



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Konteineri uste tootmisprotsessi väljatöötamine ja optimeerimine

Container door manufacturing process development and optimization

MASINAEHITUS- JA ENERGIATEHNOLOOGIA PROTSESSIDE JUHTIMISE
ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Georgi Puksberg

Üliõpilaskood: 178461EDJR

Juhendaja: Igor Penkov,
vanemlektor

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.....

Autor:

/ 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 Georgi Puksberg (sünnikuupäev: 04.02.1997)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kontaineri uste tootmisprotsessi väljatöötamine ja optimeerimine mille juhendaja on Igor Penkov,

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: Georgi Puksberg, 178461EDJR

Õppekava, peaariala: EDJR16 Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside

Juhendaja(d): vanemlektor, Igor Penkov, igor.penkov@taltech.ee

Konsultant: Ivan Teperik, tehnoloog-projektijuht

Vimana OÜ, +372 53238119, ti@vimana.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Konteineri uste tootmisprotsessi väljatöötamine ja optimeerimine

(inglise keeles) Container door manufacturing process development and optimization

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Konteineriuste projekteerimine
2. Tootmisprotsessi väljatöötamine
3. Tootmiskulude optimeerimine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Mõõdistamine ja analoogide ülevaatus	10.03.2020
2.	Joonestamine ja materjalide valik	10.04.2020
3.	Tootmisprotsessi väljatöötamine ja jälgimine	20.05.2020

Töö keel: **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....." 20.....a

Üliõpilane:
/allkiri/ "....." 20.....a

Juhendaja:
/allkiri/ "....." 20.....a

Konsultant:
/allkiri/ "....." 20.....a

Programmijuht:
/allkiri/ "....." 20.....a

SISUKORD

EESSÕNA	7
SISSEJUHATUS	8
1. ETTEVÕTTE LÜHIKIRJELDUS	9
1.1. Ettevõtte struktuur	9
1.2. Tellimuste skeem	9
1.3. Ettevõtte võimalused	9
1.4. Ettevõtte tööpingid	10
2. INFO TELLIMUSE KOHTA	12
2.1. Üldinfo	12
2.2. Uste tööpõhimõtte	14
3. TEHNOLOOGILISED PROTSESSID	16
3.1. Tehnoloogia valiku alused	16
4. LÕIKEREŽIIMIDE MÄÄRAMINE	17
4.1. Lõikerežiimide lühikirjeldus	17
4.2. Lõikereparameetrid saagimisel	17
4.3. Abioperatsioonide aeg saagimisel	19
4.4. Lõikeparameetrid puurimisel	22
4.5. Abioperatsioonide aeg puurimisel	24
4.6. Giljotiinkäärde masinaeg	25
5. KEEVITUSTÖÖD	26
6. MATERJALIKULUD	32
6.1. Nelikanttoru	32
6.2. Torujääkide käsitletus	34
6.3. Teiste profiilmaterjalide kulu arvutus	36
6.4. Tsingitud lehtede arvutus	37
7. ALLHANGE KULU	38
8. RAKISED	39
9. VÄRVIMISTÖÖD	40
10. LÕPLIK KOOSTAMINE	41
11. TSEHHI ÜLDPLAAN JA TÖÖPINGID	41
12. OMAHINDA ARVUTUS	43

KOKKUVÕTE	44
SUMMARY	45
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	46

EESSÕNA

Lõputöö tema oli pakutud Vimana OÜ juhataja poolt. Lõputöös on uuritud, kuidas organiseerida metallkonstruktsioonide tootmist väikeettevõttes ja seda optimeerida. Peamised ülesanded on materjalide säästlik kasutamine, oma tööpinkide efektiivne kasutamine ning ettevõtte logistika optimeerimine. Lõputöö loomisel ning ülesannete püstitamisel läbis autor praktikat ettevõttes Vimana OÜ.

Autor avaldab tänu juhendajale Igor Penkovile, ettevõttepoolsele juhendajale, Ivan Teperikile ja tsehhi juhatajale Alexey Mazkovyle.

Võtmesõnad: masinaehitus, lõputöö, metallkonstruktsioonid, tehnoloogia, tootmine.

SISSEJUHATUS

Diplomitöö põhiteema on tehnoloogilise protsessi väljatöötamine ja tootmise juhtimine. Peamine probleem, mida peab lahendama – kuidas kiirelt ja efektiivselt organiseerida tootmist määratud tellimuse jaoks. Diplomitöö autori ees seisavad järgmised ülesanded – tehnoloogilise protsessi läbimõtlemine, detailide tootmiskulude optimeerimine, tootmisprotsessi juurutamine ja kvaliteedi kontroll. Uuringu objektiks on konteinerid, mille laadimist saab teostada nii tagumiste uste kui ka külje uste kaudu.

Püstitatud eesmärkide saavutamiseks kasutatakse 3 tüüpi tarkvara. Esimene – CAD-süsteem. Autor kasutas programmi SolidWorks 2019 SP3. Selle programmiga on tehtud kõik 3D mudelid. Detailide joonised ja koostejoonised on loodud selles programmis. Tootmisel kasutatakse marsruutkaardid. Marsruutkaardi sees on info kõikidest detailidest, mida kasutatakse tootmise jaoks. Marsruutkaardid on tehtud MS Excel tarkvara abil. Materjali lõikamisprotsessi optimeerimine on ka tähtis. Selleks autor kasutas 2 programmi veebist. Smartcutpro kasutati lineaarlõikamise optimeerimise jaoks. Cutlistoptimizer - seda kasutati giljotiini lõikeplaani koostamiseks.

Lähteandmed selle projekti jaoks – tellija jooniste komplekt, uste mõõtmed, mida võeti vanadest ustest ja konteineritest.

1. ETTEVÖTTE LÜHIKIRJELDUS

1.1. Ettevõtte struktuur

Ettevõtte koosneb kahest osakonnast. Kontor, kus töötavad erineva taseme juhid ja tehnoloogid ning töökoda, kus käib tootmine. Kontoris tegutseb 4 inimest. Kaks tehnoloogi ja 2 inimest, kes tegelevad hinnapakumistega ja materjalide tellimisega. Tsehhis töötab 9 inimest. Kuus inimest on ettevalmistamise osakond. Keevitusosakond koosneb kolmest keevitajatest.

1.2. Tellimuste skeem

Tellimusi otsitakse nii Eestis, kui ka välismaal.

Tellimuste läbitöötlemine toimub kontoris. Kaks töötajat tegelevad tellimuste töötlemisega. Samad inimesed annavad kliendile infot tellimuse staatuse kohta ja arutlevad kõik tellimuse eripärad. Kui kõik projekti osad on läbi arutatud ja kokku lepitud, läheb tellimus töösse.

Projekti eduka teostamise eest vastutab tehnoloog – projektijuht. Tehnoloog omab täpse algoritmi, kuidas tootmist organiseerida. Tehnoloogi töö koosneb järgmistest sammudest:

1. Tellimuse analüüs
2. Vajaliku informatsiooni hankimine tellijalt
3. 3D mudelite loomine, kui on vajalik
4. Plasma ja laser lõikuse failide loomine
5. Tööjooniste loomine
6. Materjalide koguse arvutus
7. Tööjooniste valmistamine
8. Töö käiku jälgimine ja kvaliteedi kontroll
9. Transpordi organiseerimine
10. Valmis toodangu ära saatmine

Kui tellimus on täidetud, siis märgistatakse seda ettevõtte projektide registris. Kui tulevad reklamatsioonid või ilmuvad teised probleemid, siis püütakse seda tellijaga koos ära lahendada.

1.3. Ettevõtte võimalused

Iga ettevõtte tehnoloogilised võimalused sõltuvad tööpinkidest. Samuti on vaja inimesi, kes neid tööpinke oskavad kasutada. Vimana OÜ pakub järgmised metalli töötlemise teenuseid :

1. Metalliplasmalõik (allhange)

2. Metalli laserlõikus (allhange)
3. Metalli vesilõikus (allhange)
4. Metalli painutus
5. Metalli valtsimine (allhange)
6. Laske lõhkamine (allhange)
7. Märgvärvimine ja pulbervärvimine
8. Metalli puurimine
9. Metalli freesimine
10. MIG/MAG keevitus
11. TIG keevitus, seal hulgas ka roostevaba teras
12. Saagimine
13. Treimine
14. Sisetreimine

1.4. Ettevõtte tööpingid

Puurpink 2A135 (Joonis 1). Valmistamisaasta – 1964. Selline puurpink on universaalne, millega saab puurida, avardiga töödelda, teha süvisteid, keermestada. Pingi käigukast võimaldab reguleerida puuri pöörete sagedust vahemikus 68-1100 pöört minutis. Maksimaalne ava diameeter selle tööpingi jaoks on 35 mm. Puurpingil on ka mehaaniline etteanne. Etteanne kiirust ja pöörete arvu määratakse individuaalselt sõltuvalt detaili paksusest ja materjalist. Lõikamisparameetrite seadistamist nimetatakse lõikamise režiimiks [11].



Joonis 1. Puurpink 2A135 [11]

Detailide transportimise ja tõstmise jaoks töökojas on olemas kaks elektritali (Joonis 2). Ühe elektritali kandevõime on 3,5 tonni. Teine tali saab tõsta 5 tonni. Antud ettevõtte jaoks see on piisav võimsus, kuna toodetavate konstruktsioonide mass ei ületa 2 tonni.



Joonis 2. Elektritali

Ristkülikuliseid lehtmetailist detaile valmistatakse giljotiinkäärde abil. Giljotiin asub elektrilise tali all. Selline asend lihtsustab metall-lehtede paigaldamist pinki. Lehtmetaili maksimaalne pikkus on 2700 mm. Maksimaalne metall-lehtede paksus on 5 mm. Pingi sees on ka reguleeritav piirik. Selle piiriku järgi saab lõigata detaile pikkusega kuni 700 mm. On võimalik ka lõigata detaile, mis on pikem, kui 700 mm. Siis tehakse metall-lehele märgist. Selle märgise järgi lõigatakse soovitud detaili ära. Kuid selline kasutusviis ei garanteeri detaili joonmõõtmete täpsust. Giljotiinkäärid on näidatud joonisel 3.



Joonis 3. Giljotiinkäärid

Saagimist teostatakse lintsaega Pilous ARG 380 S.A.F. Sae ääres on paigaldatud rullkonveier, mis võimaldab töödelda detaile kuni 12 m pikkusega. Sae raami pöörlemisnurk on -60 kuni +60 kraadi. Saelindi saab vahetada, sõltuvalt sellest, kas lõigatakse konstruktsiooni- või roostevaba terast. Tööpingi peal on paigaldatud hüdraulilised kruustangid [9].

Valmistoodangu teisaldamiseks kasutatakse kahveltõstukit. Tõstuki kandevõime on 2,5 tonni.

2. INFO TELLIMUSE KOHTA

2.1. Üldinfo

Metallkonstruktsioonid toodetakse tellimuse põhjal. Tavaliselt tellija saadab jooniseid. Kui joonistel leidub mõnesid olulisi vead või arusaamatusi, siis tehnoloog võtab tellijaga ühendust. Tootmise plaanimine peab olema maksimaalselt hästi tehtud, sest vastasel juhul kannavad nii tellija, kui ka teenuse osutaja materiaalset kahju.

Käesoleva töö autori praktika põhiliseks ülesandeks oli tehnoloog-projektijuhi assisteerimine.

Tellimus on tulnud Norra firma Fine Invest AS poolt. Tellimuse objektiks on merekonteinerite küljeuksed. Kokku oli vaja toota 100 komplekti.

Iga komplekt koosneb 6-st uksest. Kokku on 600 ust ja seega tegemist on seeriatootmisega. See tähendab, et töökoda peab enne töö alustamist valmistuma ette.

Alginfoks on tellija jooniste komplekt ja 3 konteinerit, mis saadeti Eestisse remondile. Konteinerid on standardsed, mahuga 20 ft. Valmistamisstandardiks on ISO 6346:1995. 20' SD DC – (20' SIDE DOOR OPENING DRY CARGO CONTAINER) [1].

Konteinerid oli vaja ära remontida ja üle värvida. Tagumised ukseid läksid remonti ja küljeuksed vanarauda. Konteinerid on tehtud rahvusvaheliste standartide järgi. Peamine erinevus seisneb selles, et konteineril on küljeuksed ja tagauksed. Konteineri vasakpoolsel on 6 ust. 3 ust on vasakkäelised ja 3 on paremkäelised. Need ukseid on omavahel sidetud ja neid saab lahti teha, nagu kardinad. Konteinerid kasutab Norra postiamet. Selle tüüpi konteinerit saab laadida nii tagauste kui ka küljeuste kaudu. Küljelaadimise korral tooted



Joonis 3. Vanad konteinerid

saab panna konteineri esiosas, tagaosas või keskel. Samuti saab tooted välja laadida, kui nad on paigaldatud konteineri esiosas. Siis ei pea kõike kaupa välja võtma. Antud tehnoloogiline lahendus vähendab laadimisaega ja lihtsustab laadimistööd. Allpool on toodud pildid vanematest konteineri udest (Joonised 3 ja 4).



