

Artjom Kutuzov

**TOOTMISJAOSKONNA
PROJEKTEERIMINE
ETRA BALTI AS BAASIL**

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond

Masinaehituse eriala

Tallinn 2015

Mina, Artjom Kutuzov, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Lõputöö autor

Artjom Kutuzov

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Üliõpilase kood 100820467

Õpperühm KMI81

Lõputöö vastab sellele püstitatud kehtivatele nõuetele ja tingimustele.

Juhendajad

Valdur Veski

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Andres Sukovitsõn.....

Konsultandid

J.-E. Särak

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Kaitsmisele lubatud „.....“20....a.

Mehaanikateaduskonna dekaan Vello Vainola

Teaduskonna nimetus

Nimi ja allkiri

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. TOOTMISE ANALÜÜS	6
1.1.SWOT analüüs	6
1.2.Olemasolevat pinkid.....	7
2. TÄIENDAVATE SEADMETE VAJADUS JA VALIK	8
2.1.Nõudmised seadmetele ettevõtte poolt.....	8
2.2.APJ Pinkide valik	10
2.3.Inseneri tarkvara.....	13
3. TOOTMISJAOSKONNA ÜMBERPROJEKTEERIMINE JA ORGANISATSIOON	14
3.1.Tootmisjaoskonna ümberprojekteerimine.....	14
3.2. Toorikute ja pooltoodete sissetransport.	14
3.3. Seadmete koormuse arvutus.....	15
3.4. Personali vajadus.....	15
3.5. Seadmete remondi organiseerimine... ..	16
3.6. Tooriku teiseldamise mehhanism.....	18
3.7. Raami koostamistehnoloogia... ..	24
4. NÄIDIS DETAILI TÖÖTLEMISE TEHNOLOOGIA.....	26
4.1. "Rullik" detaili töötlemise tehnoloogia	26
5. MAJANDUSLIK OSA.....	30
5.1.Palgafondi arvutus.....	30
5.2.Kulutuse arvutus.....	31
5.3.Teenuse omahinna kalkulatsioon.	35
5.4. Tootmise otsekulud.	36
5.5. Tootmisüksuse majanduslik efektiivsus ja tasuvusaeg..	37
5.6.Tootmisüksuse tehnilismajanduslikud näitajad.....	37
KOKKUVÕTE.....	38
SUMMARY	39
VIIDATUD ALLIKAD	40
Lisa 1. Olemasoleva jaoskonna plaan	38
Lisa 2. Jaoskonna plaan.....	39
Lisa 3. Teiseldamise mehhanism	40
Lisa 4. Raami keevituse rakis.....	41

Lisa 5. Raam.....	42
Lisa 6. Rullik.....	43

SISSEJUHATUS

Erta Balti AS on Soome Etola Kontserni kuuluv rahvusvaheline ettevõtte. Ettevõtte on tehniliste kummide ja plastmasside maaletooja ja hulgimüüja. Ettevõtte sortimendi moodustavad kummid, plastid, PVC uksekardinad, transportöörilindid, rattad, teibid, liimid, töökaitsevahendid, voolikud ja nende tarvikud, abrasiivid, vibropadjad, matid, hoiu- ja transpordiabinõud, tihendid, kinnitusvahendid. Lisaks pakub ettevõtte järgmised teenused: kummilõikus, vesilõikus, treimis- ja freesimistõid.

Lõputöö eesmärgiks on Etra Balti AS tootmisvõimsuse ja konkurentsivõime tõstmine. Lühiajal plaanitakse laiendada masinaparki. Soetatakse uued frees- ja treipingid. Lõputöös käsitletakse seadmete valikut, nende paigutust ja töökorraldust. Lisaks on lahendatud töödeldava lehtmaterjali teisaldamisoperatsioonide mehhaniseerimine. Töö on jagatud viide ossa.

Esimeses osas tehakse tootmise SWOT analüüs. Uuritakse tootmise nõrgad ja tugevad küljed, võimalused ja ohud.

Teises osas valitakse seadmed, mis vastavad ettevõtte nõudmistele, selgitatakse inseneritöö tarkvara valikut.

Kolmandas osas on välja toodud tootmisjaoskonna ümberprojekteerimine, tootmisprotsessi reorganiseerimine, personali valik ja lehtmaterjali teisaldamise mehhanismi projekteerimine.

Neljandas osas kirjeldatakse näidisdetaili töötlemise tehnoloogia.

Majanduslikus osas on välja toodud tootmise laiendamiskulud, palgafondi arvutus, kulude eelarve koostamine, toote omahinna kalkulatsioon, tootmisüksuse majanduslik efektiivsus.

1.TOOTMISE ANALÜÜS

1.1 SWOT analüüs

Tootmise analüüsiks kasutan SWOT analüüsi. SWOT analüüs on lihtne ja laialt levinud analüüsi mudel, mille kaudu kaardistatakse organisatsiooni tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud. SWOT analüüsi nimi tuleb inglisekeelsete sõnade esitähedest: S - strenghts (tugevused); W - weaknesses (nõrkused); O- opportunities (võimalused); T - threats (ohud).[6]

Tabel 1

SWOT analüüs.

Tugevused. Koolitatud ja motiveeritud töötajad. Hea meeskonnatöö. Püsiklientide olemasolu. Kaasaegsete tehnoloogia kasutamine. Operatiivne ja hea infosüsteem. Ettevõtte on plastmasside maaletooja	Nõrkused Tugev konkurents. Väike tootmisvõimsus. Tööjõu ebavõrdne koormatus. Suunitlus siseturule. Tootmise väikesed mahud.
Võimalused Tootmisvõimsuse ja tootmise mahtude suurendamine. Uute klientide leidmine. Tootmisprotsessi reorganiseerimine.	Ohud Uute konkurentide turule tulek. Klientide maksujõulisuse vähenemine.

SWOT analüüs näitab, et ettevõtte vajab laiendamist, tootmisprotsessi reorganiseerimist ja uute klientide leidmist.

1.1.Olemasolevad pingid

Tegemist on aktiivse tootmisega, ettevõttes on kasutusel järgmised seadmed:

- 1) Dyna DM2418L freesimiskeskus.



- 2) Viccam VW12A portaalfreespink.



- 3) CNC Takang TNC-530L Treipink.



2.TÄIENDAVATE SEADMETE VAJADUS JA VALIK.

2.1. Nõudmised seadmetele ettevõtte poolt

Firmas töödeldakse tehnilisi plaste: PA, POM, PET, PE, jne. Tootmine kuulub üksik- ja väike saritootmise valdkonda (kuni 1000 detaili). Nõudmised seadmetele on põhjendatud töökogemusest:

1) CNC Takang TNC-530L treipingi on miinused on hüdraulilise padruni puudus, väike tööriistade arv terahoidjas, piiratud pöörlemissagedus, ei ole võimalust ühendada tooriku etteandmismehhanismi.

Uue treipingi kohta on järgmised nõudmised:

- Hüdrauliline padrun.
- APJ pink peab olema koos tooriku etteandmismehhanismiga (tooriku diameeter kuni 80 mm ja pikkus kuni 1 meeter)
- Pingil peab olema revolver koos 12 tööriistapesaga
- Fanuc juhtsüsteem

2) Olemasolev Viccam VW12A Portaali freesping ei võimelda pingilauale asendada standardmõõtmega lehtmaterjal (2000 x 1000 mm). Kuna freespingil ei ole automaat tööriistavahetamisseadmet, töötaja peab käsitsi vahetama tööriista. Spindli võimsuse kohta on teostatud järgmised arvutused:

1) Lõikevõimsuse arvutus (1) [7]:

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times V_f \times K}{100\,000}, \quad (1)$$

kus: P_c – lõikevõimsus, kW

a_p – lõikesügavus, mm

a_c – lõikelaius, mm

V_f – ettenihkekiirus, mm/min

K-tegur $K=5,4$

$$P_c = \frac{4 \times 12 \times 2000 \times 5.4}{100\,000} = 5,8 \text{ kW}$$

2) Ajami võimsus (2) :

$$P_1 = \frac{P_c}{n} \quad (2)$$

Kus: P_c – lõikevõimsus, kW

n – lõikepingi efektiivvõimsus

P_1 – ajami võimsus, kW

$$P_1 = \frac{5,8}{0,8} = 7,25 \text{ kW}$$

Uuele freespingile on järgimised nõudmised:

- 1) töölaua mõõtmed 2000 x 1000 mm või suurem
- 2) Z telje kõrgus mitte vähem kui 150 mm
- 3) Spindelkõrge pöörlemissagedusega.
- 4) Spindli võimsus alates 7,25kW
- 5) Automaat tööriista vahetamiseade (ATC)

2.2 APJ Pinkide valik

Selleks, et valida APJ Pingi, esialgselt on vaja teha turu uuringut, võrrelda erinevate firmade toodetud pinkide tehnilisi näitajaid. Portaalfreespingi jaoks on valitud kolm ettevõtet, mis toodavad sellist tüüpi APJ pinke: Knuth Machine tools, ViccamTechnology company ja MultiCam Incorporation. Pinkide tehnilised näitajad on tabelis 1.

