



EESTI MAAÜLIKOOL  
Tehnikainstituut

**Urmas Raudsepp**

**SAEPURU ÄRASTUSSÜSTEEMI ENERGIAKAO  
VÄHENDAMINE**

**REDUCING OF ENERGY LOSSES OF SAW DUST REMOVAL  
SYSTEM**

Bakalaureusetöö  
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: professor Andres Annuk, *PhD*  
Vahur Pöder, AS Tari, KVVK grupi juht

Tartu 2017

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Urmas Raudsepp		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia (384)	
Pealkiri: Saepuru ärastussüsteemi energiakao vähendamine			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 21	Tabeleid: 3	Lisasid: 4
<p>Osakond: Energeetika</p> <p>Uurimisvaldkond: 4.17 Energeetikaalased uuringud; CERCS:T140 Energeetika</p> <p>Juhendaja(d): Andres Annuk, Vahur Põder</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2017</p>			
<p>Käesolevas töös analüüsiti puidutöötlemistehase aspiratsioonisüsteemi tehnoloogilist ja tehnilist olukorda ning võimalikke puudusi sellega seonduvalt.</p> <p>Uurimistöös käsitleti saepuru aspiratsioonisüsteemi energiakadude tekke põhjuseid ja energiakadude vähendamise võimalusi. Uurimustöö käigus teostati seadmete elektrivõrgu parameetrite mõõtmisi, s.h. aspiratsioonisüsteemi mootorite koormuste mõõtmisi, ventilatsioonitorustikus õhuhulkade ja õhukiiruste mõõtmisi. Saadud mõõtmistulemused näitasid, et tehase aspiratsioonisüsteemis on suured elektrilised kaod ja õhukaod. Elektriliste kadude põhjusteks on alakoormatud aspiratsioonisüsteemi mootorid samuti nende seadmete kasutamine ka töövälisel ajal. Õhukadude põhjusteks on mittevastav torustik, sulgsiibrite suured õhulekked.</p> <p>Antud mõõtmistulemuste järgi tehti kokkuvõttev alalüüs ja ettepanekud saepuru ärastussüsteemis energiakadude vähendamiseks. Selleks tuleks seadmetele paigaldada kaasaegsed sulgsiibrid, vähendada magistraalitorustiku rõhutakistust koos selle dimensioneerimisega. Väljatõmbetorustiku erinevad liinid võib kokku ühendada, vähendades sellega ka mootorite alakoormust, mille tulemusena saavutatakse oluline kokkuhoid.</p> <p>Kuna antud töös ei käsitletud soojus- ja muid kadusid, ega tehnilisi lahendusi nende vähendamiseks, mida praegune tehniline olukord põhjustab, siis võib antud uurimistööd jätkata eelpoolmainitud teemade käsitlemisega.</p>			
Märksõnad: energiakadu, ventilatsioon, alakoormus			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Urmas Raudsepp		Speciality: Engineering (384)	
Title: Reducing of Energy Losses of Saw Dust Removal System			
Pages: 41	Figures: 21	Tables: 3	Appendixes: 4
<p>Department: Energetics</p> <p>Field of research: 4.17 Energetic Research. CERCS: T140 Energy Research</p> <p>Supervisors: Andres Annuk, Vahur Põder</p> <p>Place and date: Tartu, 2017</p>			
<p>In this research work, the technological conformity, technical condition and the possible associated deficiencies of the aspiration system located in the wood processing plant were analysed.</p> <p>In this research work the causes behind the saw dust aspiration system's energy losses and the possibilities for reducing those losses were covered. During the course of the research work the measurement of the electrical parameters of the equipment was performed, including load curve measurements, volumes of air in ventilation piping and air speed measurements. The obtained measurement results indicated that the plant's aspiration system experiences significant electrical and air losses. Electrical losses are caused by the largely underloaded motors of the aspiration system as well as the use of that equipment outside of working hours. Air losses are caused by non-conforming piping and large air leaks from shut-off dampers.</p> <p>According to the obtained measurements, a summary analysis was prepared and proposals made for reducing the energy losses of the dust removal system. This would require the installation of modern shut-off dampers, and dimensioning and reducing the pressure resistance of the main pipelines. Various exhaust ventilation lines may be connected together, thereby reducing the underload on the motor, with the result being significant savings.</p> <p>Since the given work did not cover thermal and other losses, or the technical solutions for reducing them, which the current technical condition is causing, then the given research work could be continued by covering the above mentioned topics.</p>			
Keywords: losses of energy, ventilation, underload			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. TOOTMISSEADMETE ÜLEVAADE .....	6
1.1 Tehnoloogiliste seadmete tutvustus.....	6
1.2 Saepuru ärastussüsteemi iseloomustus.....	8
2. KADUDE MÄÄRAMINE .....	9
2.1. Kadude kaardistamine .....	9
3. TEOSTATUD MÕÕTMISED .....	10
3.1 Elektrivõrgu mõõtmised.....	10
3.1.1. 1. liini elektriliste parameetrite mõõtmine. ....	11
3.1.2. 2. liini parameetrite mõõtmine .....	14
3.1.3 3. liini parameetrite mõõtmine. ....	16
3.2. Õhuhulkade mõõtmised.....	18
4. UURIMISTÖÖ JÄRELDUSED .....	21
4.1. Leitud puudused .....	21
5. PUUDUSTE KÕRVALDAMINE .....	23
5.1. Tehnilised lahendused .....	23
5.1.1. Ärastussüsteemi ümberehitus.....	23
5.1.2. Efektiivsete sulgesiibrite paigaldus.....	24
5.1.3. Väljatõmbeventilaatori töö automaatne seiskamine.....	27
5.1.4. Sagedusmuundurite kasutamine.....	28
6. MAJANDUSLIK ANALÜÜS .....	29
6.1. Arvestatud energiakulu. ....	29
KOKKUVÕTE.....	31
KASUTATUD KIRJANDUS .....	33
SUMMARY .....	34
LIHTLITSENTS .....	36

## SISSEJUHATUS

Antud bakalaureusetöös käsitletakse mööblitööstuse puidutsehhi saepuru ärajuhtimise e. aspiratsioonisüsteemi tehnilist seisukorda. Põhiline ülesanne oli välja selgitada süsteemi võimalikud olemasolevad energiakaod ning nende kadude vähendamise viisid. Energiakaod koosnevad nii elektrikadudest, mittevastavate sulgsiibrite e. klappide kasutusest tingitud kadudest, seadmete tugevast alakoormusest, olemasoleva süsteemi vananemisest ja sulgsiibrite ebatihedusest tingitud täiendavast õhukaost, vajadusele mittevastava aspiratsioonisüsteemi kasutamisest. Uuritavaks objektiks oli Lohkvas asuv Tarmeko Pehmemööbel OÜ-le kuuluv puidutsehhi ning seal asuv aspiratsioonisüsteem.

Antud tsehh kolis tootmistehaste ümberkorralduste tõttu 2006-ndal aastal Tartust, Sõbra 56 asuvast mööblitehasest Lohkvasse, kuhu selleks otstarbeks ehitati uued tootmishooned. Kuna suures osas seadmeid toodi Tartus asuvatest tehastest üle Lohkvasse, siis samamoodi võeti koostest lahti ning monteeriti uuesti ülesse ka antud tehase puidujäätmete väljatõmbesüsteemi seadmed. Kuid seoses sellega, et uue tehase ruumid olid mõnevõrra väiksemad ja tootmine kompaktsem, paigaldati ka seadmeid sellevõrra vähem. Seetõttu vähendati ka aspiratsioonisüsteemi kogumahtu (kuid torustiku läbimõõt ja ajamite võimsused jäid samaks), mis eelnevalt koosnes neljast väljatõmbe osast, siis nüüd paigaldati kolm väljatõmbe liini. Sellest tulenevalt tekkis hüpotees, et antud süsteem ei ole kõige ratsionaalsemalt ehitatud ning süsteemis on olulised energiakaod, mida saaks oluliselt vähendada.

# 1. TOOTMISSEADMETE ÜLEVAADE

## 1.1 Tehnoloogiliste seadmete tutvustus

Antud puidutsehhis valmistatakse pehmemööbli toodete karkassideks vajalikke detaile. Eeskätt teostatakse sissetoodava laua- ja prussimaterjali mõõtu lõikamist, freesimistöid, CNC-pinkidel vajalike detailide väljalõikamist jm karkasside valmistamiseks vajalike toodete tootmist. Olemasolev seadmepark sisaldab nii uuemaid programm-juhtivaid tööpinke, kui ka vanemaid seadmeid, mida tööprotsessis kasutatakse.

Tabelis 1 on toodud seadmete kuuluvus vastavalt ärastussüsteemi liini järgi.

