



**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

Tehnoloogiaprotsessi optimeerimine ettevõttes Axis Tech Estonia  
Technology process optimization in Axis Tech Estonia  
RDER06/11 Masinaehituse Tehnoloogia ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Vitali Kazatšenko

Üliõpilaskood: A154203

Juhendaja: Tatjana Baraškova,  
dotsent

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"20" mai 2021.

Autor: ...Vitali Kazatšenko.....

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." ..... 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Vitali Kazatšenko (sünnikuupäev: 10.08.1979)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Tehnoloogiaprotsessi optimeerimine ettevõttes Axis Tech Estonia mille juhendaja on Tatjana Baraškova,
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Vitali Kazatšenko, A154203

Õppekava, peeriala: RDER06/11 Masinaehituse Tehnoloogia

Juhendaja(d): Vanem lektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@ttu.ee

Konsultant: nimi, amet

ettevõtte, telefon, e-post

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) Tehnoloogiaprotsessi optimeerimine ettevõttes Axis Tech Estonia

(inglise keeles) Technology process optimization in Axis Tech Estonia

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tehnoloogiaprotsessi Kitsaskohtade leidmine ja analüüs
2. Kvaliteedi ja paremate omadustega toode hinnang
3. Andmete analüüs, korrigeerivad tegevused

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Projekti ettevalmistus, teoreetilise osa kirjutamine	22.02.21
2.	Probleemide analüüs andmete järgi, tehnoloogiaprotsessi kitsaskohtade vältimine	10.05.21
3.	Lõputöö lõplik vormistamine	20.05.21

**Töö keel:** eesti

**Lõputöö esitamise tähtaeg:**

"01"juuniks 2021a

**Üliõpilane:** Vitali Kazatšenko.....

"....."..... 20.....a

/allkiri/

**Juhendaja:** Tatjana Baraškova.....

"....."..... 20.....a

/allkiri/

**Konsultant:** .....

"....."..... 20.....a

/allkiri/

**Programmijuht:** .....

"....."..... 20.....a

/allkiri/

# SISUKORD

EESSÕNA .....	6
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU.....	7
SISSEJUHATUS .....	8
1. TEHNOLOOGIA PROTSESSI KITSASKOHTADE LEIDMINE JA ANALÜÜS .....	9
1.1 Tehnoloogia protsess .....	9
2. TOOTMISE PROTSESS ETTEVÕTE TOOTMISE TINGIMUSTE ALUSEL.....	11
2.1 Metalli lõikamine .....	11
2.2 Faasilõikus.....	14
2.3 Kokkupanekku aja ja kulude arvutamine .....	17
2.4 Keevitamise aja ja kulude arvutamine.....	17
2.5 Puurmasinate aja ja kulude arvutamine.....	19
2.6 Värvimiskulud .....	21
2.7 Tööjõu- ja tootmiskulud .....	22
3. PROTSESSIDE OPTIMEERIMINE.....	22
3.1 Metalli lõikamine .....	22
3.2 Faasilõikus.....	25
3.3 Kokkupanekku aja ja kulude arvutamine .....	26
3.4 Keevitamise arvutamine erinevate parameetritega .....	26
3.5 Puurmasinate aja ja kulude arvutamine.....	26
3.6 Värvimiskulud .....	29
3.7 Tööjõu- ja tootmiskulud .....	29
KOKKUVÕTE .....	30
SUMMARY.....	31
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	32
LISAD .....	33
GRAAFILINE OSA.....	36

## **EESSÕNA**

Selle lõpputöö teema on „Tehnoloogiaprotsessi optimeerimine ettevõttes Axis Tech Estonia“. Teema oli pakutud minu lõpputöö juhendaja Tatjana Baraškovaga, kes on vanem lektor TalTech ülikoolis. Antud teema mulle väga sobis, kuna otseselt seotud minu tööülesannetega. Täna Tatjana Baraškovat abi diplomi kirjutamise ja mulle sobiva diplomi teema pakkumise eest. Oli väga huvitav proovida end tehnoloogiliste protsesside optimeerimisel ning rakendada oma teadmisi praktikas.

## **LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU**

Töö sisaldab ainult üldkasutatavad lühendid.

## SISSEJUHATUS

Iga protsess sõltumata sellest, kas on see tehnoloogiline, tootmis või mingi muu tüübi protsess, koosneb teatud etappidest, et saavutada oma eesmärged.

Protsesside optimeerimise peamine eesmärk on nende etappide parendamine kvaliteetsema ning kasumliku tulemuse saavutamise jaoks. Ehk teiste sõnadega efektiivsuse kasv.

Tehnoloogia maailm koguaeg areneb ning aegajalt tekivad uued arengud. Seega absoluutselt iga ettevõtte jaoks, sõltumata valdkonnast, on ülimalt oluline protsesse optimeerida nii, et maksimaalse võimaliku kasumi saada. Juhul kui protsesside optimeerimise vajalikust ignoreerida, siis teatud aja pärast ettevõtte muutub konkurentsivõimetuks. Optimeerimise protsesside rakendamist võiks samuti nimetada ettevõtte arendamiseks.

On olemas mitu variante ettevõtte arendamise jaoks:

- Raha investeerimine uute seadmete ostmise sisse
- Odavama tööjõu leidmine
- Töötajate arvu suurendamine tootlikkuse suurendamise eesmärgil
- Ettevõtte robotiseerimine
- Põhjalik tootmise planeerimine
- Kitsaskohtade leidmine ja kõrvaldamine
- Ja palju muud

Samas iga ettevõtte jaoks on olemas oma sobilik optimeerimise viis, kuna eesmärgid ning tootmise protsessid on erinevad igal ettevõttel. Näiteks, masstoodangu puhul on kriitiliselt oluline tagada katkematu tööprotsess, kus toodad kulgevad konveieril üksteise järel ja seisakuid kõikjal tootmisahelas põhjustab kaotus. Seega, selle tüübi ettevõtte jaoks iga tootmise samm peab olema põhjalikult eelplaneeritud, alustades tootmise materjalide ostmisest ning lõpetades tootmisosade logistikaga. Selle tüübi ettevõtte jaoks kõige optimaalsem optimeerimise viisiks on robotiseerimine. Samas see võiks olla liiga kallis ning seega põhjendamatu samm juhul kui tootmiseseeria ei ole piisavalt suur. Robotiseerimise juhul on võimalik optimeerida odavama tööjõu leidmise kaudu, kuna selle juhul inimtöö, nii füüsiline kui vaimne, on viidud miinimumini. Samas ettevõtte jaoks, mis toodavad erinevad tooted sellised meetodid ei ole sobilikud. Sellel juhul põhjalik planeerimine on samuti relevantne, samas robotiseerimine siin oleks mõttetu. Seetõttu otsib iga ettevõtte oma tehnoloogiliste protsesside optimeerimise rida, mis tuvastaks uued kitsaskohad. Kuna ilma kitsaskohtade kõrvaldamiseta ei saa ettevõtte efektiivselt edasi liikuda.



# 1. TEHNOLOOGIA PROTSESSI KITSASKOHTADE LEIDMINE JA ANALÜÜS

Kitsaskohaga nimetatakse kindel koht tehnoloogia protsessis, kus tootmisprotsess on seiskunud või vastupidi annab liiga palju tooteid, mis pole teatud ajahetkel nõudlikud. Selle tagajärjel on vajalike toodete puudumine või vastupidi liigne tootlikus, mis viib lisakuludele nagu leppetrahv või liigselt toodetud kaupa hoidmise kulusid.

Selle lõputöö raames, selleks et praktikas näidata kitsaskohtade leidmist ning nende vältimist tootmise protsesside etappide lõikes, võtame aluseks ettevõtte AXIS TECH ESTONIA näitena. AXIS TECH ESTONIA on ettevõtte, mis tegeleb metal konstruktsioonide tootmisega.

## 1.1 Tehnoloogia protsess

Alustame tehnoloogia protsessi kirjeldusest, mis koosneb teatud etappidest, mis listitud allpool.

### a. Tööplaani koostamine

Esialgelt on ülimalt oluline koostada piisavalt detailne tööajaplaan, mis võtab arvesse ka tähtajad valmisoleva toode tellijale väljasaatmist ja samuti esialgne hinnapakkumine.

Esialgset hinnapakkumist koostetakse enne tellimuse vormistamist. Koostamine toimub lähtuvalt projektijuhi kogemusest, võttes aluseks analoogiliste toodete turuhinnad või projektijuhi hinnangul kõike raskem tootmise osa ja arvutab tööjõudu ja materjale kulud. Mis omalt poolt annab andmeid, mis lihtsalt korrutatakse toode kaaluga läbi, et saada tööjõukulud sõltuvalt toode kaalust. Nende andmete põhjal koostatakse esialgne tellimiskava.

See protsess võtab mitu päeva (2-3 päeva) ning lõpeb lepingu allkirjastamisega.

### b. Jooniste väljatöötamine ja lõikekaartide koostamine

Selles etapis uurivad tehnoloogid jooniseid, pakuvad tootmiskiiruse suurendamiseks abistruktuure ja korraldavad lisatoetused edasiseks töötlemiseks. Määratakse kohad faasilõike jaoks. Joonised valmistatakse ette mehaaniliseks töötlemiseks, painutamiseks, saagimiseks, valtsimiseks.

Insener-tehnoloogid paigutavad detailid metallide lehtede peale, selleks et optimeerida ning vähendada materjalide kulud.

Sõltuvalt detailide arvust ning projekti üldisest keerulisusest, antud etapp võib võtta mitu nädalat (1-2 nädalat).

c. Materjalide tellimine

Järgmine samm on materjalide tellimine lõikekaartide alusel. Insener-tehnoloog otsustab koos tehnoloogidega, kui palju ning mis tüüpi materjali tuleb osta, ja edastavad teabe ostuosakonnale.

Sõltuvalt materjalide erisusest materjalide kättesaamiseni võib minna mitu nädalat.

d. Tootmise protsesside etappide määramine ning tööajaarvutamine

Tootmise protsesside etappide all mõistetakse etapid, mis peavad juhtuma detailidega enne konstruktsiooni tootmist. Tehnoloog määrab kindlaks, millised toimingud peaksid detailiga toimuma ja kui palju aega kulub igale operatsioonile.

See projekti protsess võtab umbes nädal, sõltuvalt detailide arvust ja projekti keerukusest.

e. Toote marsruudi kaardi loomine

Marsruudikaardiks nimetatakse tootmisprotsessi. See kajastab absoluutselt kõiki tehnoloogilises ahelas olevaid toiminguid. Marsruudikaardil kuvatakse kogu tootmisprotsess, kus toimingud seisavad õiges järjekorras. Marsruudi kaardi põhjal koostatakse täpne tootmisplaan.

See projekti protsess võtab umbes nädal, sõltuvalt detailide arvust ja projekti keerukusest.

f. Tehnoloogiatundide põhjal täpse tootmiskava koostamine

Nüüd kui kõik sisendid on teatud ja antud, koostatakse täpne tootmisplaan. Planeerija jagab koos tootmisjuhiga tööd töökeskuste vahel, tuvastades kitsaskohad, mis võivad tekkida nii tootmise ajast kui ka töökeskuse koormusest antud ajahetkel. Samuti võetakse arvesse oma ressursi kasutamise otstarbekust, sest mõnikord on parem osta teatud tüüpi tööd seotud organisatsioonilt, kuna neil võib olla mõne töö tootmiseks mugavam varustus, mis on lõppkokkuvõttes projekti jaoks kasumlikum. Pärast tootmiskava koostamist algab tootmine, mis lõpeb valmis oleva produkti tellijale üleandmisega.

Etapid mis on kirjeldatud eespool on kuuluvad püsivate kuulude hulka ning üldjuhul moodustavad umbes 30% eelarvest.