Tabel 1

Pinkide tehnilised näitajad.

	MultiCam 3000, mudel 3-204R	Knuth TFGM 2516 Pro AT	ViccamVS1326A ATC
Töölaua mõõtmed	1524mm x 3099mm	1550 mm x 2550 mm	1300mm x 2600 mm
Z telgi kõrgus	254 mm	150mm	220mm
Spindli pöörlemissagedus (max)	24 000 P/min	25 000P/min	24 000 P/min
Lõikekiirus (max)	592 mm/s	150mm/s	500 mm/s
Spindlimootorivõimsus	7,5 kW	1,05 kW	5,5 kW
Vaakum pump	6 kW	7kW	6kW
Juhtsüsteem	MultiCam EZ	CAM- System opticut CNC 5.0	Type3
Automaat tööriista vahetamiseade	Ja, 6 tööriistapesa	Ei	Ja, 8 tööriistapesa

Vastavalt ettevõtte nõudmistele on valitud MultiCam 3000 mudel 3-204R(Sele 1)



Sele 1. MultiCam 3000 mudel 3-204R

Laastu eemaldamiseks kasutakse laastuimejat.

Analoogselt, on valitud kolm treipinki koos tooriku teiseldamismehhanismiga. Nende tehnilised näitajad on välja toodud tabelis 2.

Tabel 2

Treipinkide tehnilised näitajad

	Takisawa Ex-110 CNC +Samsysmultisa m 2000	Haas SL-10THE + Baar 300	Knuth 350BW + heavybar
Max toorikudiameter	400 mm	279 mm	400 mm
Max toorikupikkus	710 mm	356 mm	550 mm
Spindli pöörlemissagedus (max)	3500 P/min	6000 P/min	3500 P/mm
Spindliava	90mm	59mm	92 mm
Padrun	254mm kitagawa B-210 3 pakkidega Hüdrauliline padrun	165 mm 3 pakkidega Hüdrauliline padrun	254 mm 3 pakkidega Hüdrauliline padrun
Z-telgipikkus	710 mm	356 mm	550mm

	Takisawa Ex-110 CNC +Samsysmultisa m 2000	Haas SL-10THE + Baar 300	Knuth 350BW + heavybar
Max toorikudiameeter	400 mm	279 mm	400 mm
Max toorikupikkus	710 mm	356 mm	550 mm
Spindli pöörlemissagedus (max)	3500 P/min	6000 P/min	3500 P/mm
Spindliava	90mm	59mm	92 mm
Padrun	254mm kitagawa B-210 3 pakkidega Hüdrauliline padrun	165 mm 3 pakkidega Hüdrauliline padrun	254 mm 3 pakkidega Hüdrauliline padrun
Z-telgipikkus	710 mm	356 mm	550mm
X-telgipikkus	220 mm	159 mm	230 mm
Tööriistade arv	12tk	12 tk	12 tk
Juhtsüsteem	Fanuc 21iTB	Haas-Fanuc	Fanuc 0i-TD
Tooriku etteandmismehhanism			
Tooriku Diameeter	5-80 mm	6,35-51mm	12-60 mm
Tooriku pikkus	155-1525 mm	Kuni 1219 mm	4000 mm
Laadimismaht	5 tk (Ø 80 mm)	14 tk(Ø 51 mm)	1 tk (Ø 60 mm)

Vastavalt ettevõtte nõudmisele on valitudjärgmised seadmed:

Takisawa Ex-110 CNC treipink (Sele 2) + Samsysmultisam 2000tooriku
etteandmismehhanism (Sele 3).



Sele 2 Takisawa Ex-110 CNC treipink



Sele 3 Samsys multisam 2000 tooriku etteandmismehhanism

Erinevalt Takang TNC- 539L, Takisawa Ex-110 CNC treipingil on olemas laastu eemaldamiskonveier, millega transporditakse tekkinud tööajal laastudja valmisdetailid mahutisse. Toorikule lastu kerimise vältimiseks, kasutakse suruõhku.

2.3 Inseneri tarkvara

MultiCam 3000 Portaalfreespingi juhtimiseks kasutatakse MultiCam EZ Suit tarkvara. MultiCam EZ Suit tarkvaraga saab teostada freesimine, puurimine, graveerimine, 2D kontakt skaneerimine, graafilise kujutise joonestamine ja konverteerimine arvkoodisse. Programmis saab avada järgmised failid: HPGL, CNC, DXF, Adobe PDF, Adobe Illustrator.

Takisawa Ex-110 CNC treipink

Treipink ühendatakse arvutiga internetvõrgu kaudu. Juhtprogrammi koostamiseks kasutatakse MasterCam tarkvara.

3.TOOTMISJAOSKONNA ÜMBERPROJEKTEERIMINE JA ORGANISATSIOON

3.1 Tootmisjaoskonna ümberprojekteerimine

Kuna ettevõttes paigaldatakse uued trei- ja freespingid, tootmisjaoskonna on vaja ümber projekteerida. Pinkidele on vaja määrata uued paigaldus kohad. Seadmed paigatakse nii, et pooltoodete liikumistee oleks lühem nii distantstilt kui ka ajaliselt. Tootmispindadele arvestatakse keskmiselt pingile 10..16 m², siis pinda on vaja $5 \times 16 = 80 \text{ m}^2$. Lisaks tootmisjaoskonnas on paigaldatud lintsaag ja puurping, nende jaoks on vaja 15m². Tootmisjaoskonna pindala on 192 m², vabaks jääb 97 m². See pind saab kasutada instrumentide ja rakiste jaotuslaoks, pinkide remondi- ja teenindusruumiks, instrumentide teritusruumiks, magistraalteeks.

1) Instrumentide teritusruumi pindala:

Ühele terituspingile on vaja keskmiselt 6...10 m². Terituspinkite arv sõltub pinkide üldarvust 3...6%, võtan 3%, mis tähendab, et vaja on ühte terituspinki, mis võtab enda alla 6 m²

2) Instrumentide ja rakiste jaotusala pindala:

Ühe löikepingi kohta kasutatakse 0,65...0,8 m². Kokku $5 \times 0,65 = 3,25 \text{ m}^2$. Valitakse 4 m²

3) Pinkide remondi ja teenindusruumi pindala:

Pindala määramisel arvestan, et ühe pingi kohta on vaja 1,5...3,5 m². Valitakse 1,5 m²

$1,5 \times 5 = 7,5 \text{ m}^2$

Kuna tegevus on tegevtootmisega, teenindusruumide, tooriku lao pindala on juba olemas.

Kokku arvestan tootmisjaoskonna ruumidele pindalaks: $95+6+4+7,5= 112,5 \text{ m}^2$ vabaks jääb 79,5 m².

Täpsed pinkide ja ruumide paigaldus kohad on nähtavad tootmisjaoskonna plaanil (Lisa 2).

3.2. Toorikute ja pooltoodete sisetransport

Materjali liikumine algab laost. Materjali teisaldatakse laost laotõstuki abil. Sõltuvalt vajalik toorikute massist, transporterimine laost toimub kahvelkääruga või laotõstukiga. Toorikute teisaldamiseks pinkidesse kasutakse konsoolkraana. Toorikute ja pooltoodete transportimiseks kasutatakse euroaluseid ja plastmassmahutit.

3.3. Seadmete koormuse arvutus

Seadmete efektiivne tööajafond F_{ef} leitakse valemi abil (3):

$$F_{ef} = (K - P_u - P_{\ddot{u}}) \times V_a \times V_k \times k(h), \quad (3)$$

kus: K – kalendri päevade arv aastas, 365 päeva;
 P_u – puhkepäevade arv aastas, 104 päeva;
 $P_{\ddot{u}}$ – pühade arv aastas, 9 päeva;
 V_a – vahetuste arv, 1 vahetus;
 V_k – vahetuse kestus, 8 tundi;
 k – seadme kasuliku kasutamise tegur; $k = 0,92 \dots 0,98$; valin $k = 0,95$.

$$F_{ef} = (365 - 104 - 9) \times 1 \times 8 \times 0,95 \approx 1975 \text{ (h)}$$

3.4. Personali vajadus ja arvutus

Jaoskonna töötajate vajaduse arvutamisel tuleb määrata järgmiste töötajate arv:

1. Juhtiv personal – jaoskonna juhataja;
2. Inseneri ja tehniline personal – insener, tehnoloog, tehnik;
3. Majandus- ja rahandusteenistuse töötajad – raamatupidaja, eelarvestaja, ökonomist;
4. Põhitöölised – pingitöölised;
5. Abitöölised – laotöötajad, lukksepä, transporttöölised;
6. Noorem teenindav personal – koristajad, laastukogujad.

