

Morris Jaansalu

**TORUPAINUTUS SEADELDIS
PNEUMOSILINDRIGA**

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Masinaehituse eriala

Juhendaja: Mart Tiidemann

Tallinn 2022

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina,

Morris Jaansalu, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

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

Juhendaja: Mart Tiidemann

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Morris Jaansalu

sünnikuupäev: 19.11.1998

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose:

„Torupainutus seadeldis pneumosilindriga“

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, kuupäev digiallkirjas.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. ETTEVÕTTE TUTVUSTUS.....	6
2. PAINUTATAV TOODE.....	7
2.1. Painde pikkuse arvutamine	7
2.2. Toru materjal	8
3. KÄSIPAINUTUS SEADME ANALÜÜS	10
4. PROJEKTEERITUD SEADE.....	11
5. PNEUMOSILINDRID	16
5.2. Sööture arvutused.....	16
5.3. Painuti silindri arvutused	17
5.4. Pneumosilindrite valik.....	19
5.4.1. Sööture silinder	20
5.4.2. Painuti silinder.....	21
6. MAGNETSENSORID	22
7. DETAILIDE KIRJELDUS	24
7.1. Olulisemad detailid.....	24
7.2. Seadmed pingi valmistamiseks.....	25
8. MAJANDUSLIK OSA	27
8.1. Materjalide hinna määramine	27
8.2. Toote omahinna määramine	28
8.3. Toote tasuvusaeg	28
KOKKUVÕTE.....	30
SUMMARY	31
VIIDATUD ALLIKAD.....	32
LISAD	34
Lisa 1. Koostejoonis.....	35
Lisa 2. Tükitable.....	36
Lisa 3. Toru joonis	38
Lisa 4. Painutusrullik.....	39
Lisa 5. Toru suunaja rullikule	40
Lisa 6. Toru painutamis tugi	41

Lisa 7. Tehnoloogiakaart.....	42
-------------------------------	----

SISSEJUHATUS

Käesolevas töös projekteeritakse poolautomaatset torupainutuspinkki. Eesmärgiks on tööliste koormuse vähendamine ja töödeldava toru painde saamise parendamine torupainutuspingi abil.

Painutatavad ümartorud on $\varnothing 8$, pikkusega 123 mm ning materjaliks AISI 304. Käsipainutus seadmega töötades rakendab tööline liialt jõudu, mille tulemusel väsitakse kiirelt ja painde raadius selle tõttu ei vasta ka tihti joonisele.

Käsipainutus seadmega töötades on painutamist vajavad torud asetatud töölise vasakule poole kätt. Painutamisel on ühe töötsükli ajaks 20 sekundit, mis on stopperiga kindlaks määratud. Rakendatav jõud ühe ümartoru painutamiseks on momentvõtme abiga saadud tulemustel 145 N. Peale painde tegemist pannakse detail töölise paremale poole kätt asetatud kasti.

Projekteeritud seadmes on kasutatud kahte erineva mõõduga pneumosilindrit. Silindreid nimetatakse käesolevas töös söötur silindriks ning painuti silindriks. Nende tulemusel muutub töökäik poolautomaatseks. Painutatavad torud asetatakse torupainutuspingi sööturisse, kus asuvad ette söödetavad 123 mm pikad ümartorud.

Poolautomaatse torupainutuspingi silindrite liikumine on seadistatud silindrite külge asetatud magnetsensorite põhjal. Sensorite abil liigub silinder vastavalt nende paigutamise asukohale. Söötur silindri toru ette lükkamisel, liigub see magnetsensori tundmisel automaatselt tagasi. Selle tulemusel antakse läbi releede signaal painuti silindri liikumiseks.

Lõputöö on jagatud kaheksaks osaks. Esimeses on ettevõtte kirjeldus. Teises osas ülevaade painutatud tootest, painde pikkuse arvutustest ning toru materjalist. Kolmandas osas analüüsitakse käsipainutus seadet. Neljandas osas ülevaade projekteeritud seadmest. Viies osa on pneumosilindrite arvutused, mille tulemusel leitakse vajalikud silindrid torupainutuspingis kasutamiseks. Kuuendas osas ülevaade magnetsensori kasutamisest. Seitsmes osa on detailide kirjeldus ja pingi valmistamisel kasutatud masinate koondtabel. Kaheksandas osas on majandusarvutused, toote materjali hinna ja toote omahinna määramine ning tasuvusaja leidmine.

1. ETTEVÕTTE TUTVUSTUS

Ettevõte asub Peetri alevikus, Sära tee 8 aadressil ning tegeleb metallitöötusega, kus asub neli suuremat osakonda:

- treimisosakond;
- freesimisosakond;
- lukksepaosakond;
- hüdraulika/koostamine.

Ettevõte on asutatud 16. märtsil 2005 aastal ja on 17 aastane.

2022. aasta aprilli seisuga töötab firmas 69 töötajat ning eelmise aasta detsembri kuni märtsi seisuga saadi käibeks 2,9 miljonit eurot [1].



Joonis 1. Radius Machining treimisosakond [2]

2. PAINUTATAV TOODE

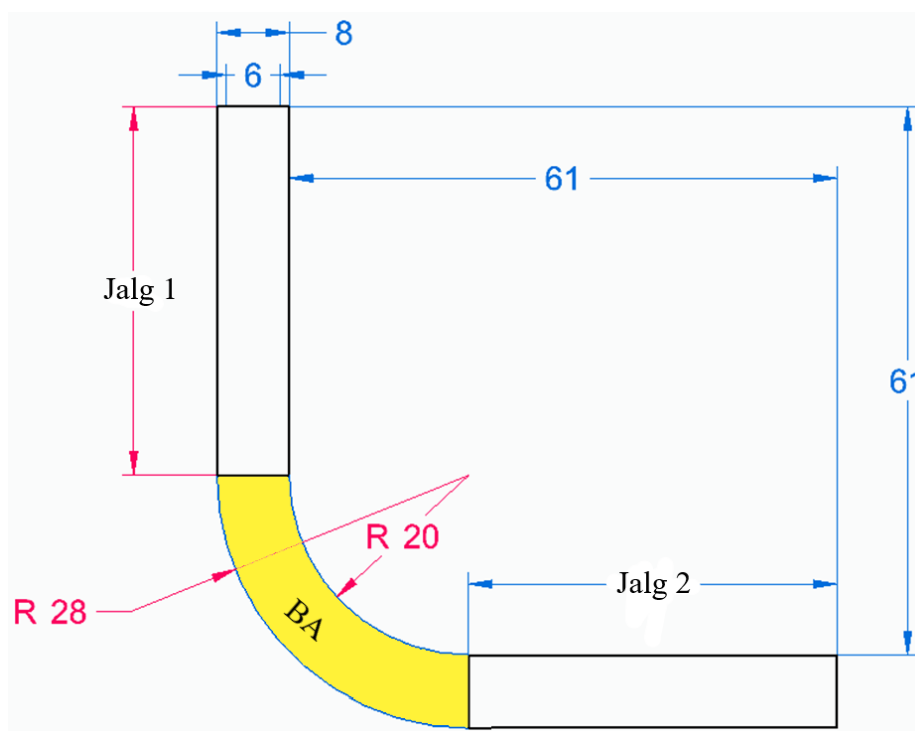
Lõputöö teema algatamine on seotud ühe kindla toruga, mida painutada. Kogu töö seadme ehitamiseks on mõeldud vastava toru põhjal (Lisa 3).

Toru materjaliks on AISI 304 ehk roostevaba teras USA standardite järgi. Ning toru üldpikkuseks on 123 mm.

Painutamisel on lubatud painde raadiuse kõikumine -2 mm.

2.1. Painde pikkuse arvutamine

Toru painde pikkuse leidmiseks, tuuakse esile joonis vajalike arvude ja tähistega, mida valemiga teada saab (Joonis 2).



Joonis 2. Painutatud toru

Detaili esialgne pikkus on 123 mm, mida painutatakse raadiusele 20 mm.

Toru *jala 1* pikkuse leiame valemiga (1) [3]:

$$Jalg\ 1 = h - R, \quad (1)$$

kus h – kõrgus, mm;

R – painde raadius, mm.

Valemi põhjal saan vastuse (1):

$$Jalg\ 1 = 61 - 20 = 41\text{ mm.}$$

Jala 2 pikkuse leidmiseks on valem (2) [3]:

$$Jalg\ 2 = l - R, \quad (2)$$

kus l – laius, mm;

R – painde raadius, mm.

Valemi põhjal saan vastuse (2):

$$Jalg\ 2 = 61 - 20 = 41\text{ mm.}$$

Paindevaru BA (mm) leiame valemiga (3) [3]:

$$BA = \text{Üldpikkus} - Jalg1 - Jalg\ 2, \quad (3)$$

kus $Jalg\ 1 = 41$, mm;

$Jalg\ 2 = 41$, mm;

BA – paindevaru, mm.

Valemi põhjal saan vastuseks (3):

$$BA = 123 - 41 - 41 = 41\text{ mm.}$$

Arvutuste põhjal selgub, et toru painde pikkuseks on 41 mm.

2.2. Toru materjal

Toru on roostevabast terasest ja selle kaitsva kihi moodustab kroom mis ei reageeri edasi peale ühendite tekkimist [26].

Materjali omadusteks on lisaks:

- hea keevitavus;
- hea sitkus ja töödeldavus;
- head omadused nii kõrgetel kui ka madalatel temperatuuridel.

AISI 304 on Euroopa standardite järgi nimetatud EN 1.4301 või siis materjali nime põhjal X5CrNi 18-10 (Tabel 1). Aga kasutatakse tihedamini USA stiilis, kuna on mugavam öelda.