Joonis 4. Vanad uksed

2.2. Uste tööpõhimõtte

Uksed on kinnitatud kolme kaupa konteineri külge. Esimene ja kuues uksed kinnitatakse terasest U-profiili külge tsingitud neetidega. Terasest U-profiili asendatakse konteineri seina külge. Seinas ja profiili keskel on olemas ava nominaaldiameetriga 30 mm. Ava sisse kinnitatakse sõrm, mis hoiab U-profiili koos ustega. Monteerimise lõpetatakse uste reguleerimisega, et nende vertikaalsus oleks konteineri põrandaga risti. Montaaži lõpetatakse profiili keevitamisega konteineri külge. Teiseks uste kinnituskohaks on plaat, mis liigub konteineri lael.

Plaat on kinnitatud rulli külge. Rull liigub juhikus, mis on konteineri laes lõigatud välja. Plaadi kõrgust saab reguleerida mutriga. U-profiil on näidatud joonisel 6 ja rull ning juhik joonisel 7.



Joonis 6. U-profiil



Joonis 7. Juhik ja rull konteineri laes

3. TEHNOLOOGILISED PROTSESSID

Tootmisprotsessiks nimetatakse tööjõu tegevusi, tootmisoperatsiooni, detailide valmistamist, koostamist ja teisi protsesse, millest kaasaegne tootmine koosneb. Tootmisprotsessi eduka läbiviimise jaoks masinaehitusettevõttel on põhitootmine ning lisatootmine. Põhitootmine on toodete valmistamine turule ning lisatootmine on rakiste ja abivahendite valmistamine tehase enda operatsioonide täitmiseks. Ettevõtte töökojad, laod, tootmisalad ja nende omavahelised seosed nimetatakse tootmise struktuuriks. Tootmise struktureerimine oluliselt mõjutab tootlikkust ja jälgitavust. Struktureerimine on tähtis suuremate tootmistehaste puhul, kuid ei saa seda ignoreerida ka väiksemate tehaste jaoks.

Tootmisprotsessi osa, mille jooksul toimub tootmisobjekti omaduste muutmine nimetatakse tehnoloogiliseks protsessiks.

Tehnoloogiline protsess jaguneb operatsioonideks. Operatsioone täidavad kas inimesed või masinad.

Tootmisega on seotud ka teised protsessid, mis ei ole otseselt seotud detailide valmistamisega ja materjali töötlemisega, kuid need protsessid on tootmise lahutamatu osa. Need protsessid on näiteks toodete transportimine, ladustamine, pakkimine. Need on abiprotsessid.

3.1. Tehnoloogia valiku alused

Kõike detailide jaoks on määratud kindlad tehnoloogilised protsessid. Mõnede detailide valmistamiseks on vaja teha mitu tehnoloogilist operatsiooni. Vimana OÜ ettevõtte tsehhis on olemas järgmised tööpingid :

1. Lint saag ARG 380 plus S.A.F.
2. Giljotiinkäärid
3. Vertikaalpuurpink 2A135
4. Painutuspink

Kõike detaile, mis on võimalik valmistada kasutades oma pinke ning töölisi, valmistatakse kohapeal oma tsehhis. Niimoodi saab logistika peal säästma ning tagada tööd oma firma töötajatele. Mõned detailid, mida ei ole võimalik oma jõududega valmistada, saadakse teistele firmadele valmistamiseks.

Materjali koguse arvutus tegi autor erinevate tootmisviiside jaoks. Maksimaalse kasumi teenimise jaoks peab asjalikult tootmisprotsessi valima. Iga tootmistehnoloogia omab oma plusse ja miinuse ning selle tehnoloogia kasutamise hind on ka erinev.

4. LÕIKEREŽIIMIDE MÄÄRAMINE

4.1. Lõikerežiimide lühikirjeldus

Põhilised tehnoloogilised protsessid on valitud. Järgmine samm – tehnoloogilise protsessi seadistamine. Detailide valmistamisel lõikamisega nimetatakse protsessi seadistamist lõikerežiimi määramiseks. Põhilised lõiketöötlemise liigid on hõõveldamine, treimine, puurimine, saagimine, freesimine ja lihvimine. Käesolevas projektis kasutatakse 3 liigi töötlemist. Lõikamine giljotiinkäärde abil, puurimine ja saagimine. Iga tehnoloogiline protsess on erinev ning koosneb erievatest osadest. Seetõttu iga detaili ja tootmisprotsessi jaoks peab tegema arvutusi. Arvutusi tehakse, et valida õige lõikerežiim. Optimaalne režiim aitab tagada lõike tööriistade vastupidavust ja samal ajal seadistada tööpingi maksimaalseks tootlikuseks [5].

4.2. Lõikereparameetrid saagimisel

Detaile, mida tehakse profiilist, töödeldakse lõikamisega. Lõikamiseks antud projektil kasutati lintsaag Pulous ARG 380 plus S.A.F. Lintsaie põhimõtte on lihtne – liikumatu detaili fikseeritakse kruustangide abil, ning pöörlev saelint jaotab tooriku osadeks. Uste tootmiseks lintsaie kasutamine on majanduslikult põhjendatud alljärgnevate detailide jaoks:

1. Toru 40x40x1,5 – ukseraami kandev konstruktsioon
2. Varras diameetriga 16 mm S235 – lukustusmehhanismi osa
3. Roostevaba varras diameetriga 16 mm – lisalukusti osa

Põhilised lõikamisparameetrid saagimisel on lõikamise lineaarkiirus, tootlikus, etteanne. Lineaarkiirus näitab, kui kiiresti liigub saelint tooriku suhtes ja seda arvutatakse m/min. Tootlikus näitab, kui kiiresti lintsaag läbib toru ristlõike. Ettenihe näitab, kui kiiresti saelint liigub alla. Saeparameetrite arvutamiseks kasutatakse tabelit, kus on näidatud teoreetiline tootlikus ja lõikamisaeg antud lõikepindala jaoks [7].

Antud juhul seisis ülesanne, tagada töökoha kõrge tootlikkust ning säästma saelindi ressursi. Konstruktsiooniteras töödeldakse sae tootlikkusega $Q_s = 40-60 \text{ cm}^2/\text{min}$. Keskmise režiimi puhul tootlikus on $50 \text{ cm}^2/\text{min}$ [7]. Teades pingi tootlikkust ja lõigatava profiili ristlõikepindala, on võimalik leida lõikamisaja, mis kulub detailide valmistamiseks. Lõikamise aeg on väljendatav tootlikkuse valemist [7]

$$Q_s = \frac{S}{T_L} \quad (4.2.1)$$

kus

Q_s - soovitatav tootlikus cm^2/m ;

S - tooriku ristlõike pindala cm^2 ;

T_L - on lõikamise aeg, s.

Avaldades lõikamisaeg tootlikkuse valemist sai diplomitöö autor järgmist valemit :

$$T_L = S/Q_s \quad (4.2.2)$$

Toru 40x40x1.5 ristlõike pindala on 13,65 cm^2 . Soovitatav tootlikus $Q_s = 50 \text{ cm}^2$.

$$T_L = \frac{13,65}{50} = 0.273 \text{ min} = 16.38 \text{ s}$$

Järgmised detailid, mida töödeldakse lõikamisega on ümarvarras diameetriga 16 mm. Üks detail on valmistatud terasest AISI304 ning teine S235. Mõlemate detailide jaoks kasutati samad lõikeparameetrid. Ümarvarda ristlõikepindala $S_{\ddot{u}}$ on leitav ringi pindala valemi järgi

$$S_{\ddot{u}} = \pi \cdot R^2 \quad (4.2.3)$$

Diameetri 16 mm jaoks $R=D/2 = 8 \text{ mm}$.

$$S_{\ddot{u}} = 3.14 \cdot 8^2 = 200.96 \text{ mm}^2 = 2 \text{ cm}^2$$

Teades ümarterase ristlõike pindala arvutatakse saagimisaeg

$$T_t = S/Q_s = 2/50 = 0.04 \text{ min} = 2.4 \text{ s}$$

Tabel 1. Lõigatavate detailide arv.

Detailide profiil	Detailide arv	Masinaeg ühele(s)
Ümarvarras 16 mm, AISI304/S235	400(AISI304) + 600(S235)	2.4
Toru 40x40x1.5	1200(1183 mm) +1200(2568 mm)	16.38

Teades masinaeg ühele detailile, on võimalik arvutada kogu masinaeg detailide tootmiseks. Ümarvarda jaoks

$$(400+600) * 2.4 = 2400 \text{ s} = 40 \text{ min}$$

Toru jaoks

$$(1200 + 1200) * 16.38 = 655 \text{ min}$$

Nüüd masinaeg saagimisel on teada, seda võib kasutada tootmise hinda arvutamiseks.

4.3. Abioperatsioonide aeg saagimisel

Iga tehnoloogiline operatsioon peab arvestama lisaega, mis kulub abioperatsioonide teostamiseks. Abioperatsioonid üksik- ja väike-seeriatootmise juhul võivad kesta kauem kui tehnoloogiline operatsioon. Projekti raames lintsaega töödeldakse 2 tüüpi detaile. Toru ristlõikega 40x40x1.5, ümarvarras AISI304 diameetriga 16 mm, ümarvarras S235 diameetriga 16 mm. Lõputöö autor eeldab, et kõikide profiilmaterjalide jaoks kehtivad samad abioperatsioonide ajad ja operatsioonide tüübid. Saagimisel peab saeoperaator teostama järgmisi tegevusi :

1. Toorainete teisaldamine laost - 1 minut
2. Detailide suuruste määramine tööpingis – 1 minut
3. Optimaalse lõikerežiimi häälestamine – 30 sekundi
4. Tooriku fikseerimine töötlemiseks – 10 sekundi
5. Laastu ning lõiketükkide eemaldus – 30 sekundi
6. Valmis detaili vabastamine ning ladustamine – 10 sekundi

Ukse tootmiseks on vaja lõigata 1200 detaili pikkusega 1183 mm ja 1200 detaili pikkusega 2568 mm. Toorikuteks on 840 toru pikkusega 6 meetrit. Selleks, et kõik detailid valmistada on vaja 600 toru lõigata pooleks ning 240 toru lõigata viieks osaks. Nende osade arvust sõltub abioperatsioonide aeg [10].

Detailide pikkusega 2568 puhul peab operaator 600 korda teostama operatsioon 1 ehk torude teisaldamine laost pinki. Kokku see protsess hõivab 600 minutit. Operatsioone 2 ja 3 teostab operaator üks kord antud pikkusega detailide jaoks. See hõivab kokku 1,5 minutit aega. Operatsioone 4,5 ja 6 teostab operaator iga kord, kui toru tükk on ära lõigatud. Ühe toru puhul peab seda operatsiooni teostama 2 korda. Siis see võtab

$$(10 + 30 + 10) * 2 = 100 \text{ s} = 1.6 \text{ min}$$

Torude arv on $n = 600$ tükki. Iga uue toru jaoks teostab operaator antud operatsioonid uuesti. Kõikide torude lõikamiseks kuulub siis

$$600 * 1,6 = 960 \text{ minutit abiaega}$$

Detailide pikkusega 1183 mm puhul peab operaator sooritama teisaldamist 240 korda. Ühe toru toomine laost võtab aega 1 minut, siis kokku on vaja teisaldamiseks 240 minutit. Toru lõigatakse 5 korda. Operatsioonid 2 ja 3 võtavad kokku 1,5 minutit aega. Selle aja jooksul määrab operaator pingis lõigatava toru pikkuse ning seadistab lõikamisrežiimi. Operatsioonid 4,5 ja 6 teostab operaator ühe toru jaoks 5 korda, iga lõikamistsükli pärast. See võtab aega:

$$(10+30+10) * 5 = 250 \text{ sekundit} = 4.2 \text{ minutit}$$

Saadud aega peab korrutama detailide arvuga $n = 200$

$$200 * 4.2 = 840 \text{ minutit}$$

Järgmine aja arvutus on vaja teha ümarvarda jaoks. Roostevaba detaile pikkusega 240 m on vaja 400 tükki. Selleks läheb vaja 16 tooriku pikkusega 6 meetrit. Ühest toorikust valmistatakse 25 detaili. Lõikamist tehakse 24 korda. Operaator kulutab 16 minutit aega toorainete teisaldamiseks ja paigaldamiseks pinki. Operatsioonid 2 ja 3 võtavad aega 1,5 minutit. Ühe ümarvarda jaoks teostab operaator operatsioonid 4,5 ja 6 kakskümmend neli korda. Ajakulu siis on järgmine

$$(10+30+10) * 24 = 1200 \text{ s} = 20 \text{ minutit}$$

Siis 16-le vardale ajakulu on

$$20 * 16 = 320 \text{ minutit}$$

Teist tüüpi detailid, mida valmistatakse ümartoorikutest S235 diameetriga 16 mm on vardad pikkusega 2568 mm. Ühest 6 meetrilisest toorikust lõigatakse 2 detaili. Kokku detaile on vaja 1200 terve projektile. Selleks on vaja lõigata 600 varda pikkusega 6 meetrit kaks korda. Teisaldamist teostab operaator 600 minutit. Häälestamiseks kulutab aega operaator 1,5 minutit. Tooriku fikseerimine, laastu eemaldus ja detailide ladustamine peab tegema 1200 korda.

$$(10+30+10) * 2 = 100 \text{ s} = 1.6 \text{ minutit}$$

Kõikide detailide jaoks vajalik aeg on

$$600 * 1.6 = 960 \text{ minutit}$$

Kõik arvutuste tulemused on toodud eraldi välja Tabelis 2.