Kuna ettevõttes soetakse ainult kaks lisa pingi, siis on vaja 2 lisa pingitöölist, kokku on 4 põhitöölist.

Abitööliste arv moodustab põhitööliste arvust 25...50 % selles ettevõttes 25%

$$0,25 \times 4 = 1 \text{ abitööline}$$

Juhtiv personal moodustab põhi- ja abitööliste arvust 8...12% Valitakse 8%

$$0,08 \times 5 = 0,4 = 1 \text{ tööline}$$

Tehniline personal moodustab põhi- ja abitööliste arvust 8...12% Valitakse 8%

$$0,08 \times 5 = 0,4 = 1 \text{ tööline}$$

Majandus- ja rahandusteenistuse töötajad moodustavad põhi- ja abitööliste arvust 2...6%

Valitakse 6%

$$0,06 \times 5 = 0,3 = 1 \text{ tööline}$$

Noorem teenindav personal moodustab põhi- ja abitööliste arvust 1...2%. Valitakse 1%

$$0,02 \times 5 = 0,1. \text{ Võtan tööle 1 koristaja poole kohaga.}$$

Kokku on töötajate arv jaoskonnas 9, kellest koristaja on tööle poolekohaga.

Jaoskonnatöötajate hulk on esitatud tabelis 3

Tabel 3

Jaoskonna töötajate koondtabel:

Nr.	Töötajate grupp	Kokku	% Töötajate üldarvutus
1.	Põhitöölised	4	45 %
2.	- CNC treipingi operaator / seadistaja	2	22%
3.	- CNC freespingi operaator / seadistaja	2	22%
4.	Abitöölised	1	11%
5.	Juhtiv personal	1	11%
6.	Insener-tehniline personal	1	11%
10	Majandus- ja rahandusteenistuse töötaja	1	11%
11.	Noorem teenindav personal	1	11%
	Kokku	9	100%

3.5. Seadmete remondi organiseerimine

Seadmete remondiplaani koostamiseks arvestatakse remonditsükkel ümber kalendri kuudeks (4):

$$T_k = \frac{12 \times T}{F_{ef}} \quad (4)$$

kus: T – remonditsükkel, h; (5)

F_{ef} – pingi efektiivne ajafond, h; $F_{ef} = 1975$ h.

$$T = \beta_t \times \beta_m \times \beta_s \times \beta_k \times A \quad (5)$$

kus: β_t – tootmistüüpi arvestav tegur. Saritootmise puhul $\beta_t = 1,3$;
 β_m – töödeldavat materjali arvestav tegur, $\beta_m = 1$
 β_s – seadmete suurust arvestav tegur. Keskmiste seadmete korral $\beta_s = 1$;
 β_k – töötingimusi arvestav tegur. Keskmiste koormuste korral $\beta_k = 1$;
 A – nominaalne pinkide arvestatav töö tsükkel, $A = 10$ aastat = 24000 h.

$$T = 1,3 \times 1 \times 1 \times 1 \times 24000 = 31200 \text{ h}$$

$$T_k = \frac{12 \times 31200}{1975} = 190 \text{ kuud}$$

Remondivaheline periood t_r (kuudes) on arvestav valemiga (6):

$$t_r = \frac{T_k}{n_k + n_j + 1}, \quad (6)$$

kus: T_k – remonditsükkel kuudes;
 n_k – keskmiste remontide arv, $n_k = 2$;
 n_j – jooksvate remontide arv, $n_j = 6$;

$$t_r = \frac{190}{2 + 6 + 1} = 21 \text{ kuud}$$

Ülevaatuste vaheline periood $t_{\ddot{u}}$ (kuudes) on arvestav valemiga (6):

$$t_{\ddot{u}} = \frac{T_k}{n_k + n_j + n_{\ddot{u}} + 1}, \quad (6)$$

kus: $n_{\ddot{u}}$ – ülevaatuste arv, $n_{\ddot{u}} = 9$.

$$t_{\ddot{u}} = \frac{190}{2 + 6 + 9 + 1} \approx 11 \text{ kuud}$$

Remonditööde organiseerimise põhinõudeks on seadmete hooldus ja remont võimalikult lühikese aja jooksul, et vältida häireid jaoskonna töös. Kuna suuremahulised hoolde- ja remonditööd ostetakse sisse teenusena vastava pingitootja esindajatelt, saab neid tegevusi tõenäoliselt ajastada tootmisvälisesse aega – näiteks õhtuti ja nädalavahetusteks.

3.6. Tooriku teisaldamise mehhanism

Uus portaalfreespink võimaldab töödelda lehtmaterjali mõõtmega 2000x1000x100. Lehtmaterjali teisaldamiseks on vaja tõstemehhanismi. Selleks tuleb kasutada iminappidega varustatud raam. Tõsteseade on varustatud vaakumpumbaga.

Selleks on vaja välja arvutada tooriku mass. Materjalide tihendus on välja toodud tabelis 4.

Tabel 4 Materjalide tihendus.

Materjal	Tihendus (g×cm ³)
Pa6G	1.15
PPS	1.34
PTFE	2.18
PE	0.95
PEEK	1.32
PC	1.2
POM	1.41

Tabelis on nähtav, et kõige suurem tihendus on 2.18 (g×cm³).

Arvutakse välja tooriku mass (7) [3] :

$$M=P \times V \quad (7)$$

kus: M –tooriku mass (kg)

P – tihendus (kg/m³)

V – tooriku maht (0,2 m³)

$$M= 2180 \times 0,2 = 436 \text{ kg}$$

Arvutatakse välja imenapasummaarse kinnitusjõu (8) [2]

:

$$F = m \times \left(g + \frac{a}{\mu} \right) \times S \quad (8)$$

kus: m – tooriku mass

g – vaba langemise kiirendus ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

a – max. horisontaal kiirendus

μ – hõõrdetegur ($\mu = 0,5$ plastmassi jaoks)

S – Varu tegur ($S = 1.5$)

$$F = 436 \times \left(9.81 + \frac{5}{0,5} \right) \times 1.5 = 12956 \text{ N}$$

Kuna kasutatakse 4 iminappa, siis:

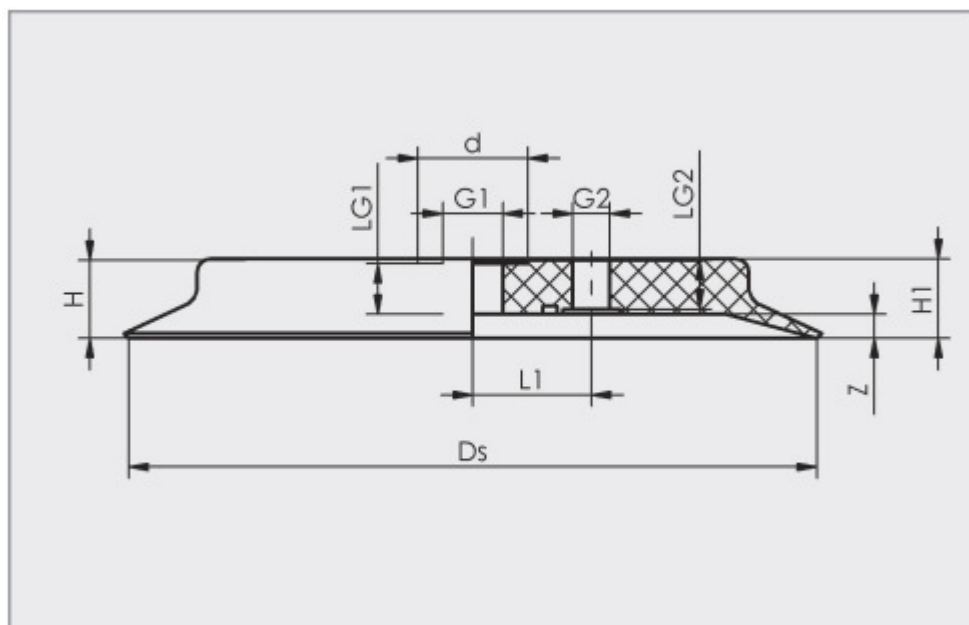
$$F_i = 12956 / 4 = 3239 \text{ N}$$

Kataloogist valisin SPU300 G1/2- IG iminappa.[1]

Tabel 5

SPU300 G1/2- IG iminappa põhiparameetrit:

Tõstejõud F (N)	Maht V(sm ³)	Vooliku läbimõõt (mm)
3690	492	12



Sele 4 SPU300 G1/2- IG iminapp.

