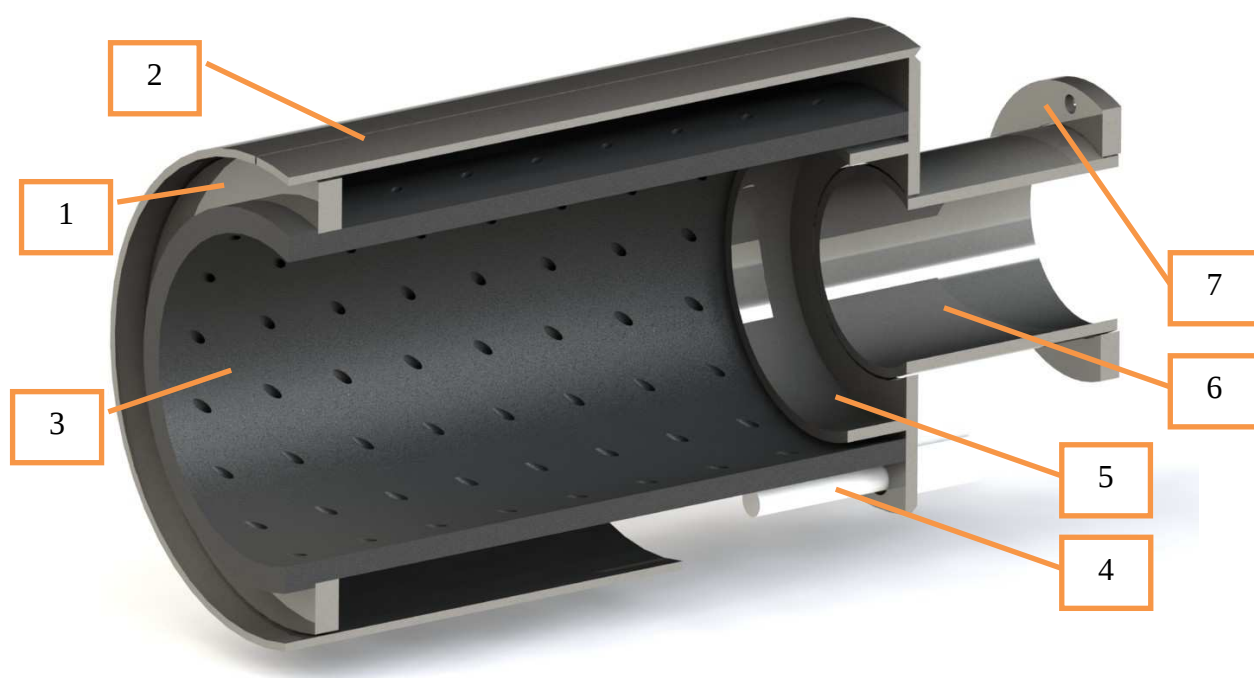


KALTĒŠANAS EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA BIOMASAS DEGĻA DEGKAMERAS KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE

Čuguna GJL-250 degkamera, kurā izveidojami 120 urbumi ar diametru 3.5mm degšanas procesam nepieciešamā gaisa pieplūdei. Kopējais urbumu laukums sastāda $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, kas pie ieplūstošā gaisa daudzuma $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ nodrošina gaisa kustības ātrumu $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Urbumi veidoti 45° leņķī attiecībā pret divām plaknēm.

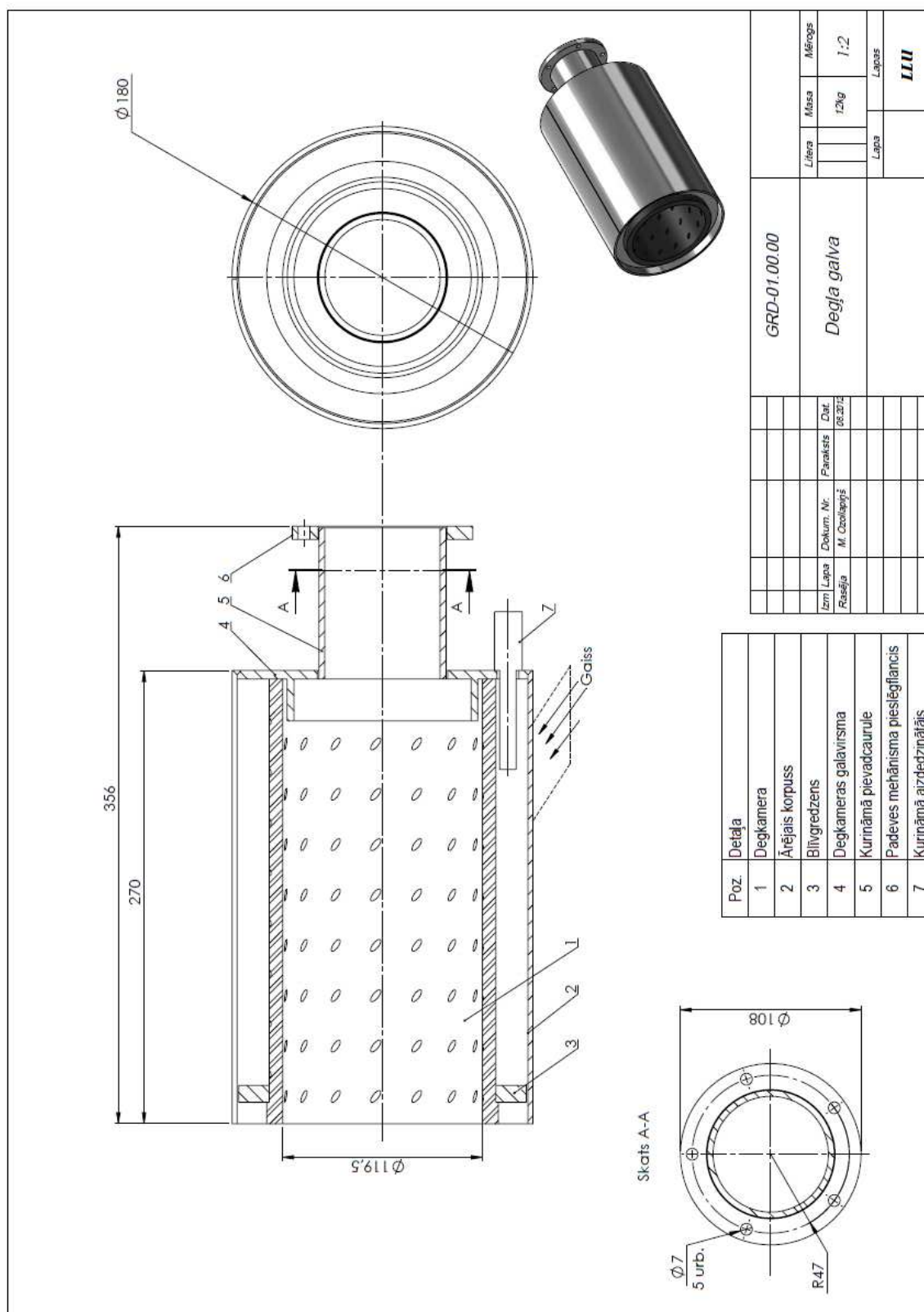


46. att. Degkamera



47. att. Degkameras konstrukcija

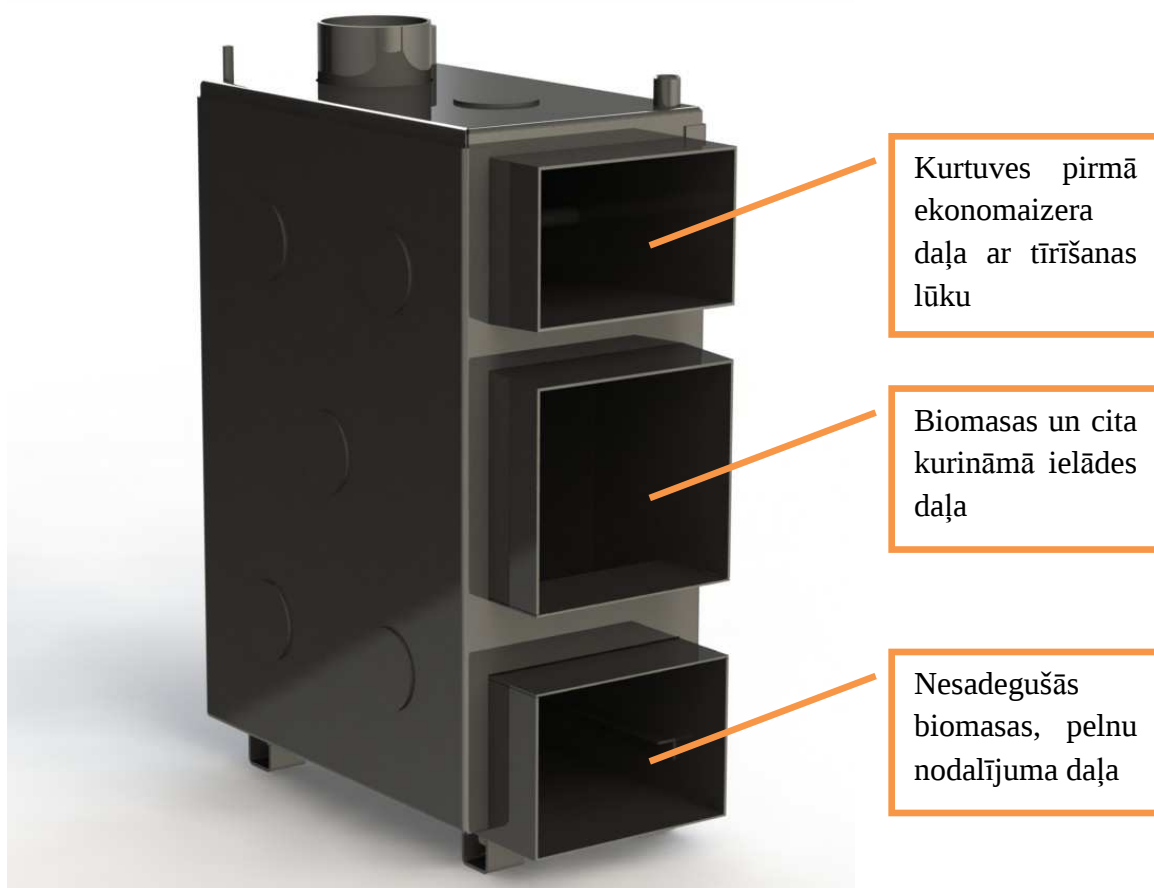
1 – blīvgredzens; 2 – ārējais korpuss; 3 – degkamera; 4 – kurināmā aizdedzinātājs; 5 – degkameras vadīkla; 6 – kurināmā pievadcaurule; 7 – padeves mehānisma pieslēgflancis.



48. att. Degļa rasējums

Degļa degkamera veidota trīsdalīga. Čuguna degkamas čaula korpusā tiek centrēta ar blīvredzena un degkamas vadīklas palīdzību. Visas detaļas izņemot čuguna čaulu, veidotas no konstrukciju tērauda S235JR. Degšanas procesa uzsākšanai tiek izmantots keramiskais

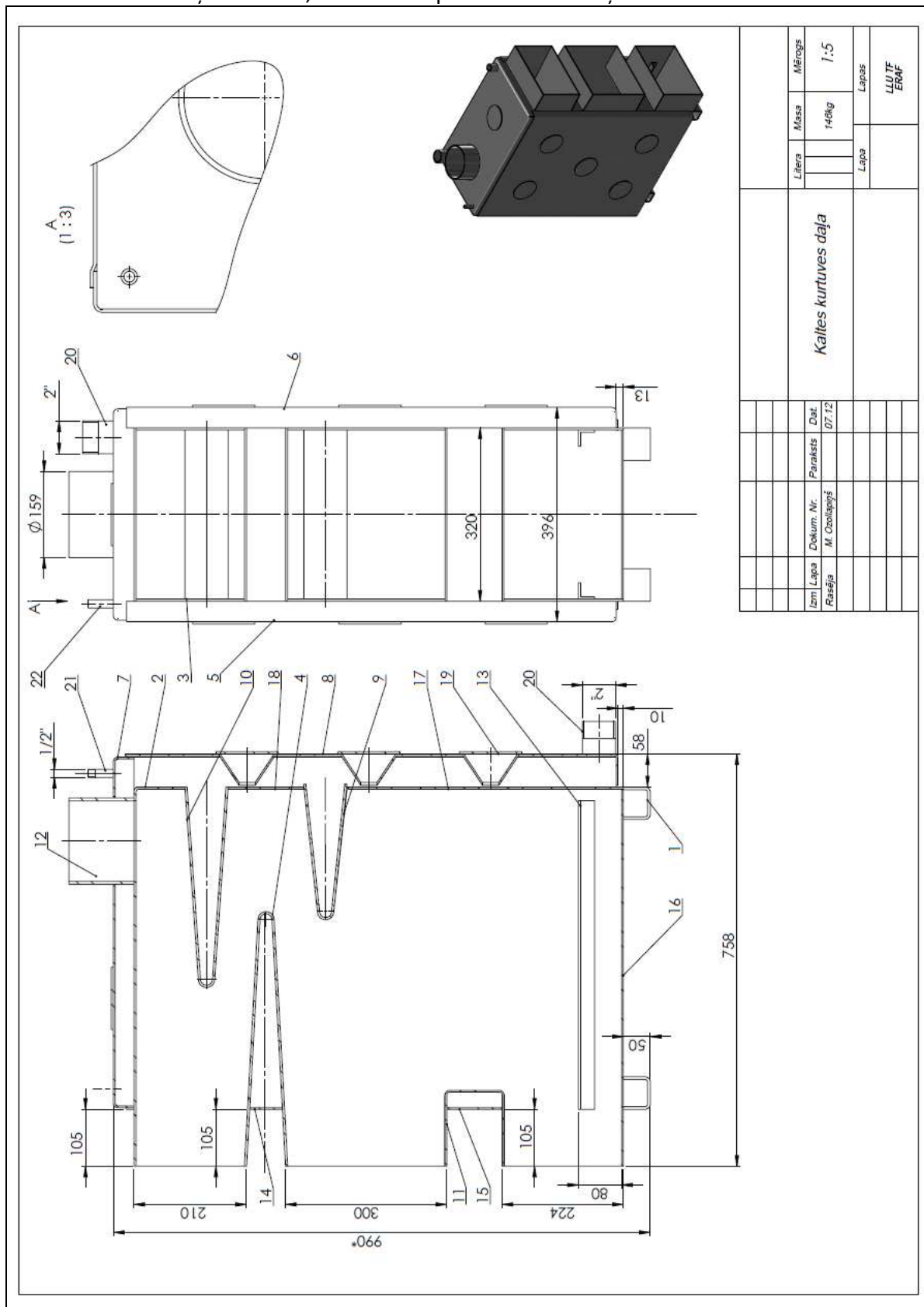
granulu aizdedzinātājs, kas sakarst līdz 1000°C. Kurināmā pievadcaurule veidota no apaļās caurules ar ārējo diametru 76mm, kura piemērota transportierim ar ārējo diametru līdz 60mm. Degkammeras korpuss veidots, lai tas, pievienots kurtuvei caur sānu vai durvīm, atļautu iekārtu izmantot arī kurināšanai ar malku. Ventilatora pieslēgums degkamerei paredzēts no korpusa apakšas kopējā iekārtas gabarītmēru minimālo izmēru nodrošināšanas dēļ. Degkammeras aprēķinātā jauda prognozējama regulējama atkarībā no motorreduktora un ventilatora padeves robežās no 20 līdz 40kW. Degkamera piemērota kurināšanai ar dažāda sastāva granulām, kuru pelnu saturs var būt paaugstināts (salmu un kūdras maisījumu granulas).