Tabel 1. AISI 304 omadused [9]

Materjal	Tõmbetugevus, N/mm²	Brinelli kõvadus, HB	Voolepiir, Mpa
AISI 304	540 – 750	130 – 180	230

3. KÄSIPAINUTUS SEADME ANALÜÜS

Poolautomaatse torupainutuspingi asemel on tehtud eelnevalt tööd manuaalse pingiga. Kus toru asetatakse käsitsi toru toe vahele ning oma käe jõuga tõmmatakse kangist joonisele vastav paine. Pidevalt sama pingiga tööd teha ning suurtes kogustes, muutub see töölisele kurnavaks. Suurimad probleemid manuaalselt toru painutades on (Joonis 3):

- pidev koormus käele;
- pausi tehes tootmisprotsess aeglustub;
- peab toetama jalaga pinki, seoses painutades tekkiva jõu kasutamisel, pink nihkub paigast.

Manuaalse pingiga on ühe toru tööajaks stopperiga välja mõõdetud 20 sekundit. Siis poolautomaat pingiga kiirus muutuks 4 sekundit kiiremaks. Ning tüki ajaks jääb 16 sekundit üks toru.

Kangi tõmbejõud sai leitud momentvõtme abil, mille tulemusel sai teada, et painde tegemiseks rakendatakse 145 N.

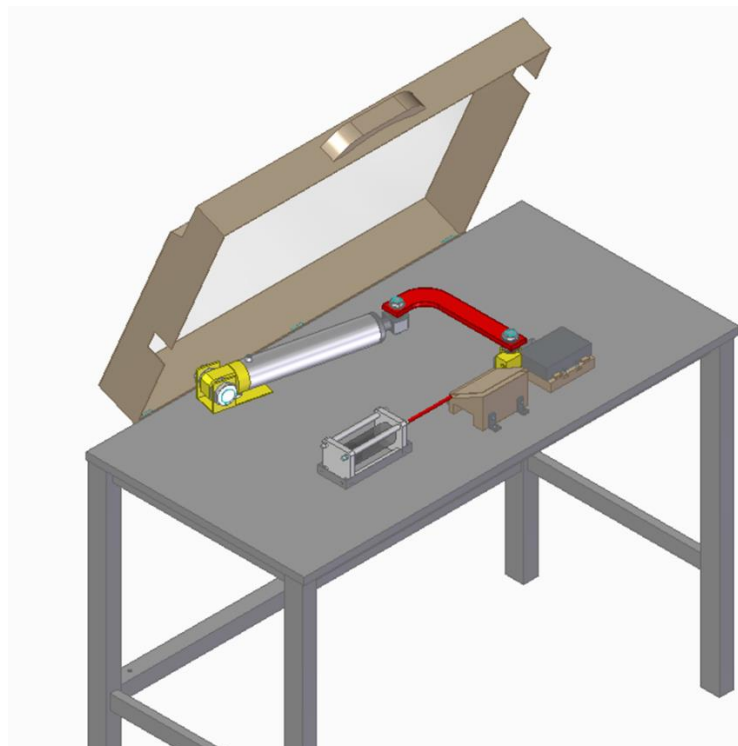
Põhilisem eesmärk uue seadme tegemiseks on pühendatud siiski töölise koormuse vähendamiseks.



Joonis 3. Manuaalne torupainutuspink

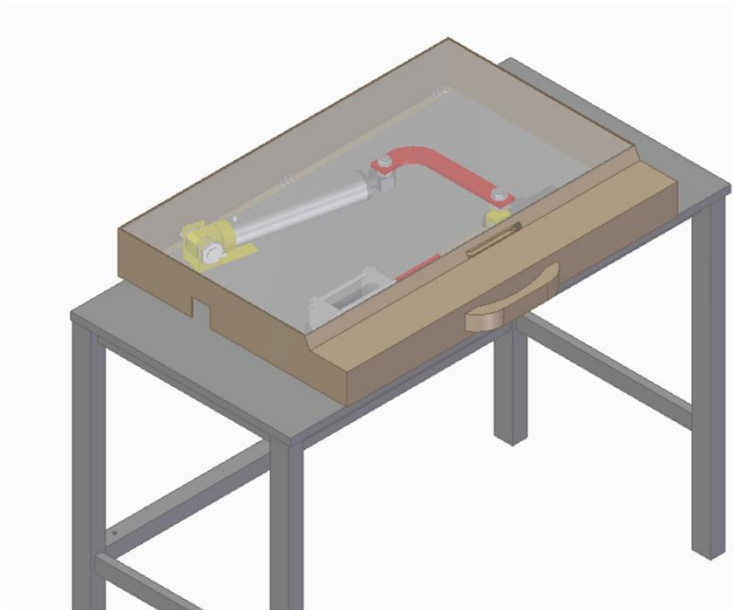
4. PROJEKTEERITUD SEADE

Projekteeritud sai poolautomaatne torupainutuspink, mille kogu massiks on 158 kg. Töölaud on kõrgusega 870 mm, laiusega 600 mm ning pikkusega 1200 mm (Joonis 4).



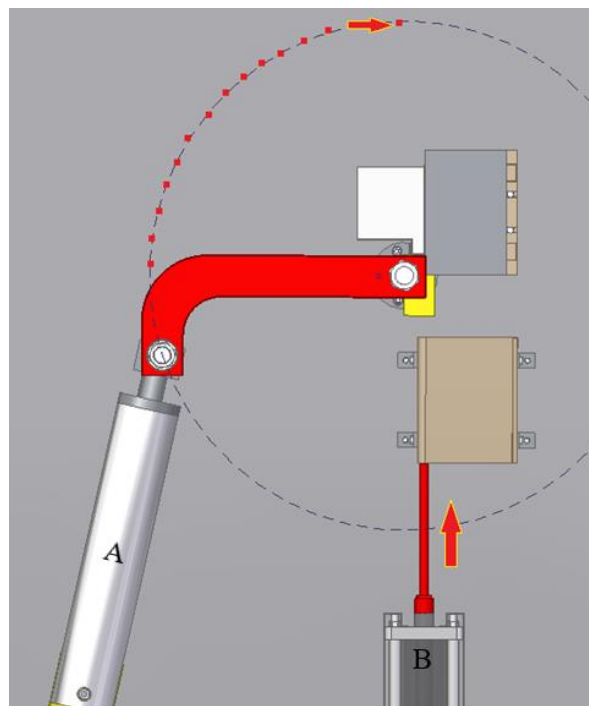
Joonis 4. Torupainutuspink pneumosilindriga

Ohutusele mõeldes asetsevad kõik detailid töötamise ajal kaane all, et ei oleks võimalik tekkida ohtliku olukorda, kus inimene ennast vigastama peaks. Seoses liikuvate seadmetega on kaane olemasolu tagatud turvalisele töötamisele (Joonis 5).



Joonis 5. Kinnise kaanega torupainutuspink

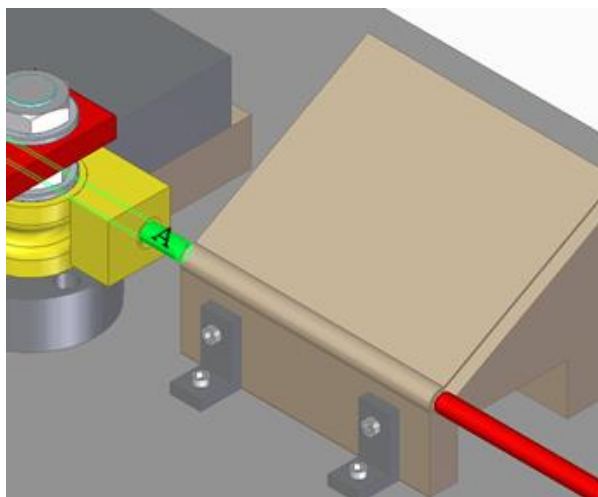
Punaseks värvitud detail nimega painuti hoob on pingis kõige suurema trajektoori liikumisega, kus silindri abil liigutatakse hooba 90 kraadi. Liikuvate detailide suund on märgitud pingi pealtvaates joonisele, kus on lisaks välja toodud ka söötur silindri liikumine toru ette söötmiseks. Seadmed on joonisel lähteasendis (Joonis 6).



Joonis 6. Detailide liikumissuund: A – painuti silinder; B – söötur silinder

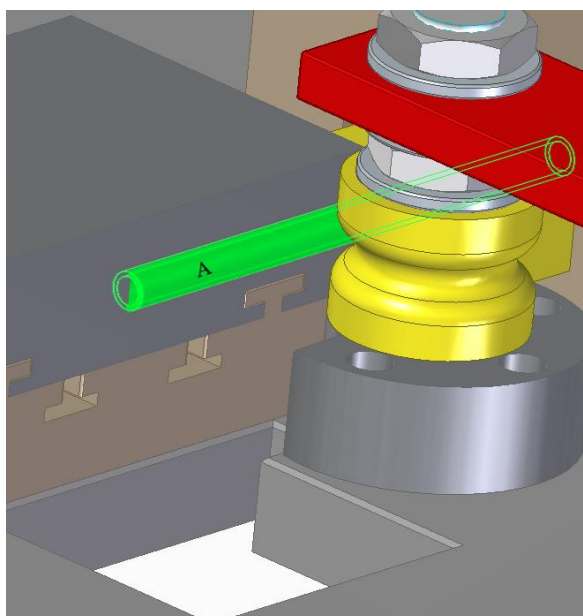
Toru painutamine algab pneumosilindri liikumisega sööturisse, kus asuvad painutamiseks valmis olevad sirged torud.