Tootmise arvutused ja optimeerimisetapid on kirjeldatud järgmistes paragrahvides.

## 2. TOOTMISE PROTSESS ETTEVÖTE TOOTMISE TINGIMUSTE ALUSEL

Vaatleme nüüd kuidas üldjuhul näeb välja tootmise protsess ettevõtte AXIS TECH ESTONIA näide pealt. Alustame tootmisprotsessi ettevalmistamise ja kulude arvutamisega. Allpool on toodud väljamõeldud toetus raamini tootmise protsessi arvutused ettevõtte tootmise tingimuste alusel. Raami parameetrid on: 2440mm×1300mm×670mm, kaal 2.636t.

### 2.1 Metallilõikamine

Vaata Tabel 1 ning Tabel 3, kus on visualiseeritud allpool toodud arvutused.

*L*- lõikepikkus (übermõõt)

*t*- lõikamise aeg

*t*<sub>1</sub>- lõikamise aeg m/min (tabel1)

*t*<sub>2</sub>- eelsoojendamise aeg lõikamise alguses (tabel1)

*t*<sub>3</sub>- aeg osade vahetamiseks (konstant= 5 minutit vahetuses)

*t*<sub>4</sub>- tahku puhastamise aeg (1 meeter minutis)

*V*<sub>1</sub>- hapniku maht

*V*<sub>2</sub>- atsetüleeni maht

*V*<sub>01</sub>- hapniku maht (tabel3)

*V*<sub>02</sub>- atsetüleeni maht (tabel3)

*δ*- materjali paksus

Detail №1 *δ*=20mm; *n*(1) =2(tk.)

$$L(1)=(2,44 \times 2)+(0,4 \times 2)=5,68(m)$$

$$t_4=L(1) \times 1=5,68(min)$$

$$t(1)=((L(1) \times t_1)+t_2+t_3+t_4(1)) \times n(1)=((5,68 \times 2,04)+0,39+5+5,68) \times 2 \approx 46(min)$$

$$V_1(1)=L(1) \times V_{01} \times n(1)=5,68 \times 292 \times 2=3317(l)$$

$$V_2(1)=L(1) \times V_{02} \times n(1)=5,68 \times 45 \times 2=511,2(l)$$

Detail №2 *δ*=25mm; *n*(2) =8(tk.)

$$L(2)=(0,32 \times 2)+(0,6 \times 2)=1,84(m)$$

$$t_4(2)=L(2) \times 1=1,84(min)$$

$$t(2)=((L(2) \times t_1)+t_2+t_3+t_4(2)) \times n(2)=((1,84 \times 2,2)+0,44+5+1,84) \times 8 \approx 90,6(min)$$

$$V_1(2)=L(2) \times V_{01} \times n(2)=1,84 \times 345 \times 8=5078,4(l)$$

$$V_2(2)=L(2) \times V_{02} \times n(2)=1,84 \times 51 \times 8=750,7(l)$$

Detail №3 *δ*<sub>25</sub>=mm; *n*(3) =4(tk.)

$$L(3)=(0,55 \times 2)+(0,35 \times 2)+(0,035 \times 2)=1,87(m)$$

$$t4(3)=L(3)\times 1=1,87(\text{min})$$

$$t(3)=((L(3)\times t1)+t2+t3+t4(3))\times n(3)=((1,87\times 2,2)+0,44+5+1,87)\times 4 \approx 45,7(\text{min})$$

$$V1(3)=L(3)\times V01\times n(3)=1,87\times 345\times 4=2580,6(\text{l})$$

$$V2(3)=L(3)\times V02\times n(3)=1,87\times 51\times 4=381,48(\text{l})$$

Detail №4  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(4) = 2(\text{tk.})$

$$L(4)=(0,6\times 2)+(2,34\times 2)=5,88(\text{m})$$

$$t4(4)=L(4)\times 1=5,88(\text{min})$$

$$t(4)=((L(4)\times t1)+t2+t3+t4(4))\times n(4)=$$
$$=((5,88\times 2,04)+0,39+5+5,88)\times 2 \approx 46,53(\text{min})$$

$$V1(4)=L(4)\times V01\times n(4)=5,88\times 292\times 2=3433(\text{l})$$

$$V2(4)=L(4)\times V02\times n(4)=5,88\times 45\times 2=529,2(\text{l})$$

Detail №5  $\delta=50\text{mm}$ ;  $n(5) = 4(\text{tk.})$

$$L(5)=(0,635\times 2)+(0,4\times 2)=2,07(\text{m})$$

$$t4(5)=L(5)\times 1=2,07(\text{min})$$

$$t(5)=((L(5)\times t1)+t2+t3+t4(5))\times n(5)=((2,07\times 3,55)+0,68+5+2,07)\times 4 \approx 60,4(\text{min})$$

$$V1(5)=L(5)\times V01\times n(5)=2,07\times 710\times 4=5878(\text{l})$$

$$V2(5)=L(5)\times V02\times n(5)=2,07\times 92\times 4=761,76(\text{l})$$

Detail №6  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(6) = 2(\text{tk.})$

$$L(6)=(0,645\times 2)+(0,4\times 2)=2,09(\text{m})$$

$$t4(6)=L(6)\times 1=2,09(\text{min})$$

$$t(6)=((L(6)\times t1)+t2+t3+t4(6))\times n(6)=$$
$$((2,09\times 2,07)+0,39+5+2,09)\times 2 \approx 23,7(\text{min})$$

$$V1(6)=L(6)\times V01\times n(6)=2,09\times 292\times 2=1208,9(\text{l})$$

$$V2(6)=L(6)\times V02\times n(6)=2,09\times 45\times 2=186,3(\text{l})$$

Detail №7  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(7) = 4(\text{tk.})$

$$L(7)=(0,2625\times 2)+(0,4\times 2)=1,325(\text{m})$$

$$t4(7)=L(7)\times 1=1,325(\text{min})$$

$$t(7)=((L(7)\times t1)+t2+t3+t4(7))\times n(7)=((1,325\times 2,07)+0,39+5+1,325)\times 4 \approx 85(\text{min})$$

$$V1(7)=L(7)\times V01\times n(7)=1,325\times 292\times 4=1547,6(\text{l})$$

$$V2(7)=L(7)\times V02\times n(7)=1,325\times 45\times 4=238,5(\text{l})$$

Detail №8  $\delta 25=\text{mm}$ ;  $n(8) = 2(\text{tk.})$

$$L(8)=(0,54\times 2)+(0,6\times 2)=2,28(\text{m})$$

$$t4(8)=L(8)\times 1=2,28(\text{min})$$

$$t(8) = ((L(8) \times t1) + t2 + t3 + t4(8)) \times n(8) = ((2,28 \times 2,2) + 0,44 + 5 + 2,28) \times 2 \approx 25,5(\text{min})$$

$$V1(8) = L(8) \times V01 \times n(8) = 2,28 \times 345 \times 2 = 1573,2(\text{l})$$

$$V2(8) = L(8) \times V02 \times n(8) = 2,28 \times 51 \times 2 = 232,6(\text{l})$$

Detail №9  $\delta = 20\text{mm}$ ;  $n(9) = 4(\text{tk.})$

$$L(9) = (0,5 \times 2) + (0,4 \times 2) = 1,8(\text{m})$$

$$t4(9) = L(9) \times 1 = 1,8(\text{min})$$

$$t(9) = ((L(9) \times t1) + t2 + t3 + t4(9)) \times n(9) = ((1,8 \times 2,07) + 0,39 + 5 + 1,8) \times 4 \approx 43,6(\text{min})$$

$$V1(9) = L(9) \times V01 \times n(9) = 1,8 \times 292 \times 4 = 2102,4(\text{l})$$

$$V2(9) = L(9) \times V02 \times n(9) = 1,8 \times 45 \times 4 = 324(\text{l})$$

Detail №10  $\delta = 25\text{mm}$ ;  $n(10) = 2(\text{tk.})$

$$L(10) = (0,54 \times 2) + (0,6 \times 2) = 2,28(\text{m})$$

$$t4(10) = L(10) \times 1 = 2,28(\text{min})$$

$$t(10) = ((L(10) \times t1) + t2 + t3 + t4(10)) \times n(10) = ((2,28 \times 2,2) + 0,44 + 5 + 2,28) \times 2 \approx 25,5(\text{min})$$

$$V1(10) = L(10) \times V01 \times n(10) = 2,28 \times 345 \times 2 = 1573,2(\text{l})$$

$$V2(10) = L(10) \times V02 \times n(10) = 2,28 \times 51 \times 2 = 232,6(\text{l})$$

Detail №11  $\delta = 20\text{mm}$ ;  $n(11) = 2(\text{tk.})$

$$L(11) = (0,945 \times 2) + (0,6 \times 2) = 3,09(\text{m})$$

$$t4(11) = L(11) \times 1 = 3,09(\text{min})$$

$$t(11) = ((L(11) \times t1) + t2 + t3 + t4(11)) \times n(11) =$$

$$= ((3,09 \times 2,07) + 0,39 + 5 + 3,09) \times 2 \approx 29,8(\text{min})$$

$$V1(11) = L(11) \times V01 \times n(11) = 3,09 \times 292 \times 2 = 1804,6(\text{l})$$

$$V2(11) = L(11) \times V02 \times n(11) = 3,09 \times 45 \times 2 = 278,1(\text{l})$$

Detail №12  $\delta = 20\text{mm}$ ;  $n(12) = 4(\text{tk.})$

$$L(12) = (0,3625 \times 2) + (0,6 \times 2) = 1,925(\text{m})$$

$$t4(12) = L(12) \times 1 = 1,925(\text{min})$$

$$t(12) = ((L(12) \times t1) + t2 + t3 + t4(12)) \times n(12) =$$

$$= ((1,925 \times 2,07) + 0,39 + 5 + 1,925) \times 4 \approx 45,2(\text{min})$$

$$V1(12) = L(12) \times V01 \times n(12) = 1,925 \times 292 \times 4 = 2248,4(\text{l})$$

$$V2(12) = L(12) \times V02 \times n(12) = 1,925 \times 45 \times 4 = 346,5(\text{l})$$

Detail №13  $\delta = 20\text{mm}$ ;  $n(13) = 4(\text{tk.})$

$$L(13) = (0,6 \times 2) + (0,325 \times 2) = 1,85(\text{m})$$

$$t4(13) = L(13) \times 1 = 1,85(\text{min})$$

$$t(13) = ((L(13) \times t1) + t2 + t3 + t4(13)) \times n(13) =$$

$$= ((1,85 \times 2,07) + 0,39 + 5 + 1,85) \times 4 \approx 44,3(\text{min})$$

$$V1(13) = L(13) \times V01 \times n(13) = 1,85 \times 292 \times 4 = 2160,8(l)$$

$$V2(13) = L(13) \times V02 \times n(13) = 1,85 \times 45 \times 4 = 333(l)$$

## 2.2 Faasilõikus

Vaata Tabel 2 ning Tabel 3, kus on visualiseeritud allpool toodud arvutused.