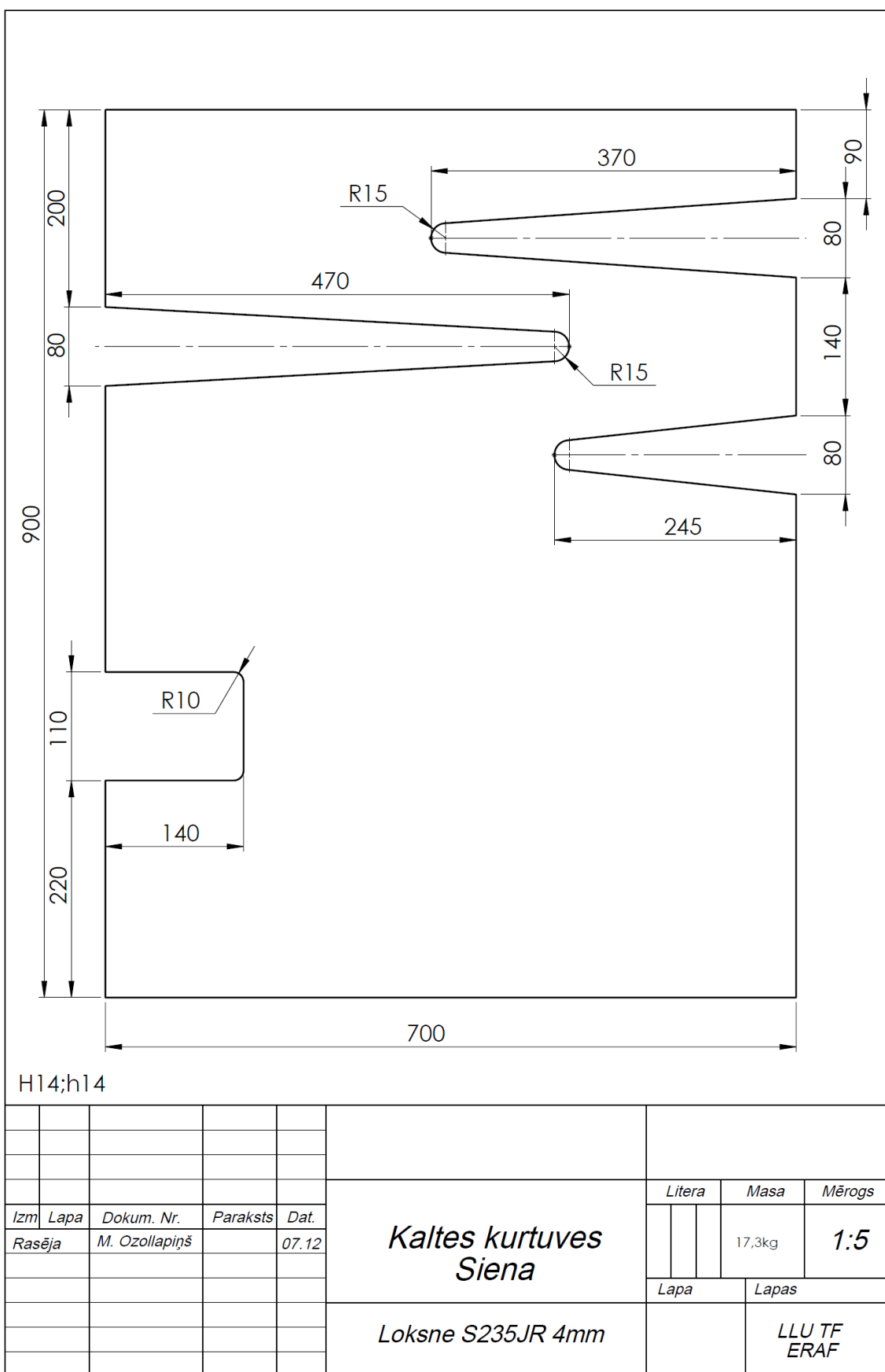
49. att. Kaltes kurtuve

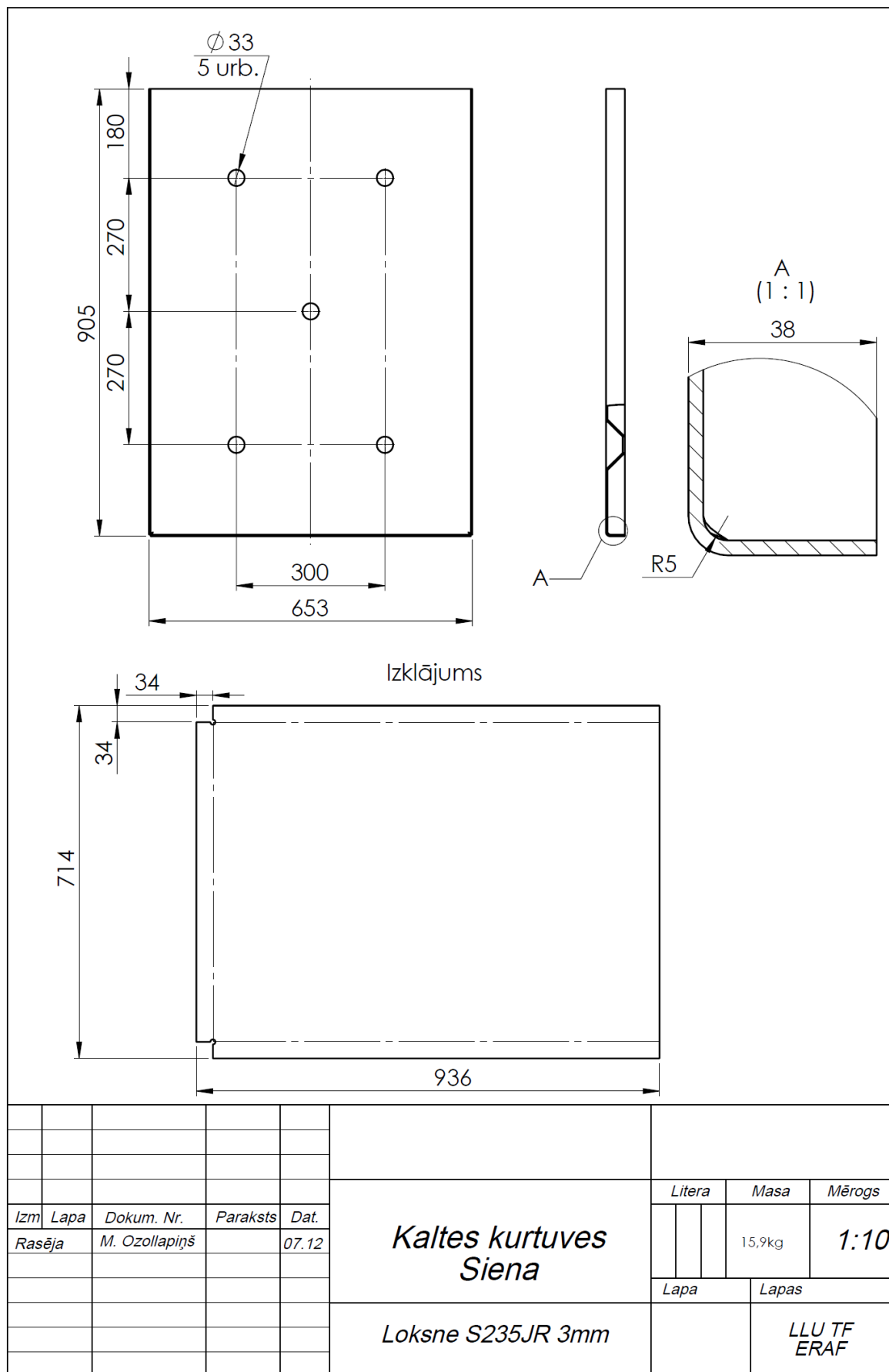
Kaltes kurtuvi veido enerģētisko augu un to maisījumu sadedzināšanas nodalījums, kurā sadegot kurināmajam karstās dūmgāzes sākotnēji virzītas caur pirmo ekonomaizera daļu uz dūmgāzu izvaddaļu kurtuves augšdaļā. Kurtuves lejasdaļā izvietots nesadegušās biomasas, pelnu nodalījums. Kurtuves sienas apskalo ūdens, kura siltumu var izmantot kaltēšanas procesā, kur siltumnesēja temperatūrai jābūt līdz 95°C. Kurtuves korpusa sānu sienas un virsma papildus stiprībai nostiprinātas ar atsaitēm, lai novērstu deformācijas temperatūras iespaidā, kas mainas degšanas procesā un ārpus tā. Kurtuves virsmā izveidojamas īscaurules mērinstrumentu pieslēgšanai – kā, piemēram, temperatūras un spiedienai kontrolei. Uz virsmas un kurtuves lejasdaļā izveidojami arī ūdens pievad un

izvadcaurules. Korpuss izgatavojams no konstrukciju tērauda S235JR. Kurtuves iekšdaļā izmantot 4mm lokšņu tēraudu, bet ūdens apvalkā 3mm lokšņu tērauds.

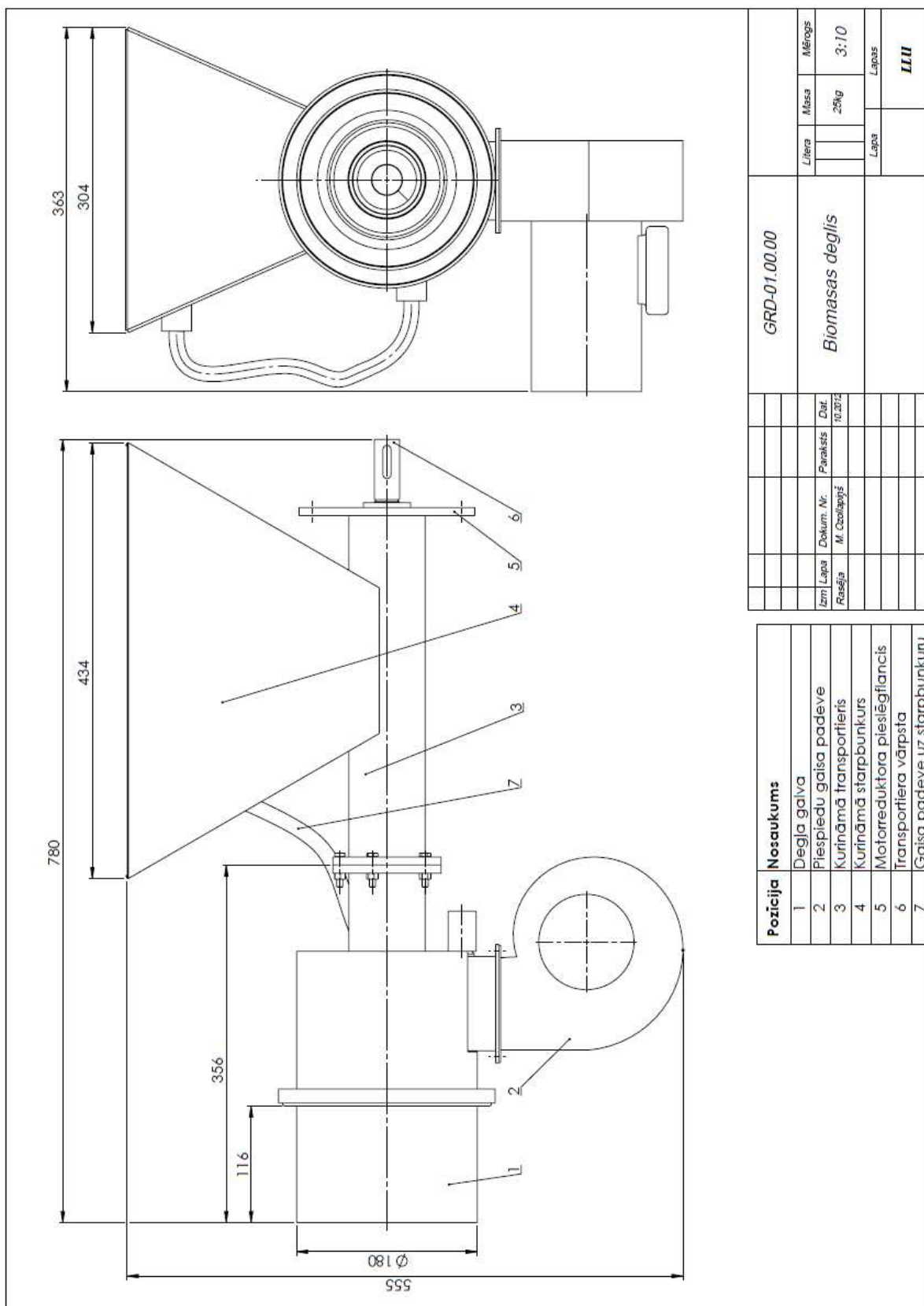


50. att. Kurtuves kopsalikuma rasējums



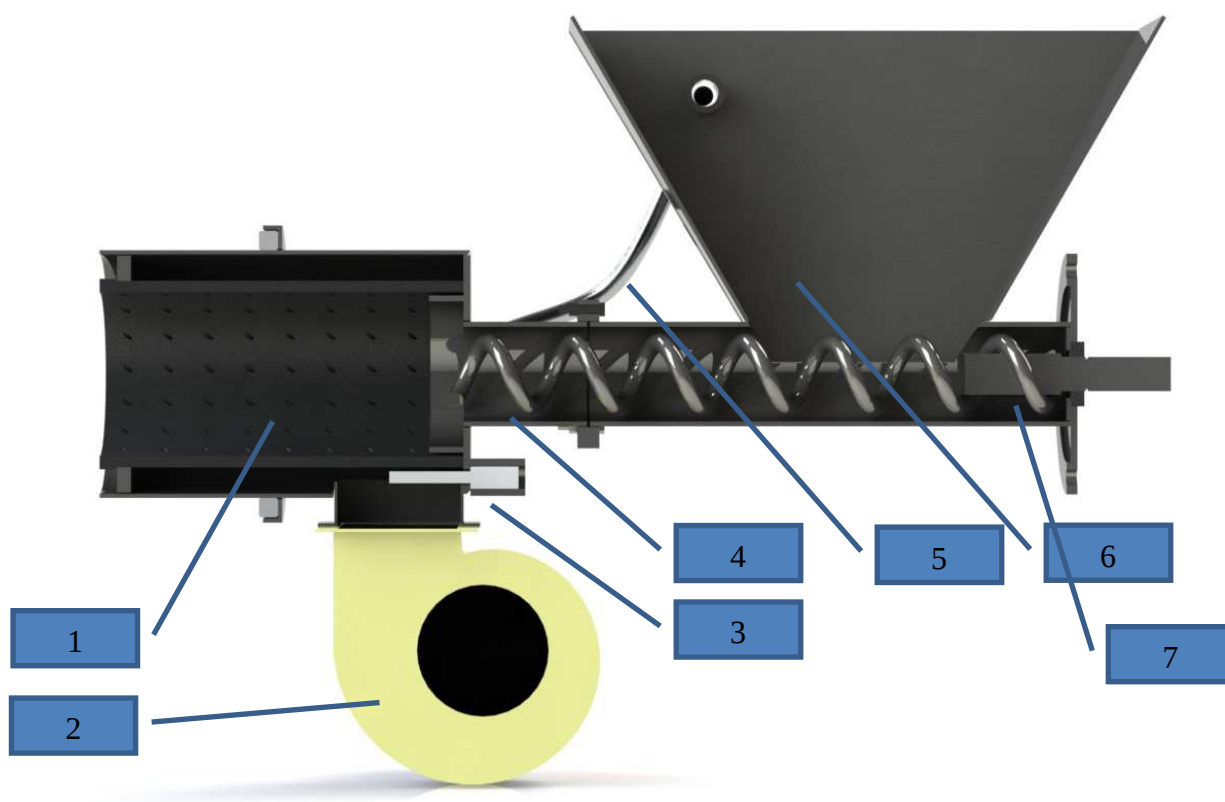


BIOMASAS DEĢĻA UN TĀ TRANSPORTIERU KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE





51. att.