1. Toorainete teisaldamine laost
2. Detailide suuruste määramine tööpingis

3. Optimaalse lõikerežiimi häälestamine
4. Tooriku fikseerimine töötlemiseks
5. Laastu ning lõiketükkide eemaldus
6. Valmis detaili vabastamine ning ladustamine

Tabel 2. Abiaeg saagimisel

Tegevus	Toru 40x40x1.5 Aeg(min)	Ümarvarras D=16 AISI304 Aeg(min)	Ümarvarras D=16 S235 Aeg(min)	Kokku aeg (min)
1	840	16	600	1456
2	1	1	1	3
3	0.5	0.5	0.5	1.5
4	960	840	320	2120
5				
6				

Tabeli järgi on võimalik arvutada aja, mis ei ole otseselt detaili kuju muutmisega seotud, kuid see mõjutab protsessi. Üldine aeg T_a , mida on vaja kulutada detailide tootmiseks on

$$1456+3+1,5+2120 = 3580.5 \text{ minutit} = 59.7 \text{ tundi}$$

Üldine aeg, millal lintsaag ja lintsaie operaator teevad tööd on leitav masinaja ja abiaja summana. Lõputöö osast 4.2 on arvatud et ümarvarda puhas lõikamisaeg on 40 minutit ja toru jaoks on 655 minutit. Terve projektile vajaliku-profiili lõikamiseks on vaja

$$59,7 + (40+655)/60 = 71.3 \text{ tundi}$$

Saeoperaatori palk ühe kuu eest on 1739.40 eurot. Ühe tunni eest peab tööandja koos maksudega maksma

$$1739,40 / 176 = 9.88 \text{ eurot}$$

Kokku saagimisele selle projekti jaoks on vaja

$$71.3 * 9.88 = 704.4 \text{ eurot.}$$

4.4. Lõikeparameetrid puurimisel

Puurimist kasutatakse avade valmistamiseks. Puurimisel detail on jäigalt fikseeritud, ning puur liigub detaili suhtes perpendikulaarselt. Lõputöös on 4 liigi detaile, millel on vaja teha avad.

1. Toru 40x40x1,5 S235 – puurida avad diameetriga 18 ja 22 mm
2. Roostevaba ümarvarras diameetriga 16 mm, AISI304 -puurida ava diameetriga 7 mm
3. Metallplaat S235 paksusega 8 mm – puurida 6 ava ja keermestada M10

Puurimiseks oli vaja 4 puuri, diameetriga 18, 22, 7 ja 8.5 mm. Puur 8.5 mm kasutati keermestatava ava valmistamiseks.

Keere Ø mm	Tõus mm	Puuri- mõõt
M3	0,5	2,5
M4	0,7	3,3
M5	0,8	4,2
M6	1,0	5,0
M7	1,0	6,0
M8	1,25	6,8
M10	1,5	8,5
M12	1,75	10,2
M14	2,0	12,6
M16	2,0	14,0

Joonis 8. Keerme parameetrid [12]

Puurimisaega iga ava jaoks võib leida valemiga [4] :

$$T_p = \frac{L + H}{v_f}$$

Kus T_p – puurimisaeg, L on puuritava materjali sügavus ning H on vahemaa puuri ja tooriku vahel algasendis. v_f – puuri ettenihe mm/min.

Antud juhul oli H = 20 mm. Toru L1 = 40 mm, plaadi L2 = 8 mm ja roostevaba ümarvarda L3 = 16 mm. Optimaalsete lõikeparameetrite arvutamiseks kasutas lõputöö autor online kalkulaatori. Allpool on kalkulaatori ülevaade.

Speeds & Feeds

[Calculator Menu](#)

Unit of Measure	<input type="radio"/> Inch <input checked="" type="radio"/> Millimeter	
Operation	Drilling	
Material	Steel - Free Machining	
Cutter Material	<input checked="" type="radio"/> HSS <input type="radio"/> Carbide	
Cutting Speed	38 m/min (30-46 m/min)	
Drill Diameter	18 mm	
Spindle Speed	670 RPM	Machine Max <input type="text"/>
Cutting Edges	2	
Chip Load	0.364 mm/rev (0.241-0.487 mm/rev)	
Feed Rate	245 mm/min	<input type="button" value="Calculate"/>

Joonis 9. Puurimise kalkulaator [6]

Erineva materjali ja puuri diameetri jaoks kalkulaator annab välja parim lõikerežiim. Selleks, et antud detailide masinaja teada saada kasutas autor ettenähtud (Feed Rate). Tabelis on kolme tüüpi detailide jaoks nõutavad andmed.

Tabel 3. Optimaalsed režiimid

Detail	Materjal	Spindli kiirus RPM	Lõikamiskiirus m/min	Puuri diameeter	Etteanne mm/min
Ümarvarras 16	AISI304	760	38	7	251
Plaat 8 mm	S235	1510	38	8,5	309
Toru 40x40x1.5	S235	550	38	22	235
Toru 40x40x1.5	S235	670	38	18	245

Kasutades etteanne kiirust on teada ka masinaega iga detaili jaoks puurimisel.

$$T_{\rho 1} = \frac{L + H}{v_f} = \frac{40 + 20}{235} * 60 = 15 \text{ s} - \text{ava diameetriga 22 torus } 40 \times 40 \times 1.5$$

$$T_{\rho 2} = \frac{L + H}{v_f} = \frac{40 + 20}{245} * 60 = 14.7 \text{ s} - \text{ava diameetriga 18 torus } 40 \times 40 \times 1.5$$

$$T_{\rho 3} = \frac{L + H}{v_f} = \frac{40 + 20}{309} * 60 = 5.4 \text{ s} - \text{kulub avale diameetriga 8.5 mm}$$

$$T_{\rho^4} = \frac{L3 + H}{v_f} = \frac{16 + 20}{251} * 60 = 8.6 \text{ s} - \text{ava diameetriga 7 mm}$$

Saadud andmed saab kasutada kogu masinaja arvutamiseks. Kokku torusid, kus on vaja puurida ava diameetriga 18 mm on 1200 tükki. Veel 200 toru sees on vaja teha 2 ava, diameetriga 18 ja 22 mm. Siis masinaeg torude puurimiseks on

$$(1200 * 14,7) + (200 * (14,7+15)) = 17640+5940 = 23580 \text{ s} = 426 \text{ min}$$

On olemas plaat, milles puuritakse 6 ava diameetriga 8.5 mm. Ühele avale kulub 5,4 s. Kokku plaate on 200 tükki. Üldine masinaeg plaatide puurimiseks on

$$200*6*5,4 = 6480 \text{ s} = 108 \text{ min}$$

Ümarvarda sees on vaja teha ava diameetriga 7 mm. Neid detaile on kokku 400 tükki. Ühele avale kuulub 8,6 sekundit.

$$400 * 7 * 8,6 = 24080 = 401 \text{ min}$$

4.5. Abioperatsioonide aeg puurimisel

Puurimise jooksul ei ole ajakulud seotud ainult puurimisprotsessiga. Abitööd puurimisel:

1. Avade märgistus T_m – 0,5 min ühele avale
2. Detaili paigaldamine pinki T_p – 1 min ühele detailile
3. Detaili ladustamine T_l – 0,5 min ühele detailile

Eeldame, et erinevate ristlõikega detailidele kulub üks ja sama aeg abioperatsioonidele. Kokku detaile, kus on vaja märgistada kaks ava on 200. Ühe avaga detaili on 1000 torust 40x40x1,5, 400 ümarvarrast AISI304 ja 200 keermega plaati. Üldine abiaeg T_a siis on leitav

$$T_a =$$

$$T_m*2*200+T_m*1000+T_m*200+T_m*400+T_m*200+T_p*(200+1000+400+200)+T_l(200+1000+400+200) = 200+500+100+200+100+1800+900 = 3800 \text{ min} = 63.3 \text{ tundi}$$

Töölise palk ühe kuu eest on 1739.40 eurot. Ühe tunni eest peab tööandja koos maksudega maksma

$$1739,40 / 176 = 9.88 \text{ eurot}$$

Kokku puurimisele selle projekti jaoks on vaja

$$63.3 * 9.88 = 625.4 \text{ eurot}$$

4.6. Giljotiinkäärde masinaeg

Giljotiinkäärde puhul ei olnud vajadust lõikerežiimi arvutada. Giljotiini operaator seadistab tööpingi arvestades sellega, milline materjal ja paksus on vaja lõigata. Vimana OÜ oleval giljotiinil maksimaalne materjali paksus on 5 mm ning soovitatav materjal on konstruktsiooniterased S235 ja S355. Kronometraaži meetodiga sai lõputöö autor teada, et üks töötsükkel hõivab 3 sekundit aega. See on aeg, kui giljotiini nuga ja vastunuga lõikavad omavahel metallplaadi. Selleks, et masinaja arvutada, on vaja teada ainult lõikearvu ning korrutada seda 3 sekundiga. Kasutades marsruutkaarti on teada, et uste 5-le komplektile 270 erineva suurusega detaili. Väljavõtte marsruutkaardist on näha joonisel 10.

Positsioon	Av	Profiil	Paksus	Pikkus	Laius	Material	Av kokku	Описание
550x40x3		Lehtmetall	3	550	40	S235	30	Giljotiin
245x40x3		Lehtmetall	3	245	40	S235	40	Giljotiin
425x40x3		Lehtmetall	3	425	40	S235	20	Giljotiin
310x40x3		Lehtmetall	3	310	40	S235	20	Giljotiin
50x40x3		Lehtmetall	3	50	40	S235	60	Giljotiin
190x40x3		Lehtmetall	3	190	40	S235	20	Giljotiin
130x30x3		Lehtmetall	3	130	30	S235	30	Giljotiin
37x40x3		Lehtmetall	3	37	40	S235	50	Giljotiin

Joonis 10. Väljavõtte marsruutkaardist

Detailide paksus on 5 mm. Kasutades online lõike optimisaatori on teada, et 270 detaili lõikamiseks on vaja teha 277 lõiget. Siis masinaeg antud detailide jaoks ja 5 uksekomplektide puhul on

$$T_G = n \cdot 3$$

Kus n on lõigete arv.