Tabel 6

SPU300G1/2-IGiminappa mõõtmed

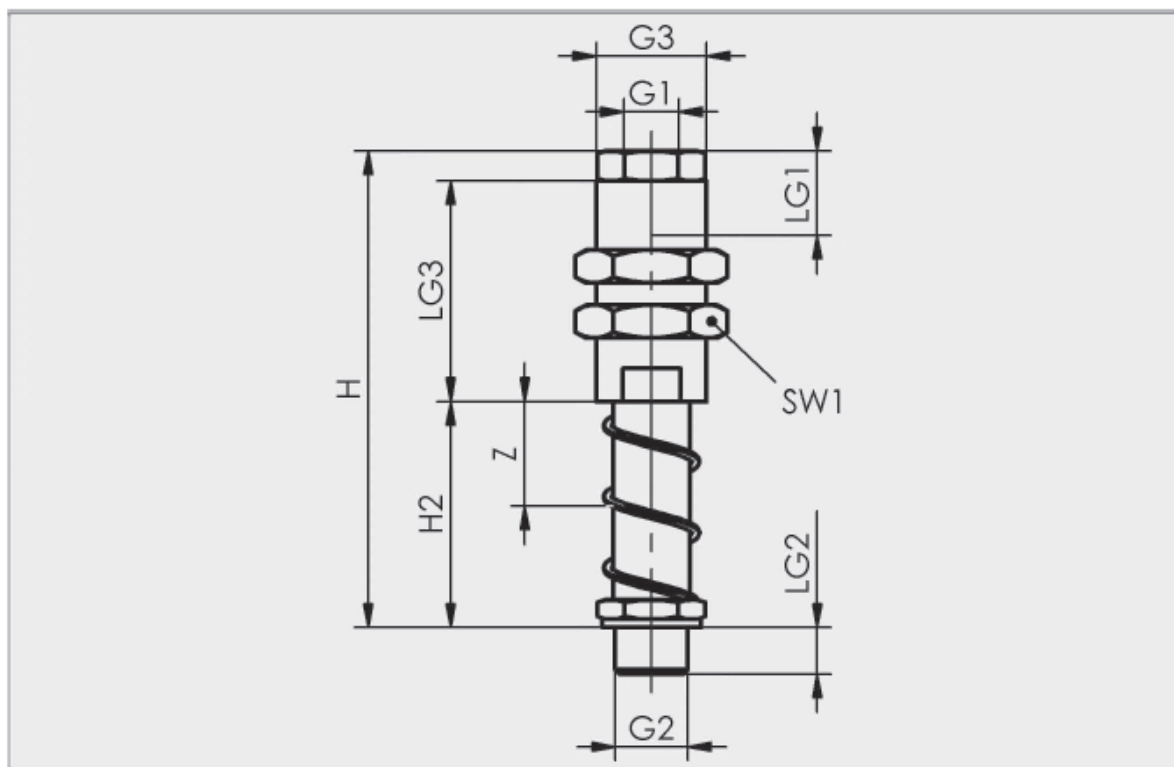
d	Ds	G1	H	H1	L1	LG1	LG2	Z
34mm	300mm	G1/2-F	25mm	26.5mm	13mm	13.5mm	15mm	8mm

Iminappa kinnitamiseks raamile, on valitud kataloogist plunžer FSTE G1/2 AG25. [1]

Tabel 7

Plunžer FSTE G1/2 AG25 põhiparameetrit

Vertikaal koormus max. (N)	Horisontaal koormus max. (N)	Mass (g)	Vedru jäikus (N/mm)	Vedru survejõud (N)
4900	1870	400	3.829	73.50



Sele 5 Plunžer FSTE G1/2 AG25.

Tabel 8

Plunžer FSTE G1/2 AG25 mõõtmel.

G1	G2	G3	H	LG1	LG2	LG3	SW1	Z
G3/8	G1/2	M30x1.5-M	116mm	13mm	10.5mm	55mm	36mm	25mm

Vaakumpumba valimiseks on kasutatud järgmine valem (9) [3]:

$$S = \frac{V}{t} \times \ln \frac{p_a}{p_e} \times F, \quad (9)$$

kus: T – Aeg (t)

V – maht (m³)

S – Pumba jõudlus (m³/t)

p_a – vaakumi algseis (1013 mbar)

p_e - vajalik jääkvaakumi seis (300 mbar)

F –kõverusekoefitsient (1)

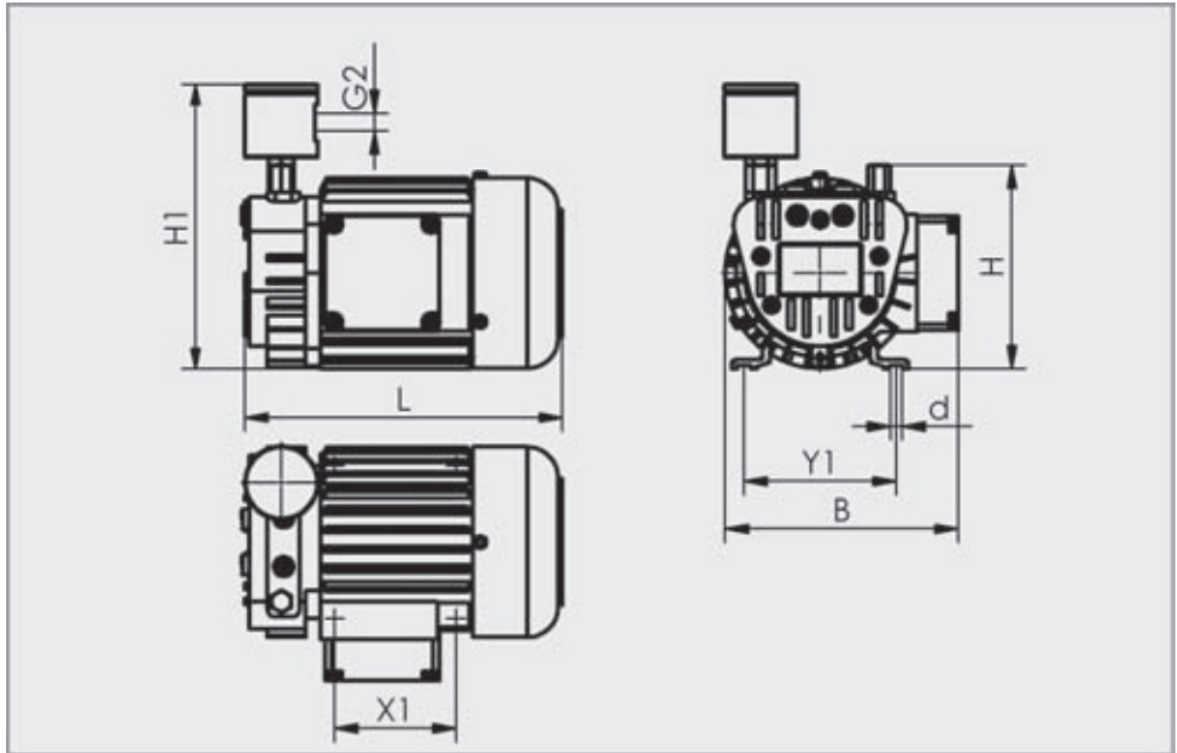
$$S = \frac{0.002}{0.002} \times \ln \frac{1013}{300} \times 1 = 1.21 \text{ m}^3/\text{t}$$

Kataloogist valitud EVE- TR 4 AC Õlivaba vaakumpump.[1]

Tabel 9

EVE- TR 4 AC Õlivaba vaakumpumba põhiparameetrid.

Max. Vaakuum seis (mbar)	Pumba jõudlus (m ³ /t)	Mass (kg)	Võimsus (kW)	Vooluallikas (V)
-850	4.1	7.0	0.2	220-240



Sele 6 EVE- TR 4 AC Õlivaba vaakumpump.