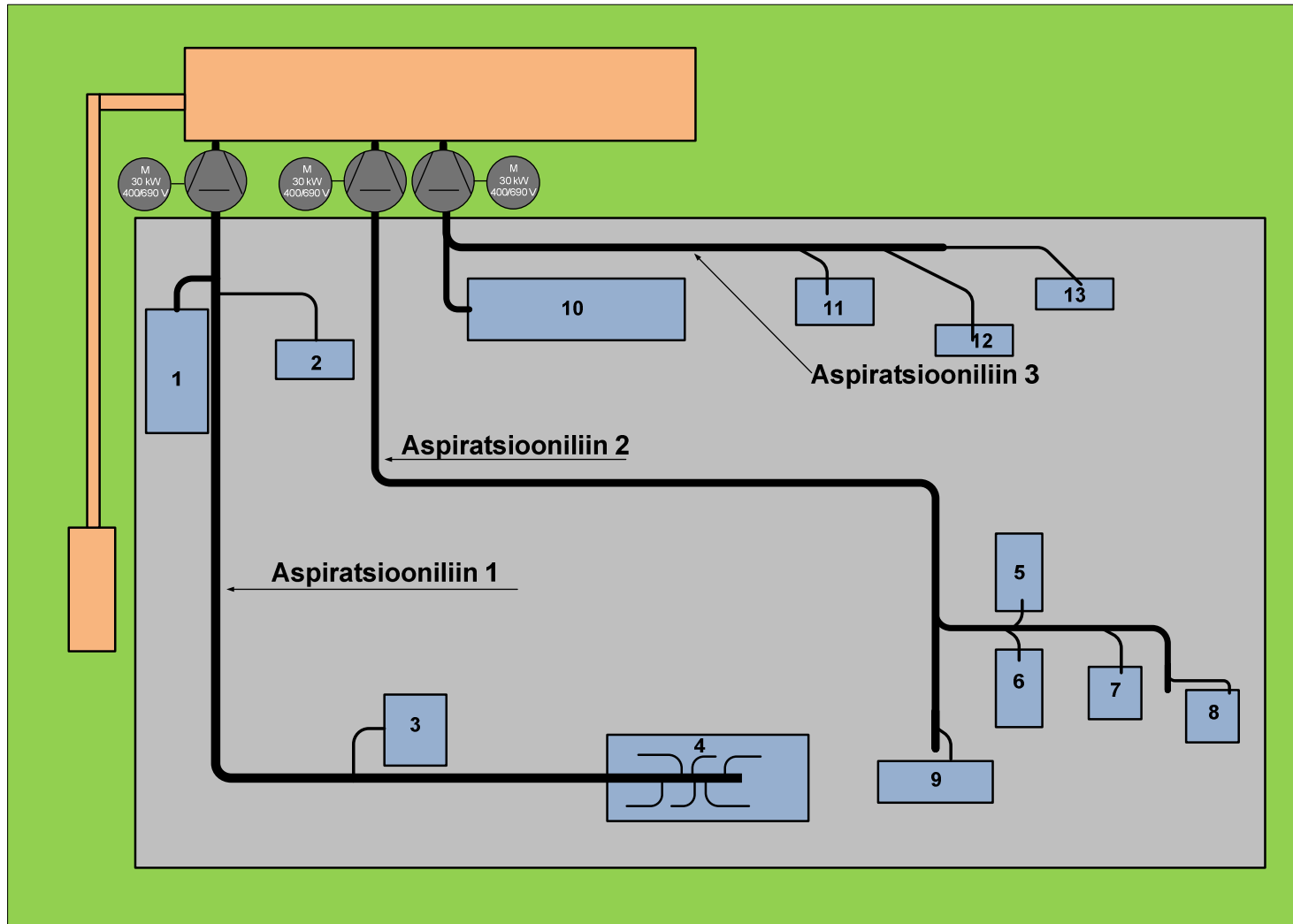
**Tabel 1.** Seadmete jagunemine ärastusliini järgi

Aspiratsiooniliin 1	Aspiratsiooniliin 2	Aspiratsiooniliin 3
Vana CNC	lintsaag	uus CNC
2-kettaline lõikussaag	paksusmasin	Felder ketassaag
Lipisaag	tapimasin	liht-ketassag
Nelikanthöövel	lihvpink	trummellihvpink
	Zuckermann lihvpink	

Tootmistehhis asuvad veel teisigi töomasinaid kuid nad pole saepuru ärastussüsteemiga seotud.

Saepuru ärastussüsteemiga seotud seadmete asendiplaan on toodud joonisel 1.

Eristatakse kahte tüüpi õhuvoolu: laminaarne ja turbulentne õhuvool. Õhuvoolu, mille puhul õhk liigub torus kindlalt paralleelselt, nim. laminaarseks. Laminaarset õhuvoolu iseloomustab suhteliselt aeglane õhuvoolu kiirus. Turbulentset õhuvoolu iseloomustab kiire ja korrapäratu õhu liikumine torustikus [1].



**Joonis. 1.** Tootmiseseadmete asendiplaan. 1- vana CNC; 2- 2-kettaline saag; 3- lipisaag; 4- nelikanthöövel; 5- lintsaag; 6- paksusmasin; 7- tapimasin; 8- lihvpink; 9- Zuckermann lihvpink; 10- uus CNC; 11- Felder ketassaag; 12-ketassaag; 13- trummelluhvpink.

## 1.2 Saepuru ärastussüsteemi iseloomustus

Kuna antud bakalaureusetöö käsitleb aspiratsioonisüsteemi kadude määramist, selle ventilatsiooniamite koormuste mõõtmisi, olemasolevate õhu vooluhulkade väärtuste mõõtmist, siis on vajalik tutvustada ka antud süsteemi koostet. Aspiratsioonisüsteem koosneb kolmest tsentrifugaalventilaatorist, mida käitavad 30 kW asünkroonmootorid (Lisa 1), mida käivitatakse tsehhis olevast jaotuskilbist.

Tsentrifugaalventilaator koosneb teokujulisest kerest, mille sees pöörleb tööratas ehk rootor [2]. Nimetatud mootorid on mähitud pingele 690/400 V, seega nende käivitus toimub täht-kolmnurk lülitusega. Täht-kolmnurkkäivituse meetodiga on võimalik vähendada käivitusvoolu (kuni 30 %) ja käivitusmomenti (kuni 25 %) [3].

Lisaks väljatõmbemootoritele on töös ka 5,5 kW ajamimootor, mis transpordib kogumipunkrisse kogunenud tootmisjäägid (saepuru) selleks kohandatud kogumiskonteinerisse, kust see siis kõval territooriumil asuvasse Fortumi kombijaama kütteks viiakse. Lisaks sellele on veel mõned väiksema võimsusega mootorid, mida kasutatakse saepuru käitlemisel.

Hoonesse suunatakse väljatõmmatud õhk läbi filtrite nelja toru kaudu tagasi, mis suunatakse mööda tsehhi laiali. Aspiratsioonisüsteem on toodud joonisel 1, kuhu on lisatud ka olemasolevad tootmisseedmed.

Saepuru ärastussüsteemi hulka kuuluvad ka seadmete ees olevad sulgesiibrid e. klapid. Neid klappe kasutatakse õhutrassi sulgemiseks ja avamiseks, sõltuvalt sellest kas konkreetsel seadmel tööd alustatakse või töö lõpetatakse. Sellega vähendatakse õhu- ja energiakadusid. Peab mainima, et osadel seadmetel antud klapid puudusid, või olemasolevad klapid olid kulunud ja ebatihedad. Samuti olid enamus klapid käsitisi operaatori poolt suletavad ja avatavad. See põhjustas aga selle, et enamus ajast olid siibrid ka seadmete mittetöötamise ajal avatud olekus. (Lisa 2, Lisa 3)



## 2. KADUDE MÄÄRAMINE

### 2.1. Kadude kaardistamine

Et saada täielikku ülevaadet aspiratsioonisüsteemi tööst ja tekkivatest kadudest, mis osaliselt olid tingitud saepuru ärastussüsteemi olukorrast ja seadmete kasutusviisist, tuli teostada kadude kaardistamine. Selleks teostati elektrivõrgu parameetrite ja õhuvoolu parameetrite mõõtmised. Lisaks vesteldi tootmisjuhtidega ja tehnoloogidega, kes andsid ülevaate olemasolevatest probleemidest ja kitsaskohtadest tootmises. Kuna tegemist oli ühes vahetuses töötava tootmisliiniga, siis teostati vaatlusi päevasel ajal, s.o. kella 08.00 ja 16.00 vahel. Täpsustuseks võib märkida, et tootmistsehhi tööpäev algas kell 07.00 ja lõppes tavaliselt kell 15.30. Mõnedel päevadel, olenevalt tootmisvajadustest, töötas pikemalt uuem CNC pink. Kadude kaardistamisel sai jälgitud tootmisseadmete kasutusperioodi, nendega seonduvalt ka aspiratsioonisüsteemi töösolekut.

Kaardistamisel võeti aluseks ja vaadeldi:

- 1) tootmisseadmete kasutustihedust;
- 2) seisvate seadmete osahulka;
- 3) hinnati ventilatsioonitorustiku olukorda;
- 4) sulgesiibrite olukorda;
- 5) töötajate harjumusi olemasolevate sulgesiibrite sulgemisel peale tööoperatsioonide lõpetamist antud seadmel;
- 6) aspiratsioonisüsteemi koormatavust vastavalt konkreetse süsteemi taga olevatele seadmetele;
- 7) aspiratsioonisüsteemi n.ö. tühikäigul töötamise aega, s.t. aega, mil mitte ükski tootmisseade ei töötanud kuid antud liini aspiratsioon siiski töötas.

Teostatud vaatlused kinnitasid, et tootmistehnoloogiliselt ja ka aspiratsioonisüsteemi enda parameetrid põhjustavad väga suurel hulgal kadusid.

### **3. TEOSTATUD MÕÕTMISED**

#### **3.1 Elektrivõrgu mõõtmised**

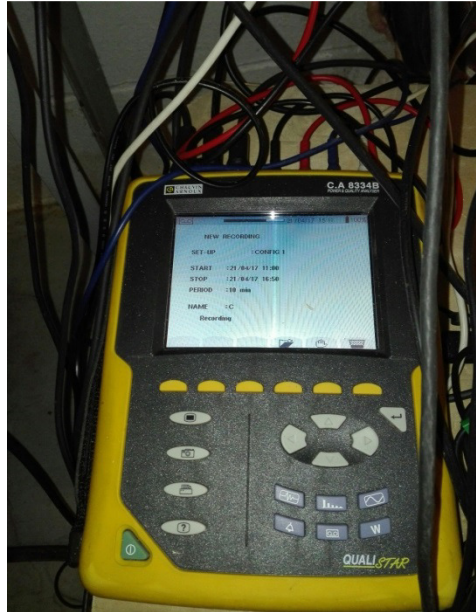
Selleks, et teada saada, millised on saepuru ärastussüsteemi elektrivõrgu ja õhuvoolu parameetrid, teostati elektrivõrgu parameetrite ja õhukanalite õhuvoolu parameetrite mõõtmised. Antud mõõtmised pidid andma täiendavat infot ja teavet nii elektrivõrgu parameetrite muutuste kohta terve töötsükli jooksul, kui ka õhuvoolu väärtuste teadasaamiseks ja nendest järelduste tegemiseks.

Teadmaks elektrivõrgu parameetrite muutusi aspiratsioonisüsteemi käitamisel, tuli teostada erinevaid mõõtmisi. Selleks kasutati Maaülikoolist saadud võrguanalüsaatorit CHAUVIN ARNOUX Qualistar, mudelit C.A 8334B. Antud analüsaatoriga mõõdeti iga aspiratsioonisüsteemi ahela väljatõmbemootori elektrilisi parameetreid. Iga päev teostati ühe ahela mõõtmisi. Järgmisel päeval teostati teise liini parameetrite mõõtmised. Lisaks eelpool mainitud mõõteriistale, kasutati ka teist võrguanalüsaatorit-firma CIRCUTOR mudel AR6- t. Antud seadmega mõõdeti peatoiteliini parameetreid, seda siis kogu mõõteperioodi jooksul.