$L$ - lõikepikkus (faasilõikuse pikkus)

$t$ - lõikamise aeg

$t1$ - lõikamise aeg m/min (tabel 2)

$t2$ - eelsoojendamise aeg lõikamise alguses (tabel 3)

$t3$ - aeg osade vahetamiseks (konstant= 5 minutit vahetuses)

$t4$ - tahku puhastamise aeg (1 meeter minutis)

$V1$ - hapniku maht

$V2$ - atsetüleeni maht

$V01$ - hapniku maht (tabel 3)

$V02$ - atsetüleeni maht (tabel 3)

$\delta$ - materjali paksus

Detail №5  $\delta=50\text{mm}$ ;  $n(5) = 4(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $79^\circ$  153mm

$$L(5.1) = (0,4 \times 2) = 0,8(m)$$

$$t4(5.1) = L(5.1) \times 1 = 0,8(\text{min})$$

$$t(5.1) = ((L(5.1) \times t1) + t2 + 2t3 + t4(5.1)) \times n(5) =$$

$$= ((0,8 \times 5,9) + 1,2 + (2 \times 5) + 0,8) \times 4 \approx 66,9(\text{min})$$

$$V1(5) = L(5) \times V01 \times n(5) = 0,8 \times 2750 \times 4 = 8800(l)$$

$$V2(5) = L(5) \times V02 \times n(5) = 0,8 \times 208 \times 4 = 665,6(l)$$

Detail №6  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(6) = 2(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm

$$L(6.1) = (0,4 \times 2) = 0,8(m)$$

$$t4(6.1) = L(6.1) \times 1 = 0,8(\text{min})$$

$$t(6.1) = ((L(6.1) \times t1) + t2 + 2t3 + t4(6.1)) \times n(6) =$$

$$= ((0,8 \times 2,95) + 0,48 + (2 \times 5) + 0,8) \times 2 \approx 27,3(\text{min})$$

$$V1(6.1) = L(6.1) \times V01 \times n(6) = 0,8 \times 430 \times 2 = 688(l)$$

$$V2(6.1) = L(6.1) \times V02 \times n(6) = 0,8 \times 64 \times 2 = 102,4(l)$$

Detail №7  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(7) = 4(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm

$$L(7.1) = (0,4 \times 2) = 0,8(m)$$

$$t4(7.1) = L(7.1) \times 1 = 0,8(\text{min})$$

$$t(7.1) = ((L(7.1) \times t1) + t2 + 2t3 + t4(7.1)) \times n(7) =$$

$$= ((0,8 \times 2,95) + 0,48 + (2 \times 5) + 0,8) \times 4 \approx 54,56(\text{min})$$

$$V1(7.1) = L(7.1) \times V01 \times n(7) = 0,8 \times 430 \times 4 = 1376(\text{l})$$

$$V2(7.1) = L(7.1) \times V02 \times n(7) = 0,8 \times 64 \times 4 = 204,8(\text{l})$$

Detail №9  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(9) = 4(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm

$$L(9.1) = (0,4 \times 2) = 0,8(\text{m})$$

$$t4(9.1) = L(9.1) \times 1 = 0,8(\text{min})$$

$$t(9.1) = ((L(9.1) \times t1) + t2 + 2t3 + t4(9.1)) \times n(9) =$$

$$= ((0,8 \times 2,95) + 0,48 + (2 \times 5) + 0,8) \times 4 \approx 54,56(\text{min})$$

$$V1(9.1) = L(9.1) \times V01 \times n(9) = 0,8 \times 430 \times 4 = 1376(\text{l})$$

$$V2(9.1) = L(9.1) \times V02 \times n(9) = 0,8 \times 64 \times 4 = 204,8(\text{l})$$

Detail №10  $\delta 25 = \text{mm}$ ;  $n(10) = 2(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  35mm

$$L(10.1) = (0,54 \times 2) + (0,6 \times 2) = 2,28(\text{m})$$

$$t4(10.1) = L(10.1) \times 1 = 2,28(\text{min})$$

$$t(10.1) = ((L(10.1) \times t1) + t2 + 4t3 + t4(10.1)) \times n(10) =$$

$$= ((2,28 \times 3,1) + 0,52 + (4 \times 5) + 2,28) \times 2 \approx 59,8(\text{min})$$

$$V1(10.1) = L(10.1) \times V01 \times n(10) = 2,28 \times 500 \times 2 = 2280(\text{l})$$

$$V2(10.1) = L(10.1) \times V02 \times n(10) = 2,28 \times 72 \times 2 = 328,3(\text{l})$$

Detail №11  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(11) = 2(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm, lõigatava metalli paksus  $32^\circ$  23,6mm siis vali 25mm

$$L(11.1) = (0,945 \times 2) = 1,89(\text{m})$$

$$L(11.11) = (0,6 \times 2) = 1,2(\text{m})$$

$$t4(11.1) = (L(11.1) + L(11.11)) \times 1 = 3,09(\text{min})$$

$$t(11.1) = (((L(11.1) \times t1) + t2 + 2t3) + ((L(11.11) \times t1) + t2 + 2t3)) + t4(11.1)) \times n(11) =$$

$$= (((1,89 \times 2,95) + 0,48 + (2 \times 5)) + ((1,2 \times 2,85) + 0,44 + (2 \times 5)) + 3,09) \times 2 \approx 66(\text{min})$$

$$V1(11.1) = L(11.1) \times V01 \times n(11) = 1,89 \times 430 \times 2 = 1625(\text{l})$$

$$V1(11.11) = L(11.11) \times V01 \times n(11) = 1,2 \times 345 \times 2 = 828(\text{l})$$

$$V2(11.1) = L(11.1) \times V02 \times n(11) = 1,89 \times 64 \times 2 = 242(\text{l})$$

$$V2(11.11) = L(11.11) \times V02 \times n(11) = 1,2 \times 51 \times 2 = 122,4(\text{l})$$

Detail №12  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(12) = 4(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm lõigatava metalli paksus  $32^\circ$  23,6mm siis vali 25mm

$$L(12.1) = (0,3625 \times 2) = 0,725(\text{m})$$

$$L(12.11)=(0,6 \times 2)=1,2(m)$$

$$t4(12.1)=(L(12.1) + L(12.11)) \times 1=1,925(min)$$

$$t(12.1)=(((L(12.1) \times t1)+t2+2t3)+((L(12.11) \times t1)+t2+2t3))+t4(12.1)) \times n(12)=$$
$$=(((0,725 \times 2,95)+0,48+(2 \times 5))+((1,2 \times 2,85)+0,44+(2 \times 5))+1,925) \times 4 \approx 113,6(min)$$

$$V1(12.1)=L(12.1) \times V01 \times n(12)=0,725 \times 430 \times 4=1247(l)$$

$$V1(12.11)=L(12.11) \times V01 \times n(12)=1,2 \times 345 \times 4=1656(l)$$

$$V2(12.1)=L(12.1) \times V02 \times n(12)=0,725 \times 64 \times 4=185,6(l)$$

$$V2(12.11)=L(12.11) \times V02 \times n(12)=1,2 \times 51 \times 4=244,8(l)$$

Detail №13  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(13)=4(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm, lõigatava metalli paksus  $32^\circ$  23,6mm siis vali 25mm

$$L(13.1)=(0,335 \times 2)=0,67(m)$$

$$L(13.11)=(0,6 \times 2)=1,2(m)$$

$$t4(13.1)=(L(13.1) + L(13.11)) \times 1=1,87(min)$$

$$t(13.1)=(((L(13.1) \times t1)+t2+2t3)+((L(13.11) \times t1)+t2+2t3))+t4(13.1)) \times n(13)=$$
$$=(((0,67 \times 2,95)+0,48+(2 \times 5))+((1,2 \times 2,85)+0,44+(2 \times 5))+1,87) \times 4 \approx 113 (min)$$

$$V1(13.1)=L(13.1) \times V01 \times n(13)=0,67 \times 430 \times 4=1152,5(l)$$

$$V1(13.11)=L(13.11) \times V01 \times n(13)=1,2 \times 345 \times 4=924,6(l)$$

$$V2(13.1)=L(13.1) \times V02 \times n(13)=0,67 \times 64 \times 4=171,52(l)$$

$$V2(13.11)=L(13.11) \times V02 \times n(13)=1,2 \times 51 \times 4=244,8(l)$$

Tulemus:

Lõikamine- töötunnid

Vo2- kulutatud hapniku maht (gaas) [1]

Va- kulutatud atsetüleenide maht (gaas)

P\_ kesk- Keskmise palk

Vo2vedel- kulutatud hapniku maht (vedel)

mo2- kulutatud hapniku mass

Hind o2- hapniku hind

Va\_ vedel- kulutatud atsetüleenide maht (vedel)

ma- kulutatud atsetüleenide mass

Hinda- atsetüleenide hind

Hind lõikamine- ettevalmistuskulud

[3]

[4]

[2]

[5]

[6]



$$Lõikamine = \Sigma(t)$$

$$Lõikamine = 46 + 90,6 + 45,7 + 46,53 + 60,4 + 23,7 + 85 + 25,5 + 43,6 + 25,5 + 29,8 + 45,2 + 44,3 + 66,9 + 27,3 + 54,56 + 54,56 + 59,8 + 66 + 113,6 + 113 = 1167,55 \text{ min} = 19,5 \text{ t}$$

$$V_{o2} = \Sigma(V1)$$

$$V_{o2} = 3317 + 5078,4 + 2580,6 + 3433 + 5878 + 1208 + 1573 + 2102 + 1573 + 1804,6 + 2248,4 + 2160,8 + 8800 + 688 + 1376 + 1376 + 2280 + 1625 + 828 + 1247 + 1656 + 1152,5 + 1656 = 55641,3 \text{ l}$$

Üks liitrit vedelat hapnikku kaalub 1,13 kg ja aurustumisel annab umbes 800 liitrit gaasi

$$V_{o2 \text{ vedel}} = 55641 \div 800 = 69,55 \text{ l}$$

$$m_{o2} = 69,55 \div 1,13 = 61,5 \text{ kg}$$

$$\text{Hind } o_2 = 61,5 \times 1,97 = 121 \text{ €}$$

$$V_a = \Sigma(V2)$$

$$V_a = 511,2 + 750,7 + 381,48 + 529,2 + 761,76 + 186,3 + 232,6 + 324 + 232,6 + 278,1 + 346,5 + 333 + 665,6 + 102,4 + 204,8 + 204,8 + 328,3 + 242 + 122,4 + 185,6 + 244,8 + 171,52 + 244,8 = 7584,46$$

Üks liitrit vedelat atsetüleenit kaalub 1,09 kg ja aurustumisel annab umbes 880 liitrit gaasi

$$V_{a \text{ vedel}} = 7584,46 \div 880 = 8,6 \text{ l}$$

$$m_a = 8,6 \div 1,109 = 7,76 \text{ kg}$$

$$\text{Hinda} = 7,76 \times 10,225 = 79,35 \text{ €}$$

$$\text{Hind } lõikamine = \text{Hindpalk} + \text{Hinda} + \text{Hindo}_2 = (19,5 \times 11,3) + 79,35 + 121 = 415,05 \text{ €}$$

$$\text{Hind } lõikamine \text{ palk} = (T \times P_{\text{kesk}}) = 214,7 \text{ €}$$

$$P_{\text{kesk}} = 1430 / 168 = 8,50 \text{ €} = 8,50 \times 33\% + 8,50 = 11,3 \text{ €}$$

## 2.3 Kokkupanekku aja ja kulude arvutamine

Komplekt koosneb 13 osast, kokku 44 tükist. Üle 20 kg kaaluvate osade keskmine kokkupaneku kiirus on 20 minutit tku kohta (ettevõtte sisestandardid)

$$T_{\text{kokkupanek}} = 44 \times 20 = 880 \approx 15 \text{ t}$$

$$\text{Hindpalk kokkupanek} = (T \times P_{\text{kesk}}) = 15 \times 11,3 = 169,50 \text{ €}$$

## 2.4 Keevitamise aja ja kulude arvutamine

Esiteks arvutatakse keevisõembluste pikkus

Faas

$$L_{\delta 20 \times 45^\circ} = 6,4 \text{ m}$$

$$L_{\delta 25 \times 45^\circ} = 11,52 \text{ m}$$

$$L_{\delta 25 \times 45^\circ \text{ vertikaalne}} = 4,8 \text{ m}$$

$$L_{\delta 25 \times 60^\circ \text{ vertikaalne}} = 4,8 \text{ m}$$

$$L_{a7} = 39,2 \text{ m}$$

$K_{\text{madal}} = 1$  ruumilise asukoha koefitsient (allosas)