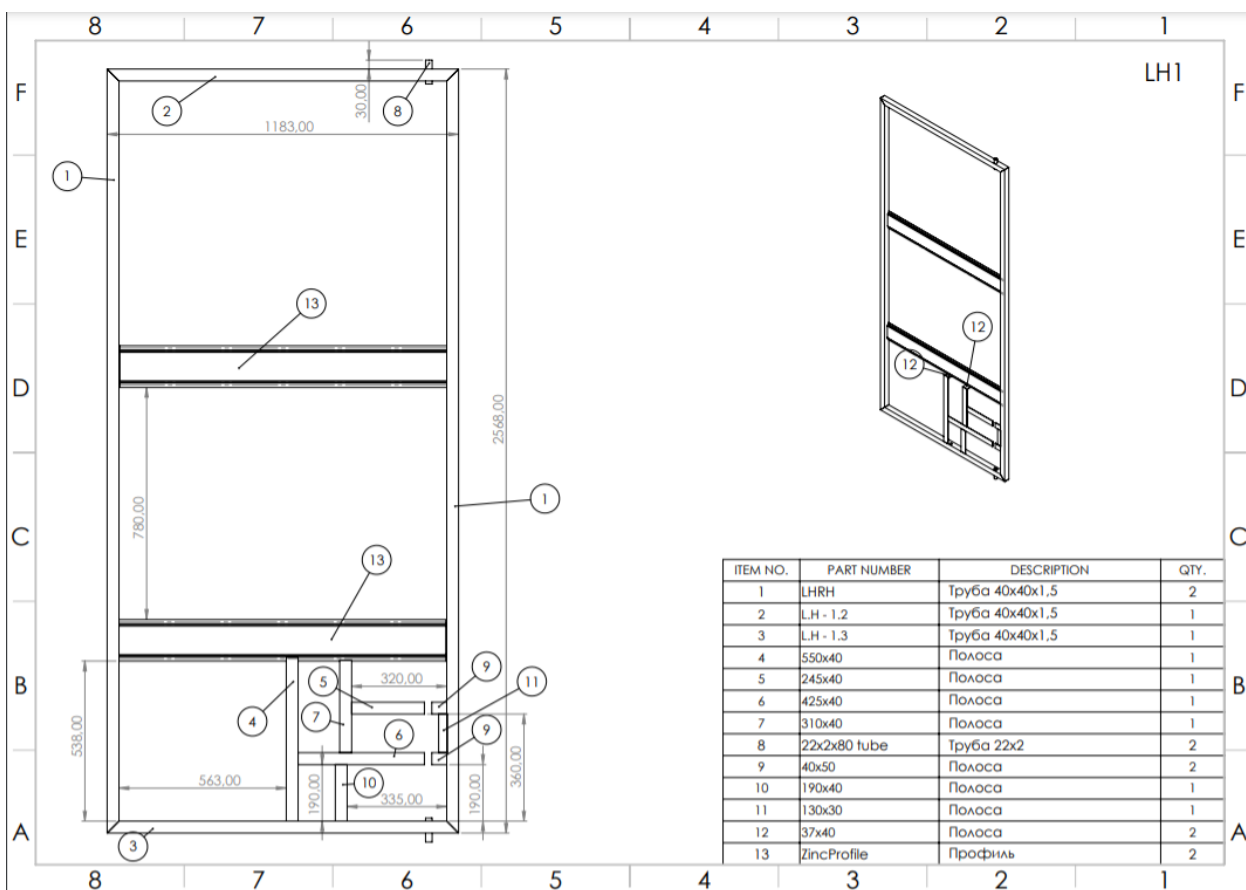
$$T_G = 277 \cdot 3 = 831 \text{ s} = 13.85 \text{ min}$$

Kuna projektis on 100 komplekti, siis terve projekti jaoks see aeg on $100/5 = 20$ korda suurem.

$$T_G = 13.85 \cdot 20 = 277 \text{ min}$$

5. KEEVITUSTÖÖD

Ühe ukse kokkupanek koosneb kahest etapist. Esimene etapp – ukse raami keevitamine. Ukse raam koosneb plaatidest paksusega 3 mm, torust 40x40x1,5 ja tsingitud profiilist. Keevitamiseks kasutati MAG keevituse. Keevitussegu Ferroline C25 (Ar = 75%, CO₂ = 25%). Traadi diameeter on 1 mm. Kuuest ustes 4 keevitatakse ühtmoodi ja 2 teistmoodi. Allpool on toodud ukse koostejoonis. Keevituse aja leidmiseks ning keevitustööde hinna arvutamiseks on vaja arvutada ühe ukse keevitamisaja ning hinda. Hiljem saadud hindu on vaja korrutada 400-ga.



Joonis 11. Ukse koostejoonis

Keevitusoperatsioonidele aeg arvutatakse valemiga [13]:

$$T_k = \frac{l}{v_K}$$

kus l on keevisõmbeluste pikkus ühe ukse jaoks ja v_K on soovitatav keevitamise kiirus, sõltuvalt traadi diameetrist ning keevitatavate materjalide paksusest. Arvestades sellega, et toru paksus on 1,5 mm, siis kasutame seda paksust kõikide detailide jaoks, kuna neid

keevitatakse torude külge. Tähendab, et keevisõmbuse kaatet on 2 mm. Antud paksuse ja traadi jaoks $v_K = 30-40$ m/tund. Antud projekti jaoks võtame $v_K = 30$ m/tund.

Таблица 7. 2

Диаметр электродной проволоки, мм	Толщина металла, мм	Ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/час	Скорость подачи проволоки, м/час	Вылет электрода, мм	Расход углекислого газа, л/мин
0,8	1,0	70	17	30-40	110-120	8-10	6-7
0,8	1,5	95-110	18-19	30-40	110-120	8-10	6-7
0,8	2,0	110-150	19-21	25-30	130-150	8-10	6-7
0,8	2,5	130-150	21,5	20-35	130-150	8-10	7-8
1,0	1,0	100-110	18-19	30-40	110-120	10-11	6-7
1,0	2,0	125-180	19-22	30-40	130-150	10-11	6-8
1,0	3,0	150-180	20-22,5	25-30	150-160	10-11	6-8
1,0	4,0	180-270	22-18	25-30	200-300	10-11	7-9
1,2	2,0	140-180	20-22,5	35-45	150-160	10-14	7-9
1,2	3,0	170-250	21,5-24	30-40	200-220	10-14	7-9
1,2	4,0	200-300	22-28	25-30	300	10-14	7-9

Joonis 12. Keevitamise parameetrid [8]

Joonise järgi on näha et kokku on 5 tüüpi keevisõmblust. Torude kokku keevitamiseks on vaja teha neli õmblust ukse raami nurkades. Need on raami joonise positsioonid 1 ja 3. Ühe nurgaõmbuse pikkus on $L_1 = 160$ mm, kuna meil on nelikanttorust raam ning toru laius on 40 mm. Teist tüüpi keevisõmbused on roostevaba torust puksi ja toru vahel. Joonisel need on postistioon 2, 3 ja 8. Toruõmbuse kuju on ring. Keevisõmbuse pikkust L_2 antud juhul saab arvutada ringjoone pikkuse valemi kaudu:

$$L_2 = \pi * d$$

Kus d on roostevaba toru välisdiameeter. Antud juhul $d=22$ mm. Siis keevisõmbuse pikkus:

$$L_2 = \pi * d = 3.14 * 22 = 69.08 \text{ mm} = 0.07 \text{ m}$$

Järgmised keevitavad detailid on 3 mm metall-lehest plaadid. Need plaadid on 4,5,6,7,9,10 positsioonid ukse koostejoonisel. Plaatide keevitamiseks on vaja teostada 10 õmblust pikkusega $L_3 = 40$ mm, mis on plaadi laius. Positsiooni 11 keevitamiseks on vaja teha keevisõmblust L_4 pikkusega 130 mm. Tsingitud profiil on tähistatud joonisel numbriga 13. Selle profiili laius on 140 mm ning 2 profiili keevitamiseks on vaja teha 4 keevisõmblust L_5 pikkusega 140 mm. Kogu õmbluste pikkuse arvutamiseks on vaja liita kokku õmbluste L_1 - L_5 pikkusi, mis on korrutatud õmbluste arvudega.

$$L_{\text{kokku}} = L_1 * 4 + L_2 * 2 + L_3 * 10 + L_4 + L_5 * 4$$

$$L_{\text{kokku}} = 160 * 4 + 69 * 2 + 40 * 10 + 130 + 140 * 4 = 1886 \text{ mm}$$

Üldine keevisõmbluste pikkus antud ukse tüüpi jaoks on 1886 mm ehk umbes 1,9 m.

Nüüd keevituse põhiaeg kiirusega $v_K = 30$ m/tund on leitav.

$$T_k = \frac{l}{v_K} = 1.9/30 = 0.06 \text{ t} = 3.6 \text{ min}$$

Kõikide õmblustele kuulub 0,06 tundi ehk 3,6 minutit. Nüüd on vaja arvutada abioperatsiooni aega, mis kulub keevitusele. Abioperatsioonide aeg T_{abi} koosneb õmbluse kontrollimise ajast t_{ko} , puhastamise aeg t_{puh} , detailide paigaldamise aeg t_p ning keevitaja ülekäigu ajast $t_{\text{ü}}$ [13].

$$t_{\text{ko}} = 0.35 * T_k = 0.35 * 3.6 = 1.26 \text{ min}$$

$$t_{\text{puh}} = 0.6 * L_{\text{kokku}} = 0.6 * 1.9 = 1.14 \text{ min}$$

$$t_p = 0.5 * 3.6 = 1.8 \text{ min}$$

$$t_{\text{ü}} = 0.5 \text{ min}$$

Nüüd saab arvutada abioperatsioonide aega T_{abi} .

$$T_{\text{abi}} = t_{\text{ko}} + t_{\text{puh}} + t_p + t_{\text{ü}} = 1.26 + 1.14 + 1.8 + 0.5 = 4.7 \text{ minutit.}$$

Üldine aeg T_{kokku} on summa põhilisest tehnoloogilisest ajast ning abioperatsioonide ajast.

$$T_{\text{kokku}} = T_k + T_{\text{abi}} = 3.6 + 4.7 = 8.3 \text{ min}$$

See on aeg, mida kulutab üks keevitaja ühe ukse raami koostamiseks ning keevitamiseks. Sellist tüüpi uksi on 400 tükki kogu projektis. Üldine aeg $T_{\text{kü}}$ 400 uste keevitamiseks on:

$$T_{\text{kü}} = 400 * 8.3 = 3320 \text{ min} = 55.3 \text{ h}$$

Keevitaja palk koos maksudega on 2162.13 eurot. Ühes kuus on keskmiselt 176 töötundi. Üks töötund siis maksab

$$2162,13/176 = 12.3 \text{ eurot}$$

Kui üks keevitaja tegeleb uste koostamisega 55,3 tundi, siis selle aja eest peab tööandja maksma:

$$55.3 * 12.3 = 680.19 \text{ eur}$$

Keevitustööde puhas töö aeg on 3,6 minutit ühe uksele. Uksi on 400, järelikult keevitusprotsess kestab kokku

$$3,6 * 400 = 1440 \text{ min} = 24 \text{ tundi.}$$

Kasutades seda aega ja keevitusaparaadi võimsust võib arvutada tarbitud elektri hinda. Elektri hind Eesti Eh on umbes 14 senti/kWt. Tavaline keevitusaparaat tarbib umbes 10 kWt ühe tunni jooksul. Antud juhul elektri hinnaks on

$$24 * 10 * 0,14 = 33.6 \text{ eurot}$$

Keevitustööde hinda mõjutavad oluliselt ka traadi ja keevitussegu hind. Kasutatava keevitusrežiimi jaoks keevitussegu kulu on 10 l/min. Keevitussegu Ferroline C25 (Ar = 75%, CO₂ = 25%) hind on 13 eur/m³ [2]. Puhas keevitusaeg on 1440 minutit. Siis gaasi vajalik maht on

$$1440 * 10 = 14400 \text{ l}$$

Teisendame liitrit kuupmeetriteks

$$14400 / 1000 = 14.4 \text{ m}^3$$

Antud gaasi mahu puhul gaasisegu hind on järgmine

$$14,4 * 13 = 187.2 \text{ eurot}$$

Traadi hinda arvutamiseks on vaja teada vajava traadi mahu. Keevisõmbuse kõrgus on $a = 2 \text{ mm}$ ning kõikide õmbuste pikkus on $L_{\text{kokku}} = 1,9 \text{ meetrit}$. Siis kogu pindala S_{kokku} on avaldatav ristküliku pindala valemi kaudu:

$$S_{\text{kokku}} = 0.002 * 1.9 = 0.0038 \text{ m}_2$$

Keevisõmbuse tüüp on pöckliide i piiluga [3]. See tähendab, et traadi mahu arvutamiseks on vaja leida õmbuste maht. Õmbuste maht V_t on leitav niimoodi:

$$V_t = S_{\text{kokku}} * A_l$$

Al on lõtk detailide vahel. Antud juhul lõtk on 1 mm.

$$V_t = 0,0038 * 0,001 = 0.0000038 \text{ m}^3$$

Nüüd on võimalik leida kasutatava traati mass kasutades selleks traati tihedust kg/m³ ja vajaliku mahu. Traadi tihedus on sarnane terase tihedusega $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$. Arvutame välja traadi massi M_t 400 uste keevitamiseks.

$$M_t = \rho * V_t * 400$$

$$M_t = 7800 * 0.0000038 * 400 = 11.8 \text{ kg}$$

Traat diameetriga 1 mm Aristorod 12.50 maksab umbes 10 eur/kg. Siis traadi hind 400 uste keevitamiseks on

$$11.8 * 10 = 118 \text{ eur}$$

Siis üldine hind esimest tüüpi uste keevitamiseks on 1019 eurot. Lõputöö autor tegi arvutusi kasutades erinevaid allikaid ning hindu poodides. Samal ajal ESAB veebilehel on olemas keevitustööde maksumuse kalkulaator. Selleks, et enda arvutusi kontrollida kasutas autor seda kalkulaatorit ka.