Võrguanalüsaatoriga C.A 8334B mõõdeti erinevate fiidrite võrguparameetreid:

- 1) pingete hetkväärtusi;
- 2) voolude väärtuseid;
- 3) võimsuste väärtuseid,
- 4) võimsusteguri väärtuseid;

Eeskätt oli huvitav teada saada, millisel määral mõjutab siibrite asend (avatud või suletud olek) ventilatsiooni mootori koormatavust, pingete ja kasuteguri sõltuvust. Samuti oli uurimise all see, kui võrd on liini mootorid koormatud.



**Joonis. 2.** Võrguanalüsaator CHAUVIN ARNOUX Qualistar

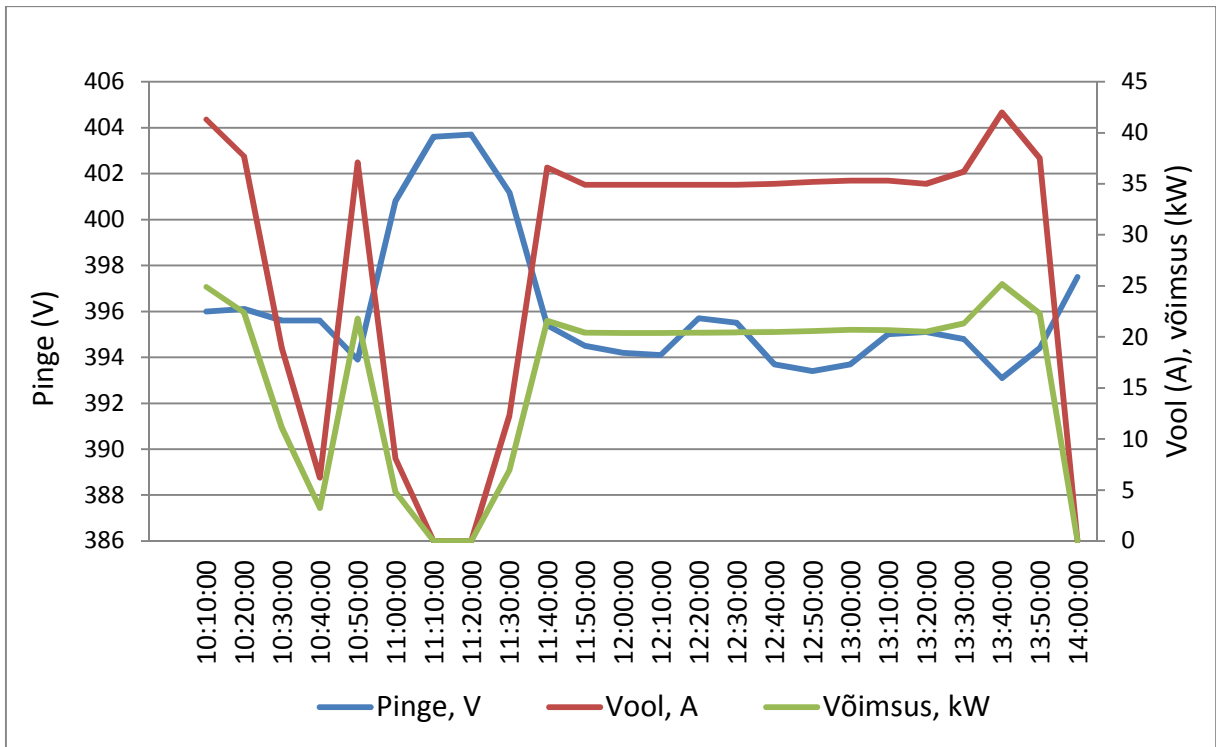
### **3.1.1.** 1. liini elektriliste parameetrite mõõtmine.

1.liini parameetreid mõõdeti 19.04.2017. ajavahemikus kell 10.10. kuni 14.00, mil liin välja lülitati. Antud perioodil mõõdeti:

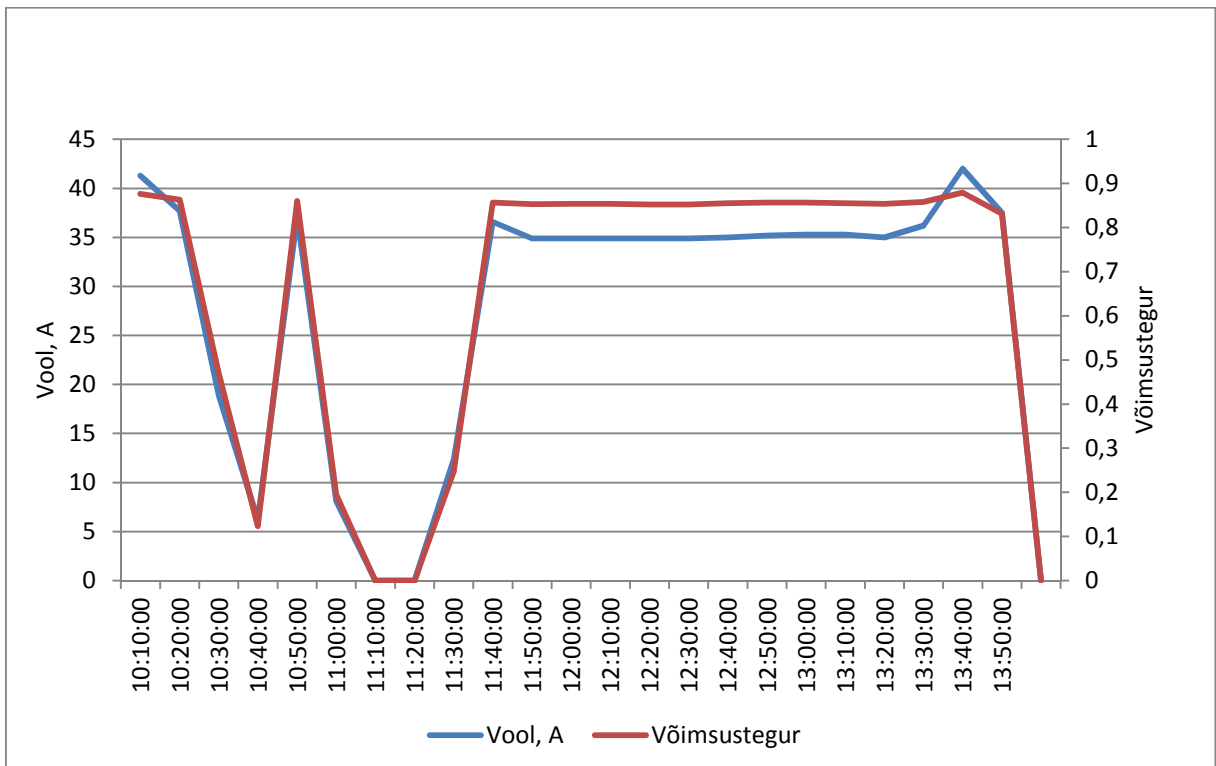
- 1) liinipingete väärtust;
- 2) voolude väärtusi;
- 3) võimsuse väärtusi;
- 4) võimsusteguri  $\cos \varphi$  väärtusi

Elektriliste parameetrite uurimisel mõõdeti kõigi kolme faasi väärtusi. Selleks kasutati voolutange ning mõõdeti pinget kõigil faasidel. Saadud tulemused salvestati analüsaatori mällu, kus need hiljem käideldavaks muudeti.

Saadud tulemused on toodud joonisel 3



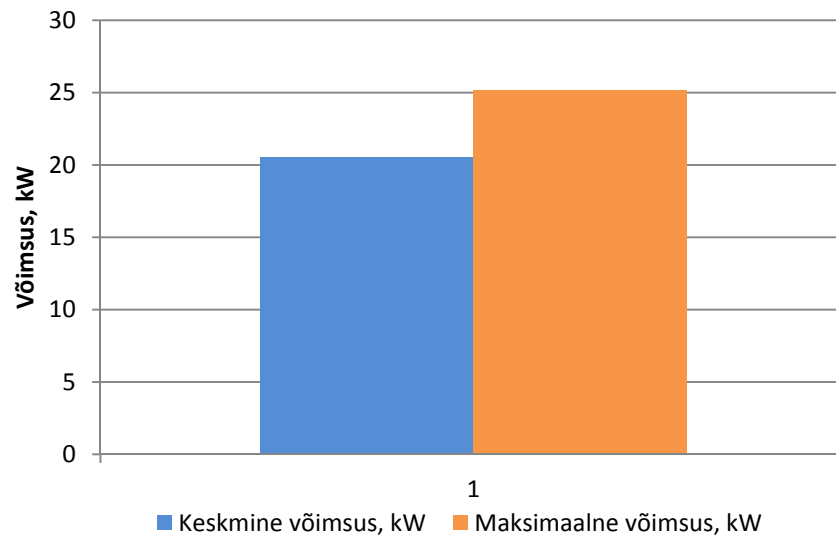
**Joonis 3.** 1. liini koormusgraafik



**Joonis 4.** 1. liini võimsusteguri sõltuvus koormusvoolust

Esitatud graafikutelt on näha, et üldjuhul ventilatsiooniseadme koormus tööpäeva jooksul ei muutu, kui mitte arvestada lõunapauside ajaks antud süsteemi väljalülitamised. Samuti

võib järeldada seda, et 1. liini järel olevate seadmete klappide asendeid kogu päeva jooksul ei muudetud. Kell 13.20 avati enamus seadmete klappid, mille tulemusena mootori koormusvool tõusis 35. amprilt 42. amprile, tõusis ka tarbitav võimsus (vt. joonis 5 ). Samuti tõusis võimsustegur. Seega töötas selle liini ventilaator alakoormusel ja madala kasuteguriga. Lisaks tuleb märkida, et paljud klapid olid ebatihedad, mis mõõtmistulemusi osaliselt moonutasid.