$K_{\text{vertikaalne}} = 1,1$  ruumilise asukoha koefitsient (vertikaalne)

Q- keevitatud materjali mass kg

$m_{\text{traat}}$ - traadi kaal =  $Q \times K$

$\gamma$ - keevitatud materjali tihedus =  $7850 \text{ kg/m}^3$

F- keevitatava materjali ristlõikepindala  $\text{m}^2$

$\alpha$ - voolutihedus juhtmes =  $100 \text{ A/mm}^2$

$\alpha H$ - keevitatud materjali tegur =  $11 \text{ g/(A} \times \text{t)}$

I- voolutugevus

$m_{\text{traat}} = Q \times K$

$$Q = F \times \gamma \times L$$

[5]

[7]

[9]

[10]

$$F_{\delta 20 \times 45^\circ} = \frac{0,02 \times 0,02}{2} = 0,0002 \text{ m}^2$$

$$F_{\delta 25 \times 45^\circ} = \frac{0,025 \times 0,025}{2} = 0,0003125 \text{ m}^2$$

$$F_{\delta 25 \times 60^\circ} = \frac{0,025 \times 0,025}{\sqrt{3}} = 0,000361 \text{ m}^2$$

$$F_{a7} = 0,007 \times 0,007 = 0,000049 \text{ m}^2$$

$$Q_{\delta 20 \times 45^\circ} = 0,0002 \times 7850 \times 6,4 = 10,048 \text{ kg}$$

$$Q_{\delta 25 \times 45^\circ} = 0,0003125 \times 7850 \times 11,52 = 28,26 \text{ kg}$$

$$Q_{\delta 25 \times 45^\circ \text{ vertikaalne}} = 0,0003125 \times 7850 \times 4,8 = 11,775 \text{ kg}$$

$$Q_{\delta 25 \times 60^\circ \text{ vertikaalne}} = 0,000361 \times 7850 \times 4,8 = 13,6 \text{ kg}$$

$$Q_{a7} = 0,000049 \times 7850 \times 39,2 = 15,08 \text{ kg}$$

$$m_{\text{traat } \delta 20 \times 45^\circ} = Q_{\delta 20 \times 45^\circ} \times K_{\text{madal}} = 10,048 \times 1 = 10,048 \text{ kg}$$

$$m_{\text{traat } \delta 25 \times 45^\circ} = Q_{\delta 25 \times 45^\circ} \times K_{\text{madal}} = 28,26 \times 1 = 28,26 \text{ kg}$$

$$m_{\text{traat } \delta 25 \times 45^\circ \text{ vertikaalne}} = Q_{\delta 25 \times 45^\circ \text{ vertikaalne}} \times K_{\text{vertikaalne}}$$

$$= 11,775 \times 1,1 = 12,95 \text{ kg}$$

$$m_{\text{traat } \delta 25 \times 60^\circ \text{ vertikaalne}} = Q_{\delta 25 \times 60^\circ \text{ vertikaalne}} \times K_{\text{vertikaalne}}$$

$$= 13,6 \times 1,1 = 14,96 \text{ kg}$$

$$m_{\text{traat}} = \Sigma(m_{\text{traat}})$$

$$m_{\text{traat}} = 10,048 + 28,26 + 12,95 + 14,96 = 66,218 \text{ kg}$$

$$H_{\text{indtraat}} = 66,218 \times 2,8 = 185,5 \text{ €}$$

$t = \frac{Q}{I \times \alpha_H} + 30\%t$ , kus  $Q$  - keevitatud materjali ja traati mass grammides ja  $30\%t$  - keevitaja liikumise aeg, seadmete puhastamine.

$$I = \frac{\pi \times d^2 \times \alpha}{4}$$

$$I_{\text{Ø}20 \times 45^\circ} = \frac{3,14 \times 1,2^2 \times 110}{4} = 146 \text{ A}$$

$$t_{\text{Ø}20 \times 45^\circ} = \frac{10048}{146 \times 11} + 30\%t = 6,25 + 1,875 = 8,125 \text{ t}$$

$$t_{\text{Ø}25 \times 45^\circ} = \frac{28260}{146 \times 11} + 30\%t = 17,6 + 5,3 = 22,9 \text{ t}$$

$$t_{\text{Ø}25 \times 45^\circ \text{ vertikaalne}} = \frac{12950}{146 \times 11} + 30\%t = 8,06 + 2,42 = 10,48 \text{ t}$$

$$t_{\text{Ø}25 \times 60^\circ \text{ vertikaalne}} = \frac{14960}{146 \times 11} + 30\%t = 9,31 + 2,79 = 10,1 \text{ t}$$

$$T_{\text{keevitus}} = \sum(t)$$

$$T_{\text{keevitus}} = 8,125 + 22,9 + 10,48 + 10,1 = 51,6 \text{ t}$$

$$H_{\text{indkeevitus}} = (T_{\text{keevitus}} \times P_{\text{kesk}}) = 51,6 \times 11,3 = 583,1 \text{ €}$$

## 2.5 Puurmasinate aja ja kulude arvutamine

Peame töötleva neli pinda  $400 \times 338 \text{ mm}$

**Masina peal IC2A637**

$N = 30 \text{ kwt}$

$M = 5000 \text{ Nm}$

$V_{\text{st}} = 5000 \text{ mm/min}$  - liikumise kiirus

$n_{\text{st}} = 1000 \text{ p/min}$  - pöörete sagedus

Tabeliparameetrid lõikamise arvutamiseks  $v$  - lõikamise kiirus

$v_s$  - etteandekiirus

$D$  - lõikuri läbimõõt =  $100 \text{ mm}$

$T$  - Tööriista eluea keskmised väärtused =  $180$  (tabeli väärtus)

$T_m$  -

$t$  - töötlemise sügavus =  $2 \text{ mm}$

$S_z$  - Sööt ühe lõikehamba kohta =  $0,4$  (tabeli väärtus)

$B$  - töödeldud pinna laius =  $D/1,5 = 70 \text{ mm}$

$Z$  - hammaste arv =  $16$  (tabeli väärtus)

$K_v$  - parandustegur =  $0,9$

$K_p$  - parandustegur =  $0,9$

$n$  - spindli kiirus

$P_z$  - lõikejõud

*M*- pöördemoment

*N*- Lõikevõimsus

*T*<sub>0</sub>- tehnoloogilise töötlemise aeg

*l*<sub>1</sub>=400mm - töödeldud pinna pikkus

*l*<sub>2</sub>=130mm - liikumise pikkus 1

*l*<sub>3</sub>=945mm- liikumise pikkus 2

*l*<sub>4</sub>=500mm - liikumise pikkus 3

*i*- läbimiste arv

[5]

[8]

[11]

Koefitsiendi ja eksponentide väärtused kiiruse valemis(tabeli väärtus)

*C<sub>v</sub>*= 332

*q<sub>v</sub>*=0,2

*x<sub>v</sub>*= 0,1

*y<sub>v</sub>*= 0,4

*u<sub>v</sub>*= 0,4

*p<sub>v</sub>*= 0

*m<sub>v</sub>*= 0,2

$$v = \frac{C_v \times D^{q_v}}{T^{m_v} \times t^{x_v} \times S_z^{y_v} \times B^{u_v} \times Z^{p_v}} \times K_v$$

$$v = \frac{332 \times 100^{0,2}}{180^{0,2} \times 2,5^{0,1} \times 0,4^{0,4} \times 70^{0,4} \times 16^0} \times 0,9 =$$

$$= \frac{332 \times 2,5}{2,82 \times 1,09 \times 0,7 \times 5,47 \times 1} \times 0,9 = 63,5 \text{ m/min}$$

koefitsient ja eksponendid ringjõu valemis

*C<sub>p</sub>*= 825

*q<sub>p</sub>*=1,3

*x<sub>p</sub>*= 1

*y<sub>p</sub>*= 0,75

*u<sub>p</sub>*= 1,1

*w<sub>p</sub>*= 0,2

lõikejõud

$$P_z = \frac{C_p \times t^{x_p} \times S_z^{y_p} \times B^{u_p} \times Z}{D^{q_p} \times n^{w_p}} \times K_p$$

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{1000 \times 63,5}{3,14 \times 100} = 202 \text{ об/мин}$$

$$v_s = S_z \times n \times Z$$

$$v_s = 0,4 \times 202 \times 16 = 1292,8 \text{ mm/min}$$

kohaneda tab-väärtusega 1250mm/min

$$P_z = \frac{825 \times 2,5^1 \times 0,4^{0,75} \times 70^{1,1} \times 16}{100^{1,3} \times 202^{0,2}} \times 0,9 =$$

$$= \frac{825 \times 2,5 \times 0,7 \times 107 \times 16}{398 \times 2,89} \times 0,9 = 1934 \text{ N}$$

Pöördemoment

$$M = \frac{P_z \times D}{2 \times 1000}$$

$$M = \frac{1934 \times 100}{2 \times 1000} = 96 \text{ Nm}$$

Lõikevõimsus

$$N = \frac{P_z \times v}{102 \times 60}$$

$$N = \frac{1934 \times 63,5}{102 \times 60} = 21 \text{ кВт} \leq 30 \times 80\% = 24 \text{ кВт}$$

$$T_0 = 2 \frac{(1+\Delta+12+\Delta) \times i}{v_s} + 4 \frac{1}{\frac{v_{st}}{13}} + 2 \frac{1}{\frac{v_{st}}{14}}$$

$$T_0 = 2 \frac{(400+15+130+15) \times 4}{1250} + 4 \frac{1}{\frac{5000}{945}} + 2 \frac{1}{\frac{5000}{500}} = 4,51 \text{ min}$$

Kuna masin ei ole varustatud lõikurile jahutusvedeliku varuga, on detaili paigaldamiseks vaja lisada umbes 5 minuti ja 1 tunni pikkune jahutusaeg.

geomeetrilise kontrolliga enne karusnaha / töötlemist

Kogu töötlemisaeg on 9,5 minutit, masina töö maksab 75 € / tund

$$T_m = T_0 + 1 = 1,105 \text{ ч}$$

$$\text{Hind}_{\text{mex}} = 1,105 \times 75 = 82,9 \text{ €}$$

## 2.6 Värvimiskulud

Meie maalitud pind 13m<sup>2</sup>

Vastavalt ettevõtte sisemistele standarditele tööjõukulud värvimiseks 0,6t/m<sup>2</sup>

Tähendab tööjõukulusid

$$T_v = 7,8 \text{ t}$$

Vastavalt ettevõtte sisemistele standarditele on värvikulu 0,8l/m<sup>2</sup>

$$\text{Hind}_v = (0,8 \times 13 \times 21,30) + (7,8 \times 11,30) = 309,64 \text{ €}$$

[5]

[12]

## 2.7 Tööjõu- ja tootmiskulud

*Hind<sub>m</sub>*- metalli hind

*Ttäis*- täistööaeg

*Hindtäis*- täishind ilma püsikuludeta

$Hind_m = 2636 \times 0,7 = 1845\text{€}$

$Ttäis = T_{\text{keevitus}} + T_{\text{kokkupanek}} + T_{\text{lõikamine}} + T_m + T_v$

$Ttäis = 51,6 + 15 + 19,5 + 1,105 + 7,8 = 91t$

$Hindtäis = Hind_{\text{mex}} + Hind_{\text{keevitus}} + Hind_v + Hind_{\text{traat}} + Hind_{\text{palk}}$

$\text{kokkupanek} + Hind_{\text{lõikamine}} + Hind_m$

$Hindtäis = 82,9 + 583,1 + 221,50 + 309,64 + 169,50 + 415,05 + 1845 = 3626\text{€}$

Konstruksioon kaalub 2636t

See tähendab 34,5 h / t metallkonstruktsiooni

Keskmine hind turul on 2,50 € kg, mis tähendab toode hinda 6590€.