52. att.

Biomases degli veido:

- 1) 1. Degļa galva ar čuguna degkameru;
- 2) 2. Piespiedu gaisa padeves ventilators;
- 3) 3. Kurināmā aizdedzināšanas elements;
- 4) 4. Atsperveida transportieris;
- 5) 5. Gaisa padeve uz kurināmā starpbunkuru;
- 6) 6. Kurināmā starpbunkurs;
- 7) 7. Motorreduktora pieslēgvietā.

Kurināmais no ārējās uzglabāšanas tvertnes tiek ar atsevišķu transportieri padots uz starpbunkuru, no kura ar atsperveida transportieri tas iestatītajās porcijās tiek vadīts uz sadedzināšanas degkameru. Degšanas process tiek uzsākts, sakarstot kurināmā aizdedzināšanas elementam. Degšanas procesam nepieciešamais gaiss tiek padots ar centrālās ventilatoru. Nonākot ap čuguna degkameru, tas sadalās un caur 120 urbumiem nonāk degšanas zonā. Daļa no pievadītā gaisa pirms degkameras tiek novadīta uz granulu starpbunkuru.

**KALTĒŠANAS EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA KURTUVES KONSTRUKCIJAS DETALU
IZGATAVOŠANA**



53. att.



54. att.



55. att.



56. att.



57. att.



58. att.



59. att.



60. att.



61. att.



62. att.



63. att.



64. att.



65. att.



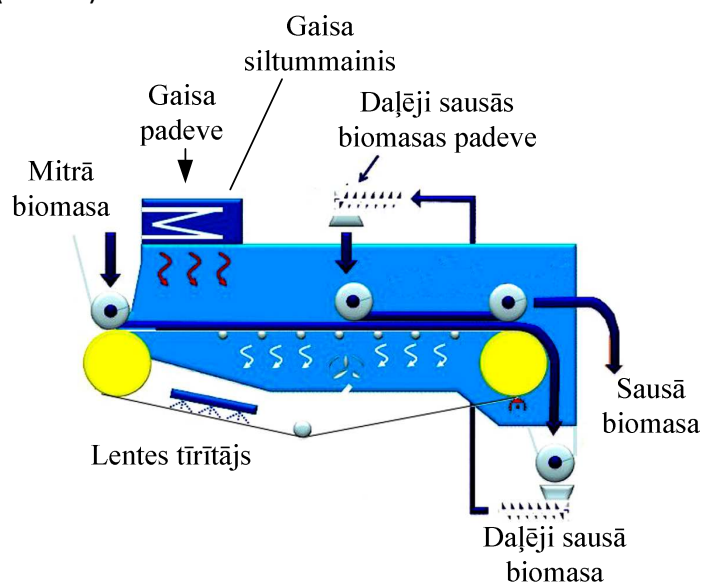
66. att.

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

SILTUMNESĒJA ATKĀRTOTA IZMANTOŠANA

Ir izstrādātas metodes, kas ļauj kaltēšanas procesā ietaupīt būtisku siltuma daudzumu izmantot pietiekoši vienkāršus līdzekļus.

Vienkāršā konveijera kalte (42. att.) nenodrošina maksimāli efektīvu siltuma izmantošanu kaltēšanas procesā. Lai nodrošinātu kvalitatīvu kaltēšanu, nepieciešama pietiekoši liela siltumnesēja plūsma caur kaltējamo materiālu. Ir pierādīts, ka minimālajam gaisa ātrumam kaltējamā materiāla slāni jābūt vismaz $0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. No tā izriet, ka siltumnesēja saskares laiks ar materiālu ir ļoti mazs un nenotiek siltumnesēja piesātināšanās ar ūdeni līdz maksimāli pieļaujamajai robežai. Kaltēšanas efektivitāti panāk daļu izmantotā siltumnesēja novirzot atpakaļ kaltē. Tādejādi tiek panākta pilnīgāka siltumnesēja piesātināšana ar iztvaicēto ūdeni. Šajā gadījumā izmantotajam gaisam tiek piejaukts noteikts daudzums svaigā gaisa un kaltē tiek pastāvīgi uzturēts noteikts gaisa mitrums, kas nodrošina materiāla pilnīgu izkaltēšanu. Konveijera kaltēs notiek nepārtraukta masas kustība un uz konveijera vienlaicīgi atrodas dažāda mitruma biomasas. Tas apgrūtina optimāla kaltēšanas aģenta mitruma nodrošināšanu, jo sausākai biomasai nepieciešams sausāks gaiss un mitruma atdeves ātrums samazinās. Lai uzlabotu konveijera kaltes energoefektivitāti ir izstrādāta divkārtējās kaltēšanas metode (67. att).



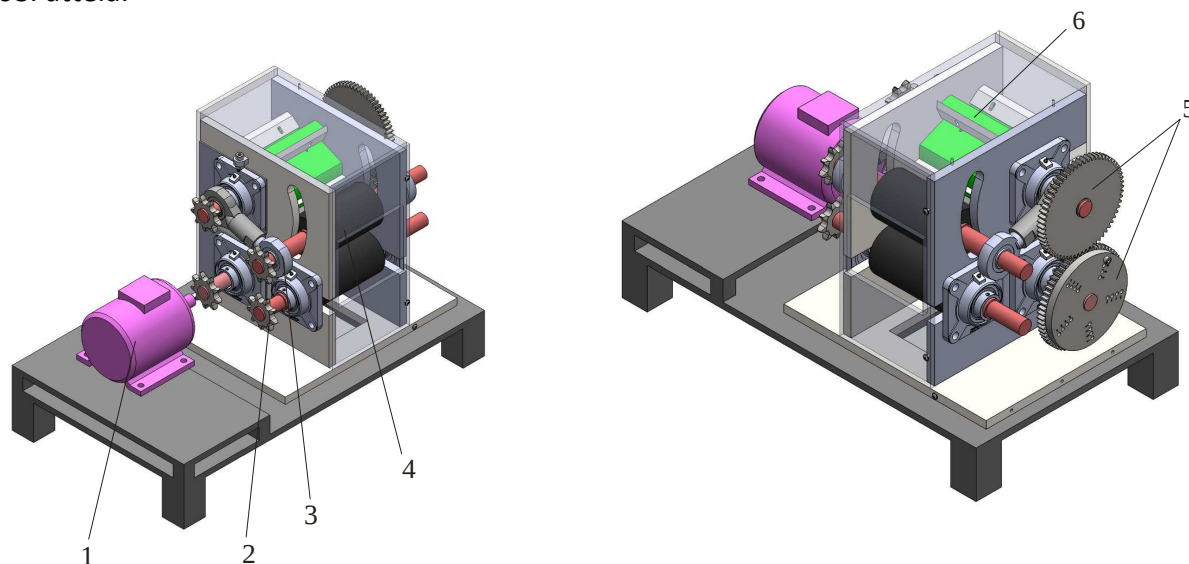
67. att. Divkārtējās metodes biomasas kalte

Siltuma efektīvāka izmantošana tiek nodrošināta atkārtoti padodot daļēji izkaltēto materiālu ieplūstošā siltumnesēja plūsmā. Ņemot vērā to, ka ūdens izdalīšanās ātrums no materiāla kaltēšanas laikā ievērojami samazinās, nepieciešams izturēt kaltējamo materiālu gaisa plūsmā ilgāku laiku.

Tas tiek realizēts padodot daļēji izkaltēto materiālu uz konveijera. Daļēji izkaltētais materiāls tiek uzklāts uz konveijera otrā slānī. Uzklāšanu nodrošina īpaši izveidoti mehānismi. Sausais siltumnesējs plūst caur abiem daļēji izkaltētajiem biomasas slāņiem nodrošinot pilnīgāku siltuma izmantošanu. Tā rezultātā atkārtoti kaltē ievadītais materiāls (augšējais slānis) tiek izkaltēts pilnīgi un izvadīts no kaltes.

8. DOZĒŠANAS PROCESA TEORĒTISKĀ IZPĒTE

Pārskata periodā turpinājās dozatora konstrukcijas novērtēšana un precizēšana, lai sagatavotu prototipa izgatavošanai nepieciešamos rasējumus. Novērtējot iepriekš veikto eksperimentu norisi, tika konstatētas vairākas nepilnības eksperimentālās iekārtas darbībā. Lai novērstu šīs nepilnības tika pilnveidota prototipa konstrukcija. Iekārtas kopskats redzams 68. attēlā.

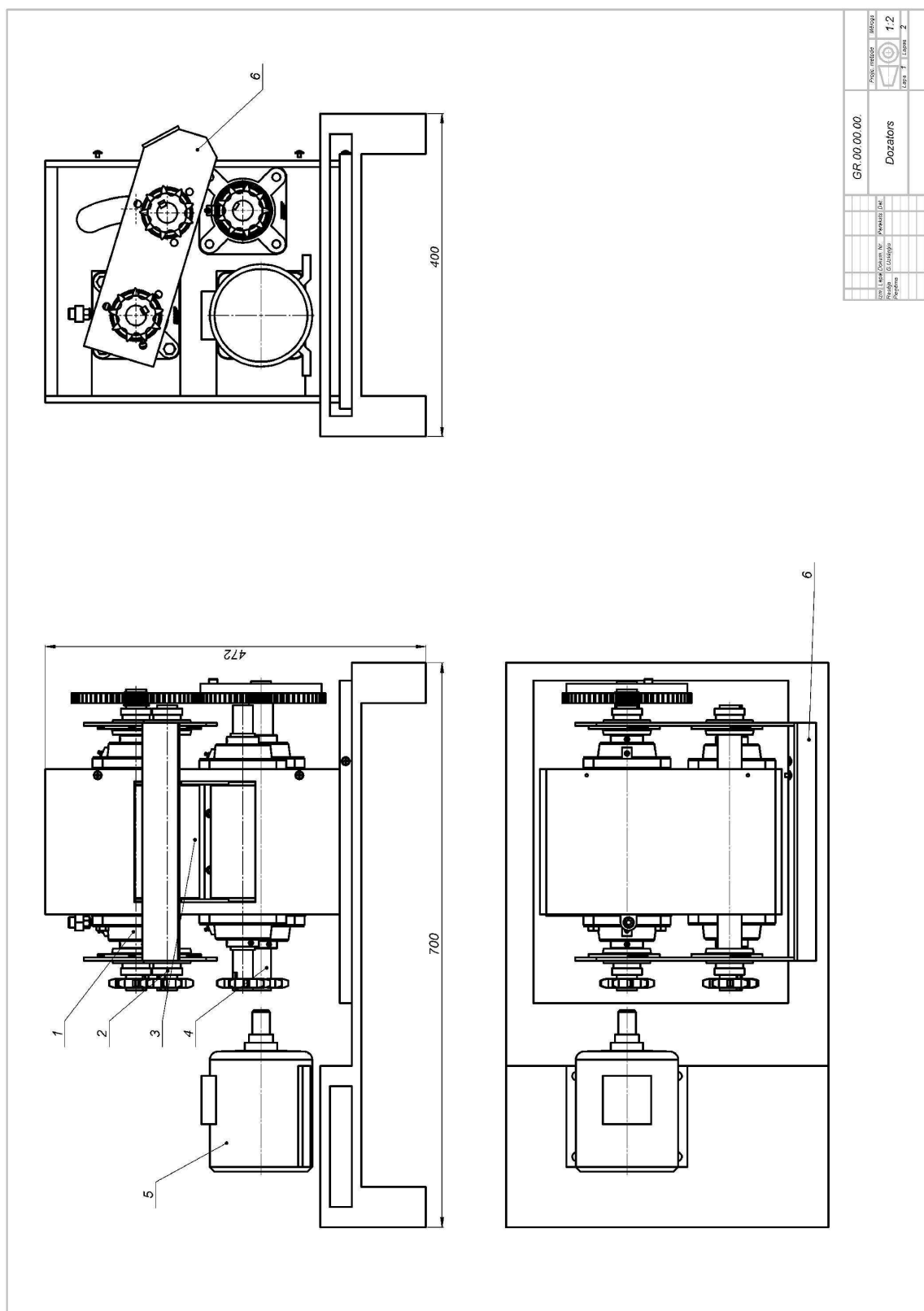


68. att. Dozatora-garumotāja kopskats

1 – piedziņas motors, 2- piedziņas ķēžrati, 3 – kustīgais piespiedējs, 4 – padeves rullis, 5 – rotoru piedziņas zobrati, 6 – nažu rotors