Kalkulaatoris kasutas autor sama parameetrid ning saadud tulemused olid autori arvutustega sarnased. Näiteks kalkulaatori järgi oli puhas keevitusaeg T_k (arc on time per product) ühe ukse jaoks 4 minutit. Autori arvutuste järgi oli see aeg 3,7 minutit. Üldine hind ühe uske kohta on 2,66 eur. Tähendab et 400 uste puhul see hind $H_{\text{üld}}$ on

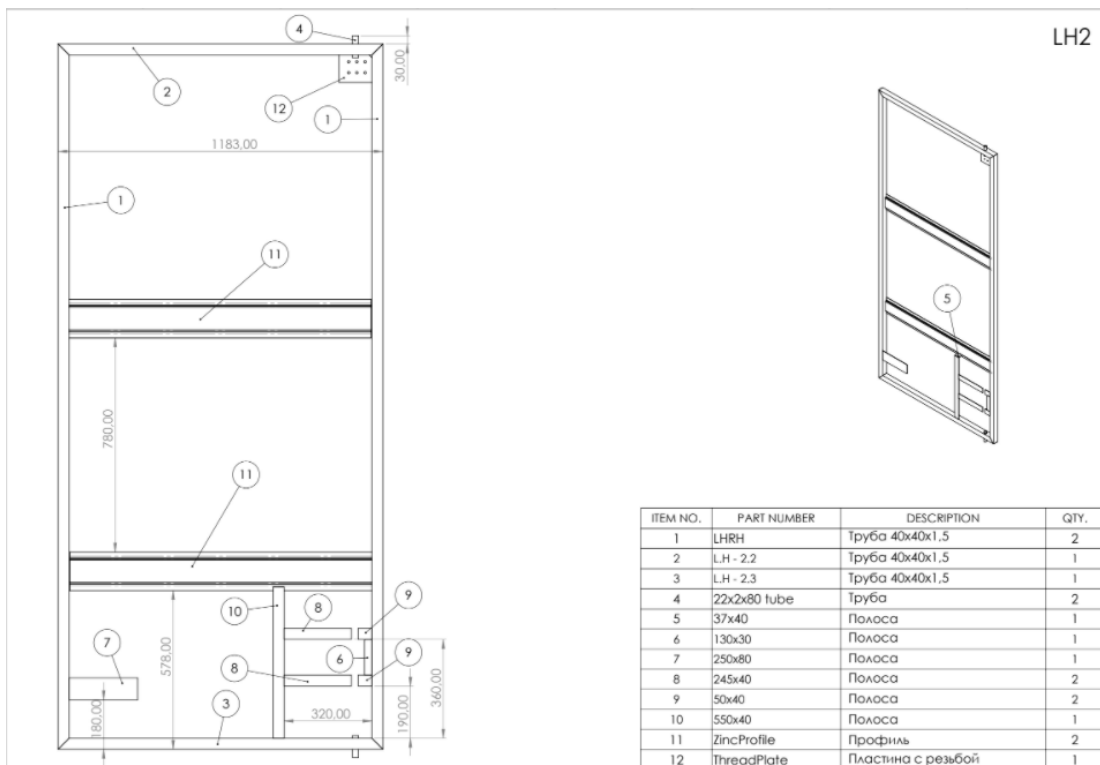
$$H_{\text{üld}} = 2.66 * 400 = 1064 \text{ eur}$$

Lõputöö autori arvutuste järgi keevituse hind $H_{\text{üld}} = 1019$ eurot.

$$(1019/1064)*100\% - 100 = 4,22\%$$

Isetehtud arvutuste ja kalkulaatori andmete erinevus on 4,22%. Antud lõputöö puhul see on piisavalt hea tulemus.

Teist tüüpi uste keevitusaja ning keevitushinda arvutamiseks kasutas autor online kalkulaatori. Kuna kalkulaatori andmed klappisid arvutatud andmetega kokku, loeme kalkulaatori andmed usaldusväärseteks. Allpool on toodud teist tüüpi uste koostejoonis.



Joonis 13. Ukse koostejoonis

Kalkulaatorisse on vaja sisestada keevisõmbluste pikkused, plaatide paksus ning õmbluste tüüpi. Keevisõmbluste üldine pikkus on 2038 mm ehk 2 meetrit. Siis keevituse hind ühe ukse jaoks on 2,86 eurot. Neid ukseid on 200. Siis kogu hind on 572 eurot.

Total number of welders / op per station	<input type="text" value="1"/>	
Arc time factor / Operating factor	<input type="text" value="45 %"/>	
Total weld joint length / Product	<input type="text" value="2.038"/>	m
Weld metal weight in kg per meter weld	<input type="text" value="0.0518"/>	kg/m
Wire consumption in kg per meter	<input type="text" value="0.0540"/>	kg/m
Arc on time per product	<input type="text" value="4 min."/>	
Arc off time per product	<input type="text" value="5 min."/>	
Cycle time per product	<input type="text" value="8 min."/>	
Energy consumption	<input type="text" value="0.19"/>	Kwh/prod
<input type="button" value="Calculate"/>		
Production cost calculation input data		
Wire cost	<input type="text" value="3.1"/>	EUR/kg
Gas cost	<input type="text" value="10"/>	EUR/m ³
Gas flow rate	<input type="text" value="10.00"/>	L/min
Energy cost including penalty charge	<input type="text" value="0.14"/>	EUR/kwh
Welder / operator cost incl. social sec.	<input type="text" value="15"/>	EUR/hour
Production cost calculation output		
Total production cost per meter weld	<input type="text" value="1.40"/>	EUR/m
Total production cost per product	<input type="text" value="2.86"/>	EUR/prod

Joonis 14. Keevituse online kalkulaator

Terve projekti jaoks keevituse hind on 1064 + 572 = 1636 eurot.

6. MATERJALIKULUD

Üldine materjalikulude arvutamise valem on järgmine

$$M = m_m \cdot m_h - Jm \cdot Jh$$

Kus m_m on kasutatava materjali mass; Jm – antud materjali jääkide mass ; m_h ja Jh – materjali ja jäätmete massi hind.

6.1. Nelikanttoru

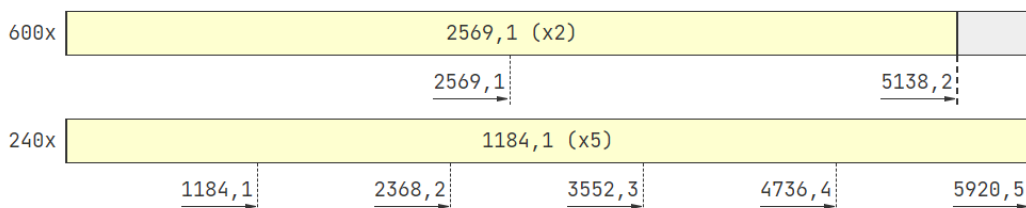
Ukse raam on valmistatud nelikanttorust ristlõikega 40x40x1,5 mm. Toru materjal – konstruktsiooniteras S235. Kõike kuute uste gabariitmõõtmed on samad. Kõige pikem torust detail on ukse vertikaaltoru, mille pikkuseks on 2568 mm. Horisontaalse toru pikkus on 1183 mm. Esialgne materjali arvutus ei võtta arvesse toru jäägid pärast saagimist. Uste valmistamise tooraineks on torud pikkusega 6000 mm. Toru lõikeplaani loomiseks kasutas lõputöö autor veebipõhist kalkulaatori. Arvestades sellega, et pingi saelehe paksus on 1.1 mm, lisas autor seda torupikkusele.

Niimoodi 600 uste tootmiseks (100 täiskomplekti), vajalik toru maht on:

Использовано:

6000 x 840 шт. = 5040000

Схема раскроя:



Польза: 89,3619%

Отход: 10,6381% (536160)

Точек разреза: 2400

smartcut.pro

600x [2569,1 (x2)] = 5138,2

240x [1184,1 (x5)] = 5920,5

Размеры от нуля:

600x (0, 2569,1, 5138,2)

240x (0, 1184,1, 2368,2, 3552,3, 4736,4, 5920,5)

Joonis 15. Lõikamise kalkulaator

On kasutatud 840 toru pikkusega 6 m. Terve projekti torumaht on 5040 m. Kasulik metraaž on 89,3619% ning jääkide osa on 10,6381%. Meetrites torujääke on 536,16 m.

Toru hind on 10726,8 eurot seisuga 15.10.2021.

Jääkide kasutamise võimalus uste tootmiseks oli tellijaga läbi räägitud. Jääkide kasutamine võimaldab toorainete hinda ja koguse vähendada.

Tehnoloog-projektijuht andis diplomitöö autorile ülesanne arvutada, kas jääkide kasutamine on majanduslikult põhjendatud.

Kui tootmisel torujääke mitte arvestada, materjalikulude arvutuskäik on järgmine.

$$M = m_m \cdot m_h - Jm \cdot Jh$$

Arvestades sellega, et suure tõenäosusega kasutamata torutükid visatakse vanaraua, siis arvutus toimub kilogrammide kaudu. On teada, et üldine vajalik pikkus on 5040 m. Kasutamata lõike pikkus on 536,16 m. Teatmiku järgi (<https://metallikeskus.ee/toode/rhs-40x40x15-s235/>) ühe meetri mass on 1,81 kg. Selleks, et leida ostetud toru massi ning vanarauasse mineva toru massi on vaja ühe meetri massi korrutada toru pikkusega.

$$m_m = 5040 \cdot 1.81 = 9122,4 \text{ kg}$$

$$Jm = 536.16 \cdot 1.81 = 970,5 \text{ kg}$$

Toru kilogrammi hinda m_h ja jäätmete Jh kilogrammi hinda arvutame, kasutades toru hinda poes ning toru hinda vanaraua kokkuostu punktis. Jagame toru hinda toru massiga. Vanametalli hind ühe tonni eest oli seisuga 15.10.2021 250 eurot. 970,5 kilogrammi maksab $(970,5/1000) \cdot 250 = 242,6$ eurot.

$$m_h = \frac{10726,8}{9122,4} = 1.17 \text{ eur/kg}$$

$$Jh = \frac{242,6}{970,5} = 0.25 \text{ eur/kg}$$

Lõplik materjalikulu on

$$M = m_m \cdot m_h - Jm \cdot Jh = 9122,4 \cdot 1,17 - 970,5 \cdot 0,25 = 10726,8 - 242,6 = 10484,2 \text{ eurot}$$

6.2. Torujääkide käsitus

Kuna tootmise jooksul tekkib 536 meetrit torujääke, mida võiks detailide tootmises kasutada, andis tehnoloog lõputöö autorile ülesanne arvutada, kas osadest detailide keevitamine toob kasu või vastupidi ei oma mõtet. Kui saagi operaator lõikab ühest 6-meetrilisest torust kaks detaili pikkusega 2568 siis jääb üks tükk.

$$6000 - (2568 + 1,1) * 2 = 6000 - 5138,2 = 861,8 \text{ mm}$$

On võimalik keevitada kaks tükki kokku ja saada veel üks toorik detailide pikkusega 1183 mm saagimiseks. Kokku detailidele pikkusega 2568 mm läheb vaja 600 toru.

$$1200 / 2 = 600 \text{ torujääke pikkusega } 861,8 \text{ mm.}$$

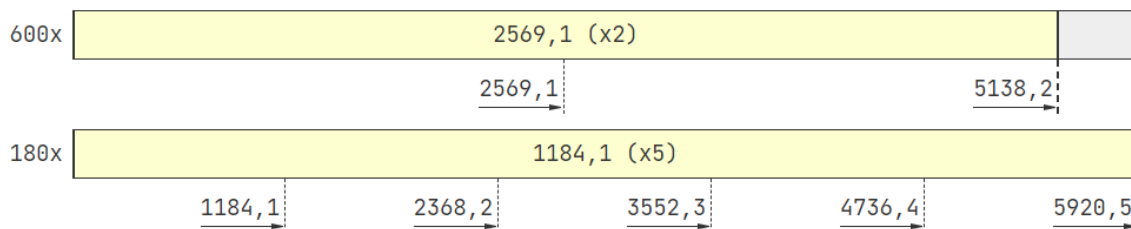
$$600 / 2 = 300 - \text{on võimalik lõigata } 300 \text{ detaili pikkusega } 1183 \text{ torujääkidest.}$$

Siis kokku on vaja lõigata 1200 detaili pikkusega 2568 mm. Terve projekti jaoks. Ja detaile 1183 mm on vaja 1200, kuid 300 tükki lõigatakse toru keevitatud osadest. Siis materjali on vaja tellida vaid 900 detailide jaoks. Autor kasutas online-kalkulaator lineaarlõikamise arvutamiseks.

Использовано:

$$6000 \times 780 \text{ шт.} = 4680000$$

Схема раскроя:



Польза: 88,64551%

Отход: 11,35449% (531390)

Точек разреза: 2100

Joonis 16. Lõikamise kalkulaator

Kokku on vaja tellida 780 toru 40x40x1,5 pikkusega 6 m.