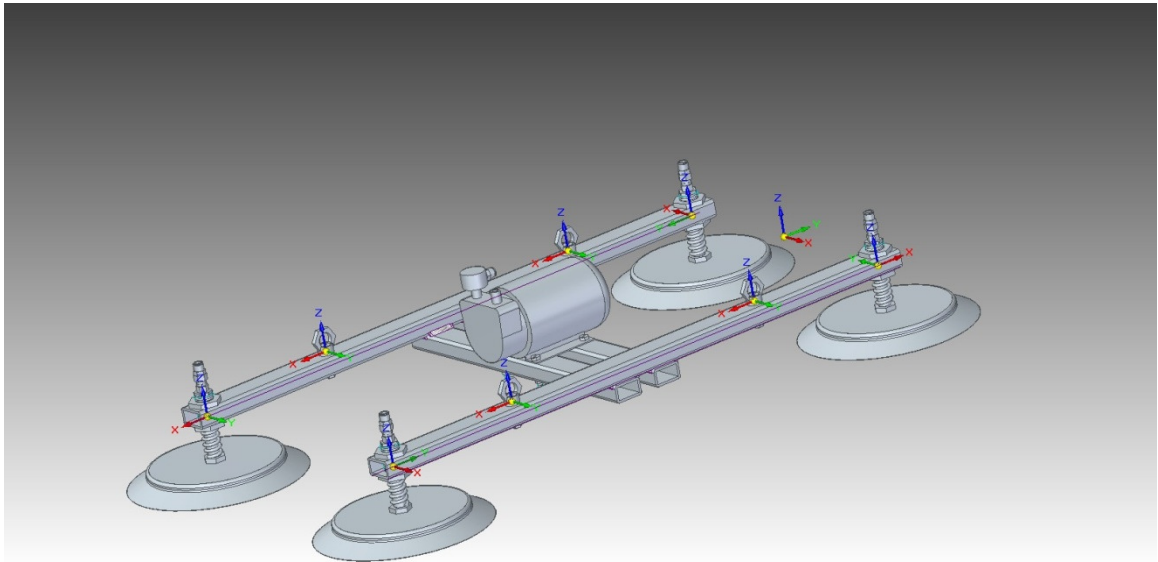
Tabel 10

EVE- TR 4 AC Õlivaba vaakumpumba mõõtmed.

B	d	G2	H	H1	L	X1	Y1
155mm	7mm	G1/4-F	148mm	172mm	222mm	80mm	100mm

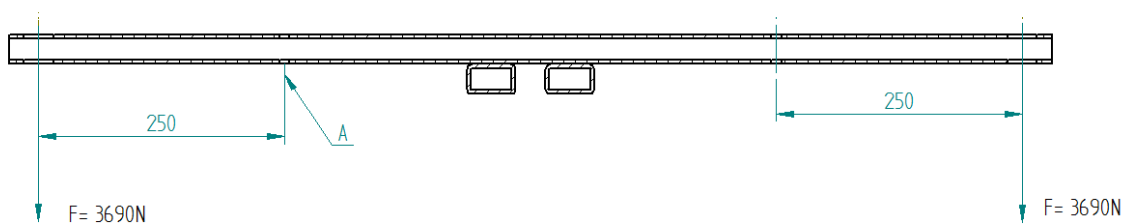
Vaakumpump on paigaldatud raami keskele. Ühes iminapa rikke korral, kasutatakse kontrollklappi SVKG G3/8-AG [1], see väldib vaakumi kaotust kogu süsteemis. Voolikute kinnitamiseks kasutatakse toruliitmikud STV-GE G3/8 AG12-9, STV-GE G1/4-AG12-9 ja vaakumjaotur VTR G3/8-IG 4 x G1/4 [1].

Raami valmistamiseks kasutatakse ristküliku kujulist terastorud S355J0 50 x 30 x 4 (Piirpinge $\sigma_{lim} = 325 \text{ N/mm}^2$). Raami pikkus on 1060 mm ja laius 580 mm. Teisaldamis mehhanismi tõstmiseks kasutatakse tõstesilmad Starpoint- VRS [8], troppe ja konsoolkraana.



Sele 7 Teisaldamismehhanism.

Raami kontroll arvutused:



Sele 8 Raam

1) Arvutatakse paindemoment, mis mõjub punktile A (10)

$$M = F \times L, \quad (10)$$

kus: F – jõud (N)

L – Kaugus (mm)

M – Paindemoment (N×mm)

$$M = 3690 \times 250 = 922590 \text{ (N×mm)}$$

2) Arvutatakse paindepinge punktis A (11)

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \quad (11)$$

kus: σ_b – Paidepinge punktis A (N/mm²)

M – Paindemoment, mis mõjub punktile A (N × cm)

W – Ristlõike vastupanumoment (cm³) ristküliku kujulise terastoru jaoks $W = 6,6$ cm³[4]

$$\sigma_b = \frac{922590}{6600} \approx 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3) Selleks, et saada lubatud pinge, korrutatakse paindepinge ohutusteguriga

$$\sigma_{allow} = 2 \times 140 = 280 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{allow} < \sigma_{lim}$$

Sellepärast, et lubatud pinge on väiksem, kui terase piirpinge, võib öelda et raam saab vastu pidada tekkinud koormusele.

3.7 Raami koostamistehnoloogia

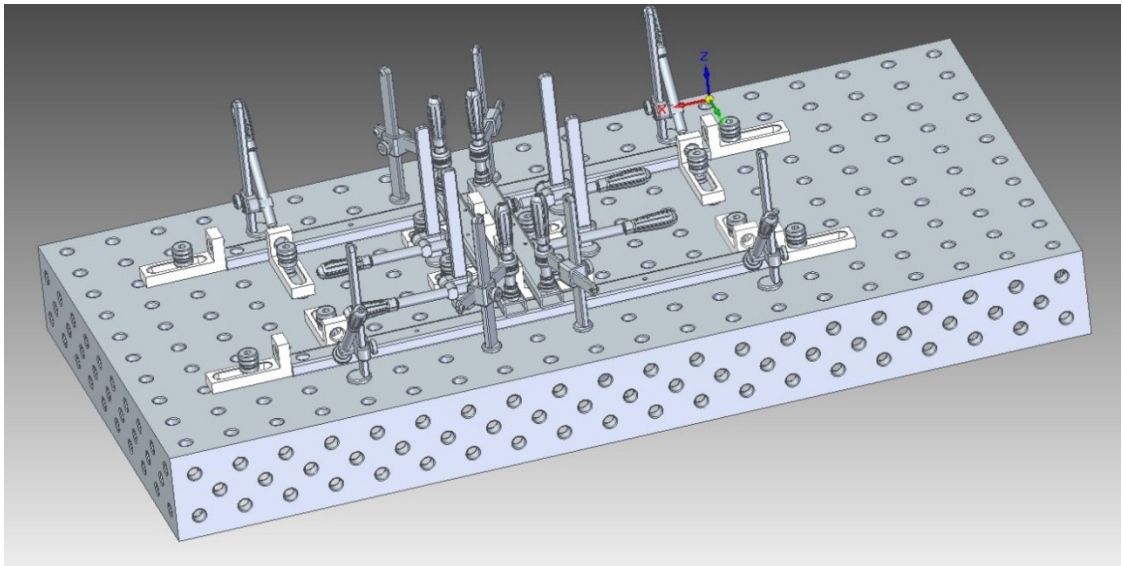
Koostamis-keevitusrakis

Koost „Raam” LP.00.00.03 pannakse ning keevitatakse kokku firma Siegmund lauaabil LP00.00.04. Peamiselt on antud valik määratud rakise universaalsusega. Lauamõõtmed – 2000 x 1000 mm. Detailide kinnituseks horisontaal asendis kasutatakse firma Siegmund horisontaalseid kiirkinniteid (art.nr. 280109) ja klambrit (art.nr. 280630), kinnituseks vertikaalses asendis – firma Seigmund vertikaalseid klambrit (art. nr. 280610). Kõiki elemente kinnitatakse kiirkinnitatavate poltide abil (art. nr. 280532).

Raamikoostamine/keevitamine

Raami koostamine toimub järgmisel viisil: esialgselt paigaldatakse paralleelselt kaks ristküliku kujulist terastoru S355J0 (50 x 30 x 4) pikkusega 1060 mm, nende vahe on 450 mm. Pärast seda toimub veel kahe ristküliku kujulist terastorude S355J0 (50 x 30 x 4) pikkusega 550 mm paigaldus. Peale seda toimub detailide kinnitus (paremapoolt vasakule) vertikaalsete klambrite abil, seejärel – horisontaalsete kiirkinnititega ja klambritega. Kinnitusvahendite ja

raami paigaldus kohad näidatud Seles 9 Kuna koostu kokku keevitamine ühes asendis on keeruline protsess, toimub selle keevitamine kahes etapis. Esimese etapi jooksul keevitatakse kokku koostu elemendid neljast küljest. Seejärel raam eemaldatakse rakisest ning toimub selle lõplik keevitamine. Pärast lõpliku keevitamist raam puhastatakse haaveldamisega ja värvitakse.



Sele 9 Raami keevitus rakis.