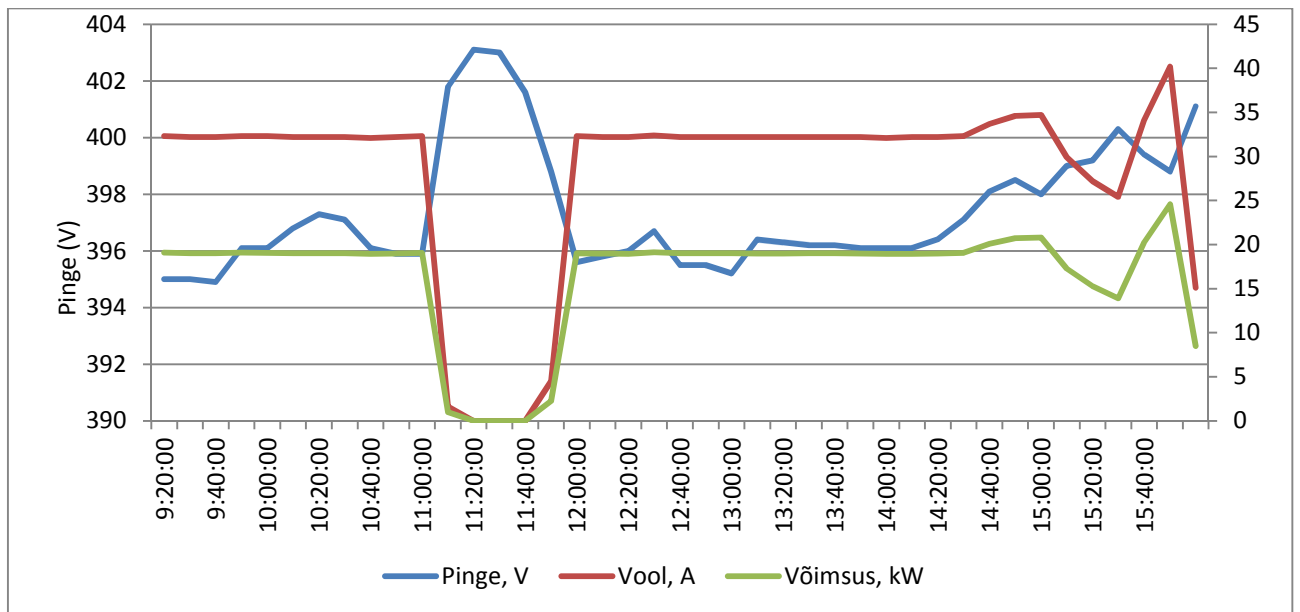
**Joonis 5.** Tarbitava võimsuse muutumine sõltuvalt siibrite asendist

Jooniselt 5 järeldub, et kui tavaolukorras oli tarbitav koormus 20 kW, siis sulgesiibrite avamisel suurenes koormus 25 kW-le. Seega tõusis koormus 25 % võrra. Peab tõdema, et osadel seadmetel puudusid sulgesiibrid, mistõttu see asjaolu võis mõjutada mõõtetulemusi.

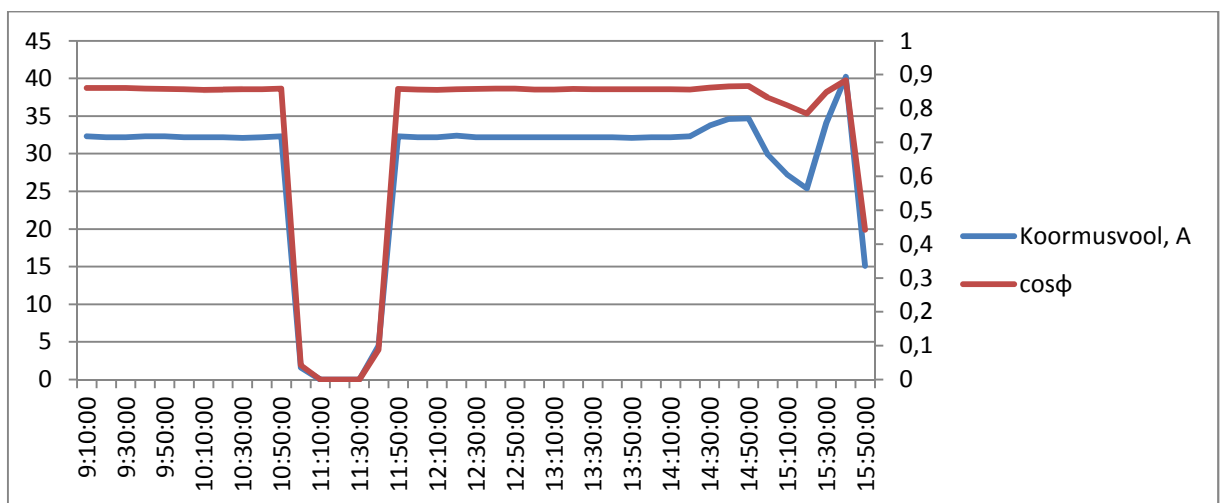
### 3.1.2. 2. liini parameetrite mõõtmine

2. liini parameetrite mõõtmised toimusid 20. aprillil kell 09.10 kuni 15.50. Antud perioodil mõõdeti:

- 1) keskmist liinipingete väärtust;
- 2) voolude väärtusi;
- 3) võimsuse väärtusi;
- 4) võimsusteguri  $\cos \varphi$  väärtusi

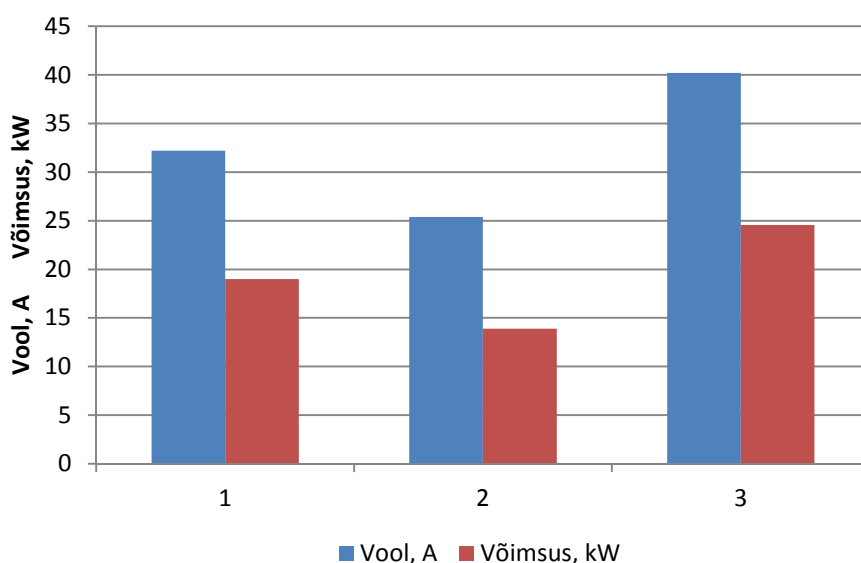


Joonis 6. 2. liini koormusgraafik



Joonis 7. 2. liini võimsusteguri sõltuvus koormusvoolust

Kell 15.00 suleti lintsa, topelt-lihvmasina, tapimasina ning Zuckermann lihvpingi kaks avatud olnud klappi. Selle tulemusena langes koormusvool 35-lt amprilt 25-le amprile. Kusjuures tuleb märkida, et osad töös olnud seadmete klappid jäid veel avatuks. Kell 15.30 seevastu avati enamike seadmete klappid. Selle tulemusena tõusis ventilaatori koormusvool 25-lt amprilt 45-le amprile. Samuti tõusis mootori võimsustegur, mis kinnitab oletust, et antud ventilatsioonisüsteemi mootorid töötavad alakoormatult.



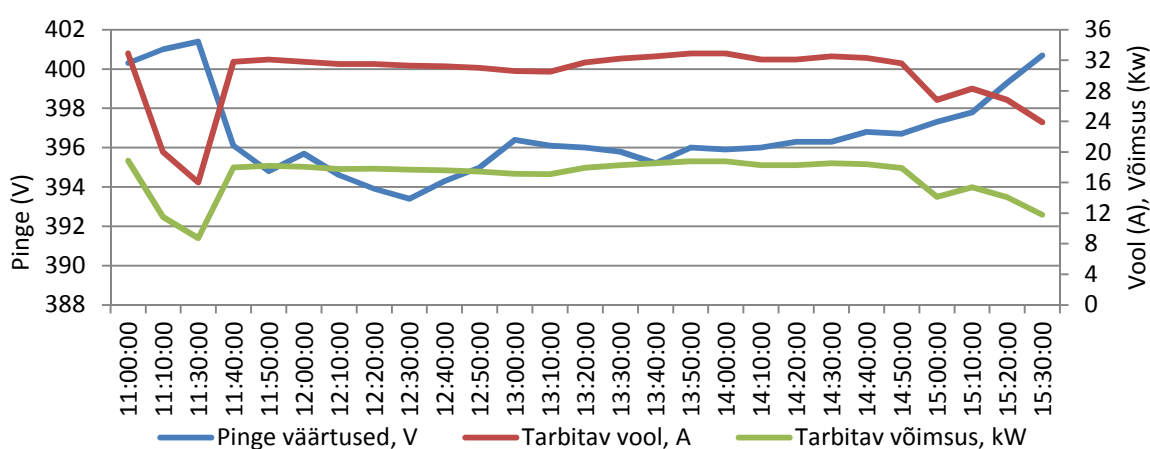
**Joonis 8.** Tarbitava võimsuse muutumine sõltuvalt siibrite asendist

Joonisel 8 on välja toodud voolude ja võimsuste muutused sõltuvalt sulgesiibrite asendist. Esimeses tulbas on toodud voolude ja koormuste keskmised väärtused tavaolukorras, s.t. sulgesiibrite asendeid ei muudetud. Teises tulbas on toodud voolude ja võimsuste väärtused ajal, kui suleti enamus seadmete sulgesiibreid. Selle eesmärk oli luua olukord, kui tööseadmed oleksid varustatud kaasaegsete sulgesiibritega. Kolmas tulp näitab olukorda, kui seadmete sulgesiibrid on avatud. Nagu antud uurimustöö alguses hüpoteetiliselt oletati, mõjutab sulgesiibrite asend suurelt väljatõmbeventilaatori koormusparameetreid. Mõõtmised lõpetati kell 15.50 tsehhi ventilatsioonisüsteemi väljalülitamise tõttu.