Püsikulud moodustavad umbes 30% tellimusest.

See tähendab, et kogukulud on  $3626 + 6590 \times 30\% = 5603\text{€}$  või 85% tellimusest.

## 3. PROTSESSIDE OPTIMEERIMINE

Paragrahvis 1.2 saadetud arvutuste alusel ettevõttel on võimalik saada 15% kasumit. Samas see on marginaalne selleks pideva arengu jaoks. Selleks, et kasumlikusse näitajat parandada on vaja leida kitsaskohti, mis mõjutavad tootmist. Esimene kitsaskoht, mis silma torkab, on valmistamine. See moodustas tellimuse eest üle 20%. Seetõttu on esimene samm uute seadmete paigaldamine, et see etapp tulevikus kiiremini läbida.

### 3.1 Metallilõikamine

Vaata Tabel 1 ning Tabel 3, kus on visualiseeritud allpool toodud arvutused.

*L*- lõikepikkus

*t*- lõikamise aeg

*t*<sub>1</sub>- lõikamise aeg m/min (tabel1)

*t*<sub>2</sub>- eelsoojendamise aeg lõikamise alguses (tabel1)

*t*<sub>3</sub>- aeg osade vahetamiseks (konstant= 5 minutit vahetuses)

*t*<sub>4</sub>- tahku puhastamise aeg (1 meeter minutis)

*V*<sub>1</sub>- hapniku maht

*V*<sub>2</sub>- atsetüleeni maht

δ- materjali paksus

Detail №1 δ=20mm; n(1) =2(tk.)

$$L(1)=(2,44 \times 2)+(0,4 \times 2)=5,68(m)$$

$$t4=L(1) \times 1=5,68(min)$$

$$t(1)=((L(1) \times t1)+t2+t3+t4(1)) \times n(1)=((5,68 \times 2,04)+0,39+5+5,68) \times 2 \approx 46(min)$$

Detail №2 δ=25mm; n(2) =8(tk.)

$$L(2)=(0,32 \times 2)+(0,6 \times 2)=1,84(m)$$

$$t4(2)=L(2) \times 1=1,84(min)$$

$$t(2)=((L(2) \times t1)+t2+t3+t4(2)) \times n(2)=((1,84 \times 2,2)+0,44+5+1,84) \times 8 \approx 90,6(min)$$

Detail №3 δ25=mm; n(3) =4(tk.)

$$L(3)=(0,55 \times 2)+(0,35 \times 2)+(0,035 \times 2)=1,87(m)$$

$$t4(3)=L(3) \times 1=1,87(min)$$

$$t(3)=((L(3) \times t1)+t2+t3+t4(3)) \times n(3)=((1,87 \times 2,2)+0,44+5+1,87) \times 4 \approx 45,7(min)$$

Detail №4 δ=20mm; n(4) =2(tk.)

$$L(4)=(0,6 \times 2)+(2,34 \times 2)=5,88(m)$$

$$t4(4)=L(4) \times 1=5,88(min)$$

$$t(4)=((L(4) \times t1)+t2+t3+t4(4)) \times n(4)=$$
$$=((5,88 \times 2,04)+0,39+5+5,88) \times 2 \approx 46,53(min)$$

Detail №5 δ=50mm; n(5) =4(tk.)

$$L(5)=(0,635 \times 2)+(0,4 \times 2)=2,07(m)$$

$$t4(5)=L(5) \times 1=2,07(min)$$

$$t(5)=((L(5) \times t1)+t2+t3+t4(5)) \times n(5)=((2,07 \times 3,55)+0,68+5+2,07) \times 4 \approx 60,4(min)$$

Detail №5 δ=50mm; n(5) =4(tk.) lõigatava metalli paksus 79° 153mm

$$L(5.1)=(0,4 \times 2)=0,8(m)$$

$$t4(5.1)=L(5.1) \times 1=0,8(min)$$

$$t(5.1)=((L(5.1) \times t1)+t2+2t3+t4(5.1)) \times n(5)=$$
$$=((0,8 \times 5,9)+1,2+(2 \times 5)+0,8) \times 4 \approx 66,9(min)$$

Detail №6 δ=20mm; n(6) =2(tk) lõigatava metalli paksus 45° 28,3mm siis vali 30mm

$$L(6)=(0,645 \times 2)=1,29(m)$$

$$L(6.1)=(0,4 \times 2)=0,8(m)$$

$$t4(6)=(L(6)+L(6.1))\times 1=1,29+0,8=2,09(\text{min})$$

$$t(6)=((L(6)\times t1)+(L(6.1)\times t1.1)+t2+t3+t4(6))\times n(6)=$$

$$((1,29\times 2,07)+(0,8\times 2,95)+0,48+5+2,09)\times 2\approx 25,2(\text{min})$$

Detail N°7  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(7) = 4(\text{tk.})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm

$$L(7)=(0,2625\times 2)=0,525(\text{m})$$

$$L(7.1)=(0,4\times 2)=0,8(\text{m})$$

$$t4(7)=(L(7)+L(7.1))\times 1=1,325(\text{min})$$

$$t(7)=((L(7)\times t1)+(L(7)\times t1)+t2+t3+t4(7))\times n(7)=$$

$$=((0,525\times 2,07)+(0,8\times 2,95)+0,48+5+1,325)\times 4\approx 41(\text{min})$$

Detail N°8  $\delta 25=\text{mm}$ ;  $n(8) = 2(\text{tk.})$

$$L(8)=(0,54\times 2)+(0,6\times 2)=2,28(\text{m})$$

$$t4(8)=L(8)\times 1=2,28(\text{min})$$

$$t(8)=((L(8)\times t1)+t2+t3+t4(8))\times n(8)=((2,28\times 2,2)+0,44+5+2,28)\times 2\approx 25,5(\text{min})$$

Detail N°9  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(9) = 4(\text{tk.})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm

$$L(9)=(0,5\times 2)=1(\text{m})$$

$$L(9.1)=(0,4\times 2)=0,8(\text{m})$$

$$t4(9)=(L(9)+L(9.1))\times 1=1,8(\text{min})$$

$$t(9)=(((L(9)\times t1)+(L(9)\times t1)+t2+t3+t4(9))\times n(9)=((1\times 2,07)+$$

$$(0,8\times 2,95)+0,48+5+1,8)\times 4\approx 46,84(\text{min})$$

Detail N°10  $\delta 25=\text{mm}$ ;  $n(10) = 2(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  35mm

$$L(10)=(0,54\times 2)+(0,6\times 2)=2,28(\text{m})$$

$$t4(10)=L(10)\times 1=2,28(\text{min})$$

$$t(10)=((L(10.1)\times t1)+t2+t3+t4(10.1))\times n(10)=$$

$$=((2,28\times 3,1)+0,52+5+2,28)\times 2\approx 29,7(\text{min})$$

Detail N°11  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(11) = 2(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm, lõigatava metalli paksus  $32^\circ$  23,6mm siis vali 25mm

$$L(11)=(0,945\times 2)+(0,6\times 2)=3,09(\text{m})$$

$$L(11.1)=(0,945\times 2)=1,89(\text{m})$$

$$L(11.11)=(0,6\times 2)=1,2(\text{m})$$

$$t4(11)=L(11)\times 1=3,09(\text{min})$$

$$t(11)=(((L(11.1)\times t1)+t2)+((L(11.11)\times t1)+t2+t3))+t4(11.1))\times n(11)=$$



$$=(((1,89 \times 2,95) + 0,48 + ((1,2 \times 2,85) + 0,44 + 5 + 3,09)) \times 2 \approx 36(\text{min}))$$

Detail №12  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(12) = 4(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm, lõigatava metalli paksus  $32^\circ$  23,6mm siis vali 25mm

$$L(12) = (0,3625 \times 2) + (0,6 \times 2) = 1,925(\text{m})$$

$$L(12.1) = (0,3625 \times 2) = 0,725(\text{m})$$

$$L(12.11) = (0,6 \times 2) = 1,2(\text{m})$$

$$t_4(12) = L(12) \times 1 = 1,925(\text{min})$$

$$t(12) = (((L(12.1) \times t_1) + t_2) + ((L(12.11) \times t_1) + t_2 + 2t_3)) + t_4(12.1)) \times n(12) = \\ = (((0,725 \times 2,95) + 0,48) + ((1,2 \times 2,85) + 0,44 + 5) + 1,925) \times 4 \approx 54(\text{min})$$

Detail №13  $\delta=20\text{mm}$ ;  $n(13) = 4(\text{tk})$  lõigatava metalli paksus  $45^\circ$  28,3mm siis vali 30mm, lõigatava metalli paksus  $32^\circ$  23,6mm siis vali 25mm

$$L(13) = (0,6 \times 2) + (0,325 \times 2) = 1,85(\text{m})$$

$$L(13.1) = (0,335 \times 2) = 0,67(\text{m})$$

$$L(13.11) = (0,6 \times 2) = 1,2(\text{m})$$

$$t_4(13) = L(13) \times 1 = 1,85(\text{min})$$

$$t(13) = (((L(13.1) \times t_1) + t_2) + ((L(13.11) \times t_1) + t_2 + 2t_3)) + t_4(13.1)) \times n(13) = \\ = (((0,67 \times 2,95) + 0,48) + ((1,2 \times 2,85) + 0,44 + (2 \times 5)) + 1,87) \times 4 \approx 73(\text{min})$$

Tulemus:

*T- töötunnid*

$$T = \sum(t)$$

$$T = 46 + 90,6 + 45,7 + 46,53 + 60,4 + 66,9 + 25,2 + 41 + 25,5 + 46,84 + 29,7 + 36 + 54 + 53 = 667\text{m} \\ \text{in} = 11.1\text{t}$$

See vähendab valmistamise hinda 42% võrra ning säästab kuni 12% tööaega, mis omalt poolt säästab 95€ ehk 1,5% terve tellimuse pealt. Seega, ajakulu toode tonni pealt 4,2 tundi 7,4 tundi asemel. Üldjuhul montaaži ja keevitamisega tegeleb päevas 80 inimest. Selles 2,63 tonni kaaluvas tellimuses osaleb 10 inimest, mis tähendab, et sujuvaks tootmiseks tuleb koristada 21 tonni päevas.

Uue autoga maksab see 88,2 tundi, mis on 996 €.

Vana varustusega 155 tundi, mis on 1756 €.

Vahe on 960 € päevas.

## 3.2 Faasilõikus

Uus masin lõikab ja faasilõikab samal ajal. Tuleks välja tuua, et uue masina kasutuse käigus atsetüleeni kasutuse maht ei muutu projekti jaoks, kuid tööaeg väheneb oluliselt.

### 3.3 Kokkupanekku aja ja kulude arvutamine

Kokkupanekku aja ja kulude arvutamine on jäänud optimeerimisülesanne skoobist välja.

### 3.4 Keevitamise arvutamine erinevate parameetritega

Ettevõtte kasutab traati 1.2 mm, mida kasutatakse kõigi konstruktsioonide keevitamiseks. Samas kui üle minna traadile 1.6 mm, siis see suurendab keevitamise tootlikkust. Traadi tarbimine ei muutu, kuna keevismetalli mass jääb samaks.