4.NÄIDISE DETAILI TÖÖTLEMISE TEHNOLOOGIA

Näidiseks on valitud tüüpiline treimistöö detail ” Rullik” (Lisa 5). Tellimuse kogus on 1000 detailide partii.

4.1. Detaili „Rullik” töötlemistehnoloogia

Pinkide valik

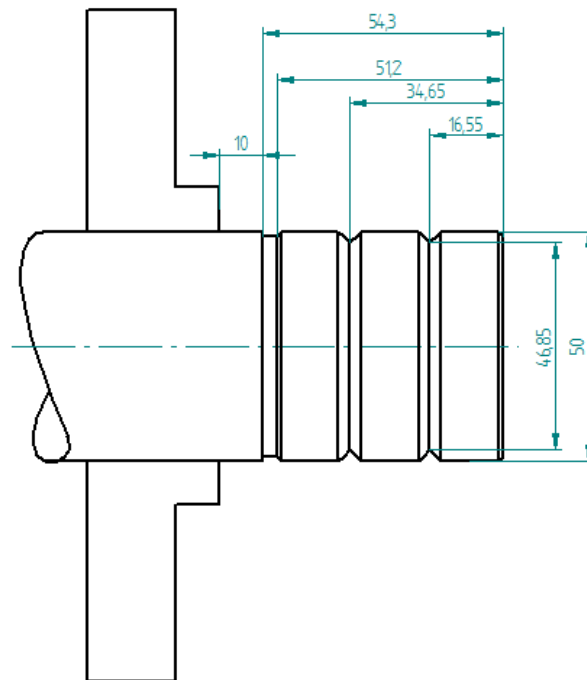
Detaili valmistamiseks on valitud 2 pinki: Takisawa Ex-110 CNC Treipink ja puurpink. Treipingiga töödeldakse väliskontuur, Puuritakse ava Ø25mm, töödeldakse sisekontuur ja toimub mahalõikamine. Puurpingis toimub avade lõplik töödeldus.

Materjali valik

Materjaliks on valitud Pa 6-g ümarmaterjal läbimõõduga 50 mm ja pikkusega 1 m. Ühe detaili töötlemiseks on vaja 18,5 mm materjali (maha lõikamise instrumenti laius 3,1 mm). Kogu partii valmistamiseks on vaja 19,6 m materjali. Korraga töödeldakse 3 detaili.

Väliskontuur ja otspind

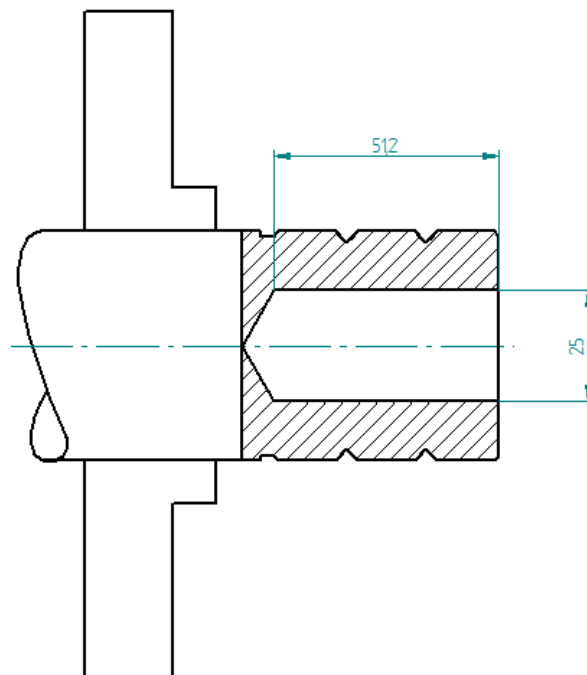
Väliskontuuri ja otspinna töötlemiseks on valitud Mitsubishi kataloogist „Wiper” lõike tera, tipunurg on 55°. Maksimaalne lõikesügavus on 2,5 mm ettenihkega 0,5mm/pöördele, spindli pöörlemisagedus 700 1/min. Terahoidjaks valitud Mitsubishi kataloogist DDJN terahoidja.



Sele 10 Väliskontuuri ja otspinna töötlemise skeem.

Ava (Ø25mm) puurimine

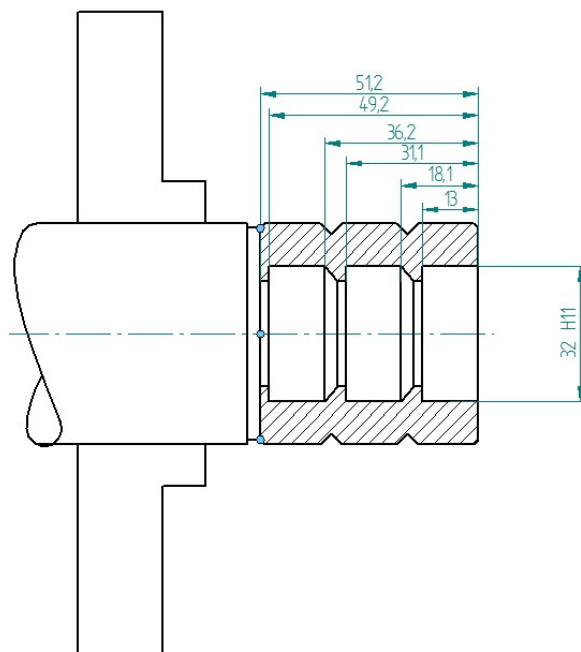
Ava puurimiseks on valitud TAWØ25 puur vahetava tipuga. Ettenihe 380 mm/min, spindlipöörlemise sagedus 800 1/min. Ava sügavus on 51,2 mm.



Sele 11 Ava puurimise skeem.

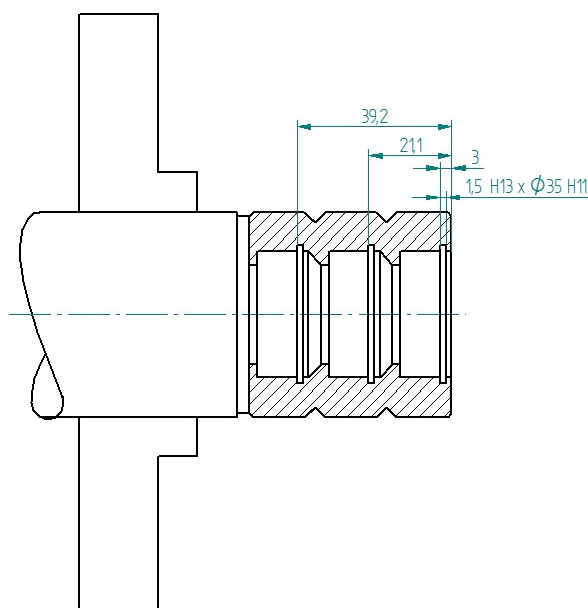
Sisekontuur ja süvend

Sisekontuuri töötlemiseks on valitud Mitsubishi kataloogist VNMH lõike tera, tipunurg on 35°. Maksimaalne lõikesügavus on 4 mm ja ettenihe 0,35mm/pöördele, spindli pöörlemissagedus 700 1/min. Terahoidjaks on valitud FSVUB/C terahoidja jahutuse avaga .



Sele 12 Sisekontuuri töötlemise skeem.

Süvendi töötlemiseks on valitud Mitsubishi kataloogist „MICRO-MINI TWIN” lõiketööriista, Tera laius on 1mm ja maksimaalne lõikesügavus on 2 mm. ettenihe 0,03mm/pöördele, spindli pöörlemissagedus 700 1/min.

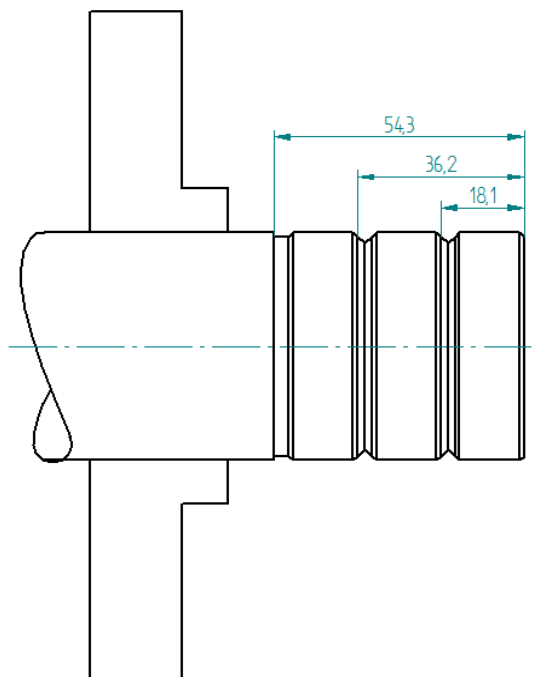


Sele 13 Süvendi töötlemise skeem.