### 3.1.3 3. liini parameetrite mõõtmine.

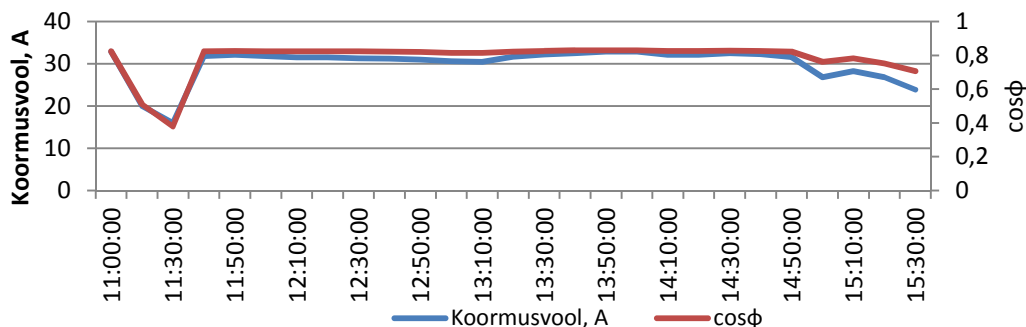
21. aprillil toimusid 3. liini parameetrite mõõtmised. Neid teostati kella 11.00-st kuni 15.30-ni. Antud perioodil mõõdeti:

1. liinipingete väärtusi;
2. voolude väärtusi;
3. võimsuse väärtusi;
4. võimsusteguri  $\cos \varphi$  väärtust



Joonis 9. 3. liini koormusgraafik

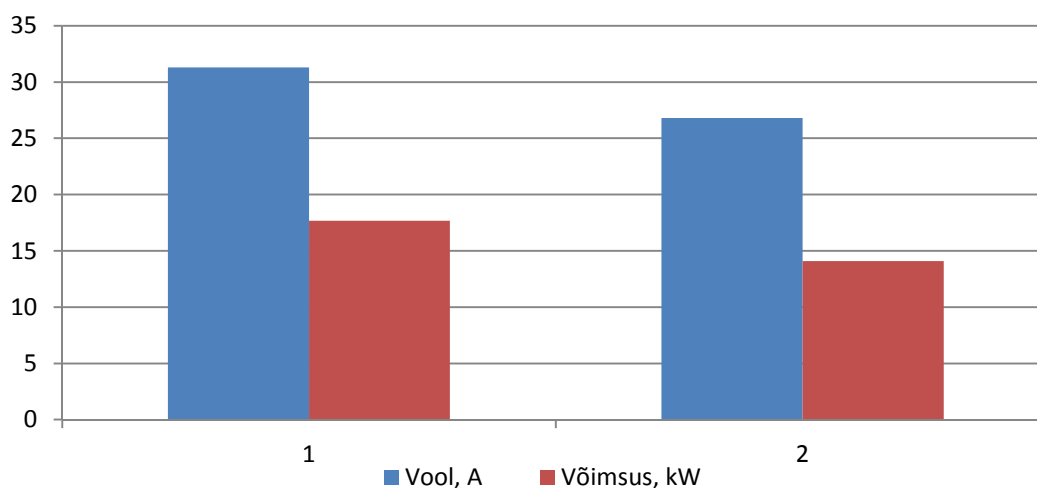
Joonisel 9 on toodud voolude ja võimsuste muutused sõltuvalt klappide asendist. Kui algul ei mõjutatud millegagi antud liinil olevate seadmete tööd ja seega ka klappide asendit, siis kell 14.45 suleti enamus klappe, mis ei olnud töös olevate seadmetega seotud. Selle tulemusena langes 32 amprilt 26 amprile ning keskmine koormusvõimsus 18 kilovatilt 14 kilovatile.



Joonis 10. 3. liini võimsusteguri sõltuvus koormusvoolust



Nagu joonisel 10 toodud graafikult näha, muutusid pinge ja võimsusteguri väärtused sõltuvalt koormusest. Samas langes võimsustegur väärtuselt 0,83 väärtuseni 0,76. Antud tulemused kinnitavad, et kasutusel olev mootor on küllalt alakoormatud ning seega on võimsustegur ka madal. Samas tõestab antud näide, et töökorras ja õigete klappide kasutamine annab tuntava elektrienergia kokkuhoiu.



**Joonis 11.** Tarbitava võimsuse muutumine sõltuvalt siibrite asendist

Esimeses tulbas on toodud voolude ja koormuste keskmised väärtused tavaolukorras, s.t. sulgesiibrite asendeid ei muudetud. Teises tulbas on toodud voolude ja võimsuste väärtused ajal, kui suleti enamus seadmete sulgesiibreid. Selle eesmärk oli luua olukord, kui tööseadmed oleksid varustatud kaasaegsete sulgesiibritega. Antud mõõtetulemusi mõjutas asjaolu, et lahtilõikussaagidel puudusid sulgesiibrid. Selle tõttu on mõnevõrra suuremad ka teise tulba väärtused. (Lisa 3)

### 3.2. Õhuhulkade mõõtmised

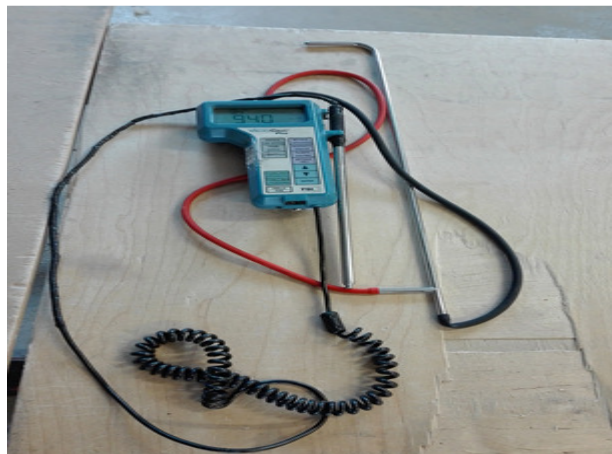
Torustikus kulgevate õhuvooluhulkade parameetrite määramiseks teostati vastavad mõõtmised. Selleks kasutati Pitot' toruga mõõteriista. Pitot' toru koosneb välisest ja sisemisest torust. Sisetoru ots avaneb Pitot'- toru otsas ja mõõdab õhuvoolu kogurõhku. Välise toru seinas on väike ava staatilise rõhu mõõtmiseks. Õhuvoolu kiirus saadakse, mõõtes kogu- ja staatilise rõhu vahe, ehk dünaamilise rõhu, millest avaldatakse õhu kiirus [4].

Õhuparameetreid mõõdeti enne tsüklonit asuval trassil, 500 mm torus. Saamaks tõeväärset mõõtetulemust, teostati igas torus 9 mõõtmisi. Antud tulemuste keskmised väärtused on toodud tabelis..

**Tabel 2.** Mõõdetud õhuhulkade koondtabel

	Seade 1	Seade 2	Seade 3
Õhuvoolu liikumise kiirus, m/s	11,9	11,1	14,9
Õhuvoolu maht, l/s	2330	2180	2930
Süsteemi rõhukadu, Pa	3575	3190	3135

Mõõtmisel võeti aluseks standardi EVS-EN 12599:2012 „Hoonete ventilatsioon. Katseprotseduurid ja mõõtmismeetodid paigaldatud ventilatsiooni- ja õhukonditsioneerimissüsteemide üleandmiseks“ [5] meetodid.



**Joonis 12.** Kasutatud anemomeeter.

Õhuparameetrite mõõtmisel mõõdeti:

1. õhuvoolu liikumise kiirust, m/s;
2. õhuvoolu mahtu, l/s;
3. torustikus olevat alarõhku, Pa

Arvestades standardis EVS 845-1:2004 lisa H [6] toodud nõudeid minimaalse õhu liikumise kiirustele sõltuvalt tolmu liigist, ei rahulda antud mõõtetulemused neid nõudeid.

EVS 845-1:2004

Lisa H (tähtselt)

Minimaalsed õhu kiirused tolmu transportil õhukanalis olenevalt tolmu liigist

Tolmu liik	Õhu kiirus, m/s
Kivisöetolm	20
Korgitolm	13
Kummitolm	13
- peen	20
- jäme	18...23
Kvarbitolm	18...23
Lihvimine ja poleerimine	15...18
- kuiv tolmu	18...23
- kleepuv tolmu	18
Lubjatolm	18
Nahatolm	18
Plastrassitolm	19
Pulverisaatoriga värvimine	10
Puidu töötlemine	18...20
- kerge saepuru, laastud, puidutolm	25...27
- rasked laastud, mürg saepuru	30
- puidujätmed	15
Puuviila- ja villatolm	18...20
Savitolm	18...20
Kivitolm	13...15
Viljatolm	

**Joonis 13.** Väljavõte standardist EVS 845-1:2004

Teostatud mõõtmised näitavad, et õhuvoolukiirus on liiga madal. Selle põhjus võib olla ebaõige läbimõõduga magistraalitoru, tsüklonis asuvate filtrite liigne mustus vm. põhjus. Samas, mida suurem on õhuvoo liikumiskiirus võrgus, seda suuremaks kujuneb rõhukadu [7].

Arvestades, et õhuvoolu kiirus kanalis peab olema kerge saepuru, laastude ja puidutolmu korral 20 m/s, arvutame sellise tingimuse jaoks 1. liini jaoks vajaliku toru läbimõõdu. Selleks võtame vajalikud andmed teostatud mõõtetulemuste tabelist.

Leiame liin 1 magistraalitoru läbimõõdu  $d$ , kasutades alljärgnevat valemit [8]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}, \quad (3.1)$$

kus  $Q$  on õhukulu  $\frac{m^3}{s}$ ;

$v$  - õhu kiirus  $m^2/s$

Seega,

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,33}{\pi \cdot 20}} = 0,385 \text{ m}$$

Sellest võib järeldada, et sobilik magistraaltoru läbimõõt võiks olla 400 mm.

## 4. UURIMISTÖÖ JÄRELDUSED

### 4.1. Leitud puudused

Kadude kaardistamisel leitud kadude põhjused on järgmised:

- 1) olemasolev aspiratsioonitorustik on üledimensioneeritud;
- 2) olemasolevad klapid ja ka torustik pole survetihe, esineb õhulekkeid;
- 3) mittetöötavatel masinatel on jäetud tööliste poolt klapid avatuna, õhukadu;
- 4) ventilaatorajami mootorid töötavad alakoormusel;
- 5) töötajate töö lõpetamisel jääb antud liini aspiratsioonisüsteem ikkagi tööle, otsene energiakadu;



**Joonis 14** Mittetöötav seade, mille osad sulgesiibrid on avatud

Suurimaks probleemiks võibki pidada asjaolu, et kuna kõiki tootmiseadmeid ei kasutata kogu aeg, siis olid väga tihti juhused, kui 1. või 2. liini aspiratsioonisüsteem töötasid ilma vajaduseta ehk töötaja oli tootmiseadme välja lülitanud kuid antud liini ärastussüsteemi väljatõmbeventilaator jäeti tööle. See aga tähendab seda, et ilma vajaduseta töötasid kaks 30 kW mootorit. Vaatluste hinnangul võib öelda, et 1. liini aspiratsioonisüsteem töötas ilma vajaduseta umbes 50...60 % tööajast. Sellel liinil töötas tööline põhiliselt ühel

masinal (seade 2) ning sellegi seadme kogukasutusaeg tööpäeva lõikes oli 3...4 tundi. Teised, selle ärastusliini taga olevad seadmed, praktiliselt seisid.