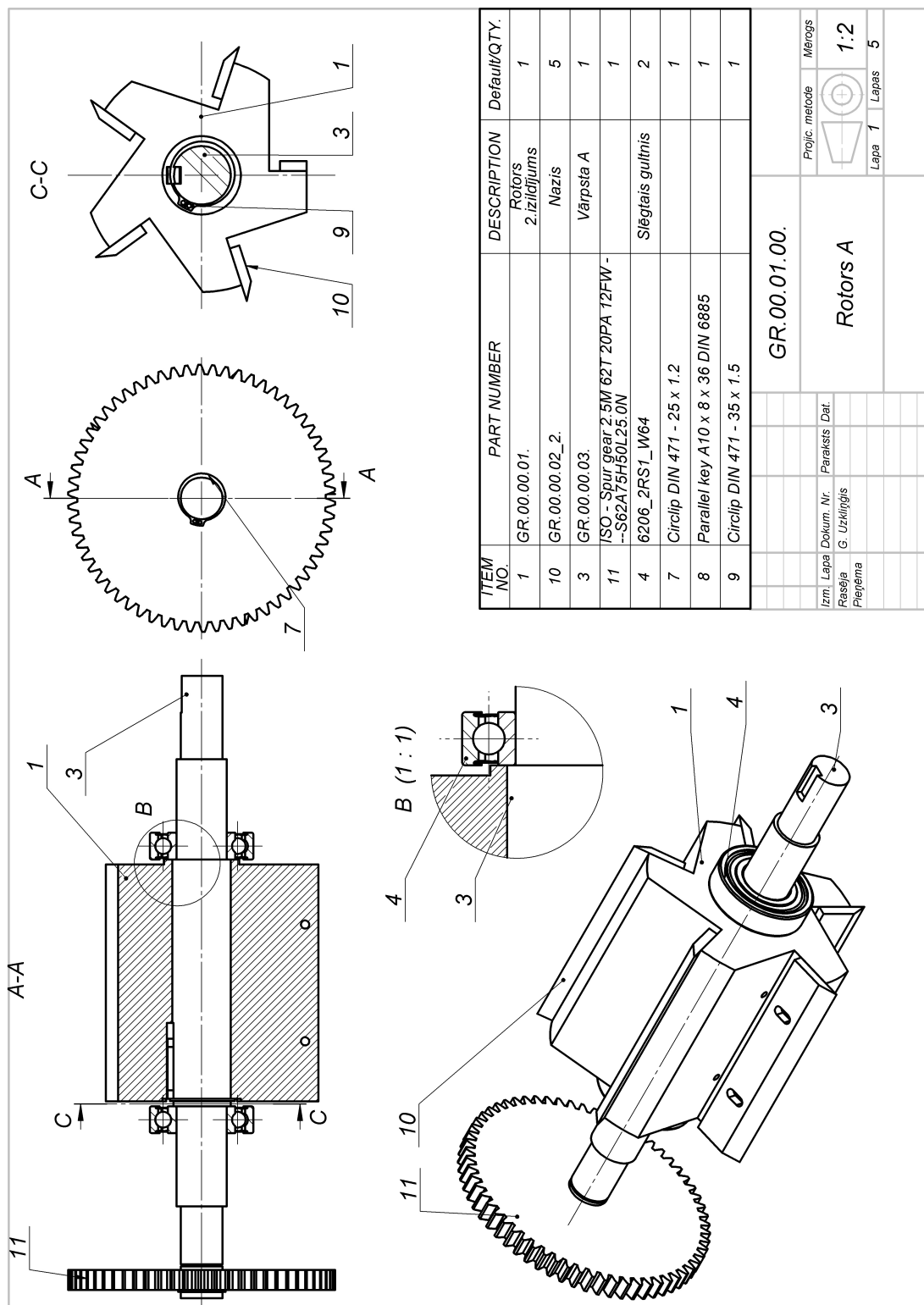
Iekārtas padeves ruļļu piedziņa tiek nodrošināta ar ķēdes pārvadu. Augšējais padeves rullis nostiprināts uz vārpstas, kas var pārvietoties uz augšu nodrošinot dažāda biezuma masas slāņa padevi garumošanas rotoriem. Šādā veidā tiek nodrošināta padeves mehānisma adaptācija atbilstoši padotās masas slāņa biezumam. Sinhronu nažu rotoru piedziņu nodrošina divi zobrati 5, kas nostiprināti uz nažu rotoru vārpstām. Augšējā rotora piedziņas zobrats nostiprināts tieši uz vārpstas, bet apakšējais uz vārpstas nostiprināts kustīgi un savienots ar vārpstu izmantojot regulējamu skrūvju savienojumu.

9. DOZATORA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE. DOZATORA EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE.

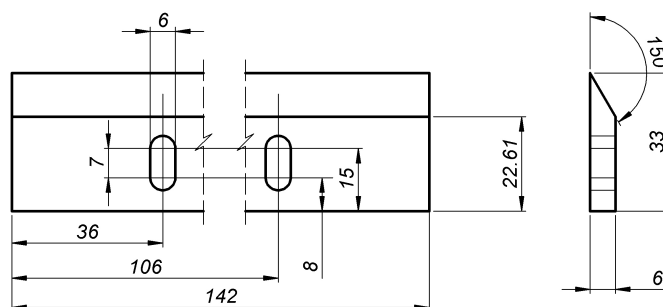


69. att. Dozatora-garumotāja kopsalikuma rasējums

Izmantojot izstrādāto dozatora konstrukciju tika izstrādāts tā kopsalikuma rasējums (69. att.) un nepieciešamo mezglu un detaļu rasējumi.



70. att. Nažu rotora mezgla rasējums



Neuzrādītās izmēru robežnovirzes pēc ISO 2768-c

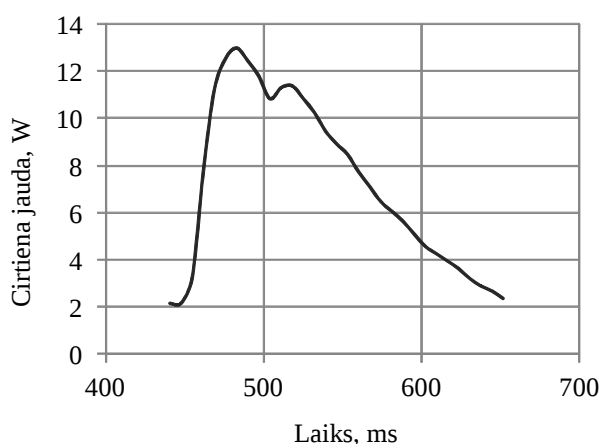
					GR.00.00.02_2	Skaitis: 10 gab.	
					Nazis	Projic. metode	Mērogs
Izm.	Lapa	Dokum. Nr.	Paraksts	Dat.			1:1
Rasēja		G. Uzklīnģis				Lapa 3	Lapas 5
Pieņēma							
					1.0045 (S355JR)	Masa: 178.20 g	

71. att. Garumotāja nazis

10. DOZATORA EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: DOZĒŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ, DOZĒŠANAS PRECIZITĀTE, ROTĒJOŠO DAĻU DINAMISKĀS LĪDZVAROŠANAS EKSPERIMENTI, UTT.

Dozatora – garumotāja uzdevums ir veikt stiebru biomasas sagarināšanu noteikta garuma elementos un padot tos briketēšanas iekārtā.

Stiebru sagarināšana notiek rotoru nažiem periodiski pārcērtot biomasas eksperimentālo paraugu. Ciršanas procesa laiks ir ļoti īss un aizņem vidēji 200 ms (1. att.). Tas nozīmē, ka garināšanas process ir uzskatāms par nestacionāru un patērētā enerģija jānosaka summējot atsevišķu cirtieņu laikā patērēto enerģiju,



72. att. Cirtiena jaudas izmaiņa laikā

Lai noteiktu biomasas stiebru sagarināšanai nepieciešamo enerģiju, jāizmēra iekārtas patērētās jauda izmaiņa laikā. Enerģijas patēriņš cirtiena laikā ir nosakāms aprēķinot jaudas impulsa laukumu pēc iegūtās jaudas izmaiņas līknes (72. att.). Lai noteiktu cirtiena jaudu nepieciešams mērīt piedziņas motora griezes momentu M un tā rotācijas leņķisko ātrumu ω . Patērēta jauda tiek noteikta pēc formulas:

$$N = M \cdot \omega \quad (27)$$

Patērēto enerģiju viena cirtiena laikā aprēķina, izmantojot grafiskās integrēšanas metodi, pēc formulas 2:

$$E_1 = \left[\left(\frac{P_2 + P_1}{2} \right) \Delta t + \left(\frac{P_3 + P_2}{2} \right) \Delta t + \dots + \left(\frac{P_n + P_{n-1}}{2} \right) \Delta t \right], \quad (28)$$

kur E_1 – viena cirtiena enerģija, J;
 P_1 – pirmais datu punkts tabulā, W;
 P_2 – otrais datu punkts, W;
 P_n – n-tais datu punkts, W;
 Δt – laika intervāls starp datu punktiem, ms.

Kopējā enerģija E tiek izteikta kā summējot visas eksperimentā veikto cirtieņu enerģijas E_1 .

Īpatnējā ciršanas enerģija E_s tiek noteikta atbilstoši vienādojumam (3):

$$E_s = \frac{E}{n_{st} \cdot n_{cut} \cdot m_s}, \quad (29)$$

kur E_s – īpatnējā ciršanas enerģija, J·g⁻¹;

n_{st} – stiebru skaits;
 n_c – cirtienu skaits;
 m_s – īpatnējā stiebru masa, g.

Īpatnējā stiebru masa tiek aprēķināta pēc formulas 4 un tā izsaka viena stiebra vidējo masu paraugā (4):

$$m_s = \frac{m}{n_{st}}, \quad (30)$$

kur m_s – īpatnējā stiebru masa, g;
 n_{st} – stiebru skaits paraugā.

Tukšgaitā dozēšanas iekārta patērē noteiktu jaudu. Lai samazinātu mērījuma kļūdas un ievērtētu šo tukšgaitas jaudu, pirms eksperimentu sākuma tiek veikti tukšgaitas enerģijas mērījumi. Tukšgaitā ierīces patērētā jauda tiek noteikta stacionārā procesā, jo šeit darbojas tikai berzes spēki.

Lai nodrošinātu pietiekošu mērījumu precizitāti, nepieciešams veikt parametru pierakstu ar izlases laiku ne mazāku par 1ms. Eksperimentos paredzēts izmantot kompānijas *Picotechnology* virtuālo instrumentu ADC-24, kurš nodrošina nepieciešamo ātrdarbību. Virtuālais instruments nodrošina signāla kvantēšanu ar 24 bitu izšķirtspēju. Faktiskā kvantēšanas kļūda šajā gadījumā nepārsniedz 0.001%.

Mērījumu dati tiek apkopoti izmantojot datorprogrammu *Picolog*, kas ļauj iegūtos rezultātus ērti saglabāt *Excel* tabulās un veikt to statistisko apstrādi.

11. MAISIŠANAS PROCESA TEORĒTISKĀ IZPĒTE

Maisīšanas procesā liela nozīme ir dozatoru darbības precizitātei un ražīgumam. Masas plūsmas izmaiņas ietekmē maisījuma proporciju un homogenitāti. Savukārt dozatora ražīgumu un plūsmas izmaiņas ietekmē smalcinātās masas daļiņu lielums, mitrums, materiāls (salmi, niedres, Miežabrālis, kūdra), daļiņu forma (smalcināšanas veids), daļiņu lieluma sadalījums masā un dozatora konstrukcija (lentes profils).

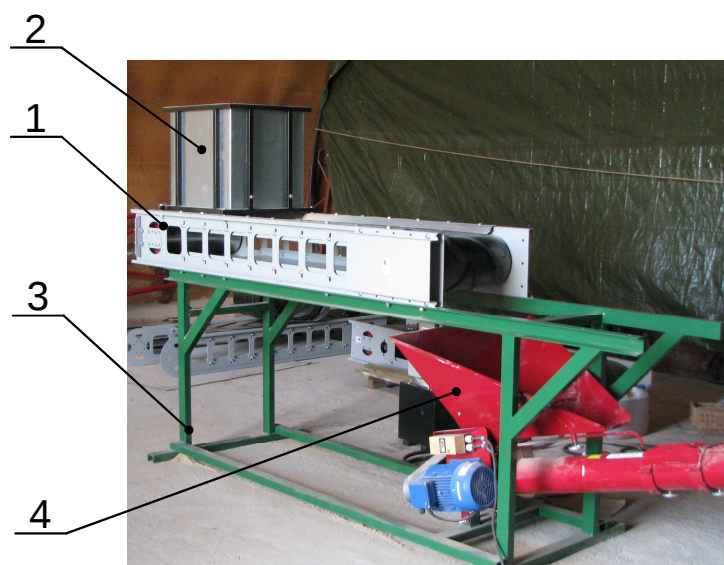
Maisītāja dozatora eksperimentos jānosaka dzenošā ruļļa rotācijas frekvence, kas ļaus mums aprēķināt dozatora lentes kustības ātrumu. Eksperimenti jāveic ar zināmu masas daudzumu, t.i. smalcinātā masa jānosver. Eksperimenti jāatkārto pie dažādiem lentes kustības ātrumiem, tā iegūstot īpatnējo ražīgumu. Tiks salīdzināti arī divi lentu tipi: skujiņtipa lente un lente ar speciāli profilētu virsmu (ar pirkstiem). Lai noteiktu masas plūsmas svārstības, nepieciešams indikators, kas nosaka no konveijera nākošās smalcinātās masas plūsmas izmaiņu.

Eksperiments

Dozatora īpatnējā ražīguma noteikšana atkarībā no masas smalcinājuma pakāpes un dozatora rotācijas frekvences. Dozatoram tiek iestatīta konstanta rotācijas frekvence. Tvertnē iepildīts noteikts smalcinātās masas daudzums. Tā kā smalcinātai masai blīvums ir atkarīgs no smalcinājuma pakāpes, tad masai jānosaka arī blīvums. Svarīgs ir arī daļiņu lielumu sadalījums masā – to noteiksim ar sietu metodi.

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

Biomasas samaisīšanai ir būtiski, lai masa no tvertnes uz maisīšanas zonu tiktu padota vienmērīgā slānī. Tāpēc sākotnējie maisītāja eksperimenti saistīti ar dozatora (1) dozēšanas precizitātes novērtēšanu. Uz maisītāja rāmja (3) novietots dozators ar tvertni (2) (73. att.). Tvertnē iebērtas smalcinātu niedru daļiņas ar izmēriem < 10mm.



73. att. Maisītāja modelis ar vienu dozatoru un gliemežtransportieri

Dozators aprīkots ar skujiņa tipa konveijera lenti (1), kas no tvertnes iznes smalcinātās masas slāni (74. att.). Slāņa biezums ir atkarīgs no dozatora atveres, kas veidojās starp plāksni (2) un lentu. Plāksnes augstums no lentas ir 15 mm un masas slānis, kas iznāk no tvertnes veidojās vienmērīgs pa visu lentas platumu (75. att.).



74. att. Dozēšanas process

Maisītāja konstrukcijā paredzēts vēl viens identisks dozators, kas smalcināto masu dozēs uz zemāk novietotā dozatora konveijera lentes. 75. attēlā redzams kā masa birstot no konveijera lentes, tās virsmas profila ietekmē, sadalās pa atsevišķām straumītēm. Šis efekts maisīšanas procesā nav vēlams.



75. att. Smalcinātās masas izvietojums pa lentas platumu

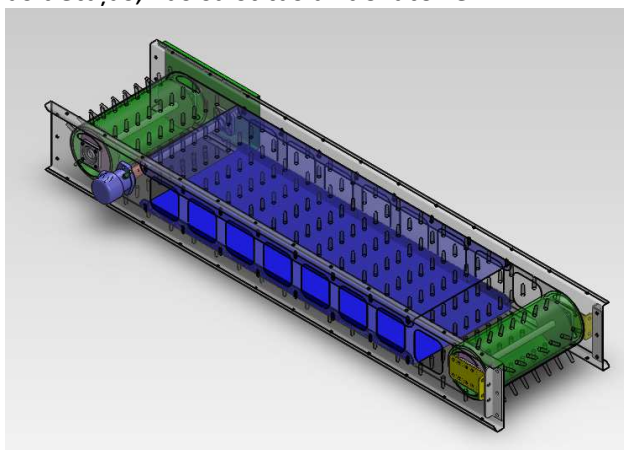
Samazinot atveri starp lentu un dozējošo plāksni līdz 10 mm, masas izvade no tvertnes tiek apgrūtināta. Plāksne aizkavē masas plūsmu līdz brīdim, kad, no aizmugures nākošais lentas izcilnis, izgrūž masu no tvertnes (76. att.). Uz dozatora lentes veidojas nevienmērīgs masas izvietojums. Arī šis efekts nelabvēlīgi ietekmē maisījuma kvalitāti.