Detaili mahalõikamine

Detaili mahalõikamiseks on valitud Mitsubishi kataloogist UGHN mahalõikamise tööriist.

Mahalõikamine tehakse 0,1mm/pöördele ettenihkega, spindli pöörlemissagedus 900 1/min.



Sele 14 Mahalõikamise skeem

Pärast esimese detaili mahalõikamist toimub teise detaili sisepinna töötlemine, ja pärast teise detaili mahalõikamist toimub kolmanda detaili sisepinna töötlemine.

5. MAJANDUSLIK OSA

5.1. Palgafondiarvutus

Tabel 12

Tööjõu efektiivse ajafondi arvutus.

Jrk.	Tööajafond	2015.a päevad	2015.a tunnid	%
1.	Kalendripäevad	365	2920	-
2.	Puhkepäevad	104	832	-
3.	Pühad	9	72	-
4.	Nominaalne tööajafond	252	2016	100%
5.	Tööaja kaod	41	328	16,3 %
6.	- <i>puhkus</i>	28	224	11,1 %
7.	- <i>lisapuhkus</i>	4	32	1,6 %
8.	- <i>haigused</i>	7	56	2,8 %
9.	- <i>muud</i>	2	16	0,8 %
10.	Efektiivne tööajafond	211	1688	83,7 %

Palgafond = brutopalk + sotsiaalmaks + töötuskindlustusemaks (1% tööandjalt)

Töötasu kokku = töötajate arv x tunnitasu x töötatud tundide aastas (AFef)

Töötuse kindlustus, mida maksab töötaja oma palgast = töötasu x 2%

Netopalk + tulumaks = brutopalk – kogumispension 2%– töötuskindlustus 2%

Tulumaks = (töötasu kokku – töötuskindlustus 2% –kogumispension 2%– tulumaksuvaba miinimum 154EUR)x0,2

Sotsiaalmaks = Töötasu x 0,33

Eeldan, et kõik töötajad on jätkanud makseid kogumispensionide fondi, see tähendab 2%-ilist igakuist makset.

Kõigi töötajate töötasud ja summaarne palgafond on kajastatud tabelis 13.

Tabel 13

Töötasude koondtabel.

Kategooria	Arv	EUR/h	EUR/a	Sots. maks 33%	TK11%	TK2 2%
Põhitööline	4	6	40512	13369	405,12	810,24
Abitööline	1	4	6752	2228	67,52	135,04
Juhtiv personal	1	8	13504	4456	135,04	270,08
Insener-tehniline personal	1	10	16880	5570	168,80	337,60
Majandus- ja rahandusteenistuse töötajad	1	8	13504	4456	135,04	270,08
Noorem teenindav personal	1	3,5	5908	1950	59,08	118,16

Kategooria	KP 2%	Netopal k + TM	MV	TM 20%	Netopalk	Palgafond
Põhitööline	810,24	11748,48	1848	7408,70	31482,82	54286,08
Abitööline	135,04	1958,08	1848	926,78	5555,14	9047,68
Juhtiv personal	270,08	3916,16	1848	2223,17	10740,67	18095,36
Insener-tehniline personal	337,60	4895,2	1848	2871,36	13333,44	22619,20
Majandus- ja rahandusteenistuse töötajad	270,08	3916,16	1848	2223,17	10740,67	18095,36
Noorem teenindav personal	118,16	1713,32	1848	764,74	4906,94	7916,72

TK1 – töötuskindlustus tööandja poolt, 1%;

TK2 – töötuskindlustus töötaja poolt, 2%;

KP – kogumispension, 2%;

MV – maksuvaba miinimum, hetkelise seisuga 154 EUR;

TM – tulumaks, 20%.

5.2.Kulutuse arvetus

Seadmete tööga seotud kulud

Tööpinkide käitamise kulutused kuluvad enamuses elektrienergiele. Kulu suurus sõltub pinkide arvust, nende mootorite võimsusest ja nende koormustest. Kulud pinkide käitamiseks kuluvale elektrienergiele leitakse järgmise valemiga (12):

$$S_q = S_k \times W, \quad (12)$$

kus: S_k = 1kWh elektrienergia hind – 9,2 Euro senti

W – käitusenergia kulu aastas kWh, mis leitakse valemiga (13):

$$W = \frac{N_t \times F_q \times K}{K_v \times K_q}, \quad (13)$$

kus: $N_i = 56.4 \text{ kW}$ – kõigi aparatuuride summaarne võimsus

F_q – seadmete tööajafond aastas, $F_q = 1975 \text{ h}$

K_v – tegur, mis arvestab elektrikadusid juhtmetes, $K_v = 0,96\%$

K_q – tegur, mis arvestab kadusid elektrimootorites $K_q = 0,85 \dots 0,9$; valin $K_q = 0,85$

K – seadmete keskmine koormustegur, $K = 50 \%$

$$W = \frac{56.4 \times 1975 \times 0.5}{0.96 \times 0.85} = 67920 \text{ kWh}$$

$$S_q = 0,092 \times 67920 = 6249 \text{ EUR}$$

Kulutused seadmete korrashoiule

Seadmete korrashoiule minevate kulude aluseks võetakse seadmete üldmaksumus. Sellest summast arvestatakse $0,5 \dots 1\%$ nende korrashoiukuludeks.

Kuna antud juhul on tegemist mitte ainult uute seadmetega, siis valin $0,75\%$ nende korrashoiukuludeks, mis peaks tagama nende muretu ja korrapärase töö regulaarselt.

Seadmete maksuvus:

Dyna DM2418L Vertikaalne töötlemis keskus – 23000 EUR

Viccam VW12A portaal frees pink – 5000 EUR

CNC Takang TNC-530L Treipink – 10000 EUR

Takisawa Ex-110 CNC Lathe + Samsysmultisam 2000 bartool – 20000 EUR

MultiCam 3000, mudel 3-204R – 50000 EUR

Konsoolkraana ja Tooriku teisaldamismehhanism – 3000 EUR

Kompressor – 800 EUR

Kokku: 111800 EUR

$$111800 \times 0,0075 = 838,5 \text{ EUR}$$

Kulutused väheväärtuslikule ja kiiresti kuluvale inventarile

Väheväärtusliku ja kiiresti kuluva inventari kuludeks arvestatakse $31,96 \dots 63,92 \text{ EUR}$ põhitööliste arvust.

Valin 50 EUR töötaja kohta, ehk; $4 \times 50 = 200 \text{ EUR}$

Kulutused seadmete jooksvale remondile

Kulutused seadmete jooksvale remondile on seotud tööpinkide maksumusega, ning selleks arvestatakse 4...5% seadmete maksumusest.

Valin 4,5%, ehk $111800 \times 0,045 = 5031$ EUR

Kulutused abimaterjalidele

Erinevatele abimaterjalidele arvestatakse 38...50 EUR aastas ühe tööpingi kohta.

$5 \times 50 = 250$ EUR

Kulutused seadmete amortisatsioonile

Seadmete amortisatsiooniks arvestatakse nende üldmaksumusest lõikepinkidele vahemikus 5...12% aastas. Valin amortisatsiooninormiks 10% aastas.

$0,1 \times 111800 = 11180$ EUR

Jaoskonnapersonali palgafond(v.a. põhitöölised).

Tabel 13

Personalipalgafond.

Kategooria	Arv	EUR/h	EUR/a	Sots. Maks 33%	TK 1%	Palgafond
Abitööline	1	4	6752	2228	67,52	9047,68
Juhataja	1	8	13504	4456	135,04	18095,36
Tootmisinsener	1	10	16880	5570	168,80	22619,20
Raamatupidaja	1	8	13504	4456	135,04	18095,36
Koristaja	1	3,5	5908	1950	59,08	7916,72
					Kokku:	75774,32

Kulutused ruumide valgustusele

Kulud valgusenergiale on otseses sõltuvuses valgustatava pinna suuruselt ja valgusperioodi pikkusest. Kulutused ruumide valgustusele arvestatakse valemiga (14):

$$S_v = S_k \cdot W_v, \quad (14)$$

kus: S_v – kulutused valgustusenergiale, EUR;
 S_k – 1kWh elektrienergia hind, $S_k = 0,092$ EUR/kWh;
 W_v – valgustusenergia kulu kWh, mida arvutatakse järgmise valemiga(15):

$$W_v = S \cdot F_v \cdot q, \quad (15)$$

kus: S – valgustatava pinna suurus, $S = 120\text{m}^2$;
 f_v – valgustatava periood pikkus tundides, 2016 h (nominaalnetööajafond);
 q – valgustuseks vajalik võimsus 1m^2 kohta, milleks võib arvestada $q = 0,025$ kW/m²;

$$W_v = 120 \times 2016 \times 0,025 = 6048 \text{ kWh}$$

$$S_v = 0,092 \times 6048 = 556.4 \text{ EUR}$$

Kulutused üürile.