Sama võib öelda ka 2. liini kohta, kus põhilisteks töös olevateks seadmeteks olid lintsaag, lihvpink ja tapimasin. Sellel liinil oli ärastussüsteemi põhjusest tööaega ligikaudu 30...40%.

Teiseks suuremaks probleemiks on asjaolu, et hetkel kasutuses olevad sulgesiibrid on tugevasti amortiseerunud, nende käitlemine pole kerge ja mugav, mistõttu on sagedased juhtumid, mil need lihtsalt jäetakse avatud olekusse ka siis kui töö antud töömasinal lõpetatakse. See aga on jällegi tekkivate energiakadude allikas.



**Joonis 15** Suletud, kuid mittetihe sulgesiiber põhjustab õhuleket.

## 5. PUUDUSTE KÕRVALDAMINE

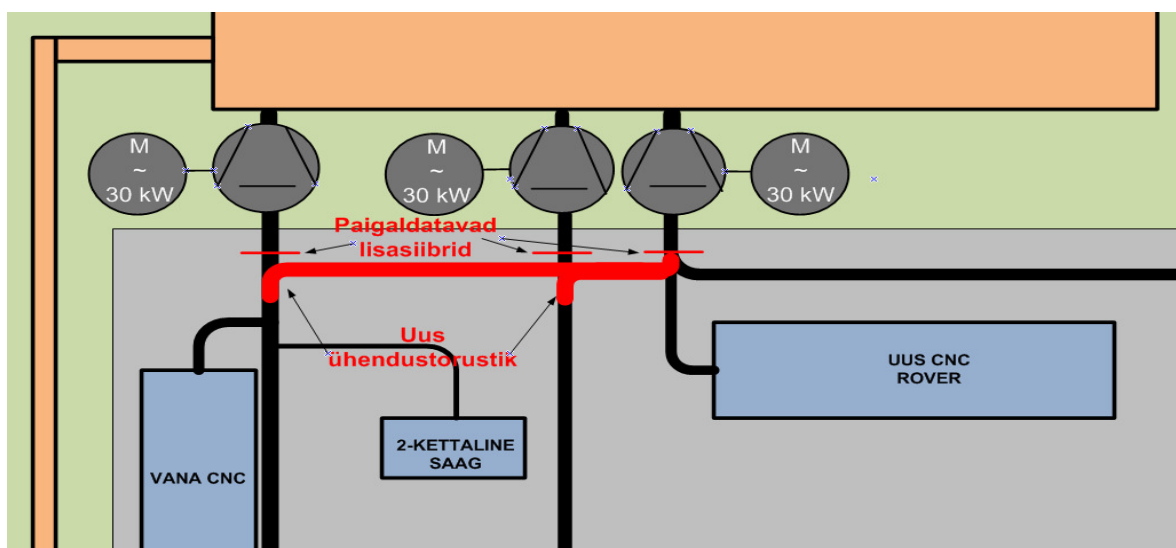
### 5.1. Tehnilised lahendused

Üldise energiakadude vähendamiseks võib kasutada järgmisi tehnilisi lahendusi:

- 1) olemasoleva 1. ja 2. liini süsteemid ühendada 3. liini süsteemiga;
- 2) olemasolevatele seadmete haruliinidele paigaldada kaasaegsed klapid;
- 3) igale töömasinale paigaldada juhtahel antud masina väljatõmbesüsteemi klapi avamiseks-sulgemiseks;
- 4) kui jäetakse siiski sõltumatult töösse 1. ja 2. saepuru ärastusliin, siis tuleks antud liinide tööseadmetele paigaldada juhtahel, mis katkestab antud aspiratsioonisüsteemi töö kui selle süsteemi viimane tööseade välja lülitatakse;
- 5) aspiratsioonisüsteemi mootorite juhtimine üle viia sagedusmuunduritele.

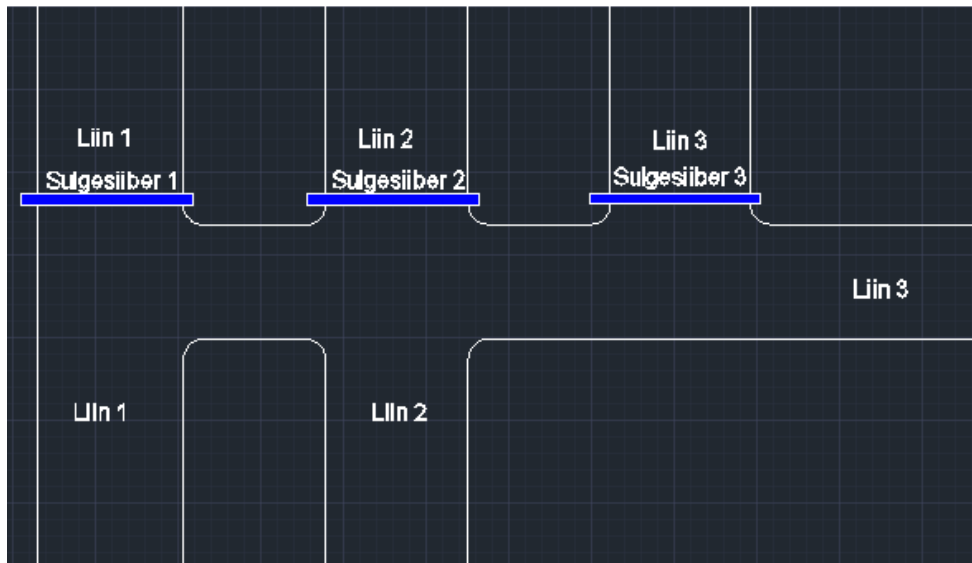
#### 5.1.1. Ärastussüsteemi ümberehitus.

Kuna 1. ja 2. ärastussüsteemi liinide tootmisseadmete kasutusaeg tööpäeva lõikes ei ole pidev, mistõttu nende seadmete saepuru väljatõmbesüsteemid töötavad suure alakoormusega, tihti isegi kasutult, siis võiks need kaks liini ühendada olemasoleva 3-nda liiniga. Vastav muudatus on toodud joonise 16.



Joonis 16. Lahendus energiakadude vähendamiseks

Lisaks uuele ühendustorustikule, tuleb paigaldada ka väljatõmbe magistraaltorustikele täiendavad pneumoajamiga juhitud klapid. See on vajalik selleks, et kui töötab ainult 3. liini väljatõmbeventilaator, siis ei tõmmata väljast lisaõhku 1. ja 2. liini kaudu sisse. Lisaks võimaldab sulgesiibrite kasutamine kogu saepuru ärastussüsteemi paindlikumat kasutamist. Näiteks võib osutada vajalikuks kolmanda väljatõmbeventilaatori remont või hooldus. Sellisel juhul suletakse 3. ja 1. liini sulgesiiber ja avatakse 2. liini sulgesiiber. Antud lahendus on toodud joonisel 17.



**Joonis 17.** Magistraaltorustikule paigaldatud sulgesiibrid

Sulgesiibrid tuleks paigaldada torustiku hargnemiskohtadele võimalikult lähedale, et vältida olukorda, kus saepuru koguneb suletud siibri ees olevasse „taskusse“.

### 5.1.2. Efektiivsete sulgesiibrite paigaldus

Saepuru ärastussüsteemi kadude analüüsist selgus, et olulise osa kadudest on põhjustatud avatud asendisse jäetud sulgesiibritest seadmetel. Joonisel 18 on toodud üks näide sellest. Lisaks sellele puudusid paljudel seadmetel üldse sulgesiibrid, mille tõttu tekitati väljatõmbeventilaatoritele lisakoormust ning energiakadu. Lisaks tuleb mainida, et trassi



rõhukadusid tekitas kasutusel olev n.ö. keeratud ventilatsioonitorustik. Selle asemel oleks soovitatav kasutada siledaseinalist ventilatsioonitoru.



**Joonis 18.** Avatud asendisse jäetud klapp

Paljudel seadmetel, peale uue Rover CNC tööpingi, olid klapid manuaalselt avatavad ja suletavad. Samuti asusid need tihti ergonomiliselt ebamugaval kõrgusel või asukohas, kuhu oli keeruline ligi pääseda.(Lisa 4.). Kuna klappe oli ebamugav avada ja sulgeda, siis nende asendeid ei muudetud. Lisaks sellele oli 1/4 seadmetest, nagu jooniselt 19 näha võib, ühendatud ärastussüsteemi torustikuga ilma sulgesiibriteta. See põhjustab täiendavat koormust ja energiakulu.



**Joonis 19.** Osadel seadmetel puuduvad sulgesiibrid.

Et vabaneda ebaefektiivsete sulgesiibrite kasutamisest tingitud kadudest, tuleb kasutusele võtta kaasaegsed, kiiretoimelised, pneumoajamiga töötavad klapid. Pneumoajamiga klappid on kasutusel enamustel kaasaegsetel seadmetel, kaasa arvatud ka uuel Roveri CNC-seadmel. Seda tüüpi ajam on toodud joonisel 20.