Sööturist suunatakse detail painutusrulliku külge keevitatud toru suunaja sisse, mille toon välja ka joonisel (Joonis 7).



Joonis 7. Lõppasend toru suunajas: A - toru

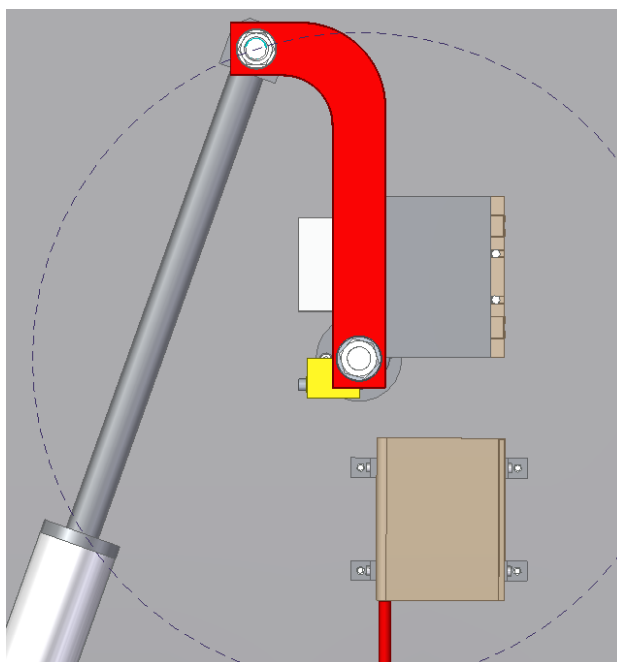
Lõppasendi jaoks on tehtud piiraja, et detailil ei oleks võimalik nihkuda ning asetseks alati sama kaugel (Joonis 8).



Joonis 8. Valmis painutamiseks: A – toru

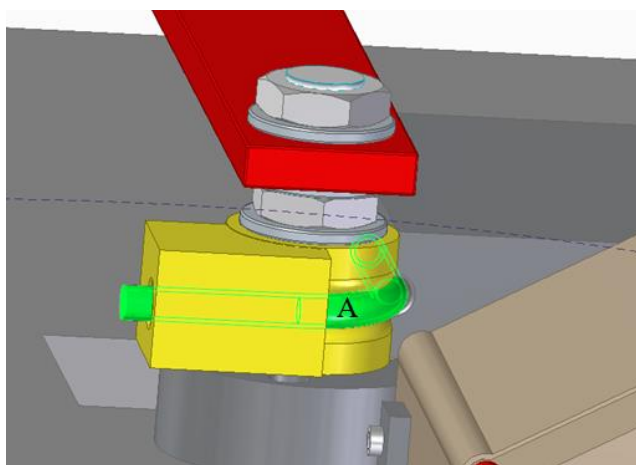
Söötur silindri tagasi liikumisel, tunneb sensor silindri kohalolekut ning antakse läbi releede signaal teise silindri liikumiseks.

Painuti silinder liigutab hooba lähteasendist 90 kraadi ning samal ajal toimub ka toru painutamine. Silinder on kinnitatud võlli külge. Selle tulemusel ei teki laua ja kinnituse vahelist pinget. Silinder liigub võlli küljes lõppasendisse jõudes 7 kraadi paremale (Joonis 9).



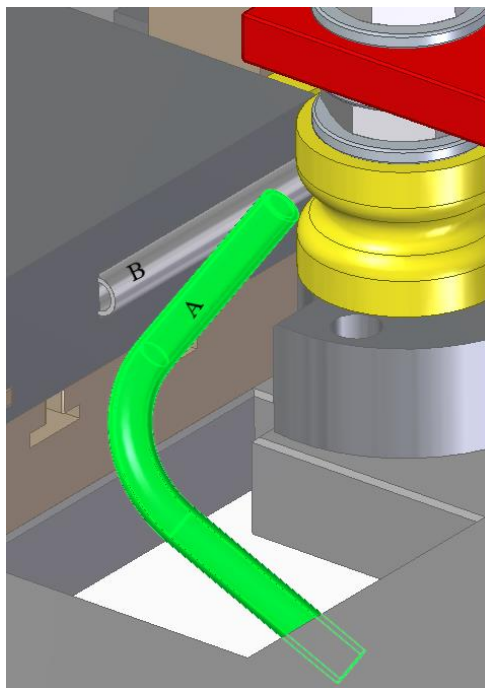
Joonis 9. Painuti silindri lõppasend

Hoob liigutab kaasa painutusrullikut ning selle külge keevitatud toru suunajat, mille abil torule tekib paine raadiusega 20 mm (Joonis 10).



Joonis 10. Painutatud toru: A - toru

Painuti silindri tagasi liikumisel annavad releed märku söötur silindri liikumiseks ning ees olev painutatud toru lükatakse sööturist tuleva toruga eest, mille tulemusel kukub see laual olevast avast alla kasti (Joonis 11).



Joonis 11. Valmis detail kukub alla kasti: *A – painutatud toru; B – painutatav toru*

Painutusrullik ning selle külge keevitatud toru suunaja ja toru toetus mille küljes on piiraja, on tehtud parendatavast terasest. Millel on kõrged tugevusnäitajad ja kannatavad hästi löökoormusi. [25]

5. PNEUMOSILINDRID

Torupainutus seadeldis koosneb kahest pneumosilindrist, kus üks söödab detaile ette ning teine hakkab painuti hooba liigutades torule painet tegema. Selle tulemusel tekib paine raadiusega 20 mm.

Kasutatava massi leidmiseks ning õigete silindrite valikuks tuleb esmalt teha arvutused, et teada saada mitu njuutonit silinder rakendab.

5.2. Sööturi arvutused

Vastav silinder peab minimaalselt rakendama toru ette söötmiseks 100 njuutonit (N). Sobiliku pneumosilindri kolvi diameeter peab olema 32 mm.

Silindri liikumiseks kasutatakse rõhku (P) 6 baari:

$$P = 6 \times 10^5 \text{ N/m}^2,$$

kus P – rõhk, bar.

Kolvi pindala arvutatakse valemiga (4) [4]:

$$A = \pi / 4 \times D^2, \quad (4)$$

kus A – pindala, m^2 ;

π – 3,14;

D – kolvi diameeter, mm.

Valemi põhjal saab vastuse (4):

$$\begin{aligned} A &= \pi / 4 (32 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2, \\ A &= 0,000804 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

Silindri liikumisega edasisuunas kasutatakse massi valemit F (5) [4]:

$$F = P \times A, \quad (5)$$

kus F – mass, N;

P – rõhk, bar;

A – pindala, m^2 .

Valemi põhjal saab vastuse (5):

$$\begin{aligned} F &= 6 \times 10^5 \times 0,000804, \\ F &= 482,4 \text{ N}. \end{aligned}$$

Arvutuste tulemusel saab teada, et silinder kasutab edasisuunas liikumiseks 482,4 N.

Silindri liikumine null asendisse ehk tagasisuunas, tuleb leida kolvi küljes oleva varda pindala (6) [4]:

$$(a) = \pi / 4 \times d^2, \quad (6)$$

kus (a) – varda pindala, m²;
 π – 3,14;
 d – varda diameeter, mm.

Valemi põhjal saab vastuse (6):

$$(a) = \pi / 4 (12 \times 10^{-3})^2 m^2, \\ (a) = 0,000113 m^2.$$

Survet mõjutava ala kogu pindala leiab valemiga (7) [4]:

$$A = (A) - a, \quad (7)$$

kus A – survet mõjutav ala, m²;
 (A) – kolvi pindala, m²;
 a – varre pindala, m².

Valemi põhjal saan vastuse (7):

$$A = 0,000804 - 0,000113 = 0,000691 m^2.$$

Silindri liikumisega tagasisuunas saadakse kasutatav mass valemiga (8) [4]:

$$F = P \times A, \quad (8)$$

kus F – mass, N;
 P – rõhk, bar;
 A – pindala, m².

Valemi põhjal saab vastuse (8):

$$F = 6 \times 10^5 \times 0,000691, \\ F = 414,6 \text{ N}.$$

Arvutuste tulemusel saab teada, et silinder kasutab tagasisuunaliseks liikumiseks 414,6 N.

5.3. Painuti silindri arvutused

Vastav silinder peab rakendama toru painutamiseks kolm ja pool korda rohkem massi, kui käsipainutamisel, et liikumine oleks sujuv ning seade ei töötaks oma maksimaalsetel näitajatel. Selleks sai valitud 500 njuutonit (N). Sobilikult pneumosilindri kolvi diameeter peab olema 50 mm.

Silindri liigutamiseks kasutatakse rõhku (P) 6 baari:

$$P = 6 \times 10^5 \text{ N/m}^2,$$

kus P – rõhk, bar.

Kolvi pindala arvutatakse valemiga (9) [4]:

$$A = \pi / 4 \times D^2, \quad (9)$$

kus A – kolvi pindala, m²;

π – 3,14;

D – kolvi diameeter, mm.

Valemi põhjal saab vastuse (9):

$$A = \pi / 4 (50 \times 10^{-3})^2 m^2,$$

$$A = 0,00196 \text{ m}^2.$$

Silindri liikumisega edasisuunas kasutatakse massi valemit F (10) [4]:

$$F = P \times A, \quad (10)$$

kus F – mass, N;

P – rõhk, bar;

A – kolvi pindala, m².

Valemi põhjal saab vastuse (10):

$$F = 6 \times 10^5 \times 0,00196,$$

$$F = 1176 \text{ N}.$$

Arvutuste tulemusel saab teada, et silinder liigub edaspidi massiga 1176 N.