Nende hind on $780 \times 12,77 = 9960,6$ eurot

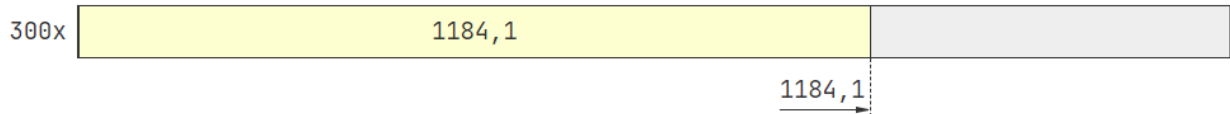
$$m_m = 4680 * 1,81 = 8470,8 \text{ kg}$$

Kasutades keevitatud jääke pikkusega $861,8 * 2 = 1723,6$ saab arvutada materjali hinda. Torud, mida keevitati kokku, lõigatakse jälle lintsaega, kuid uuesti tekitatud toruosad lähevad juba vanarauda.

Использовано:

1723,6 x 300 шт. = 517080

Схема раскроя:



Польза: 68,69923%

Отход: 31,30077% (161850)

Точек разреза: 300

Joonis 17. Lõikamise kalkulaator

Saame kokku 300 detaili. 31,3% ehk 161,85 m on hüvitamata toru kaotus.

Autor kasutab uuesti valemi materjali kulu arvutamiseks, arvestades, et toru kasutati tootmises kaks korda.

$$Jm = 161,85 * 1.81 = 293 \text{ kg}$$

Toru kilogrammi hind ning jäätmete hind

$$m_h = \frac{9960,6}{8470,8} = 1.17 \text{ eur/kg}$$

$$Jh = \frac{242,6}{970,5} = 0.25 \text{ eur/kg}$$

Arvutan välja materjalikulu

$$M = 8470,8 \cdot 1,17 - 293 \cdot 0,25 = 9910,8 - 73,25 = 9837,5 \text{ eurot}$$

Kui toomisel torujääke kasutada siis materjali hinna vahe on selline

$$10484,2 - 9837,5 = 646.7 \text{ eurot}$$

Väikse tootmise puhul iga säästmise võimalus on kasum. Materjali hinnavahe ei arvesta keevitamise kulusid ning saagimise kulusid. Saagimise kulusid koosnevad lintsaie amortiseerimiskulust, elektrikulust, saeoperaatori palgast. Keevituskulud koosnevad keevitusaparaadi amortiseerimiskulust, traadi kulud, elektrikulud ning keevitaja palk.

Kronometraaži abil saab arvutada, kui palju aega kulub operatsioonidele. Esimesena arvutas lõputööautor saagimiskulud. On vaja lõigata 300 detaili. Toru ristlõikeks on 40x40x1,5 mm. Materjal on S235. Üldine valem ühe detaili lõikamisaja arvutamiseks näeb välja järgmisena

$$t_s = T_e + t_{\ddot{u}}$$

kus t_s on üldine saagimise aeg.

T_e – operatsiooniks ettevalmistusaeg

$t_{\ddot{u}}$ – aeg, mis kulub produktsiooni ühikule

Detaili ühiku aeg koosneb operatsiooniajast(masinaajast) ning teenindamise ajast

$$t_{\ddot{u}} = t_o + t_t$$

kus t_o – operatsiooniaeg, mis kulub masina täistöötsükli täitmiseks

t_t – töökoha teenindamise aeg, sealhulgas masinast jäätmete eemaldamine, detailide ladustamine, uute toorikute paigaldus, mõõtmete kontroll.

T_e ehk operatsiooniks ettevalmistusaeg kosneb neljast punktist

$$T_e = t_j + t_k + t_c$$

kus t_j on jooniste lugemise aeg, t_k on sae lõikerežiimi konfigureerimine ning t_c on mõõdu piiriku välja panemine, fikseerimine ja kontroll. Lõputöö autor ning saeoperaator tegid eksperimenti, mille jooksul kronometraaži abil oli saadetud järgmised tulemused.

$t_o = 10+5+2 = 17$ s (sae allakäik ja tõstmine + saagimine + detaili fikseerimine)

$T_e = 10+15+30 = 55$ s

6.3. Teiste profiilmaterjalide kulu arvutus

Teiste detailidega, mida töödeldakse lõikamisega, variatiivseid arvutusi ei tule. Materjalikulu järgmiste detailide jaoks viis lõputöö autor MS Exceli abil.

Profiil	Materjal	Terve projektile hind	Metraaž	Jääkide metraaž	Mee trikaal	Mass kg	Eur/kg	Jääkide mass kg	Jäägid eur/kg	Lõplik materjali hind projektile
Toru 22x2	AISI304	711,48	132	2,2	1,2	158,4	4,491667	2,64	1,4	707,784
Ümar D = 16	S235	9954	1800	194,3	1,6	2880	3,45625	310,88	0,25	9876,28
Ümar D = 16	AISI304	2029,8	102	5,56	1,7	173,4	11,70588	9,452	1,4	2016,5672

6.4. Tsingitud lehtede arvutus

Lehtmaterjali massi ja kasutamata materjali arvutuse tegi lõputöö autor online kalkulaatori abil. Kalkulaatori kasutamine aitab luua lõikeplaane giljotiinkäärde jaoks. Lõikeplaan on parem, kui üksik joonis, kui detailide vajadus on üle 10.

Tsingitud lehest 1,5x1250x2500 lõigatakse 3 tüüpi detaili. Ukse sisemine profiil, mis tugevdab ukse konstruktsiooni ning hoiab ka koormarihmasid. Koormarihmasid kasutatakse toodete konteineri transportimiseks. Materjalikulu arvutamiseks kasutati valemid :

$$M = m_m \cdot m_h - Jm \cdot Jh$$

Üks tsingitud lehe mass $m = 37,5$ kg. Kogupindala on $3,125$ m². Terve tellimuse jaoks on vaja $n = 70$ lehte. Tükki hind on $h = 108,75$.

$$m_m = m \cdot n = 85 \cdot 37,5 = 3187 \text{ kg} - \text{vajaliku lehtede mass}$$

$$m_h = \frac{h}{m} = 108,75/37,5 = 2,9 \text{ eur/kg} - \text{kasutatava materjali hind}$$

Kalkulaatori järgi kasutamata jääkide pindala on $8,585$ m². Ühe ruutmeetri massi M_{rm} arvutamiseks on vaja jagada ühe lehe mass ühe lehe pindalaga.

$$M_{rm} = 37,5/3,125 = 12 \text{ kg}$$

Nüüd arvutan välja jääkide massi Jm .

$$Jm = M_{rm} \cdot 8,585 = 103,02 \text{ kg}$$

Jäätmete hind, mida ei ole võimalik kasutada on leitav vanametalli kokkuostupunktide veebilehelt. Seisuga 30.11.2021 oli vana tsingitud metalli hind 635 € / t ehk 635 eur/1000 kg.

$$Jh = \frac{635}{1000} = 0,635 \text{ eur/kg}$$

Terve projektile mineva tsingitud lehe 1.5x1250x2500 materjali hind on järgmine:

$$M = m_m \cdot m_h - Jm \cdot Jh = 3187 \cdot 2,9 - 103,02 \cdot 0,635 = 9242,3 - 66,42 = 9175,6 \text{ eur}$$

Teiste lehtmaterjalide jaoks teostas lõputöö autor arvutusi MS Excel tarkvara abil. Ülespool on toodu näide arvutuse käigust.

7. ALLHANGE KULU

Mõned tööd ei olnud võimalik teha kohapeal. Lisalukusti korpuseid otsustati tellida firmalt, mis tegeleb detailide laserlõikusega. Terve projektile mineva detailide hulk on 400 tükki. Kuna detailide jooniseid tellijal ei olnud, siis andis tehnoloog lõputöö autorile teha uus joonis. Nelisaja karbi hind oli umbes 5000 eurot. Teenuse osutaja PlasmaPro OÜ.

Uste välisvooderduse metall-lehtedest lõikamise ja painutamise teenus oli osutatud firma PlekkMaster OÜ poolt. Ühe ukse komplekti valmistamise hind oli 30 eurot. 100 komplekti eest summa oli 3000 eurot.

Töökoja rent 2400 eurot kuus.

Ümarvarraste painutamine oli tehtud erinevates firmades ja ligikaudne hind 400 detaili eest oli 400 eurot. Tsingitud profiilide painutamine – kokku 1200 detaili – 800 eurot.

Uste lukustuskonksude ja keermestatud plaatide hind oli 260 eurot.

8. RAKISED

Koosteosakonna ülesehitamisel peab aru saama faktoritest , mis mõjutavad koostelukkseppa. Need on füüsilised ja psüühilised faktorid. Füüsilised faktorid, mis oluliselt mõjutavad inimese töövõimet.

1. Keha väsitav asend
2. Metallkonstruktsioonide transportimine kasutades inimese füüsilist jõudu (detailide konduktorisse paigaldamine)

Psüühilised faktorid, mis takistavad pikaajalist tööle keskendumist :

1. Monotoonsusest väsimine

Selgus välja, et meil on 3 faktorid, mis halvenevad tootlikust.

Ukseraamide konduktor näeb välja nagu torudest laud. Uste osad paigaldatakse laua peale ning fikseeritakse piirikute vahel. Detailide jäik kinnitamine võimaldab raami keevitamist ning minimiseerib deformatsiooni. Arvestades esimese füüsilise teguriga, on arusaadav, et koostelaua kõrgus peab olema mugav. Antud juhul kõrgus 900 mm on piisavalt kõrge ning ei ole liiga madal.

Füüsiline tegur number 2 on seotud inimese füüsilise vastupidavusega. Teguri vähendamiseks selles tootmisoperatsioonis võtab osa 2 lukkseppa-keevitajat. Sellisel juhul tööd saab teha kiirem, keevitades mitu detaili korraga. Paaris töötamine samuti aitab füüsilise koormuse alandada.

Psühholoogiline tegur saab lahendada tehes konduktor niimoodi, et detailid ei kukuks välja ning raam ei läheks kõveraks. Iga detaili peal on oma number, ning seda numbri pannakse konduktori peale markeerimisega. See alandab võimaliku vigu tekitamist ning töö läheb kiiremini.

Raamide koosteraamid on projekteeritud SolidWorks SP3 2019. Joonised ja 3D visualiseerimine on toodud lõputöö lisas.

Koostelaua tootmiseks on valitud toru 50x50x4. Materjaliks on S235. Antud terase mehhaanilised omadused on head tavaliste metallkonstruktsioonide ehitamiseks. Selline toru profiil ning materjal annavad konstruktsioonile piisav jäikust ning tugevust. Samuti toru paksuse tõttu ei ole need laud liiga rasked teisaldamiseks. Tööala on tehtud metall-lehest paksusega 5 mm.

9. VÄRVIMISTÖÖD

Värvimissüsteemid tootmisel on olemas rahvusvahelises standardis ISO 12944-5. Standardis on kirjeldatud eri pindade värvimisviisid. Värvü tüüpi valik toimub värvitava pinna ekspluatatsiooni tingimuste alusel. Kaasaegses tootmises on olemas 5 roostekaitse klassi. Tsingitud pindade jaoks, mis töötavad ekstreemsetes tingimustes, antud juhul merevesi, on valitud klass C4 ja värvikihi kulumiskindlus indeks on H. Klassi järgi on valitud värvimistehnoloogia Tikkurila poolt. Tikkurila sisetähis TE65. Antud värvimissüsteem soovib kasutada kahekomponentse epoksüüdvärvi Tikkuria Temacoat 50. Sobib tsingitud pindadele. Kruntkiht selle värvi jaoks ei ole kohustuslik. Nõutava kulumiskindluse tagamiseks peab olema kihi paksus vähemalt 220 mkm. Tehnoloogia järgi 220 mkm saamiseks on vaja 2 kihti. Kihvaheline kuivamisaeg on 4 tundi. Sobiv kõvendi mark on Tikkurila 008 5613. Mahu järgi värvile kulub 5 osa mahust ning 1 osa mahust on kõvendi. Antud kõvendi kiirendab kuivamist ning 2 ukse komplekti kuivavad 8 tunniga. Lahusti pindade puhastamiseks on Tikkurilla Thinner 1031.

Värvitava pinna valmistamiseks puhastatakse pinda lahustiga ning lihvitakse käsitsi värvi parema nakkuvuse jaoks.

Spetsifikatsiooni järgi, kui värvi kiht on 220 mkm, 1 liiter värvi katab 4,9 ruutmeetrit pinda. Ühe ukse välise paneeli pindala on 3,14 meetrit. Kokku 1884 meetrit, millele kulub 385 liitrit värvi. Kõvendit on vaja 77 liitrit. 20 liitrit värvi maksab 164 eurot. Terve projekti jaoks maksab see 2387 eurot. Kõvendi maksab 10,63 liitri eest. Kokku kõvendile on vaja 818,5 eurot.