Samas rakendamiseks on vaja keevitajad ümber õpetada.

$$t = \frac{Q}{I \times \alpha_H} + 30\%t, \text{ kus } Q - \text{ keevitatud materjali ning traati mass grammides ning } 30\%t -$$

keevitaja liikumise aeg nt seadmete puhastamine jne.

$$I = \frac{\pi \times d^2 \times \alpha}{4}$$

$$I_{\delta 20 \times 45^\circ} = \frac{3,14 \times 1,6^2 \times 110}{4} = 221A$$

$$t_{\delta 20 \times 45^\circ} = \frac{10048}{221 \times 11} + 30\%t = 4,13 + 1,24 = 5,37t$$

$$t_{\delta 25 \times 45^\circ} = \frac{28260}{221 \times 11} + 30\%t = 11,63 + 3,49 = 15,1t$$

$$t_{\delta 25 \times 45^\circ \text{ vertikaalne}} = \frac{12950}{221 \times 11} + 30\%t = 5,33 + 1,6 = 6,93t$$

$$t_{\delta 25 \times 60^\circ \text{ vertikaalne}} = \frac{14960}{221 \times 11} + 30\%t = 6,15 + 1,845 = 8t$$

$$T_{\text{keevitus}} = \sum(t)$$

$$T_{\text{keevitus}} = 5,37 + 15,1 + 6,93 + 8 = 35,4t$$

Antud optimeerimise protsessi kasutus viib erinevusele 16,2 tundi konstrueerimise peale, mis on 183€. See teeb keevitamist 30% soodsam. Kuna tootmises on umbes 50 keevitajat, siis kokkuhoid on päevas 1356€.

### 3.5 Puurmasinate aja ja kulude arvutamine

Samuti peame töötleva neli pinda 400\*338mm

Masinal UNION SHEMNITZ PCR150

$$N = 30 \text{ kwt}$$

$$M = 5000 \text{ Nm}$$

$V_{st}=5000\text{mm}/\text{min}$ -liikumise kiirus  
 $n_{st}=1000\text{ p}/\text{min}$  -pöörete sagedus

Tabeliparameetrid lõikamise arvutamiseks  $v$ -lõikamise kiirus

$v_s$ - etteandekiirus

$D$ - lõikuri läbimõõt =100mm

$T$ - Tööriista eluea keskmised väärtused =180(tabeli väärtus)

$T_m$ - mehaanilised kogukulud töötlemine

$t$ - töötlemise sügavus =2mm

$S_z$ - Sööt ühe lõikehamba kohta = 0,4(tabeli väärtus)

$B$ - töödeldud pinna laius = $D/1,5=70\text{mm}$

$Z$ - hammaste arv =16(tabeli väärtus)

$K_v$ - parandustegur =0,9

$K_p$ - parandustegur =0,9

$n$ - spindli kiirus

$P_z$ - lõikejõud

$M$ - pöördemoment

$N$ - Lõikevõimsus

$T_0$ - tehnoloogilise töötlemise aeg

$l_1=400\text{mm}$  - töödeldud pinna pikkus

$l_2=130\text{mm}$  - liikumise pikkus 1

$l_3=945\text{mm}$ - liikumise pikkus 2

$l_4=500\text{mm}$  - liikumise pikkus 3

$i$ - läbimiste arv

Koefitsiendi ja eksponentide väärtused kiiruse valemis(tabeli väärtus)

$C_v= 332$

$q_v=0,2$

$x_v= 0,1$

$y_v= 0,4$

$u_v= 0,4$

$p_v= 0$

$m_v= 0,2$

$$v = \frac{C_v \times D^{q_v}}{T^{m_v} \times t^{x_v} \times S_z^{y_v} \times B^{u_v} \times Z^{p_v}} \times K_v$$

$$v = \frac{332 \times 200^{0,2}}{240^{0,2} \times 5^{0,1} \times 0,4^{0,4} \times 130^{0,4} \times 20^0} \times 0,9 =$$

$$= \frac{332 \times 2,88}{2,99 \times 1,175 \times 0,7 \times 7 \times 1} \times 0,9 = 50\text{m}/\text{min}$$

koefitsient ja eksponendid ringjõu valemis

$$Cp = 825$$

$$qp = 1,3$$

$$xp = 1$$

$$yp = 0,75$$

$$up = 1,1$$

$$wp = 0,2$$

Lõikejõud

$$Pz = \frac{Cp \times t^{xp} \times Sz^{yp} \times B^{up} \times Z}{D^{qp} \times n^{wp}} \times Kp$$

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{1000 \times 50}{3,14 \times 200} = 80 \text{ p/min}$$

$$vs = Sz \times n \times Z$$

$$vs = 0,4 \times 80 \times 20 = 640 \text{ mm/min}$$

$$Pz = \frac{825 \times 5^1 \times 0,4^{0,75} \times 130^{1,1} \times 20}{200^{1,3} \times 80^{0,2}} \times 0,9 =$$
$$= \frac{825 \times 5 \times 0,7 \times 211,5 \times 20}{980 \times 2,4} \times 0,9 = 4673 \text{ N}$$

Pöördemoment

$$M = \frac{Pz \times D}{2 \times 1000}$$

$$M = \frac{4673 \times 200}{2 \times 1000} = 467 \text{ Nm}$$

$$\text{Lõikevõimsus } N = \frac{Pz \times v}{102 \times 60}$$

$$N = \frac{4673 \times 50}{102 \times 60} = 38 \text{ kBT} \leq 52 \text{ kwt}$$

$$T0 = \frac{(l1 + \Delta + l2 + \Delta) \times i}{vs} + \frac{1}{V_{st} l3} 2 + \frac{1}{V_{st} l4}$$

$$T0 = \frac{(400 + 15 + 130 + 15) \times 4}{640} + \frac{1}{\frac{6000}{945}} 2 + \frac{1}{\frac{6000}{500}} = 3 \text{ min}$$

Masin on varustatud jahutusega ja mõõdab vastavalt programmile, nii et paigaldusaeg võtab 70% vähem ja on 0,3 tundi

Tulemus:

Töötlemisaeg 3 min, masin maksis 150 € / tund

$$Tm = T0 + 0,3 = 0,35 \text{ t}$$

$$\text{Hindmex} = 0,35 \times 150 = 52,5 \text{ €}$$

*Erinevus 37,2 eurot operatsiooni kohta*

*Peale selle, et operaatori aeg on alla 0,8 tunni*

*Teisisõnu: päevas saab toota 22 tükki, mis säästaks päevas 820€ raha*

*Vanas masinas on võimalik toota ainult 7 tükki*

### **3.6 Värvimiskulud**

Värvimiskulud on jäänud optimeerimisülesanne skoobist välja.

### **3.7 Tööjõu- ja tootmiskulud**

Tööjõu- ja tootmiskulud on jäänud optimeerimisülesanne skoobist välja.

## KOKKUVÕTE

Selle töö eesmärgidena oli kitsaskohtade leidmine ja analüüs. Peamine idee oli kirjeldada levinud tootmise protsess ning pakkuda omalt poolt optimeerimise lahendusi kasutades Axis Tech Estonia näitena.

Töökäigus olid ülevaated ainult üksikud optimeerimismeetmed, mis kõige rohkem silma torkavad. Ehk tegelikult seal on palju rohkem võimalikke optimeerimise lahendusi. Optimeerimis käigus oli vahetatud metalli lõikamise masin, mis lõikab ja faasilõikab samal ajal, oli pakutud üle minna traadile 1.6 mm, mis suurendab keevitamise tootlikkust ning kasutada uut ja võimast puurmasinat. Optimeerimise tulemuseks on 20% kasumlikus 15% asemel, mis potentsiaalset annab rohkem võimalust edaspidiseks ettevõtte erendamiseks. Samas tahaks pöörata tähelepanu, et tegelikult kitsaskoht ei kao kuhugi aga lihtsalt liigub teise tootmisetappi mõnes teises formaadis ja olles probleemi ühes kohas lahendanud, on vaja seda otsida mujalt. Näiteks võib tekkida probleem materjalide ostmisel soodsama hinnaga, sest hind turul muutub pidevalt ja mida odavam materjal, seda tulusam on toodete tootmine. Ja selle probleemi lahendamiseks on vaja lahendada probleem tellimuste iseendaga ja ideaalis omandama tellimuste pakett ette nähtud aastaks, siis saab ostuosakond osta materjale, kui hind on kõige madalam. Samuti on suurteil partiidel parem hind, mida võiks edukalt kasutada kasumliku suurendamise kaoks.

Teisisõnu on ettevõtte juhtimine pidev probleemide ja nende lahenduste otsimine. Üks probleemide lahendusest on tehnoloogiliste protsesside optimeerimine, millest mõnda oleme kaalunud. Lõppude lõpuks, nagu eespool mainitud, ei seisa tehnoloogiad paigal ja konkurentsivõime tagamiseks on vaja pidevalt tuvastada kitsaskohti ja ka tootmist moderniseerida.

## **SUMMARY**

The aim of this bachelor thesis to find out and analyse of bottlenecks within production process. The main idea was to describe common production process and suggest own ways of optimization using Axis Tech Estonia as example.

Only some individual the most conceptual optimization measures have been reviewed during the investigation. It means that there exist a lot of others different possible optimization measures. During the optimisation, a metal cutting machine has been replaced by new one, which cuts and makes a chamfers, at the same time, it was offered to switch to wire 1.6 mm, which will increase welding productivity and use a new and powerful drilling machine.

The optimisation has resulted the increase in profit, new result is 20% profit vs 15% without optimisation. This potentially gives more opportunities for future development of the company. At the same time, it should be pointed out that, bottlenecks doesn't disappear but just moves to another stage of production process in another format, and having solved the problem in one place, it is necessary to look for it elsewhere.

For example, there may be a problem with buying materials at a lower price, because the price on the market is constantly changing and if the material is cheaper then company can have the more profitable the production of products. And to solve this problem it is necessary to solve the problem with orders as such and ideally acquire an order package for a whole following year, then the purchasing department can buy materials when the price is the lowest. Large batches also have a better price that could be successfully used to increase profitability.

In other words, running a business is a continuous search for problems and their solutions. One solution to the problems is the optimization of technological processes, some of which we have considered. After all, as mentioned above, technologies are not at a standstill and bottlenecks need to be continuously identified and production modernized to ensure competitiveness.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. <https://weldering.com/acetilen-gaz-samoy-vysokoy-temperaturoy-plameni#toc-6> (12.05.21)
2. <http://delta-grup.ru/bibliot/24/96.htm> (2,05,21)
3. <https://weldering.com/kislorod-rozhdayushchiy-kisloty>(12.05.21)
4. <https://mechanicinfo.ru/kakie-svoystva-kisloroda-ves-1-m3-kisloroda-ves-zhidkogo-kisloroda-sposoby-polucheniya-kisloroda/> (12.05.21)
5. <https://teadmiseks.ee/ru/poleznoe/minimalnaja-zarplata/> (18.05.2021)
6. <http://www.metanex.ee/toostusgaaside-hinnakiri/>(2,05,21)
7. Справочник сварщика под редакцией доктора технических наук профессора В.В.Степанова издание четвертое, переработанное и дополненное Москва <Машиностроение> 1982г стр210-246(2,05,21)
8. Справочник технолога машиностроителя II том, в редакции доктора технических наук профессора А.Н. Малова <Машиностроение> 1972г(2,05,21)
9. <https://www.zavodsz.ru/files/gost/Raschet-rezimov-el-svarki-i-naplavki.pdf>(12.05.21)
10. <https://www.autokaubad24.ee/ru/tovar/instrument-apparat-dl-svarki-svarocna-provoloka/>(12.05.21)
11. [http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel17M600.pdf#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%20%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%20%D1%84%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%D1%81%D1%8F,%D0%BC%2F%D1%81%3A%20V%3D%20%D0%2%B7n%20%2F%20\(1000%C2%B760\)%2C](http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel17M600.pdf#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%20%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%20%D1%84%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%D1%81%D1%8F,%D0%BC%2F%D1%81%3A%20V%3D%20%D0%2%B7n%20%2F%20(1000%C2%B760)%2C)(12.05.21)
12. <https://www.bauhof.ee/ru/kraska-dlja-metalla-hammerite-smooth-750ml-temno-korichnevaja-045930> (12.05.21)