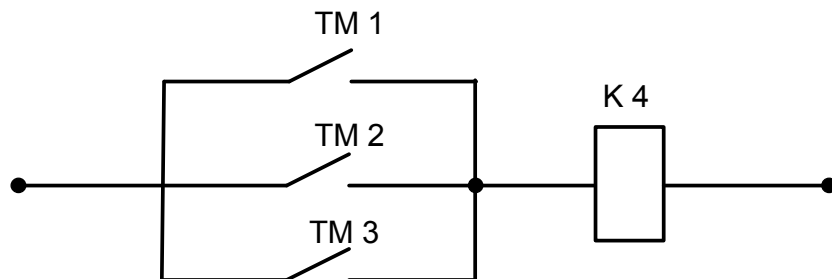
**Joonis 20.** Kaasaegne pneumoajamiga klapp [9]

Pneumoajamiga klappide eelisteks on kiiretoimelisus ja head sulgemisomadused. Ajamite juhitakse pingega 24V või 230V. Kuna antud tootmistehhis on olemas ka vajalik suruõhusüsteem, siis täiendavaid tehnilisi kulutusi, peale sulgesiibrite endi maksumuse ja paigaldustöö hinna, antud süsteemi paigaldamine ei nõua. On soovitatav paigaldada antud sulgesiibrid kõigi töömasinate väljatõmbesüsteemidele. Suuremate seadmete korral tuleks paigaldada üks ühine sulgesiiber väljatõmbetorustikule. Sulgesiibri juhtimine teostada selliselt, et pneumoklapp avaneb vaid siis kui tootmiseseade sisse lülitatakse.

Väljalülitamisel sulgub ka sulgesiibri klapp. Sellisel moel saavutatakse oluline energia kokkuhoid.

### 5.1.3. Väljatõmbeventilaatori töö automaatne seiskamine

Antud tehniline lahendus seisneb selles, et juhul kui kõik töomasinad peale ühe ei tööta, siis peale viimase töomasina väljalülitamist lülitub välja ka antud liini väljatõmbeventilaator. Hetkel on väga sagedased olukorrad, kus tööline töötab esimese väljatõmbeüsteemiga ühendatud seadmega ning alustades teist tööoperatsiooni teise seadmega, milline on ühendatud teise väljatõmbeliiniga, jääb esimene väljatõmbeventilaator ikkagi tööle. Antud uurimistööd läbi viies võis täheldada asjaolu, et väljatõmbeventilaatorid lülitati hommikul tööle ning lülitati välja alles siis kui mindi korralisele lõunale. Sealt tagasi tülles lülitati kõik kolm väljatõmbeventilaatorit uuesti sisse kuni tööpäeva lõpuni. Selline väljakujunenud käitumistava põhjustab olulist üldist energiakadu. Selliste olukordade vältimiseks tuleks iga ärastusliini tööseadmed omavahel sõltuvalt ühendada. Antud põhumõtteskeem on toodud joonisel 21.



**Joonis 21.** Väljatõmbeventilaatori juhtimine.

Selleks tuleb iga tööseadme sisselülitusseadmega ühendada üks lisakontakt. Näidatud lihtsustatud skeemi järgi lülitub väljatõmbeventilaatori kontaktor K4 sisse siis kui kasvõi üks töomasinast TM1, TM2 või TM3 sisse lülitatakse. Vastupidiselt toimub ventilaatori väljalülitumine- väljatõmbeventilaator töötab seni kuni on sisse lülitatud kasvõi üks töomasin.

Selline lahendus oleks kõige lihtsam, kiirem ja ka odavam, saavutamaks energia kokkuhoidu.

#### **5.1.4. Sagedusmuundurite kasutamine**

Bakalaureusetöö läbiviimise ajal oli väljatõmbeventilaatorite sisse-väljalülitus lahendatud täht-kolmnurklülitusega. See tähendab seda, et mootorid töötasid peale käivitust konstantsel kiirusel. Võttes kasutusele sagedusmuundureid, saab muuta ventilaatormootorite tunnusjooni sõltuvalt eelsätestatud seadetele. Nii saab muuta ajami tootlikkust, vastavalt andurite poolt mõõdetud õhuvoolu kiirusele. See tagab optimaalse seadme kasutuse ja energia kasutuse. Kuid kahjuks on süsteemi üleviimine sagedusmuunduriga juhtimisel seotud suurte rahaliste väljaminekutega.

Seadmete käitlemisel tuleb juhinduda kehtivates standardites, määrustes ja eeskirjadest. Olemasolevate seadmete hooldusel ja käidul tuleb juhinduda Seadme ohutuse seadusest (SoS), mis käsitleb seadmete kasutusele võtmist ja kasutamist. [10]. Vaadeldud ettevõttes on olemas vastava väljaõppega tehniline personal. Vastavalt tehnilistele nõuetele, on vastavalt standardile EVS-EN 50110-1:2013 [11] antud paigaldises määratud elektripaigaldise eest vastutav isik, kes vastutab selle paigaldise nõuetele vastavuse eest.

## 6. MAJANDUSLIK ANALÜÜS

### 6.1. Arvestatud energiakulu.

Iga äriühingu eesmärk on teenida kasumit selle omanikele. Kasumi teenimise eelduseks on hästi läbimõeldud ja toimiv äriplaan, mille peavad tagama kaasaegne tehnoloogia, koolitatud personal ning efektiivne tootmine. Tootmise efektiivsus sõltub paljudest komponentidest- kasutatavast tehnoloogiast, seadmepargist ja kulude optimeerimisest jne. Siin peitubki üks võimalustest teenida suuremat kasu, ehk vähendada kaudseid kulusid.

Kadude analüüs tõi välja mitmeid põhjuseid, mis energiakadusid tekitavad. Nende kadude kõrvaldamine annab tuntava energiasäästu ning kokkuvõttes suurema tulupotentsiaali ettevõttele endale. Kui analüüsida erinevaid meetmeid, mida oleks soovitav rakendada, siis suurima kokkuhoiu annaks ärastussüsteemide magistraalorustike kokku ühendamine ja tootmiseseadmete väljatõmbetorustikele uute sulgesiibrite paigaldamine. Tänu sellele jäävad tööst välja kaks 30 kW mootorit. Kuigi mõningal määral võib tõusta töötava ventilaatori koormus nimikoormuse lähedale, paraneb võimsustegur ning vähenevad reaktiivenergia kaod. Paigaldades uued sulgesiibrid ning vähendades õhukadusid torustikes, võib saavutada olukorra, kus koormusvoolud oluliselt ei tõusegi. Siiski jääb vajadusel võimalus sisse lülitada ka mõni teine väljatõmbeventilaator. Kui arvestada võrguanalüsaatorite poolt mõõdetud väärtusi, siis saame välja arvestada iga väljatõmbeventilaatori poolt kulutatud elektrienergia. Saadud tulemused on toodud tabelis 3. Päevase elektrienergia kulu arvestusel võeti ventilaatorite tööajaks seitse töötundi, sest töötajate lõunale minekul lülitati seadmed välja.

**Tabel 3.** Väljatõmbeventilaatorite energiakulu

Kulutatud energia, kWh	Väljatõmbeventilaator 1	Väljatõmbeventilaator 2	Väljatõmbeventilaator 3
Tunnis	20	19	18
Päevas	140	133	126
Kuus	2940	2793	2646
Aastas	32340	30723	29106

Seega oleks eelpool toodud renoveerimistöde läbiviimisel, ning üheainsa väljatõmbeventilaatori tööle jätmisel, saavutatav aastane kokkuhoid kuni 60.000 kWh.

Hinnanguliselt 1/3 kadude tekkepõhjusteks on lekkivad sulgesiibrid või hoopis nende puudumine ning töötajate poolt käima jäetud saepuru ärastussüsteemi mootorid. Sellest põhjustatud aastane energiakadu on umbes 30.000 kWh.

Läbiviidud uurimustöö tõi välja mitmeid kitsaskohti ühe tootmistsehhi seadmepargi kasutuses. Ennekõike võib selle põhjuseks pidada asjaolu, et vaadeldud saepuru ärastussüsteemi ehitusele pole tehtud tehnilist analüüsi ja arvutusi. Seetõttu töötab antud süsteem suurte energiakadudega.

# KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöös käsitletakse tehase saepuru ärastussüsteemi tehnilist olukorda. Töö eesmärgiks oli uurida, analüüsida ja leida lahendusi mööblitsehhi saepuru ärastussüsteemi võimalike energiakadude vähendamiseks. Tegemist on tootmistsehiga, milles on nii kaasaegseid kui ka vanemaid tootmiseadmeid. Kaasnevalt sellega on tekkinud olukord, kus osad seadmed ning nende tehnilised sõlmed ei vasta kaasaja tehnilistele nõuetele. Sellega kaasnevad erinevad nii otsesed kui kaudsed energiakaod, mis kokkuvõttes tõstavad toodete omahinda, tekitavad kaudset keskkonna saastet ning seadmete kasutegur on madal.

Energiakaod koosnevad nii elektrikadudest, väljatõmbesüsteemi torustike ja klappide leketest tingitud kadudest, seadmete tugevast alakoormusest, olemasoleva süsteemi vananemisest ja klappide ebatihedusest tingitud täiendavast õhukaost, vajadusele mittevastava aspiratsioonisüsteemi kasutamisest. Põhiliseks uurimisobjektiks oli saepuru ärastussüsteem ja selle süsteemiga ühendatud tootmiseadmed, nendevaheline torustik ning tekkivad kaod kogu selles süsteemis.

Et saada teada energiakadude põhjuseid, teostati kadude kaardistamine, kus hinnati tootmiseadmete kasutustihedust, mittetöötavate seadmete osahulka, hinnati ärastussüsteemi olukorda, sulgesiibrite olukorda, vaadeldi töötajate harjumusi olemasolevate klappide sulgemisel peale tööoperatsioonide lõpetamist antud seadmel. Täiendavate parameetrite ja andmete saamiseks teostati iga ärastusliini kohta eraldi pingete, voolude, aktiivvõimsuse ja võimsusteguri mõõtmised. Samuti mõõdeti iga liini õhuvoolu parameetreid, mille käigus mõõdeti õhuvoolu kiirust, läbi toru kulgeva õhu kogust ja rõhukadu peakanalis.

Antud uurimus- ja mõõtetulemustest selgus, et:

- 1) olemasolev ärastussüsteemi torustik on üledimensioneeritud,
- 2) olemasolevad sulgesiibrid ja ka torusik pole survetihe, esineb õhulekkeid;
- 3) mittetöötavatel masinatel on jäetud tööliste poolt sulgesiibrid avatuna, õhukadu;
- 4) mootorid on tugevalt alakoormatud;

- 5) töötajate töö lõpetamisel jääb antud liini ärastussüsteem ikkagi tööle, otsene energiakadu;
- 6) süsteemi õhuvoolukiirused ei vasta nõuetele;

Tuginedes saadud tulemustele, soovitatakse energiakadude vähendamiseks:

- 1) paigaldada seadmete haruliinidele kaasaegsed sulgesiibrid;
- 2) olemasoleva 1. ja 2. liini süsteemid ühendada 3. Liini süsteemiga;
- 3) dimensioneerida magistraalitorustik;
- 4) võimalusel paigaldada väljatõmbesüsteemi mootori käivitamiseks ja juhtimiseks sagedusmuundur;
- 5) paigaldada tööseadmetele juhtahela kontaktid, et välja lülitada ärastussüsteemi mootor kui viimane tööseade välja lülitatakse.