Üüriks arvestatakse 5 EUR/m², mille sisse on arvestatud kulutused küttele ja veele.

$$S_{\ddot{u}} = 120 \cdot 5 \cdot 12 = 7200 \text{ EUR}$$

Tabel 14

Jaoskonna kulude eelarve.

Kuluartikkel	Väärtus, EUR	%
<u>Seadmete tööga seotud kulud</u>		
Käitusenergia	6249	
Seadmete korrashoid	838.5	
Väheväärtuslik inventar	200	
Seadmete jooksev remont	5031	
Abimaterjalid	250	
Seadmete amortisatsioon	11180	
Kokku:	22910	21.6 %
<u>Jaoskonna üldkulud</u>		
Personali palgafond (v.a. põhitöölised)	75774,32	
Ruumide valgustus	556.4	
Kulutused üürile.	7200	
Kokku:	82974,32	78.4 %
Jaoskonna kulude eelarve kokku:	105884,32	100 %

5.3 Teenuse omahinna kalkulatsioon

Tabel 15

Teenuse omahinna kalkulatsioon, Aastaprogramm 50 tonni.

	Kuluartikkel	EUR/kg	EUR
	Otsekulutused:		
1.	Materjal	0	0
2.	Ostetudpooltooted	0	0
3.	Põhitööliste palgafond:	1,09	54286,12
	Põhitöötasu	0,81	40512
	Sots. maks.	0,27	13369
	Töötuskindlustusemaks	0,01	405,12
4.	Seadmete tööga seotud kulud:	0,47	23748,5
	Elektrienergia	0,12	6249
	Kulutused seadmete korrashoiule	0,02	838,5
	Kulutused väheväärtuslikule ja kiirestikuluvale inventarile	0,01	200
	Kulutused seadmete jooksvale remondile	0,10	5031
	Kulutused abimaterjalidele	0,01	250
	Kulutused seadmete amortisatsioonile	0,22	11180
5.	Jaoskonna kulutused:	1,67	83530,72
	Personali palgafond	1,52	75774,32
	Kulutused ruumide valgustusele	0,01	556,4
	Kulutused üürile.	0,14	7200
6.	Jaoskonna kulutused kokku: (seadmete tööga seotud kulud + jaoskonna kulud)	2,15	107279,2
7.	Jaoskonna üldkulutused (200% põhitööliste palgafondist)	2,17	108572,24
8.	Ettevõtte üldkulutused (500% põhitööliste palgafondist)	5,43	271430.6
9.	Teenuseomahind	10,83	541567.4
10.	Tootmisvälise kulutused (5% ettearvamatud kuludest)	0,22	10831
11.	Täisomahind	11,05	552398.4
12.	Kasum 20%	2,21	110480
13.	Realiseerimishind:	13,26	662878.4

5.4 Tootmise otse kulutused

$$\text{Tootmise otsekulutused} = \frac{\text{Teenuse omahind} - \text{jaoskonna kulutused kokku}}{\text{realiseerimishind}} \cdot 100 \%$$

$$\text{Tootmise otsekulutused} = \frac{10,83 - 2,15}{13,26} \cdot 100\% = 65.3 \%$$

Tootmise kaudsed kulutused.

$$\text{Tootmise kaudsed kulutused} = \frac{\text{jaoskonna kulutused kokku}}{\text{realiseerimishind}} \cdot 100 \%$$

$$\text{Tootmise kaudsed kulutused} = \frac{2.15}{13,26} \cdot 100\% = 16 \%$$

Jaoskonna üldkulutused.

$$\text{Jaoskonna üldkulutused} = \frac{\text{Jaoskonna üldkulutused}}{\text{realiseerimishind}} \cdot 100 \%$$

$$\text{Jaoskonna üldkulud} = \frac{2,17}{13,26} \cdot 100 \% = 16\%$$

Ettevõtte üldkulutused.

$$\text{Ettevõtte üldkulutused} = \frac{\text{Ettevõtte üldkulutused}}{\text{realiseerimishind}} \cdot 100 \%$$

$$\text{Ettevõtte üldkulutused} = \frac{5,43}{13,26} \cdot 100 \% = 40,9 \%$$

5.5. Tootmisüksuse majanduslik efektiivsus ja tasuvusaeg.

Tootmisüksuse majanduslik efektiivsus leitakse kasumi ja kapitalimahutusesuhtena(16) :

$$E_{\text{üld}} = \frac{H - W}{K} \cdot 100 \%, \quad (16)$$

kus: H – teenuse realiseerimishind, EUR;

W – teenuse täisomahind, EUR;

K – jaoskonna kulutused teenuse kohta, EUR.

$$E_{\text{üld}} = \frac{13,26 - 11,5}{2,15} \cdot 100 \% = 81 \%$$

Tasuvusaeg leitakse järgmise valemiga (17):

$$T = \frac{K}{H - W} \quad (17)$$

$$T = \frac{2,15}{13,26 - 11,5} = 1,8 \text{ a} \approx 1 \text{ aastat ja 10 kuud}$$

5.6. Tootmisüksuse tehnilismajanduslikud näitajad.

Tabel 16

Tootmisüksuse tehnilismajanduslikud näitajad.

	Näitaja	Mõõtühik	Väärtus	Märkused
1.	Seadmete arv	tk	5	
2.	Seadmete keskmine koormus	%	75	
3.	Töötajate arv	Inimest	9	Koristaja on tööl poole kohaga.
4.	Palgafond	EUR	130060	
5.	Tootmispind	m ²	120	
7.	Teenuse täisomahind	EUR	11,05	Ühe kilogrammi kohta.
8.	Tootmise otsekulutused	%	65.3	Realiseerimishinnast
9.	Tootmise kaudsed kulutused	%	16	Realiseerimishinnast
10.	Tootmise majanduslik efektiivsus	%	81	
11.	Investeeringute tasuvusaeg	Aastat	1,8	

KOKKUVÕTTE

Lõputöö eesmärk oli Etra Balti AS tootmisvõimsuse ja konkurentsivõime tõstmine.

Lõputöö tulemusena tehti firma tootmise analüüs ja masinapargi laiendamiseks uute seadmete valik. Lõputöös on määratud seadmete paigaldamise kohad ja on koostatud jaoskonna plaan. Samuti lahendati teisaldamisoperatsioonide mehhaniseerimise küsimus, projekteeriti iminappadega varustatud raam ja selgitati raami koostamise tehnoloogiat. Lisaks tutvustati näidise detaili töötlemise tehnoloogiat.

Lõputöö majanduslik osa näitab, et ettevõtte suudab pakkuda konkurentsivõimelise hinnaga teenust ja investeeringute tasuvusaeg on 1,8 aastat.

SUMMARY

The aim of the present Final Thesis was to identify how to raise production capacity and competitiveness at Etra Baltic AS.

As a result of the thesis, an analysis of production at the company and a selection of new equipment to expand the machinery park were completed. Besides, installation locations of the equipment were determined, and the plan of the division was drawn. The issue of mechanization of displacement operations was resolved, a frame with suction cups was designed and a technology to compile the frame was explained. In addition, the technology to process a detail of the model was introduced.

The part of the thesis concerning the economic issues of the company shows that the company can offer its service with a competitive price and the payback period of investments is 1.8 years.

VIIDATUD ALLIKAD:

- [1] Комплексные поставки пневмоавтоматики [Võrgumaterjal] Available:
<http://kbpnevmo.ru> (07.03.2015)
- [2] Пневматика для всех [Võrgumaterjal] Available:
<http://www.camozzi.ru/images/prod/pdf/calculating.pdf>.(10.04.2015)
- [3] Вакуумные насосы и системы. [Võrgumaterjal] Available:
http://www.vacpumps.ru/blog/kak-rasschitat-proizvoditelnost-vakuumnogo-nasosa#blog_body (10.04.2015)
- [4] Henrik Herranen, Kristo Karjust, Jaan Kers, Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: Tallinna tehnikakõrgkool, 2012.
- [5] Swot analüüs [Võrgumaterjal] Available:
http://www.lvrkk.ee/kristiina/ariplaan/6_swotanal.html (01.04.2015)
- [6] Knuth-Machinetools Catalog 2008
- [7] Sandvik Coromant Catalog 2002
- [8] Certex eesti OÜ „Tõstesilm”[Võrgumaterjal] Available:
http://www.certex.ee/ee/tstesilmad-ja-pooritsad/tstesilm-starpoint--vrs_13351
(04.05.2015)