# LISAD

**Madala süsinikusaldusega terase ühekordse löikega hapniku lõikamise peamine aeg (tabel 1)**

Metalli paksus, mm	Lõikekiirus, mm / min	Aeg 1 rm. m lõigatud, min.	Ühe kuumutamise aeg lõikamise alguses, min			
			lehe servast lõikamine		suletud ahelaga lõikamine leht	
			atsetüleen	maagaas	atsetüleen	maagaas
5	645	1,55	0,095	0,15	0,23	0,37
10	585	1,71	0,12	0,19	0,28	0,45
15	515	1,94	0,135	0,22	0,34	0,54
20	490	2,04	0,145	0,23	0,39	0,62
25	455	2,2	0,155	0,25	0,44	0,70
30	435	2,3	0,17	0,27	0,48	0,77
35	410	2,44	0,18	0,29	0,52	0,83
40	390	2,56	0,19	0,30	0,58	0,93
45	375	2,67	0,20	0,32	0,62	0,95
50	365	2,74	0,22	0,35	0,68	1,10
60	340	2,94	0,25	0,40	-	-
70	320	3,13	0,28	0,45	-	-
80	300	3,34	0,31	0,50	-	-
90	285	3,51	0,33	0,53	-	-
100	270	3,71	0,36	0,58	-	-

[2]

**Madala süsinikusaldusega terase käsitsi hapniku lõikamise peamine aeg (tabel 2)**

Metalli paksus, mm	Lõikekiirus, mm / min	Aeg 1 rm. m lõigatud, min.	Ühe kuumutamise aeg lõikamise alguses, min			
			lehe servast lõikamine		suletud ahelaga lõikamine leht	
			atsetüleen	maagaas	atsetüleen	maagaas
5	500	2,0	0,09	0,15	0,23	0,37
10	455	2,2	0,12	0,19	0,28	0,45
15	400	2,50	0,13	0,22	0,34	0,54
20	380	2,60	0,14	0,23	0,39	0,62
25	350	2,85	0,15	0,25	0,44	0,70
30	340	2,95	0,17	0,27	0,48	0,77
35	320	3,10	0,18	0,29	0,52	0,83
40	305	3,25	0,19	0,30	0,58	0,93
45	290	3,45	0,20	0,32	0,62	0,99
50	280	3,55	0,22	0,35	0,68	1,10
60	260	3,85	0,25	0,40	-	-
70	250	4,0	0,28	0,45	-	-
80	235	4,25	0,31	0,50	-	-
90	220	4,55	0,33	0,53	-	-
100	210	4,75	0,36	0,58	-	-
120	195	5,10	0,41	0,66	-	-
150	170	5,90	0,48	0,77	-	-
170	155	6,45	0,53	0,85	-	-
200	135	7,40	0,60	0,96	-	-
250	115	8,65	0,70	1,12	-	-
300	95	10,5	0,80	1,28	-	-

[2]

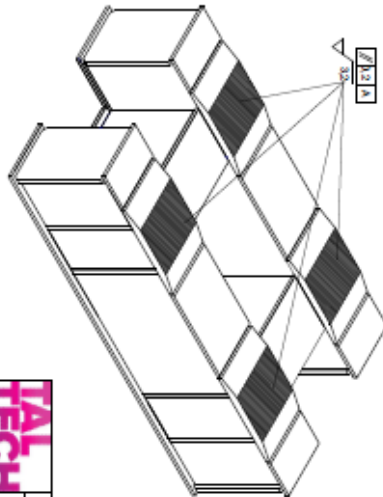
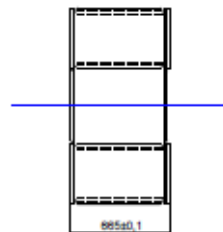
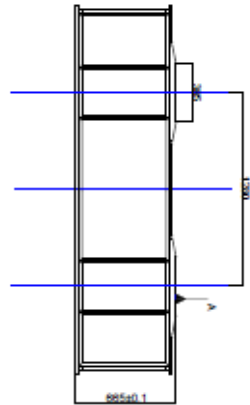
**Ligikaudne spetsiifiline gaasitarbimine madala süsinikusaldusega terase atsetüleen-  
hapnik käsitsi lõikamiseks (tabel 3)**

Metalli paksus, mm	№ Tõrviku ots	Hapniku rõhk, kgf/cm <sup>2</sup>	Keskmine lõikelaius, mm	Tarbimine 1 m lõike kohta, l	
				hapnik	atsetüleen
4	1	3-4	3,5	74	11
6	1	3-4	3,5	102	13
8	1	3-4	3,5	130	20
10	1	3-4	3,5	158	24
12	1	3-4	3,5	184	29
15	1	3-4	3,5	224	34
18	1	3-4	3,5	270	41
20	1	3-4	3,5	292	45
25	1	3-4	3,5	345	51
30	2	4-5	4,5	430	64
40	2	4-5	4,5	570	78
50	3	5-7	5,5	710	92
60	3	5-7	5,5	810	100
80	3	5-7	5,5	1200	130
100	4	7-10	7,0	1500	158
150	4	7-10	7,0	2750	208
200	5	10-13	9,0	3950	248
250	5	10-13	9,0	5300	292
300	5	10-13	9,0	7150	356

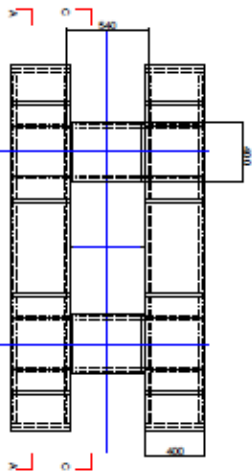
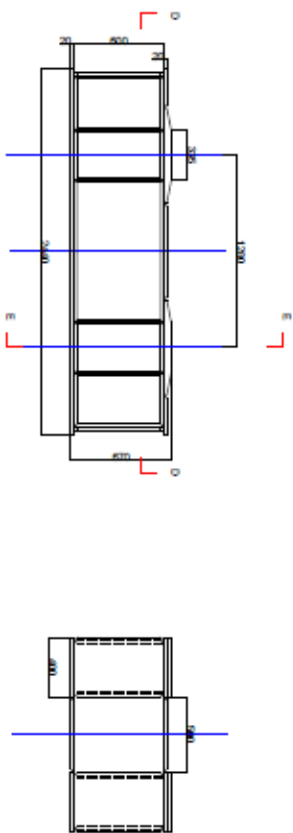
[2]

## **GRAAFILINE OSA**

1. Leht 1 Vitali Kazatšenko lõputöö mehaaniline taastamine
2. Leht 2 Vitali Kazatšenko lõputöö kokkupanek ja keevitus
3. Leht 3 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam lõige A-A
4. Leht 4 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam Vaade B
5. Leht 5 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam lõige C-C
6. Leht 6 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam lõige D-D
7. Leht 7 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam lõige E-E
8. Leht 8 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 1
9. Leht 9 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 2
10. Leht 10 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 3
11. Leht 11 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 4
12. Leht 12 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 5
13. Leht 13 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 6
14. Leht 14 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 7
15. Leht 15 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 8
16. Leht 16 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 9
17. Leht 17 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 10
18. Leht 18 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 11
19. Leht 19 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 12
20. Leht 20 Vitali Kazatšenko lõputöö Raam detail 13



<b>TalTech</b>				LÕPUTÕÖ RDER 06 / 11 Masinaehituse tehnoloogia			
Kauplev Mini / Perikonnamini	Kauplev	Amin					
JOONISTAS	V. Kazatšenko	20.05.21					
Kontrollis	T. Buratšikova						
RAAM mehaaniline taastamine				Kaas. kg			
Vitali Kazatšenko				Materjal			
A154203				Keskmine			
				Lah 1		Lahel 20	
				TalTech Virumaa Kolledž RDER			



№	Паннус	Осн нвил	Лейт	Аы	Ксал, кг м	Материал
13	20	Рауи детал 13	20	4	31,6	S355L2
12	20	Рауи детал 12	19	4	34,2	S355L2
11	20	Рауи детал 11	18	2	80,6	S355L2
10	25	Рауи детал 10	17	2	63,6	S355L2
9	20	Рауи детал 9	16	4	31,5	S355L2
8	25	Рауи детал 8	15	2	63,6	S355L2
7	20	Рауи детал 7	14	4	16,7	S355L2
6	20	Рауи детал 6	13	2	40,7	S355L2
5	50	Рауи детал 5	12	4	99,7	S355L2
4	20	Рауи детал 4	11	2	220,5	S355L2
3	25	Рауи детал 3	10	4	49,6	S355L2
2	25	Рауи детал 2	9	8	37,6	S355L2
1	20	Рауи детал 1	8	2	153,2	S355L2

**LÖPUTÖÖ RDER 06 /11 Masinaehituse tehnoloogija**

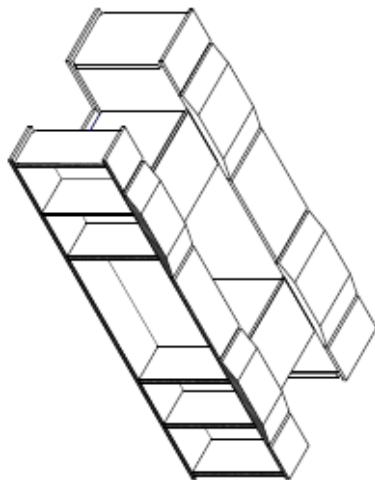
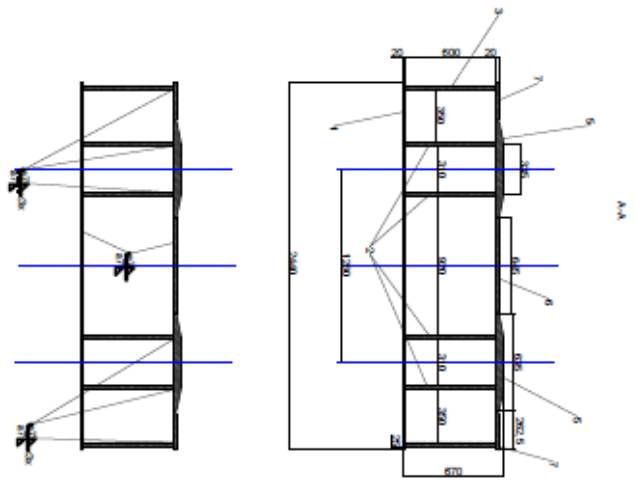
**RAAM Kokkupanek ja keevitus**

<b>TAL TECH</b>			
Клиппев Нини, "Ревконсамини" Коопсеб АМН	Коопсеб АМН		
ЮОНИСТАS	V. Kazaienko	20.05.21	
Контролис	T. Emskova		

Vitaji Kazaienko  
A154203

TalTech Virumaa Kõledž  
RDER

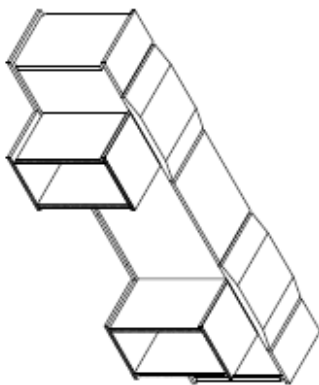
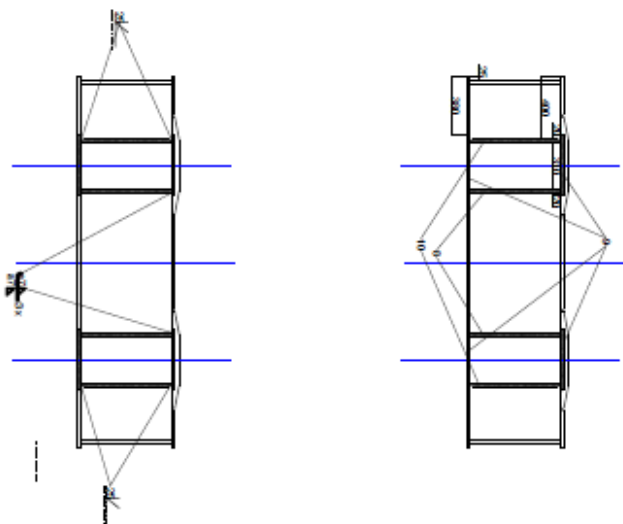
Квал, кг	Материал	АК00000000
2036		1,25
Лейт	2 Лейт	20