Pinna ettevalmistamisele, uste riputamisele ning värvimisele kulutab maaler 8 tundi kahele komplektile. Uste transportimist ning pinna valmistamist aitab teha abitööline. Maalri töötasu koos maksudega on 1959 eurot. Abitöölise palk maksudega on 1040 eurot kuus. Kogu projekti värvimiseks kulub 50 täis vahetust. Ühe töötunni hind värvimistöõde puhul on 17 eurot. 400 tunni eest on vaja töölistele maksta 6800 eurot. Materjalide kulu on 3205,5 eurot. Veel 10% kulumaterjalidele - 320,55 eurot. Värvimistöõde terve mahu kulu on 10325,05 eurot. Ühe uste komplektile kulu on 103,25 eurot.

10. LÕPLIK KOOSTAMINE

Lõpliku koostamist teostab 2 töolist-monteerijat. Põhilised tööliste ülesanded on panna kokku ukse 3 kaupa komplektidesse. Esimene tööline tegeleb ukse sisemise vooderduse paigaldamisega ning kinnitab lukkud. Kaks töolist panevad ukse omavahel kokku neetidega ja alumiiniumist hingetega. Tellijaga oli kooskõlastatud, et ettevõtte valmistab 7 komplekti ühe nädala jooksul.

Ühe vahetuse sees saavad töölised panna kokku 2 täiskomplekti. Selle hulka kuulub ka nende komplektide pakkimine ning transpordiks ettevalmistamine. Arvestades sellega peab edukalt organiseerima iga tsehi osa tõrgeteta tööd. Üldine tööaeg, mis kuulub uste lõpliku koostamisele on avaldatav uste komplektide arvu ja tootlikuse kaudu. Antud juhul uste arv A on 100 komplekti. Koostatöölise tootlikus Q on 2 komplekti päevas. Uste koostamise aeg T siis:

$$T = A/Q = 100/2 = 50 \text{ päeva}$$

Ühe päeva jooksul teostavad töölised tööd 8 tundi. Siis üldine $T_{\bar{u}}$ tööaeg, mis kulub uste koostamisele on

$$T_{\bar{u}} = 50 * 8 = 400 \text{ tundi}$$

Töölise palgad on identsed ning nende suurus on 1605,6 eurot kuus. Ühes kuus on umbes 176 töötundi. Kahe töölise jaoks ühe tunni T_h hind on kahe töölise palgad jagatud töötundide arvuga:

$$T_h = (1605.6 * 2) / 176 = 18.3 \text{ eurot}$$

400 tundi eest peab tööandja maksma töölistele:

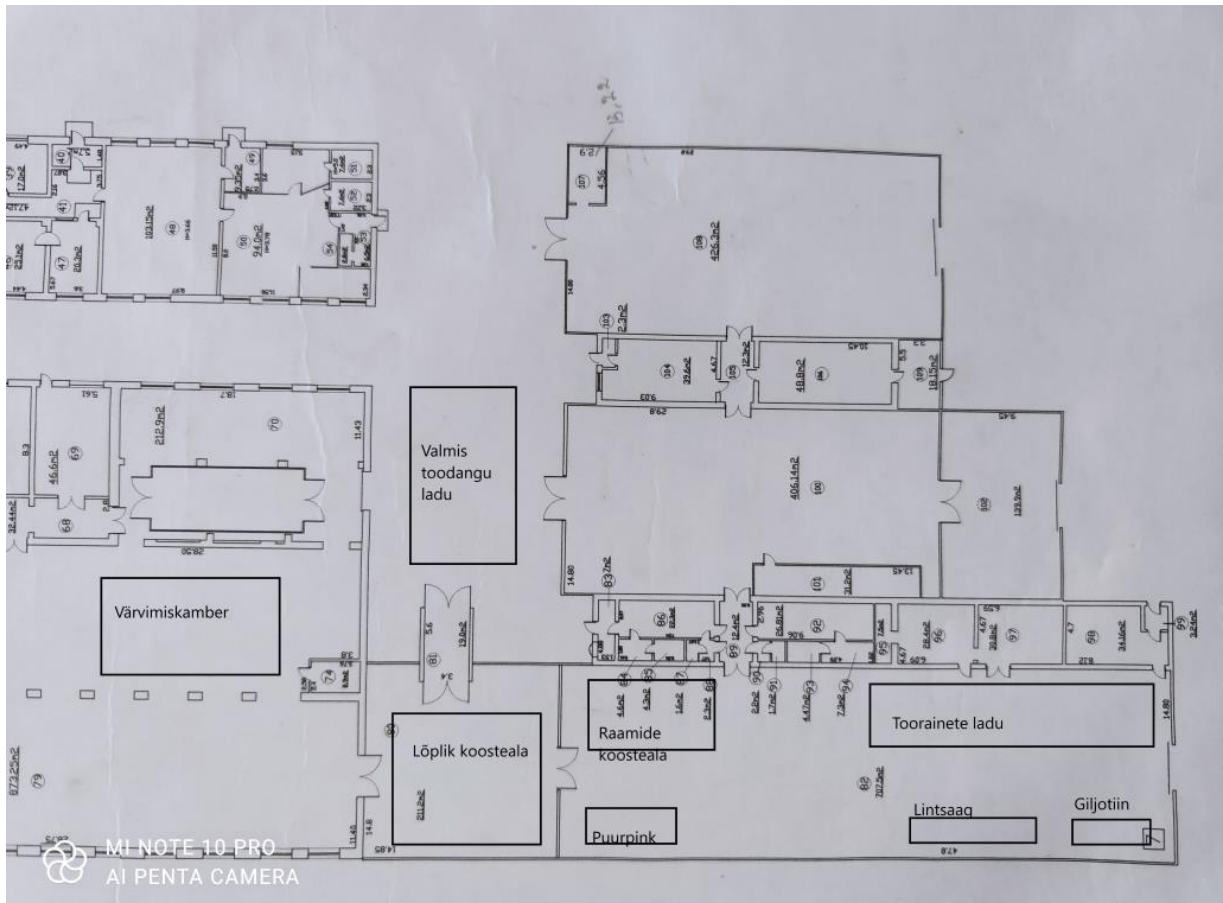
$$400 * 18.3 = 7320 \text{ eurot}$$

11. TSEHHI ÜLDPLAAN JA TÖÖPINGID

Tööpinkide paigaldus, materjaliladu asukoht ning detaililadu asukoht on oluline. Iga tsehi töötajal peab olema lihtne ja mugav viia läbi tsehi siselogistikat ning välislogistikat, kui valmiskaupa laetakse ja saadetakse tellijale ära. Üksiku tellimuse korral täpne planeerimine on ka võimalik, kuid see ei oma niisuurat tähtsust, nagu suure tellimuse korral. Mõnikord töökoda peab täiesti vaatama ümber, et lihtsustada ja parendada tööd. Tsehi Siselogistika on materjalide ja detailide ladustamine, ning nende teisaldamine töökoda sees tööpinkide vahel.

Lõputöö autor eristas enda jaoks 2 taset. Esimene tase on strateegiline planeerimine. See tase annab üldine ülevaate ettevõttest, töökoda plaanist ning ettevõtte võimalustest.

Punase värviga on tähistatud ettevõtte poolt renditud äripinnad. Töökoda ning valmistoodang asuvad ühes hoones ning paiknevad üks teise järel. Valmistoodangu laos on väravad, mille kaudu valmistoodang laaduriga laetakse veoauto peale. Plaani peal on näha, et materjalid liikuvad paremalt vasakule. Selle tee jooksul muutuvad materjalid ja ostetud detailid juba toodeteks.



Joonis 18. Töökoda üldplaan

12. OMAHINDA ARVUTUS

Ühe toote omahinda arvutus on oluline hinnapakkumise tegemiseks. Juhul kui arvatud omahind on reaalsest väiksem, siis tootmine ei too kasumit, kuid vastupidi toob kahjumit. Teisel juhul, kui panna liiga kõrge hind toode ühiku eest, siis võib tellija sellest hinnast loobuda. Omahind on leitav kõike tootmiskulude liitmisega. Tootmiskulud on :

1. Detailide lõikamine lintsaega
2. Puurimine
3. Keevitustööd
4. Allhanged
5. Värvimistööd
6. Materjalide hind
7. Koostetööd

Kõike materjali ostmiseks uste projektile kulutati 82273,68 eurot. Palgakulu detailide lõikamiseks lintsaega maksis 704,4 eurot. Puurimisele kulutati 625,4 eurot. Keevitustööde hind oli 1636 eurot. Allhangitud tööde hind oli kokku 11460 eurot. Nende tööde hulgas on detailide painutamine, tsingitud metall-lehtede painutamine ja lõikamine, laserlõikamine, plasmalõikamine. Värvimise hind antud projekti jaoks on 10325 eurot. Kokku kulud uste tootmisele Tk on

$Tk = 82273.68 + 704.4 + 625.4 + 1636 + 11460 + 10325 + 7320 = 114\ 344$ eurot.

Tähendab, et ühe uste komplekti tootmiseks pidi Vimana OÜ kulutama ühele komplektile 1143 eurot. See on omahinna nullpunkt antud projekti jaoks.

KOKKUVÕTE

Lõputöö autori ees seisis kindel eesmärk läbida kasuliku praktikat reaalses ettevõttes. Diplomitöö eeldab, et lõpetades ülikooli, inimesel on piisavalt teadmisi ja oskusi, et jätkata tööd iseseisvalt. Antud lõputöö peamiseks eesmärgiks oli väikeettevõtte tööst osavõtt ja kasulikke kogemuste omandamine. Töö kirjutamise ajal ning praktiliselt oli autoril võimalus katsetada tehnoloogi ametikohta. Tehnoloog on see inimene, kes tegeleb tootmisprotsessi juurutamisega ning oskab tootmist organiseerida.

Põhilised eesmärgid, mis olid lõputöö autori poolt püstitatud ning täidetud:

- SolidWorks programmi kasutamine projekteerimise valdkonnas
- Väikeettevõtte töö organiseerimine
- Tootmistehnoloogia valik erinevate detailide valmistamiseks
- Tootmise optimeerimine kasutades kaasaegseid vahendeid
- Tootmise omahinda arvutus
- Meeskonna töö

Töö on jagatud 12 peatükkideks. Kõik valemid on võetud masinaehitustehnoloogia õpikutest ning temaatilistest veebilehtedest. Näiteks lõikerežiimide arvutamiseks kasutas autor online kalkulaatorit.

Kõige olulisem autori jaoks oli aru saada, kuidas suure projekti juhendada ning tootmistehnoloogiat juurutada.

Töö protsessis tegeles autor uste mõõdistamisega, tööjooniste tegemisega ning tööliste suunamisega. Autori erialase praktika jooksul oli antud projekt edukalt lõpetatud.

SUMMARY

The purpose of this project was to get familiar with real manufacturing processes. The main goal was to study, how implement technological processes on the real manufacturing. While writing this diploma, author was able to try technologist work. Technologist should be able to use technological processes usefully and to plan manufacturing.

Goals, which were achieved:

- Using SolidWorks for engineering
- Small factory organisation
- Manufacturing process choosing
- Optimisation of manufacturing
- Manufacturing costs
- Team work

Diploma is divided into 12 chapters. All the formulas are coming from mechanical engineering books. Cutting parameters were calculated using online calculators.

The most important thing was to understand how to develop working process and rule it successfully.