76. att. Nevienmērīga masas plūsma

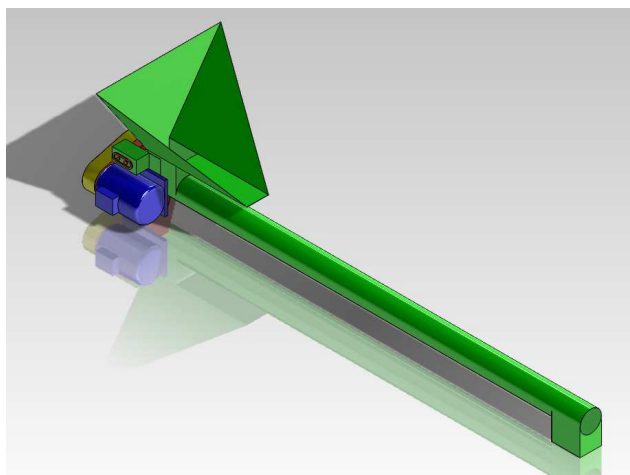
13. MAISĪTĀJA KONSTRUKCIJAS IZSTRĀDE. MAISĪTĀJA EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA IZSTRĀDE.

Maisītāja modeļa konstrukcijas izstrādei tika izveidots dozatora 3D modelis (77. att.). Dozatora modeļa ievietošana maisītāja kopsalikuma modelī ļauj precīzi uzkonstruēt maisītāja izveidošanai nepieciešamās detaļas, kas saistītas ar dozatoriem.



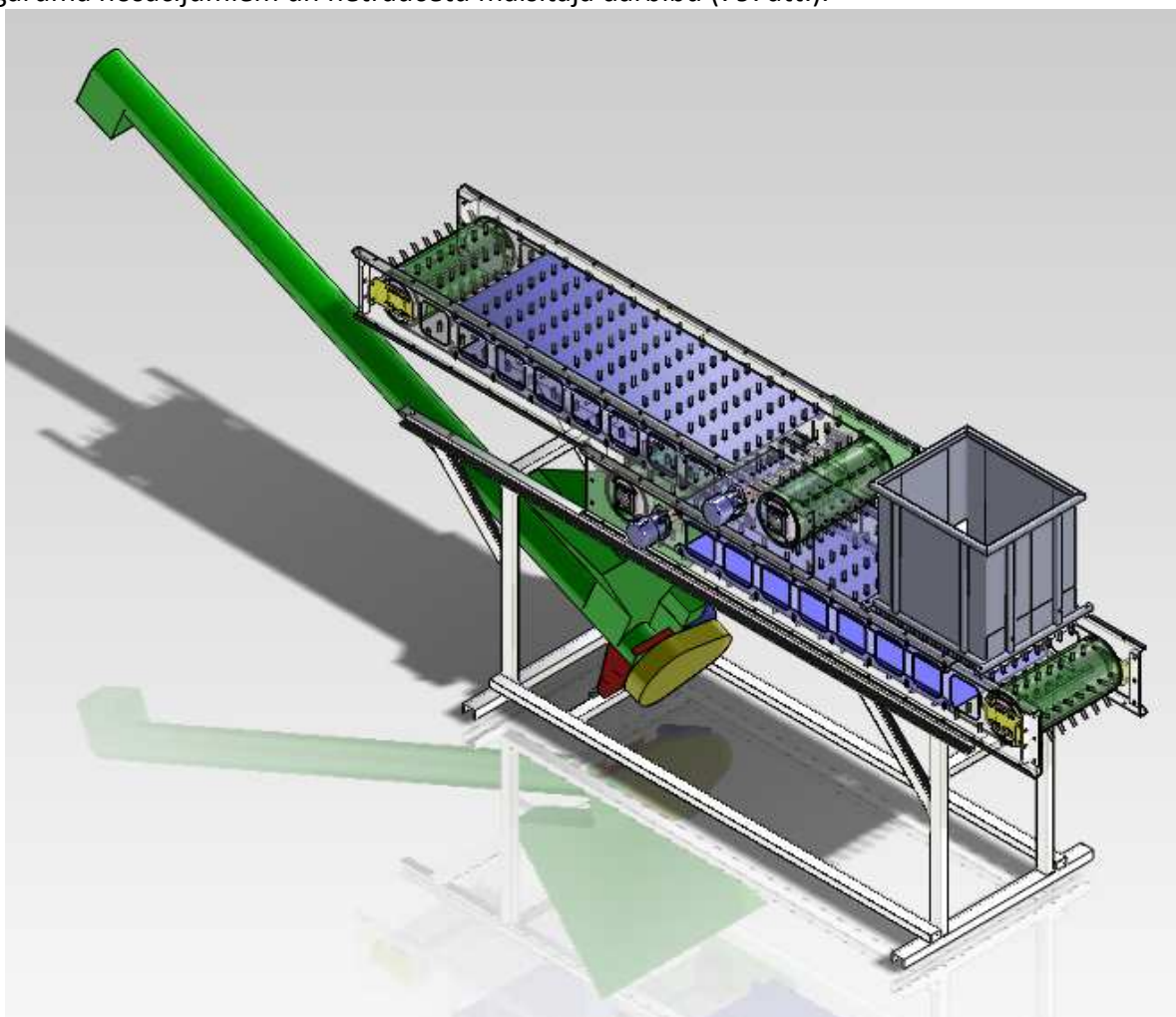
77. att. Maisītāja dozators

78. attēlā parādīts maisītāja gliemežtransportiera 3D modelis. Gliemežtransportieris paredzēts, lai no maisītāja modeļa aizvadītu samaisīto masu.



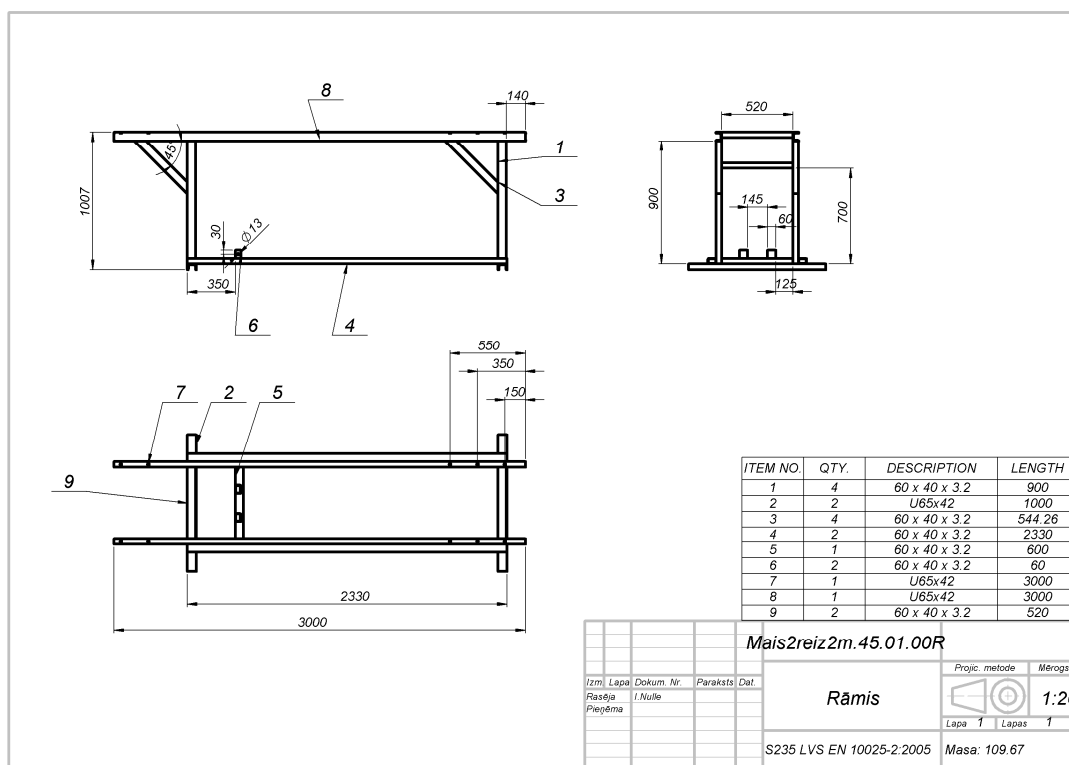
78. att. Maisītāja gliemežtransportiera 3Dmodelis

Novietojot dozatora un gliemežtransportiera modeļus nepieciešamajās pozīcijās, maisītāja rāmja konstrukcija var tikt izveidota tā, lai precīzi atbilstu augstuma, platuma un garuma nosacījumiem un netraucētu maisītāja darbību (79. att.).

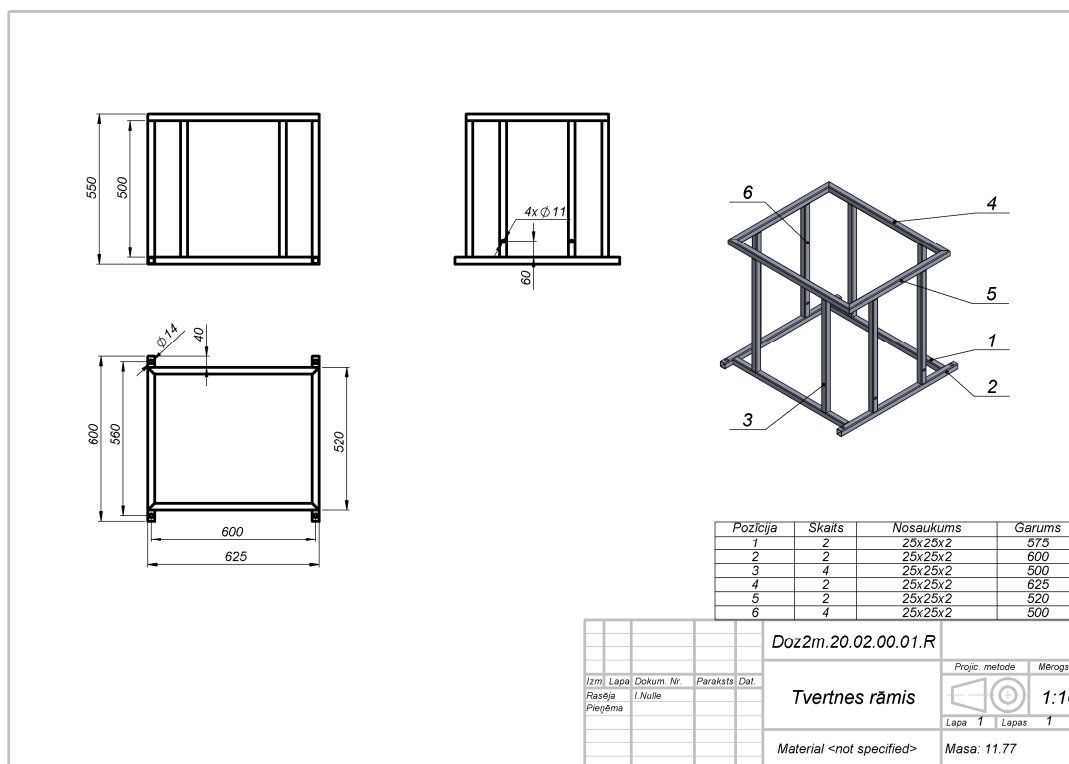


79. att. Maisītāja rāmja un tvertnes 3D modeļu izveide atbilstoši dozatoru novietojumam

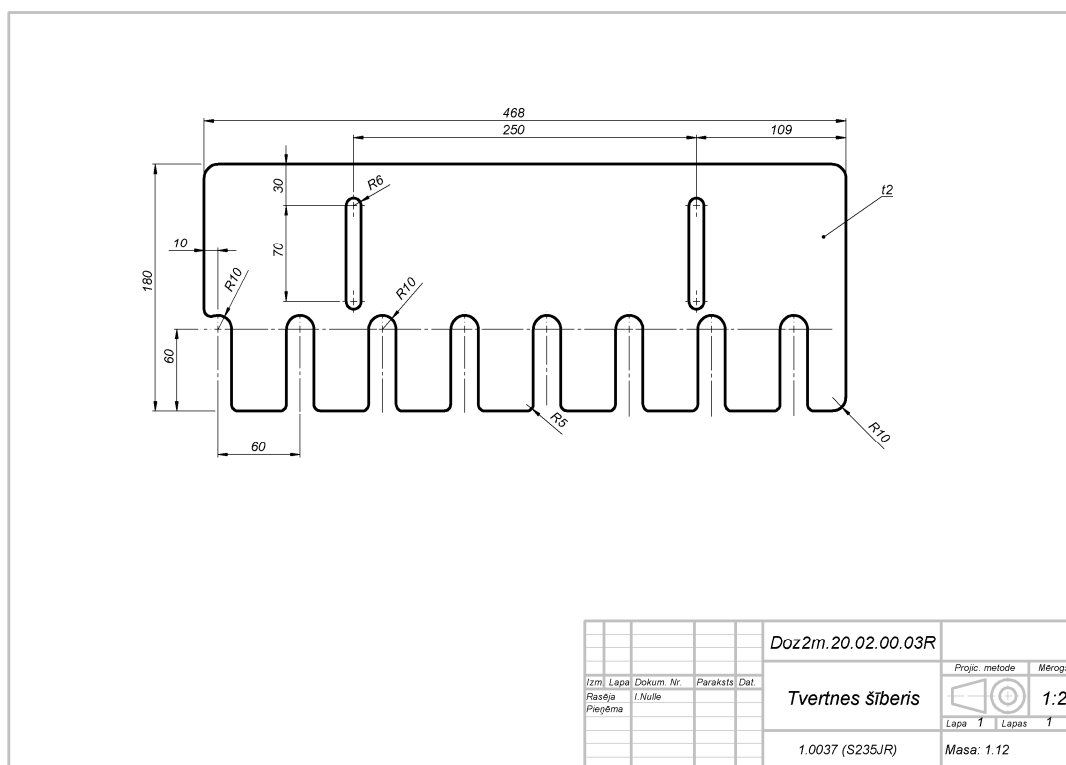
Maisītāja konstrukciju rasējumi parādīti no 80. līdz 83. attēlos.