Silindri liikumine null asendisse ehk tagasisuunas tuleb leida kolvi küljes oleva varda pindala valemiga (11) [4]:

$$(a) = \pi / 4 \times d^2, \quad (11)$$

kus (a) – varda pindala, m²;

π – 3,14;

d – varda diameeter, mm.

Valemi põhjal saab vastuse (11):

$$(a) = \pi / 4 (16 \times 10^{-3})^2 m^2,$$

$$(a) = 0,000201 \text{ m}^2.$$

Survet mõjutava ala kogu pindala leiab valemiga (12) [4]:

$$A = (A) - a, \quad (12)$$

kus A – survet mõjutav ala, m^2 ;

(A) – kolvi pindala, m^2 ;

a – varre pindala, m^2 .

Valemi põhjal saab vastuse (12):

$$A = 0,00196 - 0,000201 = 0,00176 \text{ m}^2.$$

Silindri liikumisega tagasisuunas saadakse kasutatav mass valemiga (13) [4]:

$$F = P \times A, \quad (13)$$

kus F – mass, N;

P – rõhk, bar;

A – pindala, m^2 .

Valemi põhjal saab vastuse (13):

$$F = 6 \times 10^5 \times 0,00176,$$

$$F = 1056 \text{ N}.$$

Arvutuste tulemusel saadakse teada, et silinder liigub tagasisuunas massiga maksimaalselt 1056 N.

5.4. Pneumosilindrite valik

Eelnevalt arvutatud silindrite liikumise mass näitab ära, et silindrid vajavad rõhuregulaatorit.

Sellega saab vastavalt kompressori võimsusele muuta rõhku kuni 15 baari ning seadme otsas oleva ühenduse läbimõõduks on 1/4 tolli (Joonis 12).



Joonis 12. Rõhuregulaator [5]

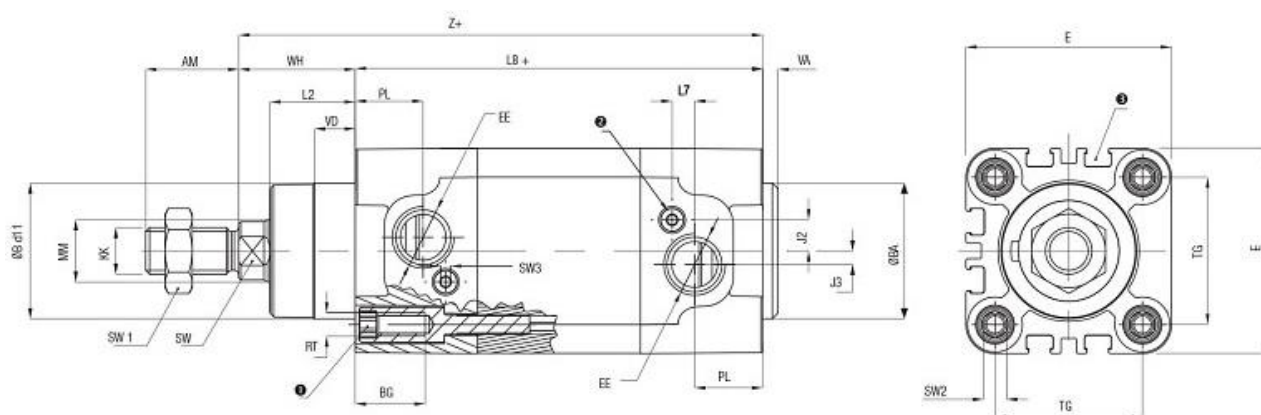
5.4.1. Söötur silinder

Kasutusele võetakse Aignep suruõhusilinder käigupikkusega 220 mm ning kolvi diameetriga 32 mm. Silindri liikumise massi arvutused sobivad täielikult valitud silindriga (Joonis 13) [6].



Joonis 13. Söötur pneumosilinder [6]

Toon esile vastava joonise kujutatud silindrist koos tähistega (Joonis 14).



Joonis 14. Söötur silindri joonis [6]

Lisaks joonisel olevatele tähistele lisatakse tähtsamad parameetrid tabelisse (Tabel 2).

Tabel 2. Pneumosilindri tähiste parameetrid [6]

Tähis	Parameeter, mm
ZJ	120
AM	22
KK	M10 x 1, 25

Tähis	Parameeter, mm
E	45

5.4.2. Painuti silinder

Eelnevalt tehtud arvutuste põhjal leitakse sobiv silinder nimega RT/57250/M/400, mille käigupikkuseks on 400 mm ja kolvi diameeter 50 mm. Põhjus silindri võtmisel on, et tuleb mõelda alati ka edaspidistele plaanidele, ning ei peaks hiljem võimsuse pärast uut ostma (Joonis 15). [7]



Joonis 15. Painuti silinder [7]

Tabelina tuuakse välja silindri parameetrid (Tabel 3).

Tabel 3. Silindri tehnilised detailid [7]

Nimetus	Parameeter
Töötamine temperatuuril	-10 - 80° C
Varda diameeter	16 mm
Ühendamise otsik	Rc1/4
Soovitatav rõhu kasutus	1 – 10 bar

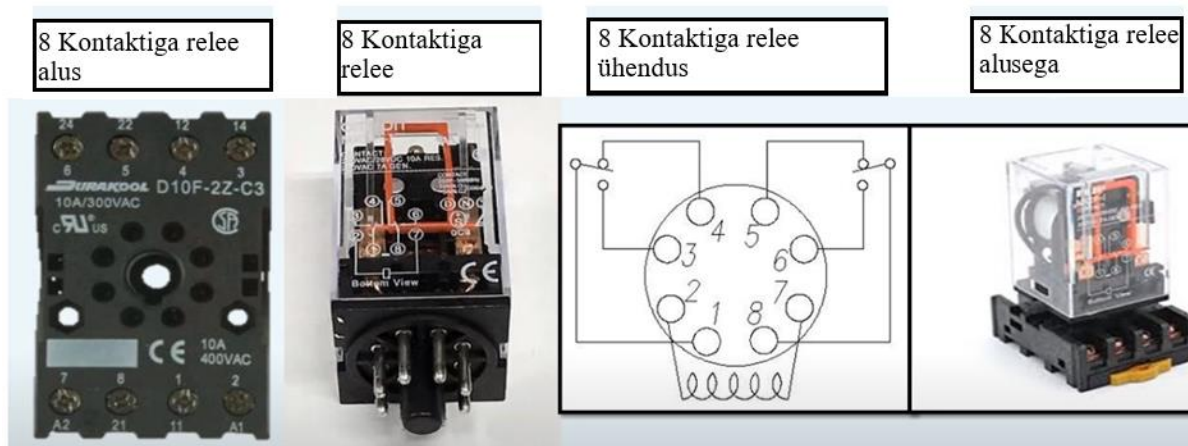
6. MAGNETSENSORID

Pneumosilindrid liiguvad sensorite tundmise abiga. Kasutatakse magnetsensoreid, mis reageerivad kolvi liikumisele.

Kui söötur silindri kolb liigub tahetud punktini, kus asub magnetsensor, siis sealt antakse releede abil signaal tagasi liikumiseks.

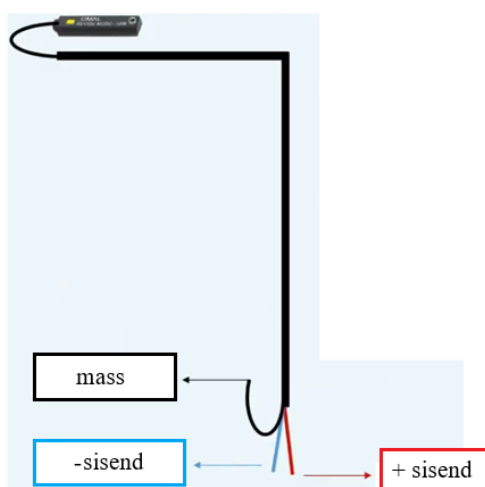
Söötur silindri algasendisse jõudmisel tuleb uus signaal painuti silindri liikumise alustamiseks. Ja kui kolb jõuab lõpuni, tuleb viimane signaal tagasi liikumiseks ning töötsüklil algab algusest.

Et andurid tööle saada tuleb need ära ühendada releede ja vooluallikaga (Joonis 16).



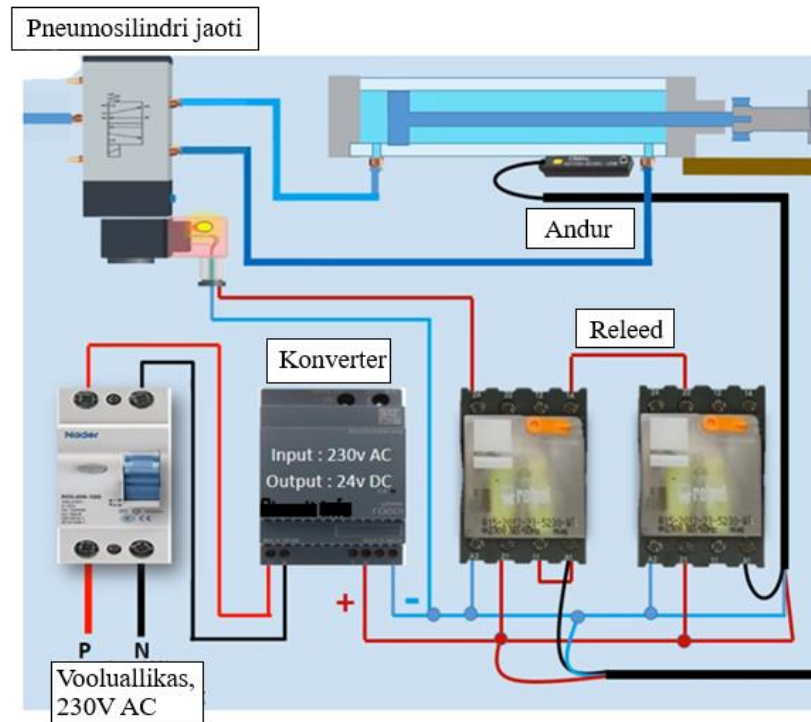
Joonis 16. Relee andurite tööks [8]

Andur ühendatakse ära releega, kus hakkab detail vastavalt ka töötama, selle tulemusel saab paika pandud nii söötur silindri kui ka painuti silindri liikumise asukohad (Joonis 17).