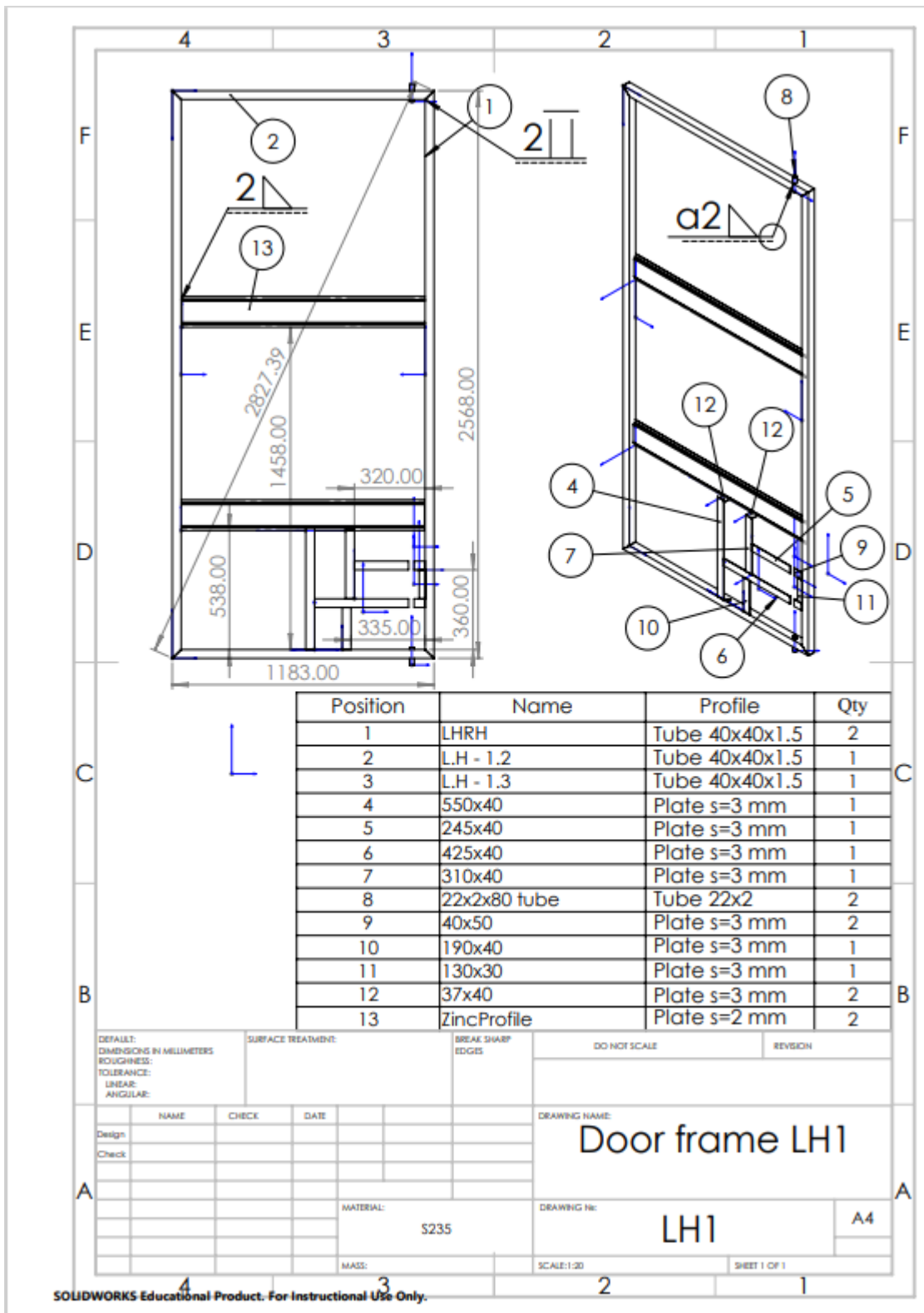
Author was making drawings for manufacturing, detail drawing, calculations for several technological operations. Project was successfully done.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Containers, L. (2021, April 10). *20' Side Door*. Retrieved from <https://www.lotus-containers.com/>: <https://www.lotus-containers.com/es/que-ofrecemos/flota/side-door/20-side-door/>
- [2] <http://www.metanex.ee/toostusgaaside-hinnakiri/>. (n.d.).
- [3] <https://eprints.ttkk.ee/id/eprint/180/2/Keevisliited%20ja%20keevitusasendid/keevisliidete-tuumluumlbid.html>. (n.d.).
- [4] Kulu, P., Kübarsepp, J., Laansoo, A., & Veinthal, R. (2015). *MATERJALITEHNIKA II*. Tallinn: TTÜ kirjastus.
- [5] Lešiner, E. (2015). *Masinaehitustehnoloogia alused*. Tomsk: Tomsk polütehniline ülikool.
- [6] LittleMachineShop.com. (2021, 10 5). *LittleMachineShop.com*. Retrieved from https://littlemachineshop.com/mobile/speeds_feeds.php
- [7] Markevič, J. (2014). *ОСНОВЫ ЛЕНТОЧНОГО ПИЛЕНИЯ И СТАНКИ*. Минск: БНТУ.
- [8] *osvarka.com*. (n.d.). Retrieved from <https://osvarka.com/poleznaya-informaciya/skorost-svarki>
- [9] PILOUS, ©. 2. (2021, Aprill 10). *ARG 380 plus S.A.F.* Retrieved from <https://www.pilous.cz/en/metal/band-saws-for-metal/hydraulic-semi-automatic/arg-380-plus-s-a-f>
- [10] V.V. Morozov, V. T. (2016). *Masinaehitustehnoloogia alused*. Vladimir: VLGU.
- [11] Рубикон, О. (2021, April 10). *2A135 Станок вертикально-сверлильный универсальный*. Retrieved from [stanki-katalog.ru: http://stanki-katalog.ru/sprav_2a135.htm](http://stanki-katalog.ru/sprav_2a135.htm)
- [12] *automoto.ee*. (2021, 06 25). Retrieved from <https://forum.automoto.ee/showthread.php?tid=24334>
- [13] *tudbooks.net*. (2021, 06 28). Retrieved from https://studbooks.net/1454679/tovarovedenie/raschet_norm_vremeni_svarochnye_operatsii

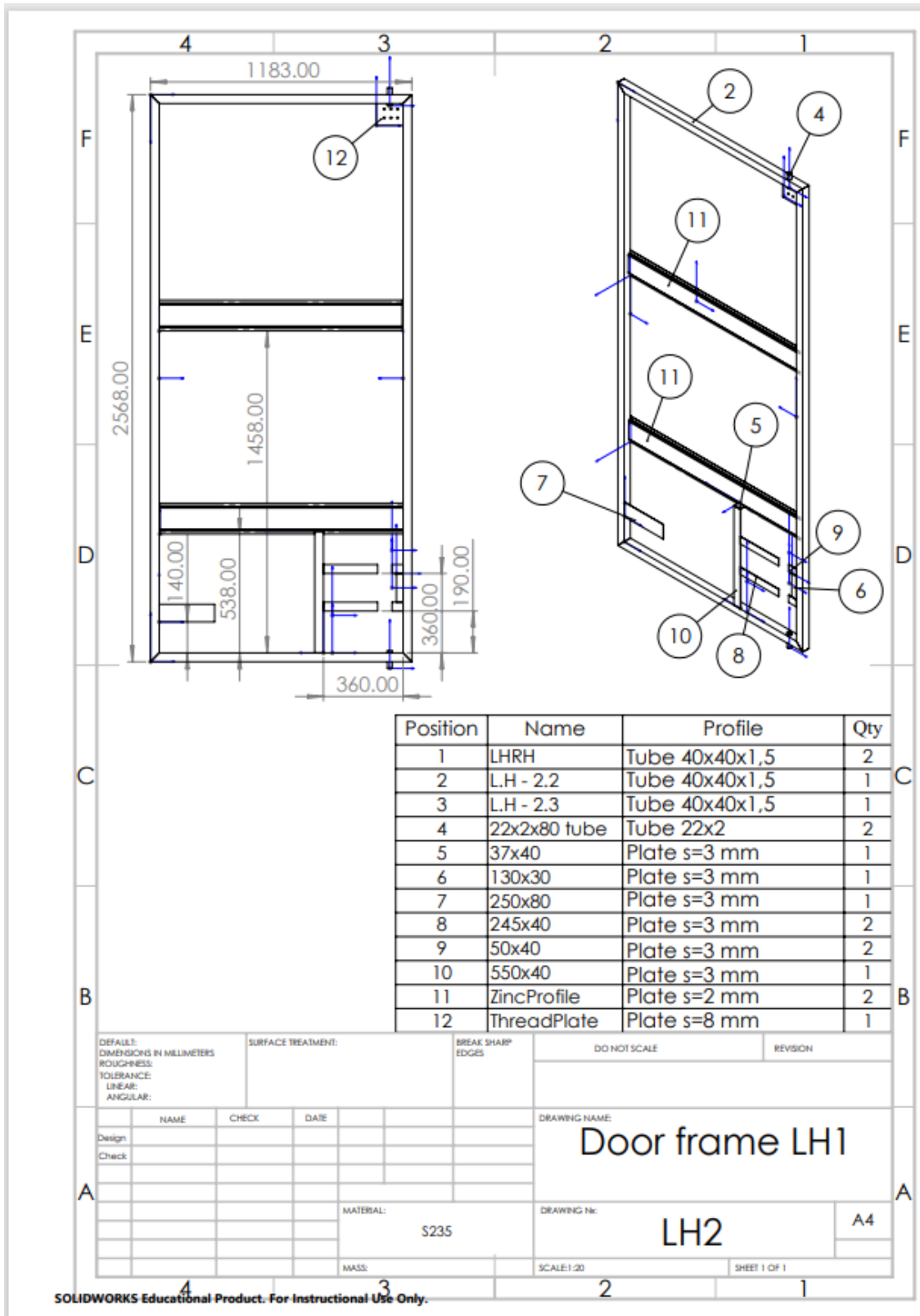
LISAD

LISA 1. UKSE RAAMI LH1 KOOSTEJOONIS

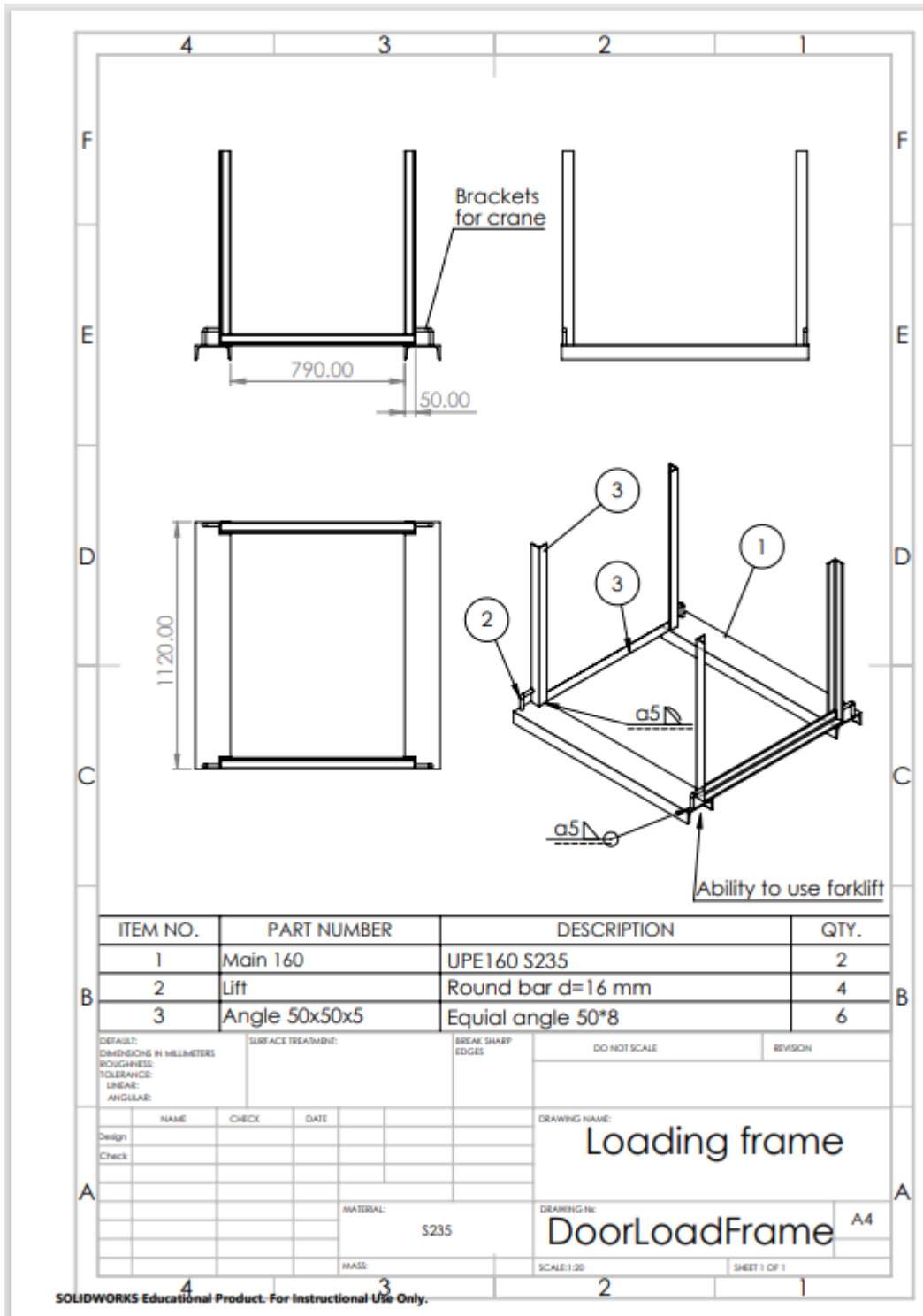


SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

LISA 2. UKSE RAAMI LH2 KOOSTEJOONIS



LISA 3. UKSE TRASPORTEERMISRAAMI JOONIS



LISA 4. PAKITUD UKSED