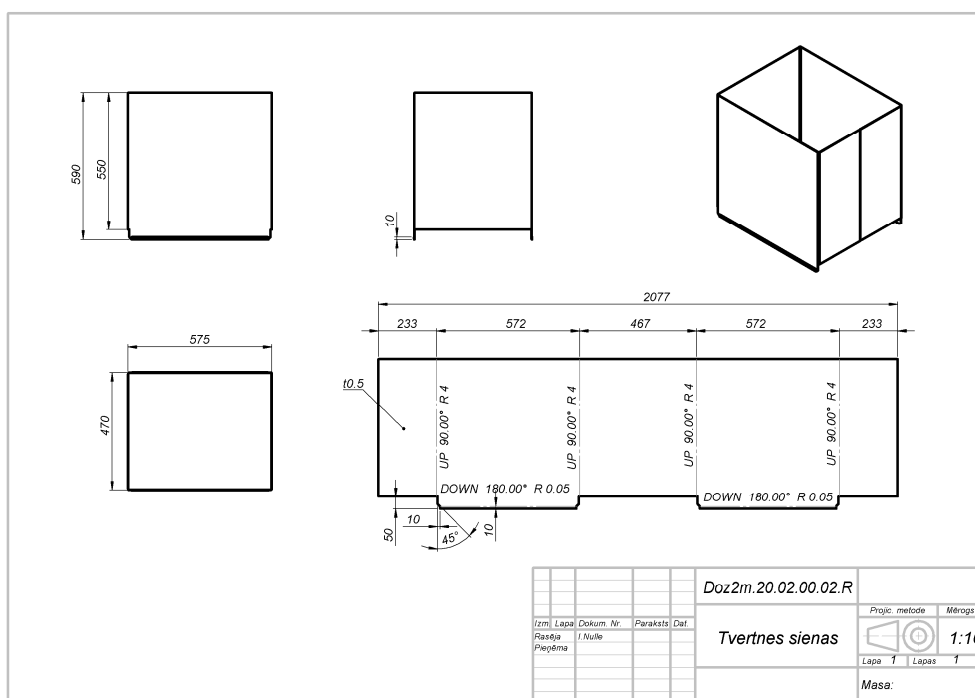
80. att. Rāmja rasējums



81. att. Tvertnes rāmja rasējums



82. att. Tvertnes šīberu rasējums



83. att. Tvertnes sienu rasējums

IEROSINĀJUMU IZSTRĀDE MAISĪTĀJA KONSTRUKCIJAS PILNVEIDOŠANAI

- ✓ Maisītāja konstrukcijā iespējami jānovērš masas noplūdes;
- ✓ Jāsamazina putekļu veidošanās iespējamība un intensitāte;
- ✓ Jāveido hermētiski savienojumi starp tehnoloģiskajiem procesiem;
- ✓ Maisītāja gliemežtransportiera tvertne jākonstruē tā, lai, tuneļa plūsmas vietā, veidotos masas plūsma.

14. SMALCINĀTAS BIOMASAS UN PIEDEVU MATERIĀLU TEHNOLOĢISKAIS TRANSPORTS

Apskatot gaisa cauruļvadu teoriju, ir redzams, ka gaisa spiediena kritums ir atkarīgs no vairākiem faktoriem – cauruļvada diametra, gaisa plūsmas ātruma, cauruļvada garuma, cauruļvada līkuma rādiusa un cauruļvada ieplūdes un izplūdes gala kanālu formas.

Spiediena kritums taisnam cauruļvada posmam:

$$\Delta p = \frac{4fL}{d} \times \frac{\rho C^2}{2} \quad (31)$$

kur f – caurules materiāla berzes koeficients;
 L – caurules garums, m;
 D – caurules diametrs, m;
 ρ – blīvums, kg m⁻³;
 c – gaisa plūsmas ātrums, m s⁻¹.

Spiediena kritums līkam cauruļvada posmam:

$$\Delta p = k \times \frac{\rho C^2}{2} \quad (32)$$

kur: k – spiediena zuduma koeficients

Spiediena kritums taisnam cauruļvada posmam ar līkumu:

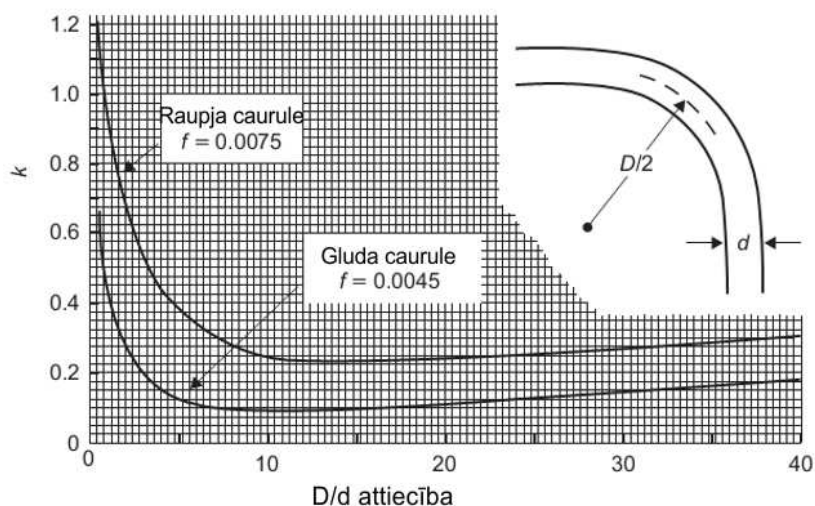
$$\Delta p = \left(\frac{4fL}{d} + \sum k \right) \times \frac{\rho C^2}{2} \quad (33)$$

Koeficients k ir atkarīgs no ieplūdes un izplūdes savienojuma veida, līkuma rādiusa.

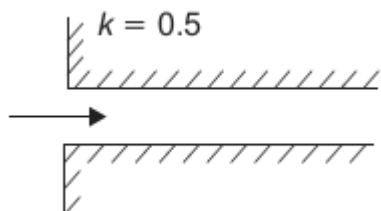
Pretestības koeficienta k noteikšana 90° līkumam:

$$D/d = 200/300 = 0.67 \quad (34)$$

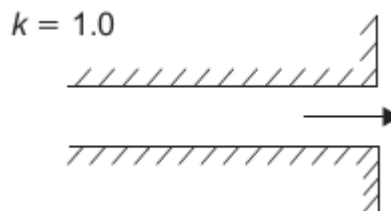
Grafikā pēc cauruļu diametru attiecības var atrast pretestības koeficientu k . Pie caurules diametru attiecības 0.67 pretestības koeficients $k = 1.1$. Tā kā ir divi līkumi, tad pretestības koeficienti summējas. Kopējais pretestības koeficients k būs 2.2. Pretestības koeficients rada lielu spiediena kritumu cauruļvadā. Līdz ar to sasmalcinātā masa netiek aiztransportēta uz ciklonu.



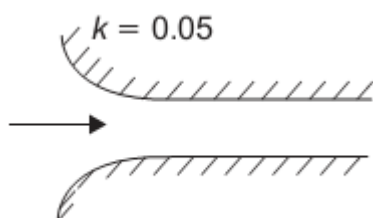
Taisns savienojums ieejā



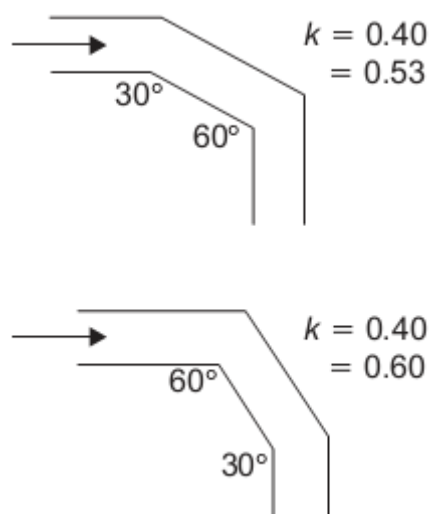
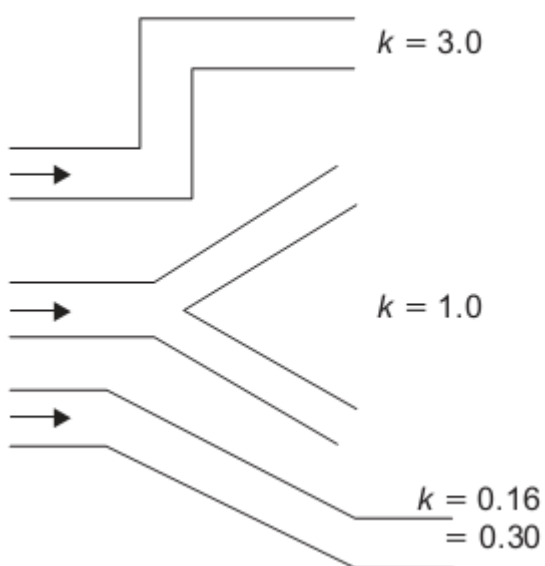
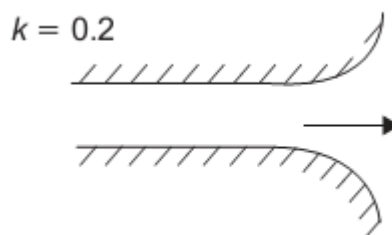
Taisns savienojums izejā



Taures veida ieeja



Taures veida izeja



15. MAISĪŠANAS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI: MAISĪŠANAI NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS NOTEIKŠANA, ĪPATNĒJAIS ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ, ROTĒJOŠO DAĻU DINAMISKĀS LĪDZSVAROŠANAS EKSPERIMENTI, UTT.

Maisītāja dozatora piedziņai nepieciešamā jauda sastāv no divām komponentēm. Jaudas, kas nepieciešama materiāla pārvietošanai un tukšgaitai. Piedziņas ruļļa vārpstai pieliktā jauda tiek aprēķināta pēc formulas:

Error! Objects cannot be created from editing field codes. (35)

kur N_1 – birstošā materiāla pārvietošanai nepieciešamā jauda, kW;
 N_2 – tukšgaitai nepieciešamā jauda, kW;
 k_2 – koeficients, kas atkarīgs no konveijera garuma (līdz 15 m – 1.25).
 Jauda, kas nepieciešama birstošā materiāla pārvietošanai:

$$N_1 = \frac{Wv}{1000}, \text{ kW} \quad (36)$$

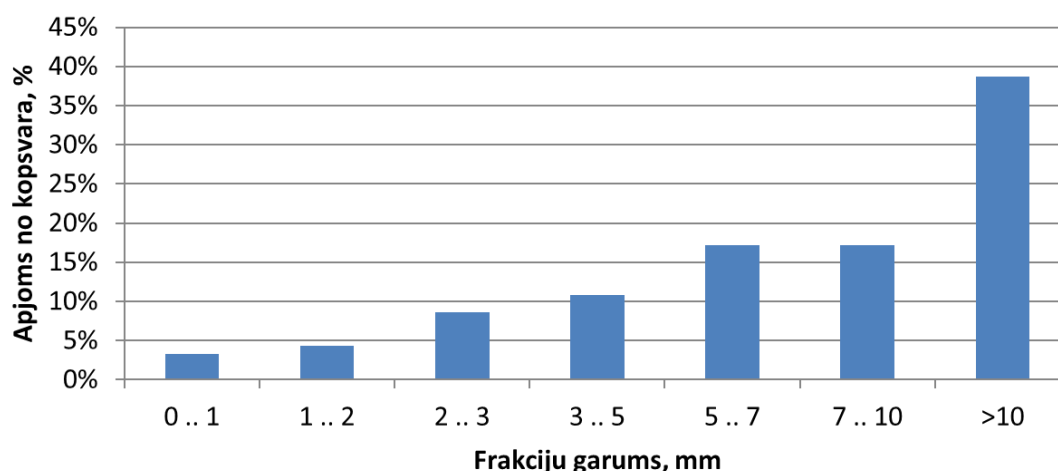
kur W – nepieciešamais vilces spēks, N
 v – lentas kustības ātrums, m s⁻¹.

Tukšgaitai nepieciešamā jauda:

$$N_2 = \frac{2q_l L_g \omega_x v}{1000} = k_1 L_g v, \text{ kW} \quad (37)$$

kur q_l – lentas īpatnējā masa kg m⁻¹;
 ω_x – pretestība kustībai

Smalcināšanas procesā iegūto masas daļiņu lielumi variē plašā diapazonā, eksperimentiem izmantotās masas daļiņu izmēri ir robežās no 0.001 ... 10 mm (84. att.). Smalkākā frakcija ir tik viegla, ka pat neliela gaisa plūsma spēj daļiņas pacelt uz augšu, kur tās vēl ilgi var levitēt. Arī dozēšanas procesā, kad smalcinātā masa līmeņu starpības dēļ nokrīt uz zemāk esošās virsmas, veidojās smalcināto daļiņu putekļu mākonis (85. un 86. att.). Putekļu mākoņa veidošanās var izraisīt eksploziju ražošanas procesā, tāpēc iespējami jānovērš tā veidošanās.



84. att. Smalcinātās masas sadalījums pa izmēru frakcijām



85. att. Putekļu veidošanās dozēšanas procesā



86. att. Putekļu veidošanās dozēšanas procesā

Smalcinātās masas daļiņas, to nelielā izmēra dēļ, noplūst konstrukcijas savienojumu vietās (87. att.), lai tas nenotiktu, jāveic konstrukcijas uzlabojumi vai piergulēšana. Masas noplūdes jāsamazina, jo smalcinātām daļiņām nonākot starp konstrukcijas darbīgajām daļām, var veidoties to nosprūšana vai neprecīza darbība. Piemēram, dozatora lenta, kustības laikā, var spiesties pie sānu malām, tādejādi izraisot enerģijas zudumus ražošanas procesā. Zemē nobirušās masas savākšanas procesā, tur var nokļūt smiltis, nelieli akmentiņi vai kāds cits svešķermenis. To nokļūšana briketēšanas vai granulēšanas matricās, pastiprināti izdeldē vai pat bojā aktīvās virsmas.



87. att. Masas noplūdes

Maisītāja dozatoram pievienotās distancējošās maliņas pozicionēšana ļauj sasniegt minimālu smalcinātās masas noplūdi starp dozatora lentu un rāmi (88. att.).



88. att. Masas noplūdes ierobežošana

Samaisīto masu no maisītāja paredzēts izvadīt ar gliemežtransportiera (4) (73. att.) palīdzību. Ražošanas procesā, materiāla neviendabīguma dēļ, rodas plūsmas svārstības, tas nozīmē, ka starp tehnoloģiskiem procesiem jāparedz kompensācijas tvertnes. Gliemežtransportiera tvertnē uzkrājas, no maisītāja nākošā, masa (89. att.). Tvertnes konstrukcija jāveido tāda, lai samazinātu putekļu nonākšanu apkārtējā vidē.

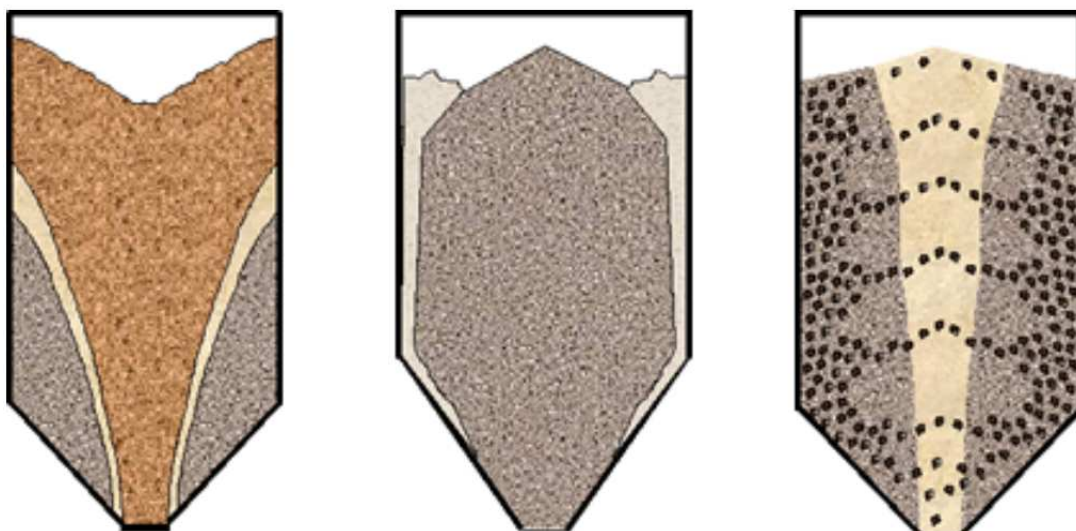


89. att. Smalcinātā masa gliemežtransportiera tvertnē

Uzsākot tvertnes iztukšošanu, tajā veidojās tuneļa plūsma, t.i. masa sākotnēji izplūst no tvertnes centra (90. att.). Tvertnes centriskās pildīšanas gadījumā lielākās daļiņas ir tendētas uzkrāties tuvāk pie tvertnes sienām, bet mazākās daļiņas uzkrājas tuvāk centram (91. att.). Tuneļa plūsmas gadījumā smalkākās daļiņas no tvertnes izplūst pirmās, savukārt, raupjākās daļiņas tikai pēc tam – veidojas tuneļa plūsma. Masas plūsmas gadījumā materiāls noslāņosies tāpat, bet tiks atkal sajaukts, kad plūdīs lejup uz tvertnes piltuvi. Tāpēc var teikt, ka noslāņošanos tvertnēs var novērst, veidojot masas plūsmas tvertnes. Izmainot procesa gaitu – piemēram, piepildot tvertnes, lieli piepildīšanās ātrumi nodrošinās mazāku noslāņošanos. Tvertnes konstrukcijā būtu jāveic izmaiņas, kas samazinātu tuneļa plūsmas efektu.