Joonis 17. Andur silindrile [8]

Toon esile skeemi, kuidas anduri töö välja peab nägema, koos releede, pneumosilindri jaoti, konverteri ja vooluallikaga (Joonis 18).



Joonis 18. Anduri töö skeem [8]

7. DETAILIDE KIRJELDUS

Seadme valmistamiseks tuleb teha 24 operatsiooni erinevate materjalidega mis tuuakse välja tabelis ning tehnoloogiakaardil (Tabel 4) (Lisa 7):

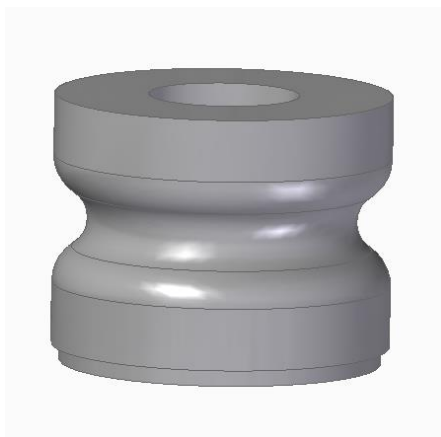
Tabel 4. Materjali koondtabel [9] [11] [25]

Nr.	Margitähis	Tunnusnumber	Voolavuspiir, Mpa	Tõmbetugevus, N/mm ²
1	S235JR	1.0038	235	360 - 510
2	S235J2	1.0117	235	350 - 500
3	S355JR	1.0045	355	470 - 630
4	S500 QL1	1.8984	500	590 - 770
5	34Cr4	1.7033	540	700 - 850
6	E360	1.0070	360	670 - 830
7	X5CrNi18-10	1.4301	225	500 - 750

7.1. Olulisemad detailid

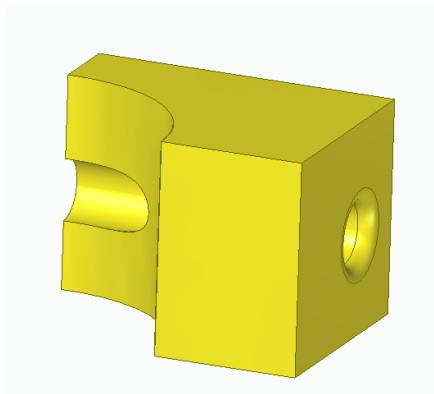
Painutusrullik ning selle külge keevitatud toru suunaja ja toru toetus mille küljes on piiraja, on tehtud parendatavast terasest materjali tunnusnumbriga 1.7033. Neil on kõrged tugevusnäitajad ja kannatavad hästi löökoormusi. Pideva toru hõõrdumise tõttu on see sobilik materjal. [25]

Painutusrullik treitakse Haas SL-40 pingis pikkusega 32 mm ning tehakse läbiv ava $\varnothing 18$ (Joonis 19).



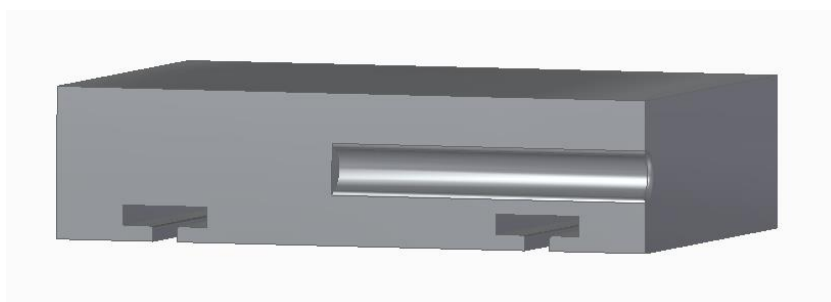
Joonis 19. Painutusrullik

Painutusrulliku külge on keevitatud torude suunaja, mis võtab vastu torusid ning mille abil toru painet tehes kinni hoiab. Detail on mõõdmetega 40 x 30 mm, millele on freesitud Haas VF-2 SS pingis ava $\varnothing 8,1$ ja avale on tehtud raadius 2 mm (Joonis 20).



Joonis 20. Toru suunaja

Toru suunajast liigub detail vastu toru painutamise tuge, millele on tehtud Haas VF-2 SS pingis soonefreesiga soon raadiusel 4,2 mm ning pikkusega 65 mm (Joonis 21).



Joonis 21. Toru painutamise tugi

7.2. Seadmed pingi valmistamiseks

Torupainutus seadeldise tegemiseks kasutatakse üheksat erinevat masinat. Kõik seadmed ning nende mõningad parameetrid koondatakse ühte tabelisse (Tabel 5).

Tabel 5. Seadmete mark ja nimetus [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20]

Nr.	Masina mark	Nimetus	Tarbitav võimsus, kw	Kaal, kg
1	CNC GS400	Lintsaag	5, 5	2300
2	Haas VF-2 SS	Freespink	22, 4	3539
3	Kemppi X8 MIG welder 500A	Keevitusseade	10	95
4	AMADA HFE T2 100- 3	Painutuspink	10, 5	6100

Nr.	Masina mark	Nimetus	Tarbitav võimsus, kw	Kaal, kg
5	Haas SL-40	Treipink	29, 8	6400
6	NOVA 5050	Puurpink	2, 2	690
7	BTS800, Scheppach	Lint- ja ketaslihvmasin	0,4	22
8	ByStar Fiber 3015	Laserpink	20	11 000
9	FBS 240/E	Trell-lihvija	0, 1	0, 5

8. MAJANDUSLIK OSA

8.1. Materjalide hinna määramine

Torupainutus seadme hinna määramiseks koostatakse tabel, kus näidatakse ära materjali ostuhinnad ning tekkinud laastu massi koos müügi hinnaga (Tabel 6).

Seadme valmistamiseks kasutatakse erinevas mõõdus terasest plaate, ümarlatte ning nelikantraudasid. Ning nende juurde kuuluvad ka standard tooted.

Tabel 6. Detailide koondtabel [21] [22] [23]

Det nr	Materjali mark	Tooriku mõõtmed, mm	Ostuhind kokku, euro	Tooriku kaal, kg
1	S235J2 Leht	1200 x 600 x 20	560	112
2	S235J2 Leht	66 x 50 x 4	4	0, 4
3	S235J2 Leht	136 x 64 x 2	2	0, 2
4	S500QL1 Leht	277 x 117 x 10	15	2, 1
5	S235JR Leht	207 x 123 x 1	2	0, 2
6	S235JR Leht	624 x 114 x 2	10	1, 1
7	S235JR Leht	896 x 83 x 2	5	1, 1
8	S235JR Leht	896 x 29 x 2	4	0, 4
9	S235JR Leht	896 x 114 x 2	7	1, 6
10	S235JR Leht	896 x 20 x 2	3	0, 3
11	S355JR Ümarteras	ø 70 x 30	13	0, 9
12	E360 Ümarteras	ø 20 x 60	2	0, 2
13	X5CrNi 18-10 Ümarteras	ø 32 x 110	5	0, 7
14	S355JR Ümarteras	ø 70 x 28	12	0, 8
15	34Cr4 Ümarteras	ø 42 x 40	6	0, 5
16	E360 Ümarteras	ø 20 x 90	3	0, 4
17	S355JR Ümarteras	ø 20 x 150	5	0, 6
18	X5CrNi 18-10 Ümarteras	ø 20 x 80	2	0, 2
19	S355JR Nelikantraud	125 x 80 x 80	34	2, 4
20	34Cr4 Nelikantraud	125 x 80 x 80	48	2, 4

Det nr	Materjali mark	Tooriku mõõtmed, mm	Ostuhind kokku, euro	Tooriku kaal, kg
21	S355JR Nelikantraud	20 x 16 x 16	1	0, 2
22	S235JR Nelikantraud	127 x 100 x 100	80	7, 6
23	34Cr4 Nelikantraud	45 x 40 x 40	6	0, 6
Kokku			839	137

Lisaks valmistatud detailide materjalidele tuleb toote hinnale juurde standard toodete hind.

Standard toodete hinnaks kujuneb kokku 923, 4 €, millest kõige kallimad on nende hulgas pneumosilindrid ning lauaraam.

Mille hinnaks tuli [6] [7] [10]:

- Töölaua raamistik Motion hinnaga 490 €;
- Norgren pneumosilinder hinnaga 312 €;
- Aignep pneumosilinder hinnaga 66, 4 €.

8.2. Toote omahinna määramine

Tabelina tuuakse välja seadme hinnakalkulatsioon, palju läheb kogu pingi valmistamine maksma.