		Коопдөв Минн /Perekonnasmini JOONISTAJAS V. Kazatsenko Kontrollis T. Burasikova		Коопдөв 20.06.21		Акми					
LÕPUTOÕ RDER 06/11 Masinaehituse tehnoloogia										RAAM Lõige A-A	
Vitaji Kazatsenko A154203										Kaal, kg 2638	
										Mõõdud 1:25	
										Lõht 3 Lõhnud 20	
										TallTech Virumaa Kõledž RDER	







**TAL  
TECH**

	Купшев Мині / Perekonovskiy	Купшев	АМН		
ДИЗАЙНЕР	В. Казайсенко	20.05.21			
КОНТРОЛЛЕР	Т. Бурашкова				

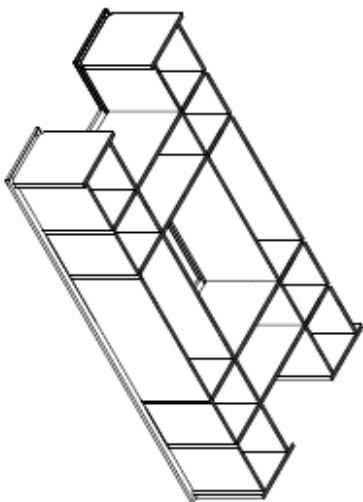
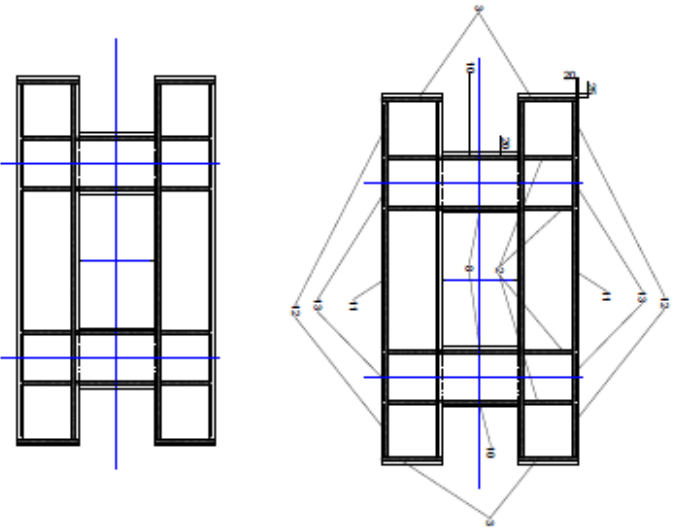
ЛӨПУТОО RDER 06 / 11 Машинчилуу технологийя

РААМ Лдйге С-С

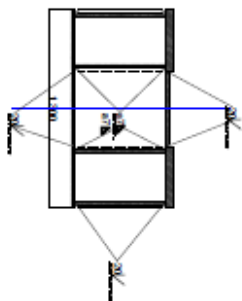
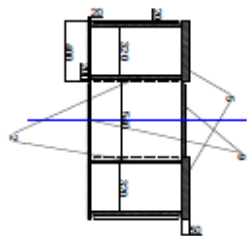
Витали Казайсенко  
A154203

Карт. №	Материал	Масштаб
2638		1:25
Лист	5	Лист
		20

TalTech Virumaa Kollidz  
RDER

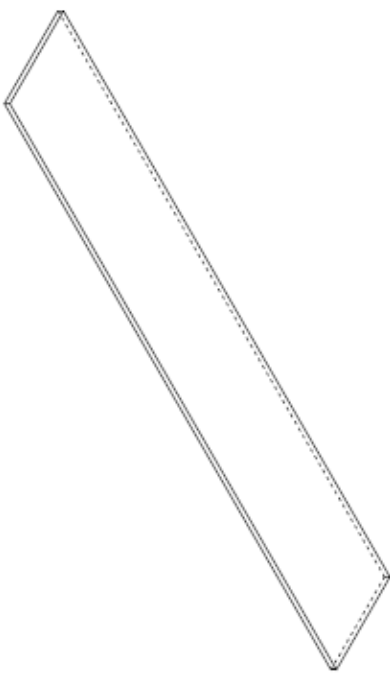
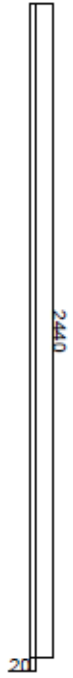


<b>TAL TECH</b>				<i>LÕPUTÕÖ RDER 06 /11 Masinaehituse tehnoloogia</i>				
				<b>RAAM Lõige D-D</b>		Kaal, kg	Materjal	Mõõtmised
JOOVISTAS	Kauplev Ninn, Perekonnanimi	Kauplev	AMR	V. Kazaišenko	20.05.21	2636		1,25
Koostöökis	T. Ebarškova					Leht	6   Lehtid	20
				Vitali Kazaišenko A154203		TalTech Virumaa Kõledz RDER		

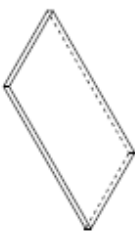
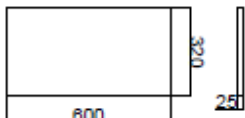


**TAL  
TECH**

LÕPUTÖÖ RDER 06/11 Masinaehituse tehnoloogia			
<b>RAAM Lõige E-E</b>			
Kujutseja	Nimi / Perekonnanimi	Kujutseja	AAM
JOOBUSTAS	V. Kazaišenko	20.06.21	
Kontrollis	T. Buraskova		
Viitaj Kazaišenko A154203			TalTech Virumaa Kõledž RDER
	Kaard. lg	Maskeerid	Mõõtkava
	2036		1:25
	Lahit	7 Lahit	20



<b>TAL TECH</b>											
	Клипаев	Мини / Переконантми	Клипаев	АММ							
УОЧНИСТАС	И. Казайшенко	20.08.21									
Контракт	Т. Бараткина										
<b>ЛӨПУТӨӨ RDER 06 /111 Машинæһитусе технология</b>					<b>RAMM Детайл 1</b>		Камл. НГ		Материал	Масштаб	
Vitalii Kazaišenko A154203					Vitalii Kazaišenko A154203		153.2		S335J2	1:15	
							Равис				
							20				
							Ламп		8	Ламп	
										20	
									TalTech Virumaa Kõledž		
									RDER		



	Купцубей	Мини / Проектконструктор	Купцубей	АМН	
	ЖОСМЫСТАН	У. Казайсенко	20.06.21		
	Көзөргөч	Т. Барыскова			

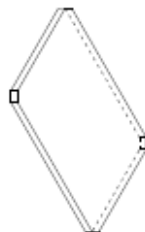
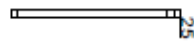
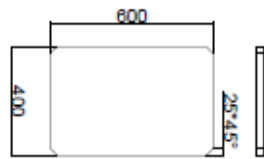
*ЛӨПУТӨӨ RDER 06 /11 Машинехитусе технология*

**RAMM Detail 2**

*Virali KazaiSenko A154203*

Кaal, kg	Материал	Масштаб
37,6	S355L2	1:15
25		
Ләһи	9	Ләһел
		20

TalTech Virumaa Kõlleddž  
RDER



**TAL  
TECH**

Купувач/Мирр./Переконаними/Купувач/АМН/					
КООНІСТАС	V. Kazaienko	20.05.21			
Контракт	T. Buratskova				

LÕPUTÕÕ RDER 06 /11 Masinaehituse tehnoloogia

**RAAM Detail 3**

Vitaji Kazaienko A154203

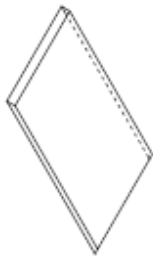
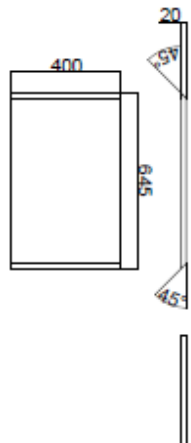
Кaal, kg	Материал	Масштаб
46,9	S385L2	1:15
Рисунг		
25		
Лист	10 Лист	20

TalTech Virumaa Kolledž  
RDER

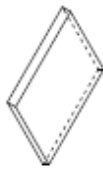
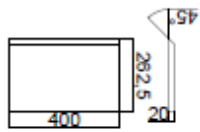








TAL TECH				LÕPUTÕÕ RDER 06 / 11 Masinaehituse tehnoloogia			
Kirjeldus	Mini_Perekonnamini	Kuupdruv	Ahvi	RAAM Detail 6			
JOOUSTAS	V. Kazaisenko	20.08.21					
Kontrollis	T. Baratskova			Vitalii Kazaisenko A154203		TalTech Virumaa Kolledž RDER	
				Kaal, kg	Materjal	Masoonus	
				40,7	S355L2	1:15	
				Paksus			
				20			
				Laiud	131 Laiud		20



**TAL  
TECH**

Коллектив	Имя	Переконсультант	Коллектив	Адрес
ЖОДИСТАС	У. Казатшенко	20.05.21		
Команда	Т. Бараткыра			

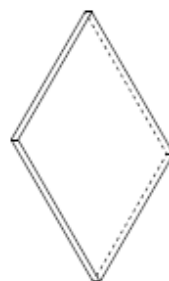
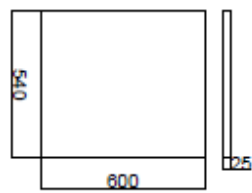
*ЛӨПУТӨӨ RDER 06/11 Машинанын технология*

**РААМ Детал 7**

*Витали Казатшенко А154203*

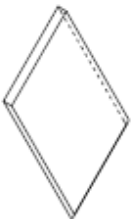
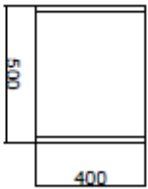
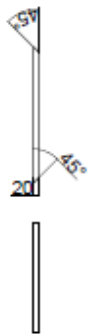
Көлөмү	16,7	Материал	М305С12	Масштаб	1:15
Фазасы	20	Лампа	14	Лампа	20

**TalTech**  
Virumaa Kõlledež  
RDER



**TAL  
TECH**

Куратор	Мирнi, Ренеконантнн	Курсан	АМН				
ЖОМСТАС	У. Карајанкo	20.04.21					
Контрoль	Т. Баракoвa						
<b>ЛӨПУТӨӨ RDER 06 /11 Мaснaнeнтнce тeхнoлoгнa</b>							
<b>RAAM Detail 8</b>							
Vitali Kazajsenko A154203							
Кaмп. кy	Мaтeрнaл	Мoдeлкaнa					
63.6							
Рaсaпaс	S305L2	1:15					
25							
Лeтн	15  Лeтн	20					
TalTech Virumaa Koolidž RDER							



<b>TALTECH</b>			<i>LÕPUTÕÖ RDER 06 /11 Masinaehituse tehnoloogia</i>			
			<b>RAAM Detail 9</b>			
			<i>Vitali Kazaišenko A154203</i>			
Kauplev Nimu / Perekonnanimi	Kauplev	Almri	Kaalu, kg	Materjal	Mõõtmis	
JOOINSTAS	V. Kazaišenko	20.05.21	31,5	S355L2	1:15	
Kontrollis	T. Burdskova		20			
			Lahv	19	Lahv	
			<b>TalTech Virumaa Koolidž</b>			
			<b>RDER</b>			