90. att. Tuneļa plūsma



91. att. Daļiņu noslāņošanās tvertnes uzpildīšanas procesā

Kopumā gliemežtransportiera darbība transportējot daļiņas ar izmēriem līdz 10 mm ir pieņemama, t.i. darbības laikā nenotika nosprūšana un tvertne tika iztukšota salīdzinoši ātri. Turpmākajos pētījumos jānosaka transportiera ražīgums un piemērotība rupjāku daļiņu transportēšanai.

Nenoslēgtajā gliemežtransportiera atverē izplūstošā masa veido putekļu mākonī, kas, tāpat kā iepriekš apskatītajā gadījumā, būtu jānovērš (92. att.).



92. att. Glemežtransportiera radītie putekļi

Tvertnes konstrukcija jāizmaina tā, lai neveidotos masas sastrēgumi tās stūros (93. att.)



93. att. Sastrēgumi tvertnes stūros

16. BRIKETĒŠANAS, GRANULĒŠANAS PROCESA TEORĒTISKĀ IZPĒTE

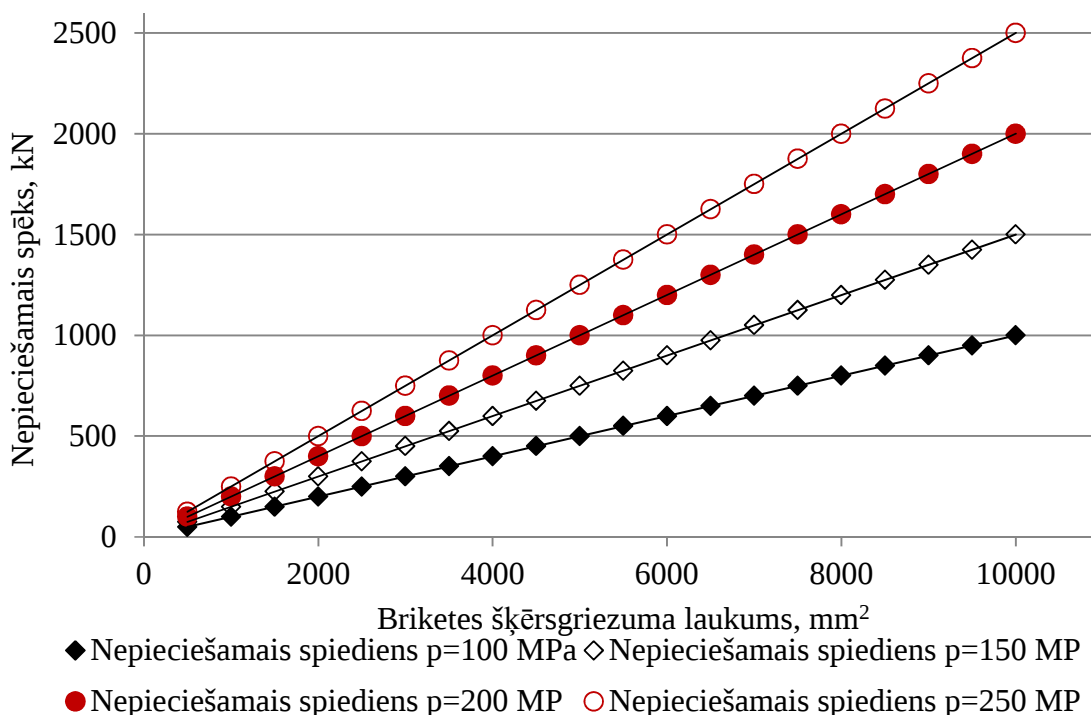
MOBILĀ BRIKETĒTĀJA PROTOTIPA NEPIECIEŠAMĀ BRIKETĒŠANAS SPĒKA NOTEIKŠANA

Briketēšanas maksimālā spēka noteikšanai, nepieciešams definēt presformas ģeometriskos parametrus. Starp spēku, kāds jāattīsta presēšanas virzumam un nepieciešamo spiedienu uz briketes virsmas pastāv sakarība

$$F = pA, \quad (1)$$

kur F – spēks no presēšanas virzuļa, N;
 p – nepieciešamais spiediens uz briketes virsmas, MPa;
 A – briketes šķērs griezuma laukums, mm².

Nepieciešamais spiediens uz briketes virsmas laukumu, atkarīgs no vēlamā briketes blīvuma. Lai iegūtu pēc iespējas kvalitatīvākas briketes, tad to blīvumam jābūt pēc iespējas lielākam. Analizējot briketēšanas prešu tehnisko informāciju noskaidrots, ka lielākajai daļa no biomasas presēšanas iekārtām spiediens uz biomasas virsmu ir no 100 līdz 150 MPa. Laboratorijas eksperimentos iegūtie rezultāti rāda, ka lai iegūtu briketes, kuru blīvums lielāks par 1000 kg m⁻³, spiedienam uz briketes virsmu jābūt aptuveni 200 MPa. Izmantojot 94. attēlu iespējams noteikt maksimālo presēšanas spēku, dažādiem briketes šķērs griezuma laukumiem un pie dažādiem presēšanas spidiem.



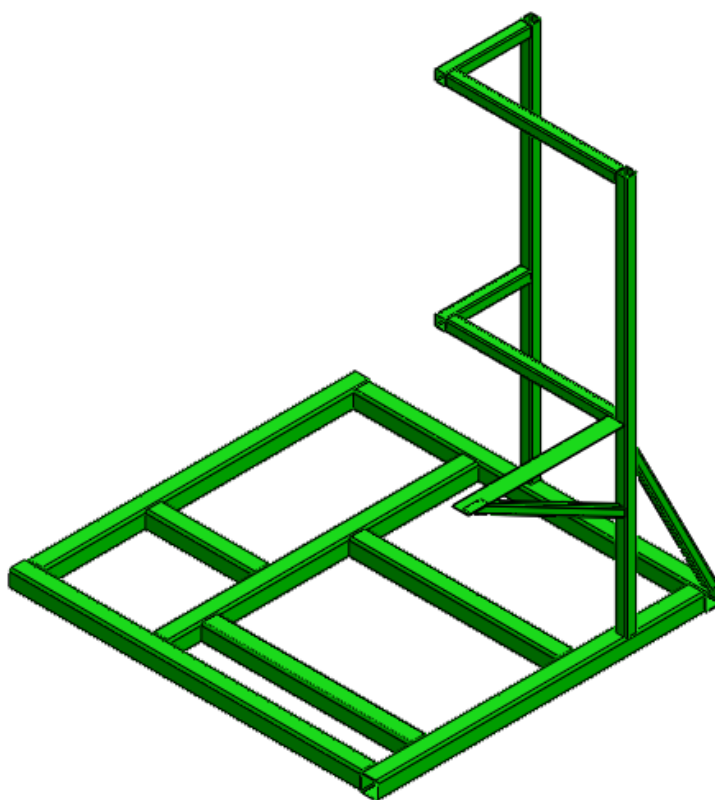
94. att. Briketēšanas spēks atkarībā briketes šķērs griezuma laukuma

Projektējamā mobilā briketētāja presformas šķērs griezuma laukums ir 9000 mm², lai nodrošinātu spiedienu 150 MPa uz biomasas virsmu, tad kompaktēšanas mehānismam

jānodrošina vismaz 1350 kN liels maksimālais presēšanas spēks. Mehānisma turpmākajiem aprēķiniem, maksimālais presēšanas spēks tiek pieņemts 1500 kN.

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

Izstrādāts mobilā briketētāja nesošā rāmja elektronisks modelis, kas tiks izmantots komponentu stiprināšanai (95. att.). Rāmja izmēri izrēķināti balstoties uz mobilā briketētāja prototipa mehānismu ģeometriskiem parametriem.



95. att. Mobilā briketētāja rāmja daļa

18. BRIKEŠU UN GRANULU KVALITĀTES TEORĒTISKĀ IZPĒTE

LVS EN15210-2: 2011 (E) Eiropas standarts nosaka prasības un to noteikšanas metodi, pārbaudot brikešu mehānisko ilgziturbību.

Tas ir paredzēts personām un organizācijām, kas ražo, plāno, pārdot, ražo vai izmanto mehānismus, iekārtas, instrumentus un ražotnēm, kas saistītas ar briketēm, un visām personām un organizācijām, kas iesaistītas ražošanā, iegādē, pārdošanā un brikešu utilizēšanā.

Ilgzīturbība ir kompaktētu kurināmo stiprības lielums uz triecieniem un/vai nodilumu kraušanas un transportēšanas procesu ietekmē.

Parauga sagatavošana

Paraugs, ko izmanto, lai noteiktu mehānisko ilgzturību, tiek paņemts, un ja nepieciešams, sadalīts saskaņā ar CEN/TS 14.778-1 un CEN/TS 14.780. Parauga lielumam jāatbilst šī dokumenta prasībām un jābūt vismaz 25 kg.

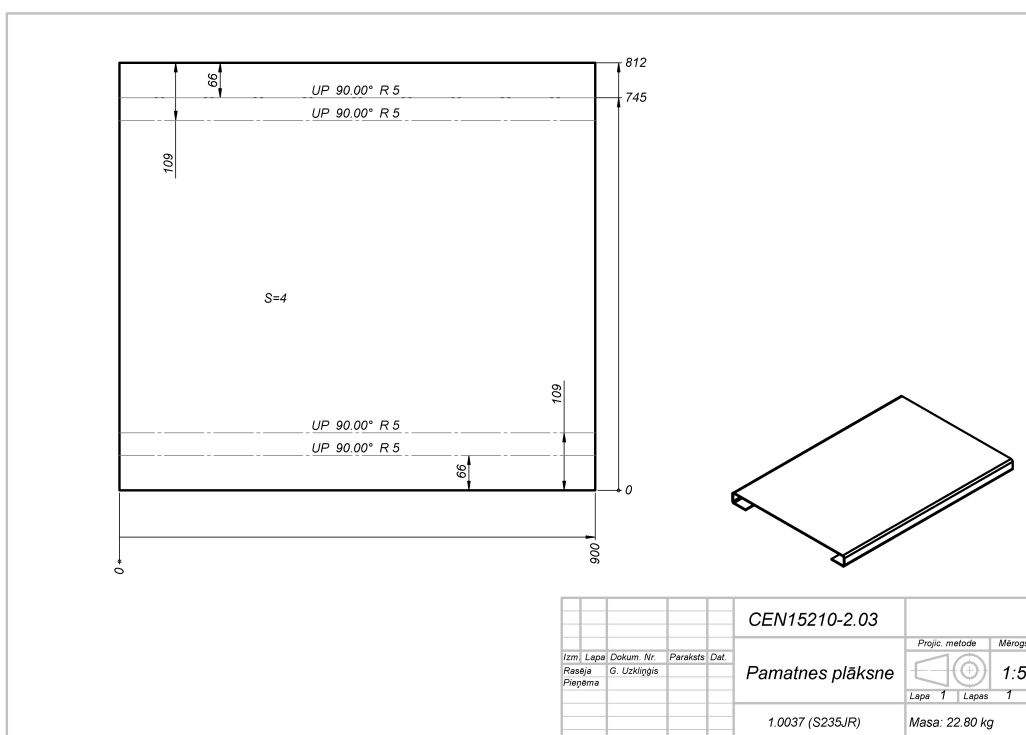
Paraugu sadala divās daļās: vienu izmanto, lai noteiktu mitruma saturu (5 kg), otru mehāniskās ilgzturības pārbaudei ($5 \times 4 \text{ kg} = 20 \text{ kg}$). Mitruma saturam jābūt noteiktam neizsijātam paraugam vienlaicīgi ar ilgzturības pārbaudi saskaņā ar EN 14774-1:2009 vai EN 14774-2:2009.

Parauga mitruma saturam jābūt tādām pašām kā saņemšanas brīdī. To glabā hermētiskā traukā, lai izvairītos no mitruma izmaiņas. Kamēr tiek veikta pārbaude, paraugam ir jāatrodas istabas temperatūrā.

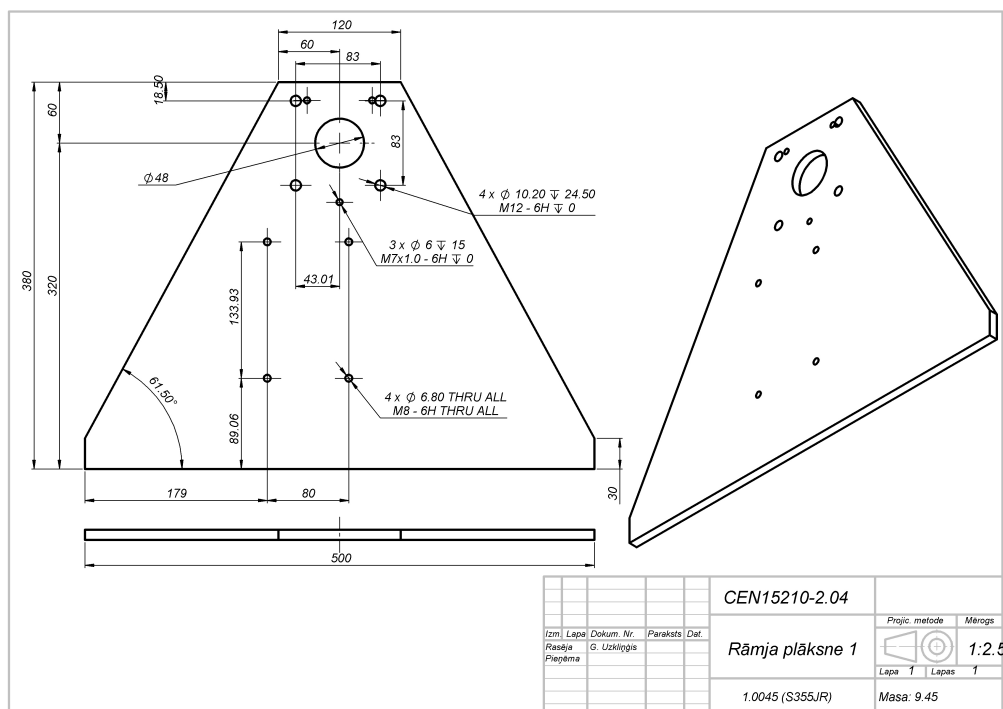
Cilindriskās briķetes, kas garākas par diviem diametriem, jāsgriež garumā, kas ekvivalents ar to diviem diametriem. Virsizmēra briķetes saīsina, pielietojot zāģi ar asmeni vai lentzāģi. Griezumam jābūt perpendikulāri briķetes asij. Citādas formas briķetes pārbauda, ar tādu formu un izmēriem, kādas tās tiek saņemtas.