Töö lõpus esitati majanduslik analüüs, kus toodi välja elektrienergia kulu, mis on põhjustatud saepuru ärastussüsteemi tehnilistest puudustest. Koostatud töö analüüsist võib järeldada, et aastane elektrienergia kadu olemasoleva saepuru ärastussüsteemi puhul on 30.000 kWh. Kui rakendada eelpool toodud parendusettepanekuid, võib saavutada aastase energia kokkuhoiu 60.000 kWh.

Läbiviidud uurimustöö eesmärgiks oli saepuru ärastussüsteemi energiakadude määramine, nende kadude tekkimise põhjuste analüüs ning ettepanekud energiakadude vähendamiseks. Püstitatud eesmärk saavutati ning tehnilised lahendused antud probleemi lahendamiseks antud töös esitati.

Kuna selles töös ei käsitletud soojus- ja muid kadusid, ega tehnilisi lahendusi nende vähendamiseks, mida praegune tehniline olukord põhjustab, siis võib antud uurimistööd jätkata eelpoolmainitud teemade käsitlemisega.



## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **M.P.Вайсман, И.Я.Грубиян.** (1977) Вентиляционные и пневмотранспортны установки. Москва. 272 lk.
2. **V.Tenisberg.** (1979) Küte ja ventilatsioon. 360 lk
3. Mehhatroonikaseadmed.Täiturid. [online] [http://www.tthk.ee/MEH/Taiturid\\_5.html](http://www.tthk.ee/MEH/Taiturid_5.html) (15.05.2017)
4. **M. Arras.** Ventilatsioonitööd. (1998) „Ehitame“ kirjastus. 173 lk
5. Eesti Standardikeskus. Hoonete ventilatsioon. Katseprotseduurid ja mõõtmismeetodid paigaldatud ventilatsiooni- ja õhukonditsioneerimissüsteemide üleandmiseks <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-12599-2012>
6. **R.Teemets, J.Tomson.** (1995) Ventilaatorid. Tallinn. 112 lk.
7. Eesti Standardikeskus. Hoonete ventilatsiooni projekteerimine. Osa 1: Üldnõuded [online] <https://www.evs.ee/tooted/evs-845-1-2004> (14.05.2017)
8. **Ю. Н. Неверов.** (2012) ПНЕВМОТРАНСПОРТ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ 97 lk. [online] <http://62.182.30.44/ft/301-001070.pdf> (10.04.2017)
9. Tootekataloog.[online] <http://www.ducting-online.co.uk/Mobile/clip-duct-auto-pneumatic-damper-c2x14477678?PGFLngID=1> (12.05.2017)
10. Seadme ohutuse seadus. [online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/SeOS> (15.05.2017)
11. Elektripaigaldiste käit. Osa 1:Üldnõuded. [online] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-50110-1-2013>

## SUMMARY

The sawdust collection system in the woodworking shop at Tarmeko Pehmemööbel OÜ, in Lohkva, is the basis of the given work. The goal of this paper was to study, analyse and find solutions for reducing possible energy losses by the woodworking shop's saw dust removal system.

The production workshop contains state-of-the-art as well as older production equipment. As a result, a situation has developed in which some of the equipment and their technical assemblies fail to conform to modern technical requirements. This is accompanied by various direct and indirect energy losses, which as a whole, serve to raise the cost price of products and create indirect environmental pollution due to the low efficiency of equipment.

Energy losses consist of electricity losses, losses caused by the extracted airflow, the significant underloading of equipment, the aging of the existing system, additional air losses resulting from the shut-off dampers not being airtight, and the use of a non-conforming aspiration system.

The main research object was the saw dust removal system and the production equipment connected to the system, the piping between them and the losses arising throughout the system.

In order to determine the reasons for energy losses, a mapping of losses was performed in which the frequency of use of production equipment was assessed, along with the share of inoperative equipment, the state of the removal system, the state of shut-off dampers, and the habits of employees when it comes to closing existing valves after completing operations with the given equipment. In order to obtain additional parameters and data, the measurement of electrical parameters was performed separately for each removal line. The airflow parameters for each line were also measured, in the course of which airflow rate, volume of air flowing through the pipe and pressure drop in the main channel were measured.

The results of the given research and measurement revealed that:

- 7) piping for the existing removal system is over-dimensioned;
- 8) existing shut-off dampers and piping are not airtight, air leakage occurs;
- 9) shut-off dampers of inoperative equipment have been left open by employees, loss of air;
- 10) motors are severely underloaded;
- 11) when employees finish their work, the removal system is not shut off, direct energy loss;

the system's airflow rates do not conform to requirements.

Based on the obtained results, the following is recommended to reduce energy losses:

- 6) install modern shut-off dampers on branch lines of equipment;
- 7) connect existing 1 and 2 line systems with a 3 line system;
- 8) dimension the mains;
- 9) if possible, install a frequency converter for starting up and controlling the extraction system's motor;
- 10) install drive circuit contacts for working equipment, in order to switch off the removal system's motor when the last piece of equipment is shut off.

An analysis of the completed paper reveals that the annual electricity loss in the case of the existing sawdust removal system is 30,000 kWh. If the above-mentioned proposals for improvement were to be implemented, annual energy savings would be up to 60,000 kWh.

The purpose of the given work was to determine the energy losses of the sawdust removal system, perform an analysis of the reasons behind those losses, and submit proposals for reducing energy losses. The set goal was achieved and technical solutions for resolving the given problem were presented in this work.

## LIHTLITSENTS

### Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Urmas Raudsepp,

sünniaeg 16.12.1973,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

SAEPURU ÄRASTUSSÜSTEEMI ENERGIAKAO VÄHENDAMINE,

mille juhendajad on Andres Annuk, Vahur Pöder

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_

(allkiri)

Tartu, \_\_\_\_\_

(kuupäev)

---

### Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

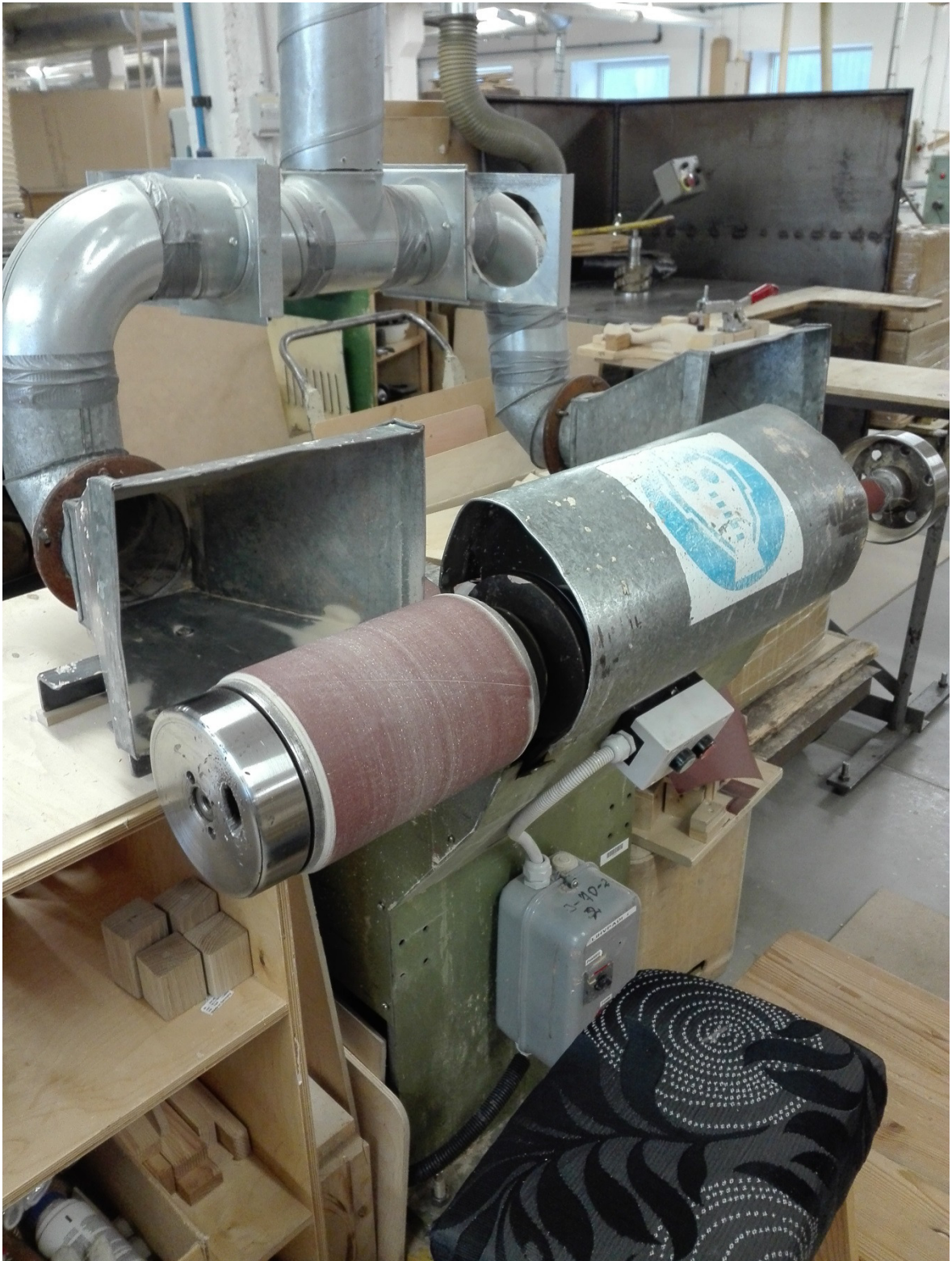
\_\_\_\_\_  
(kuupäev)

## **LISAD**

## Lisa 1. Väljatõmbeventilaatorid



**Lisa 2. Käsitsi suletavad siibrid on tihti avatud olekus.**



### Lisa 3. Paljudel seadmetel puudusid sulgesiibrid üldse





#### Lisa 4. Ebamugava paigutusega sulgesiiber.