Tabel 7. Seadme hinnakalkulatsioon [24]

Pos	Kululiik	Ühik	Ühiku hind	Kogus	Summa, eurot
1	Materjalikulu	kg	eurot/kg	137	839
2	Tööjõu tunni omahind e palgakulu	h	eurot/h	123	984
3	Üldkulu tunnis 200% palgakulust	eurot	eurot		1968
4	Tööjõu ja üldkulu tellimusele	eurot	eurot		2952
5	Standard toodete hind	eurot	eurot		923, 4
6	Seadme hind	eurot			4714, 4

8.3. Toote tasuvusaeg

Toru meetri hinnaks on 2, 40 € ja painutatud detailide müügihinnaks on 0, 93 €.

Vaja mineva toru koguse üldpikkuse leiab valemiga (13):

$$T = D \times d1, \quad (13)$$

kus T – toru materjal, mm;

D – toru kogus, tk;

$d1$ – detaili pikkus, mm.

Valemi põhjal saab vastuse (13):

$$T = 7500 \times 123 = 922\,500 \text{ mm} = 922,5 \text{ m}.$$

Toru materjali hinna eurodes leiab valemiga (14):

$$M = B \times l, \quad (14)$$

kus M – toru materjali ostu hind, eur;

B – toru kogus, m;

l – meetri hind, eur.

Valemi põhjal saab vastuse (14):

$$M = 922,5 \times 2,4 = 2214 \text{ eur}.$$

Valmis torude müügihinna leiab valemiga (15):

$$M1 = D \times S, \quad (15)$$

kus $M1$ – kogu partii müügihind, eur;

D – toru kogus, tk;

S – ühe toru müügihind, eur.

Valemi põhjal saab vastuse (15):

$$M1 = 7500 \times 0,93 = 6975 \text{ eur}.$$

Toote lõpliku hinna leiab valemiga (16):

$$P = M1 - M, \quad (16)$$

kus P – lõplik hind, eur;

$M1$ – kogu partii müügihind, eur;

M – toru materjali ostu hind, eur.

Valemi põhjal saab vastuse (16):

$$P = 6975 - 2214 = 4761 \text{ eur}.$$

Valemi põhjal saab teada, et seade tasub ennast ära kui on tehtud 7500 toru maksumusega 4761 eurot, mille tulemusel on saavutatud pingi valmistamise hind. Järgnevate painutamistega saadakse juba puhast kasumit.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli teha seadeldis mis painutaks pneumosilindri abil 123 mm pikkuseid torusid vastava raadiusega. Ning muudaks masinal töötava töölise tööpäeva palju mugavamaks kui varem. Manuaalse pingiga tehes on füüsiline koormus liiga suur ja tekkis väsimusest praake. Põhjuseks on käega toru painete tegemine, tõmmates enda poole selleks vastavat kangi. Projekteeritud seadme abil langeb töölise füüsiline koormus, sest nüüd peab vajutama ainult jalaga pedaali ning lisama sööturisse torusid. Lisaks väheneb praaktoote tekkimise tõenäosus, seoses automaatse sööturi ning painutusega. Valminud seadeldis on hinnapoolest võrdväärne teiste müügil olevate torupainutajatega. Tasuvusajaks 7500 painutatud toru. Eesmärk on edukalt täidetud ning valmis on mõeldud töötav torupainutus seadeldis pneumosilindriga.

SUMMARY

Goal of this bachelor's thesis was to make a device that would bend pipes that are 123 mm in length using pneumatic cylinders with a corresponding radius. Besides, it would also make the working day of a worker a lot more comfortable than before.

Using a manual workbench requires a lot of physical effort to operate and causes fatigue that facilitates the formation of scraps. The cause of fatigue is using a lever frequently that constantly has to be pulled towards yourself by hand to bend multiple pipes. Using the designed device the physical load of the worker is reduced, as now only the foot pedal must be pressed and pipes must be added to the feeder.

In addition, using automatic feeder and bending reduces the possibility of producing scrap products. The price of this specific device is lower than the price of the same type of machine that is usually used on the market. The device has to bend 7500 pipes in order to make up for the total cost. The goal of this bachelor's thesis has been reached and working pipe bending device using a pneumatic cylinder is complete.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] e-krediidiinfo, „Radius Machining,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ekrediidiinfo.ee/11117403-RADIUS%20MACHINING> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [2] Industry estonia, „Radius Machining OÜ,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.industryestonia.com/et_EE/profile/radius-machining-ou-8 [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [3] Javelin, „Calculating Bend Allowance,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.javelin-tech.com/blog/> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [4] Youtube, „Pneumatics cylinder load calculation,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=DQOpScufW_Y [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [5] AM kaubad, „Rõhuregulaator manomeetriga 1/4,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://amkaubad.ee/product/rohuregulaator-manomeetriga-1-4> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [6] Alas-kuul AS, „Suruõhusilindrid,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.alas-kuul.ee/aignep-suruohusilinder-d-32mm-kaik-220mm-aig-xh0320220> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [7] Norgren, „Pneumatic Roundline Cylinders,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.norgren.com/ie/en/detail/rt_57250_m_400 [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [8] Youtube, „Circuit Info,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=GO1R83I38S8> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [9] European Steel and Alloy Grades/Numbers, „Steel Numbers,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.steelnumber.com/index.php> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [10] Aj, „Fikseeritud kõrgusega töölaud,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ajtooted.ee/ladu-ja-toostus/toolauad/toolauad/fikseeritud-korgusega-toolauad/toolaud-11850-11848> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [11] Metallikeskus, „Infomaterjalid,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://metallikeskus.ee/infomaterjalid> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [12] Jinan North Jinfeng Sawing Machine Co, „Band Sawing Machine,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://ee.cnbandsaw.com/band-sawing-machine/cnc-band-sawing-machine/automatic-dump-down-material-cnc-band-sawing.html> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [13] Haas, „VF2-SS,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/vf-series/models/small/vf-2ss.html> [Kasutatud 11. mai, 2022].

- [14] Kemppi, „X8 MIG Welder,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kemppi.com/en-US/offering/family/x8-mig-welder> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [15] Aider, „Painutuspink Amada HFE T2,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.aider.ee/painutuspink-amada-hfe-t2.html> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [16] Machineseker, „Haas SL-40,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.machineseker.com/mss/haas+sl+40> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [17] Koneita, „Puurpingid,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://koneita.com/et/metalli-puurpingid/69-nova-5050-porakone.html> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [18] RDE, „Lihvimismasinad,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.rde.ee/categories/ee/1276/sort/1/filter/0_0_0_0/page/1/Lihvimismasinad.html [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [19] Bystronic, „Laser Technology description ,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bystronic.com/en/products/laser-cutting-systems/ByStar-Fiber.php> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [20] Farnell, „Proxxon,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.farnell.com/datasheets/3208151.pdf> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [21] „Metall24,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.metall24.ee/avaleht/> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [22] Kuusakoski, „Tallinna teenindusplats,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kuusakoski.com/et/estonia/hinnakirjad/> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [23] Metallikeskus, „Teras,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://metallikeskus.ee/toode/umar-100-s355j2-3/> [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [24] Metallkonstruktsioonide tehnoloogia kursuseprojekt TME016, „Toote hinnakalkulatsiooni näide,“ Mehaanikainseneri käsiraamat, 2021 [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [25] P.Kulu, J.Kübarsepp, E.Hendre, T.Metusala, O.Tapupere, „Materjalid,“ Tallinn 2001
- [26] Fractory „Mis on erinevus klassi 304 ja 316 roostevaba terase vahel?,“ Andreas Velling [Võrgumaterjal]. Available: <https://fractory.com/et/erinevus-klassi-304-ja-316-roostevaba-terase-vahel> [Kasutatud 11. mai, 2022].