19. NOTURĪBAS PĒTĪJUMI DAŽĀDU MAIŠĪJUMU GRANULĀM, BRIKETĒM

96. un 97. attēlos parādītas briķešu pārbaudes iekārtas detaļu rasējumi.



96. att. Briķešu pārbaudes iekārtas pamatnes rasējums



97. att. Rāmja plāksnes rasējums

20. DEGŠANAS PROCESA TEORĒTISKĀ IZPĒTE

KALTES KURTUVES NEPIECIEŠAMĀS JAUDAS APRĒĶINS UN DEGŠANAS PROCESA NOVĒRTĒŠANAS METODIKA

Izmantojot sadegšanas produktu – dūmgāzes, kā siltumnesēju kaltē, nepieciešams kurtuves jaudas, optimālo izmēru un citu tās parametru aprēķins.

Zinot izmantojamā kurināmā sastāvu, iespējams aprēķināt tā dūmgāzu daudzumu sadedzinot 1 kg materiāla:

$$V_d = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + \Delta V, \quad (38)$$

kur, V_d – dūmgāzu daudzums sadegot 1 kg kurināmā, $m^3 kg^{-1}$;
 V_{RO_2} – sauso trīsatomu gāzu daudzums dūmgāzēs, $m^3 kg^{-1}$;
 V_{N_2} – teorētiskais slāpekļa daudzums dūmgāzēs, $m^3 kg^{-1}$;
 V_{H_2O} – teorētiskais ūdens tvaika daudzums dūmgāzēs, $m^3 kg^{-1}$;
 ΔV – ar gaisa pārpilnību pieplūdušais gaiss, $m^3 kg^{-1}$;

Dūmgāzu sastāvu nosaka izmantojot kurināmā ķīmisko sastāvu:

$$V_{RO_2} = 0,0186(C^D + 0,375S_g^D); \quad (39)$$

$$V_{N_2}^{min} = 0,79V_0 + 0,8 \frac{N^D}{100}; \quad (40)$$

$$V_{H_2O}^{min} = 0,0124(9H^D + W^D) + 0,016V_0; \quad (41)$$

$$\Delta V = (\alpha - 1)V_0; \quad (42)$$

$$V_0 = 0,089C^D \cdot 0,265H^D \cdot 0,033 \cdot (S_g^D - O^D); \quad (43)$$

kur, C^D – oglekļa daudzums cietā vai šķidrā kurināmā;
 S_g^D – gaistošā sēra daudzums cietā vai šķidrā kurināmā;
 V_0 – kurināmā sadedzināšanai teorētiski nepieciešamais gaisa daudzums, $m^3 kg^{-1}$;
 N^D – slāpekļa daudzums cietā vai šķidrā kurināmā;
 H^D – ūdeņraža daudzums cietā vai šķidrā kurināmā;
 W^D – mitruma daudzums cietā vai šķidrā kurināmā;
 O^D – skābekļa daudzums cietā vai šķidrā kurināmā;
 α – gaisa pārpilnības koeficients.

Noskaidrojot dūmgāzu daudzumu, kas veidojas sadegot vienam kilogramam kurināmā, tiek aprēķināts nepieciešamais kurināmā sadedzināšanas daudzums stundā.

$$B = \frac{V_{kop.}}{V_d}; \quad (44)$$

kur, $V_{kop.}$ – kopējais nepieciešamais dūmgāzu daudzums, m^3 ;
 B – Kurināmā patēriņš, $kg h^{-1}$.

Lai noskaidrotu nepieciešamo kurtuves jaudu, izmantojam kurināmā siltumspējas zemāko vērtību.

$$Q = BQ_z^D \eta_k; \quad (45)$$

kur, Q – kurtuves jauda, kW;
 Q_z^D – kurināmā zemākā siltumspēja, kJ kg⁻¹;
 η_k – kurtuves lietderības koeficients.

Kurtuves tilpuma noteikšanai tiek izmantota kurtuves jaudas noslodze uz tās tilpumu. Vēlamā noslodze ir robežās no 140 ÷ 460 kW m⁻³:

$$V_k = \frac{BQ_z^D}{q_v}; \quad (46)$$

kur, V_k – kurtuves tilpums, m³;
 q_v – kurtuves tilpuma noslodze, kW m⁻³.

Kurtuves ārdū laukuma noteikšanai tiek izmantota kurtuves jaudas noslodze uz ārdū laukuma vienību, kas pieņemama robežās no 900 ÷ 3000 kW m⁻².

$$S_{\text{ārdū}} = \frac{BQ_z^D}{q_r}; \quad (47)$$

kur, $S_{\text{ārdū}}$ – Kurtuves ārdū laukums, m²;
 q_r – kurtuves ārdū jaudas noslodze, kW/m³.

Lai noskaidrotu dūmgāze temperatūru izejā:

$$t_k = \frac{T_t}{M \left(\frac{5.7 \cdot 10^{-11} \xi F_s \alpha_k T_t^3}{BVC_{vid}} \right)^{0.6} + 1} - 273, \quad (48)$$

kur T_t – kurināmā absolūtā degšanas temperatūra, K;
 M – koeficients, kurš ievēro maksimālās temperatūras atrašanās vietu kurtuvē, kuru ārdū kurtuvēm var pieņemt 0,45;
 ξ – starošanas sildvirsmu netīrības pakāpes koeficients – cietajam kurināmajam var pieņemt $\xi=0.6$;
 α_k – kurtuves melnuma pakāpe, kas atrodas robežās no 0.2 – 0.8;
 F_s – kurtuves sienu laukums, m²;
 $V_{c_{vid}}$ – 1 kg kurināmā degšanas produktu vidējā siltumietilpība intervālā t_t-t_k , kJ/(kg·K).

Lai noskaidrotu kurināmā absolūto degšanas temperatūru:

$$T_t = \frac{Q_k}{\left[c'_{CO_2} V_{RO_2} + c'_{N_2} V_{N_2} + c'_{H_2O} V_{H_2O} + (\alpha_k - 1) c'_g V^0 \right]}, \quad (49)$$

kur, Q_k – kurināmā masas siltums, kJ kg⁻¹;
 c' – gāzu un gaisa īpatnējā siltumietilpība, kJ (m³·K)⁻¹.

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

Degšanas procesa novērtēšanas metodika

Temperatūra

Sadegšanas procesā daļa siltuma tiek ievadīts kurtuvē vēl pirms degšanas, tādēļ temperatūra nosakām arī ieplūstošajam gaisam kurtuvē un kurināmā masai pirms ievadīšanas kurtuvē.

Aizplūstošo siltuma daudzumu ar dūmgāzēm nosaka kā dūmgāzu un kurtuvē ieplūstošā gaisa entalpiju starpību, izmantojot H-d diagrammas. To noteikšanai nepieciešami pievadītā gaisa un izplūstošo dūmgāzu temperatūras mērījumi.

Siltuma zudumu noteikšanai caur kurtuves virsmām nepieciešami temperatūras mērījumi vairākos punktos sadedzināšanas laikā. Pēc mērījumu veikšanas nosakāma vidējā vērtība un aprēķināmi siltuma zudumi caur virsmu. Standarts LVS EN 303-5 sniedz vērtību robežas katliekārtu virsmu temperatūrām un iesaka mērījumus veikt 5 vietās, tai skaitā arī uz kurtuves durvīm. Nosakot izdedžu temperatūru un zinot pelnu siltumietilpību nosakāmi zudumi ar izdedžiem.

Masas mērījumi

Lietderības novērtējumam nepieciešams veikt ievadītā kurināmā un izdedžu masas mērījumus, kuru procentuālā attiecība var parādīt mehāniski nepilnīgu sadegšanu un iespējamus konstruktīvos trūkumus, kuru rezultātā enerģija tiek zaudēta kopā ar pelniem.

Dūmgāzu analīze

Analīze veicama izmantojot LVS EN 303-5 standarta noteiktās emisiju robežas. Standarts sniedz vērtības CO, organiski saistīto oglekļu un cieto daļiņu emisijām (arī O₂ un NO_x). Mērījumi veicami izmantojot atbilstošus izmešu analizatorus tieši dūmvada izejā pēc kurtuves. Izmantojamiem mērinstrumentiem nepieciešams atbilst EN 304 standartā noteiktajiem. Cieto daļiņu daudzuma noteikšanai izmantojama elektrostātiskā vai gravimetriskā metode.

Ātra vizuāla novērtēšana

Degšanas procesa vizuālu novērtēšanu un gaisa pārpilnību iespējams veikt arī apskatot dūmgāzes, kuru krāsa nosaka gaisa pieplūduma pārpilnību vai iztrūkumu. Par nepilnīgu sadegšanu un gaisa trūkumu sadegšanā liecina tumšas, biezas dūmgāzes. Par gaisa

pārpilnību liecina bezkrāsainas dūmgāzes. Par optimālu sadegšanu liecina viegli pelēkas dūmgāzes.

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

Lai salīdzinātu miežabrāļa degšanas īpašības ar citu biomasu degšanas īpašībām tika novērtēti tādi paši degšanas īpašības raksturojoši parametri kā iepriekš testētajām biomasām (niedrēm, salmiem un kaņepēm). Novērtētie parametri ir sekojoši: mitruma daudzums, pelnu saturs, augstākā un zemākā siltumspēja, sēra un hlora saturs un pelnu kušanas temperatūra.

Tika salīdzināti miežabrāļa paraugi, kas novākti rudenī un pavasarī.

Mitruma saturs tika noteikts atbilstoši standartam EN 14774-1.

Rudenī novāktā paraugu mitrums vidēji bija 16.4%, bet pavasarī novāktā 10.1%.

Pelnu saturs sausnā tika noteikts atbilstoši standartam EN 14775.

Rudens ražas paraugos pelnu saturs bija robežās no 4.3 līdz 7.0% (vidēji 5.6%), bet pavasarī novāktā miežabrāļa pelnu saturs vidēji bija tikai 2.8%. Tas apstiprina faktu, ka pavasarī novāktās biomasas sausnā pelnu saturs ir ievērojami mazāks, nekā rudenī novāktajā biomasā. Tas izskaidrojams ar barības vielu pārvietošanos auga sakņu sistēmā veģetācijas beigās.

Augstākā siltumspēja tika noteikta atbilstoši standartam EN 14918. Rudenī ievāktā paraugu augstākā siltumspēja bija 15,14 MJ·kg, bet pavasarī ievāktā – 16.84 MJ·kg.

Miežabrāļa degšanas zemākā siltumspēja galvenokārt atkarīga no mitruma satura un korelē ar augstāko siltumspēju.

Pelnu kušanas temperatūra tika noteikta veicot pelnu konusa kausēšanu oksidējošā atmosfērā atbilstoši standartam EN 14961-2.

1. tabula

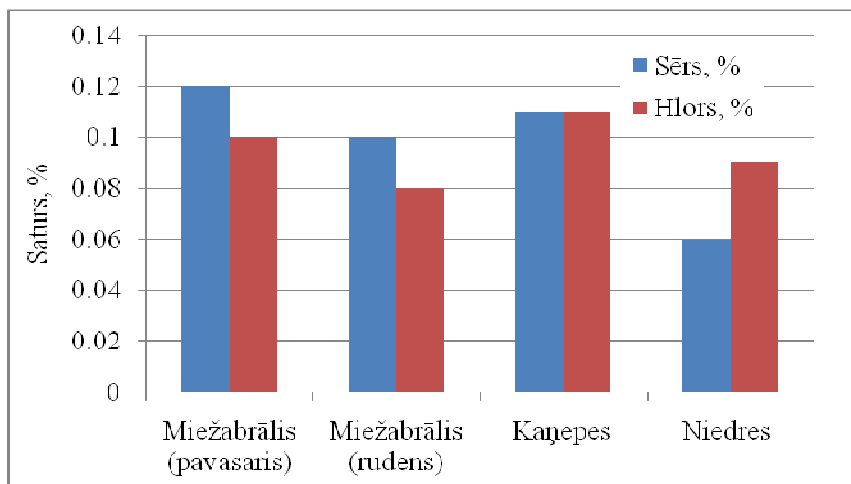
Biomasu pelnu kušanas temperatūru salīdzinājums

Parauga deformācijas stāvokli	Temperatūra, °C			
	Miežabrālis, rudens	Miežabrālis, pavasaris	Kaņepes	Niedres
Deformācijas sākuma temperatūra, DT	1440	1050	1435	1265
Sfēras veidošanas sākums, ST	1460	1170	1480	1335
Izplūšanas sākums, HT	< 1500	1220	<1500	1360
Izplūšana, FT	< 1500	1270	<1500	1400

No 1. tabulas redzams, ka pelnu kušanas deformācijas sākuma temperatūra rudenī novāktajam miežabrālim ir 1440 °C, kas ir lielāka par kaņepju un niedru pelnu kušanas temperatūru. Pavasarī novāktajam miežabrālim pelnu kušanas temperatūra ir 1050 °C. Tā ir mazāka nekā rudens ražas miežabrālim, bet lielāka nekā vairumam labības salmu. Vērtējot absolūtos skaitļos, rudens ražas miežabrāļa pelnu kušanas temperatūra līdzinās koksnes pelnu kušanas temperatūrai. Varam secināt, ka kurināmais, kas gatavots no miežabrāļa izmantojams siltumenerģijas ieguvei, un tas neradīs pelnu saķepšanas problēmas kurtuvēs.

Hlora saturs tika noteikts pēc standarta ISO 334, bet sēra saturs pēc standarta ISO 587-81. Iegūtie rezultāti apkopoti 98. attēlā redzamajā grafikā. Rudenī novāktā miežabrāļa masā gan sēra, gan hlora saturs ir mazāks nekā pavasarī vāktā miežabrāļa masā.

Novērtējot hlora un sēra saturu kurināmajā, redzam, ka hlora saturs nepārsniedz 0.11%, kas ir pieļaujams. Vismazākais hlora saturs konstatēts rudens ražas miežabrālī – 0.08%. Arī sēra saturs nepārsniedz 0.1%. Tas liecina par to, ka sadedzinot miežabrāļa kurināmo, iekārtu korozijas risks ir neliels.



98. att. Sēra un hlora saturs biomasas kurināmajā

Sēra saturs pavasara ražas miežabrāļa masā sasniedz 0.12% un hlora saturs 0.1%. Vērtējot absolūtos skaitļos hlora un sēra saturs analizētajās biomasas ir neliels.

ZINĀTNISKO PUBLIKĀCIJU SAGATAVOŠANA UN PUBLICĒŠANA

Iegūtie eksperimentālie un teorētiskie rezultāti tiks noformēti un publicēti starptautiskos zinātniskos rakstu krājumos: Jelgavā, Rēzeknē un Prāgā.