LISAD

Lisa 1. Koostejoonis

Lisa 2. Tükitabel

Lisa 3. Toru joonis

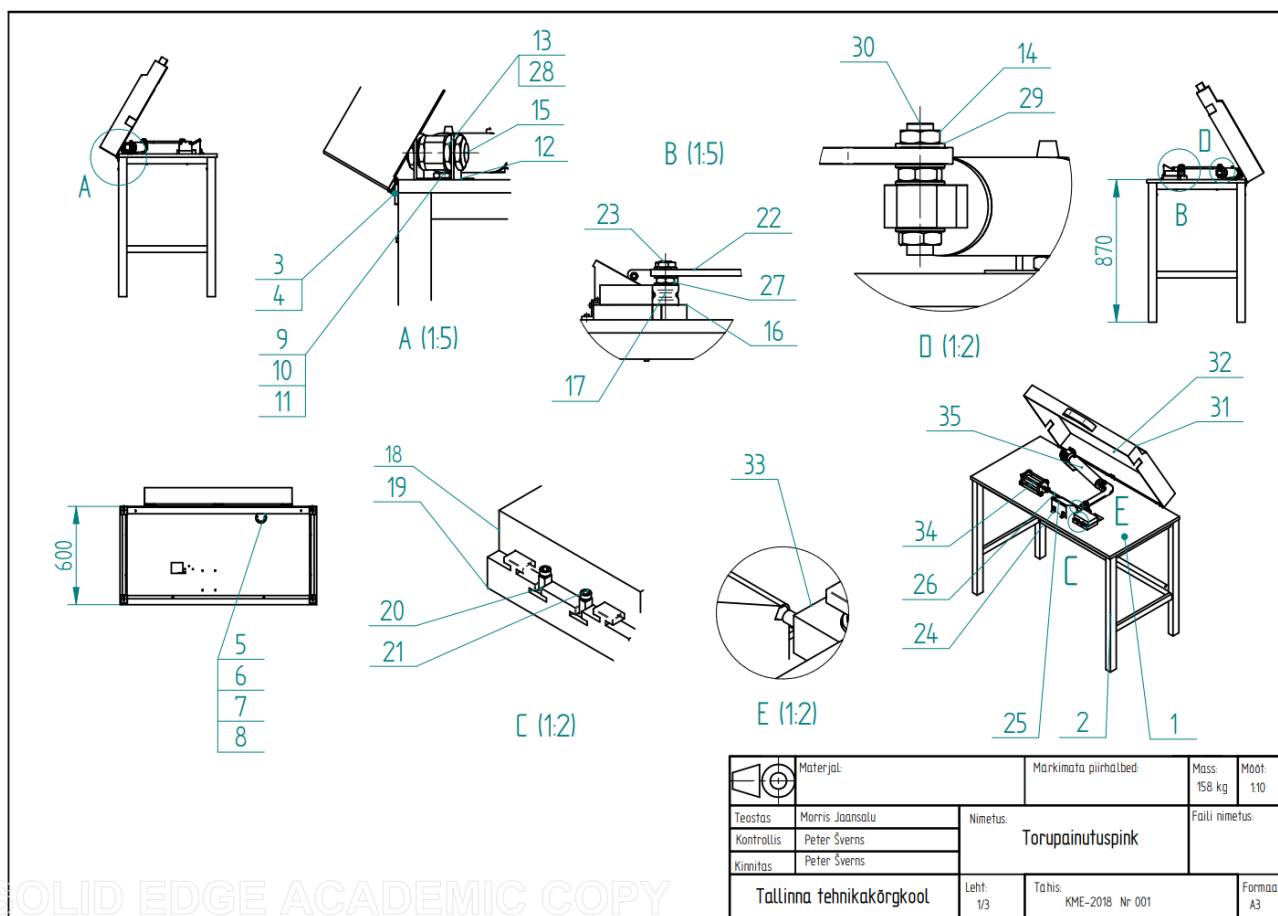
Lisa 4. Painutusrullik

Lisa 5. Toru suunaja rullikule

Lisa 6. Toru painutamise tugi

Lisa 7. Tehnoloogiakaart

Lisa 1. Koostejoonis

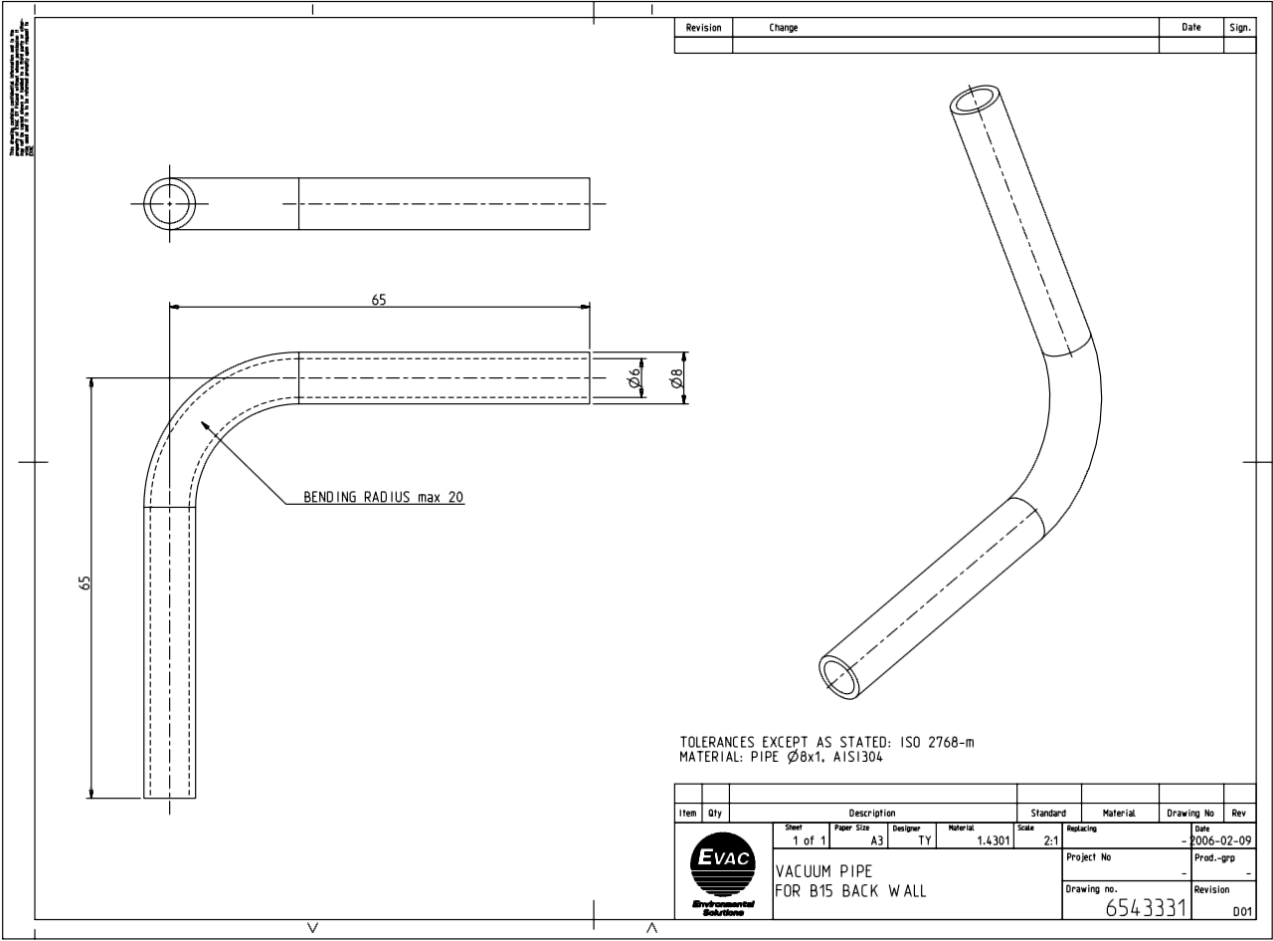


Lisa 2. Tükitabel

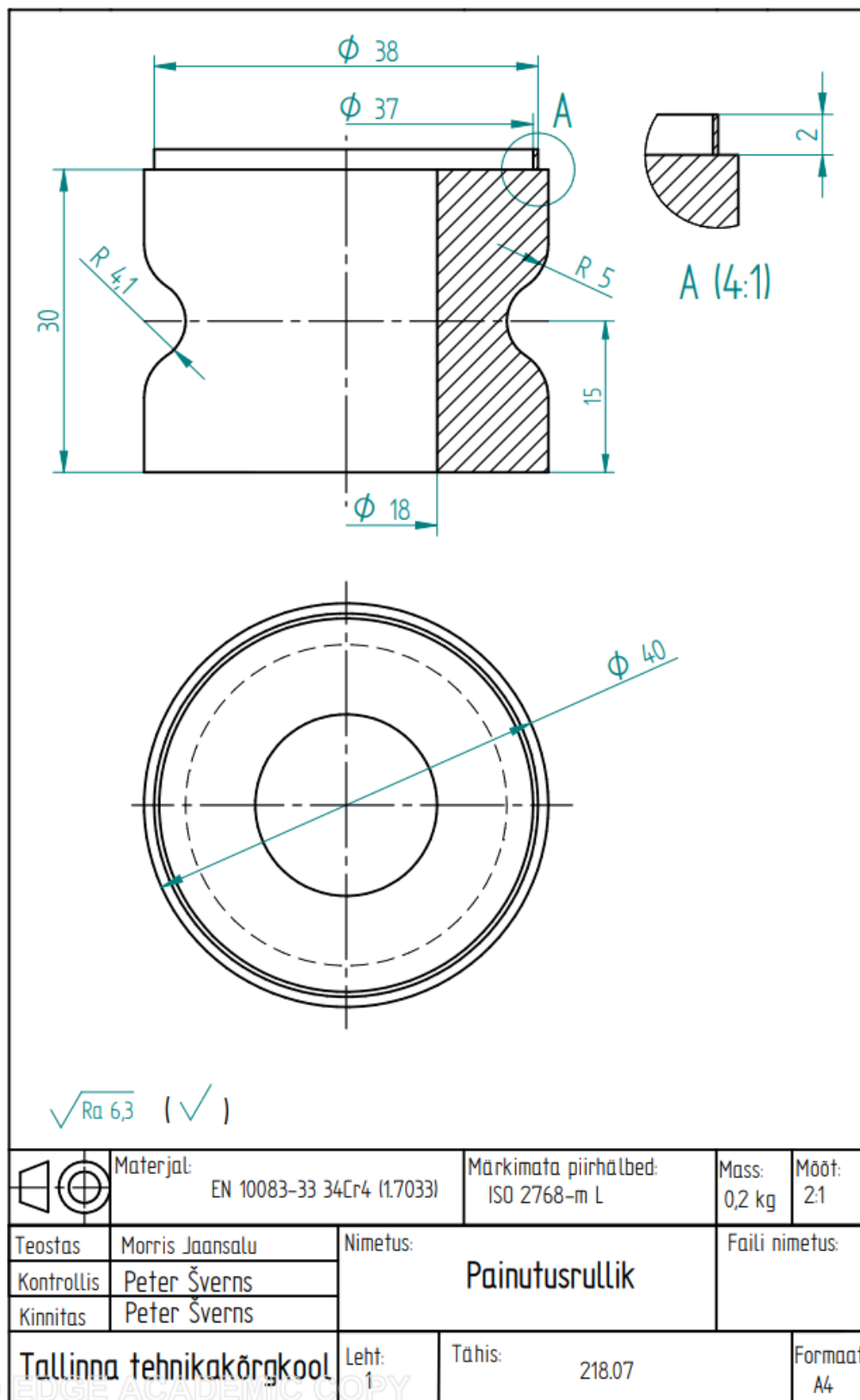
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		<u>Detailid</u>			
1		Lauaplaat	218.01	1	
5		Võlli korpus	218.02	1	
10		Võll, d=18, l=48	218.03	1	mm
12		Pneumosilindri kinnitus	218.04	1	
15		Keermelatt M30	218.05	1	
16		Painutusrulliku alus	218.06	1	
17		Painutusrullik	218.07	1	
18		Painutamis tugi	218.08	1	
19		Toestuse kinnitus	218.09	1	
20		T-soone kinnitus mutter M4	218.10	2	
22		Painuti hoob	218.11	1	
23		Võll d=18, l=80	218.12	1	mm
25		Söötur	218.13	1	
26		Silindri otsik	218.14	1	
30		Keermelatt M16	218.15	1	
31		Kaas	218.16	1	
32		Pleksiklaas	218.17	1	
33		Toru suunaja rullikule	218.18	1	
		<u>Standardised tooted</u>			
2		Töölaua raam		1	
3		Kaane kinnitus		2	
4		Polt M5, l=15 mm		18	
6		Polt M5, l=30 mm		8	
7		Kuullaager 15x35x11		2	
8		Stopperrõngas Ø15x1 mm		2	
9		Stopperrõngas Ø35x1 mm		2	
11		Mutter M18		3	
Teostas	Morris Jaansalu	Nimetus: Torupainutus seadeldis pneumosilindriga		Faili nimetus:	
Kontrollis	Mart Tiidemann				
Kinnitas	Peter Šverns				
Tallinna tehnikakõrgkool		Leht: 2/3	Tähis: KME-2018 Nr 001		Formaat A4

[illegible]

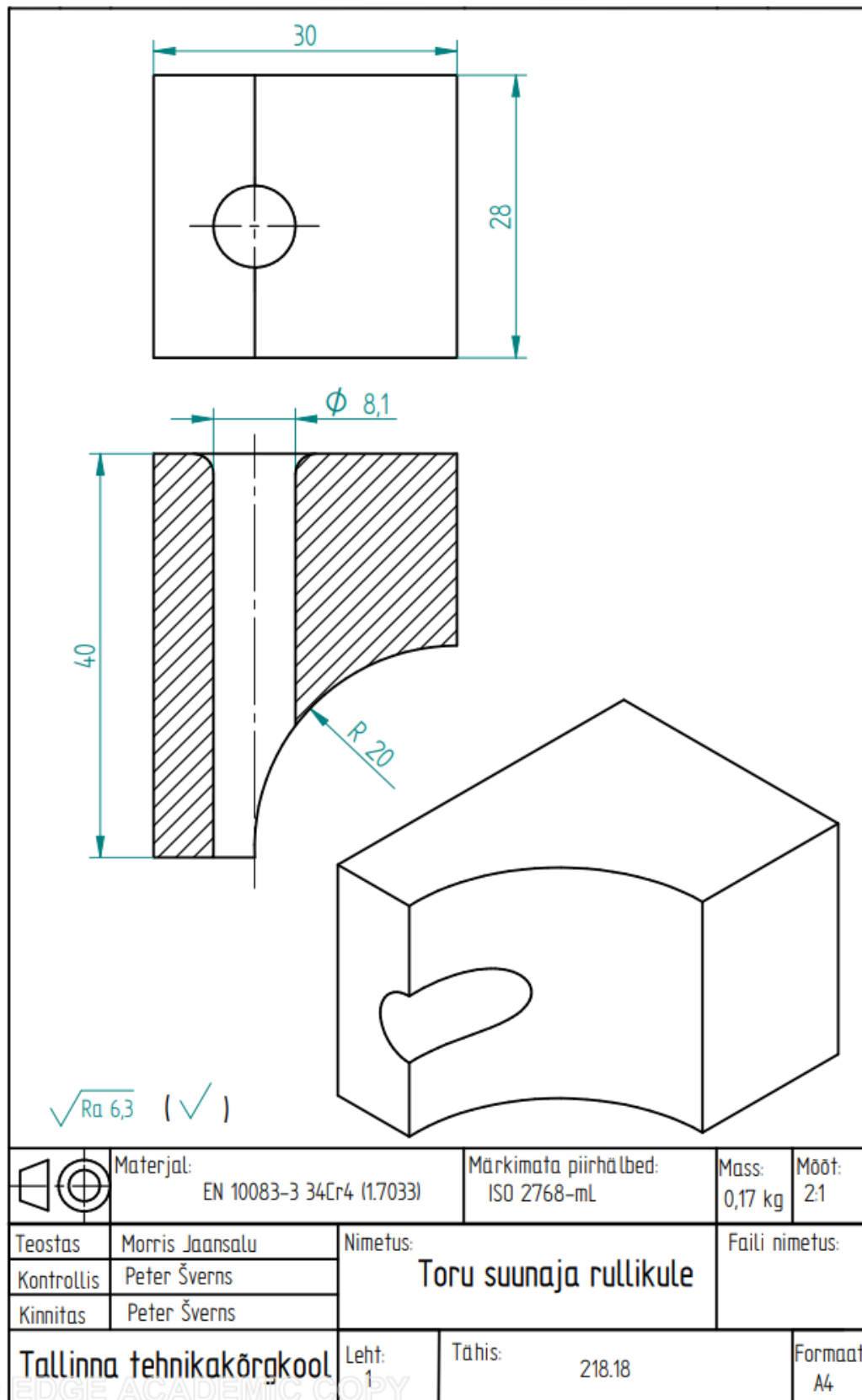
Lisa 3. Toru joonis



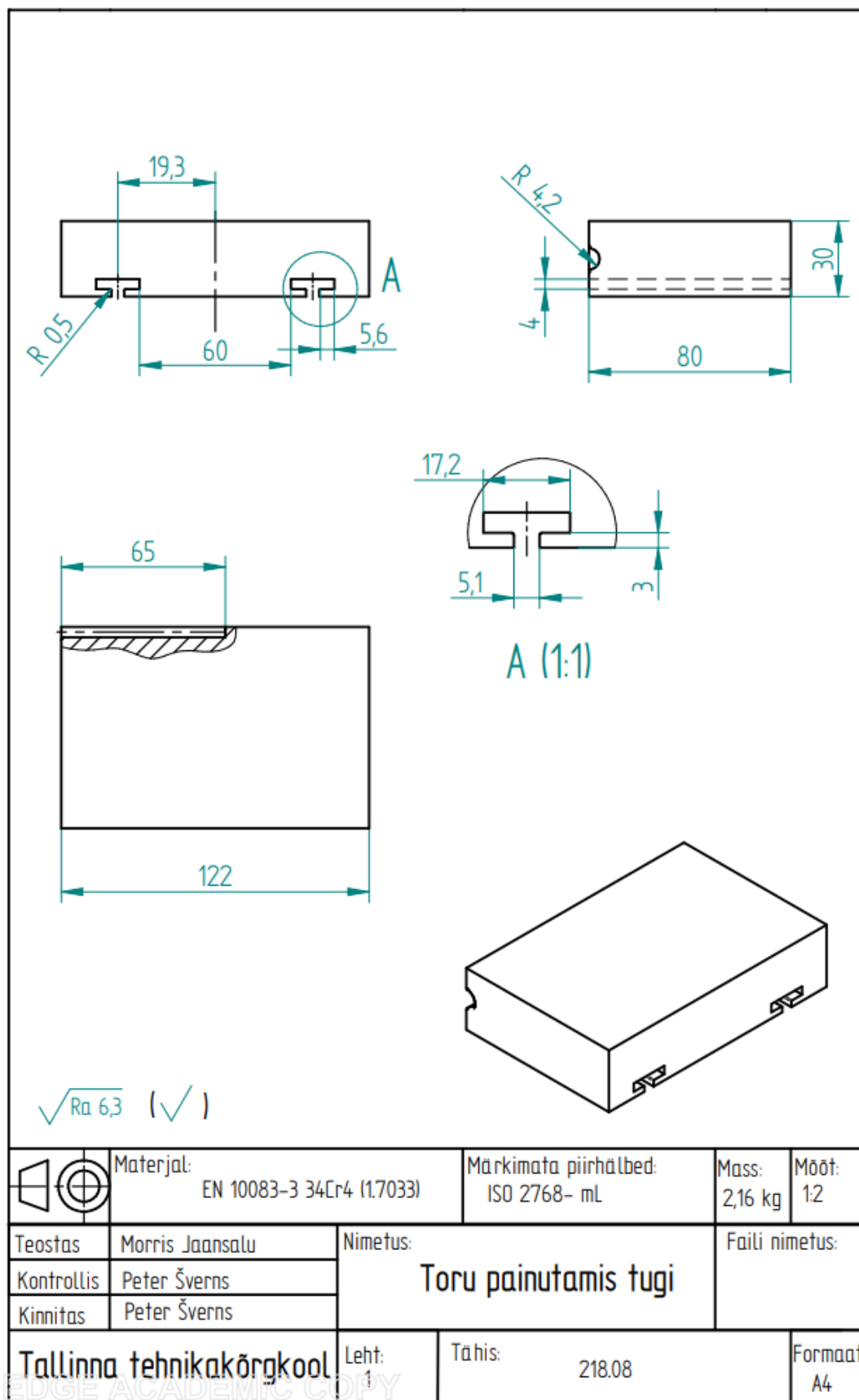
Lisa 4. Painutusrullik



Lisa 5. Toru suunaja rullikule



Lisa 6. Toru painutamis tugi



Lisa 7. Tehnoloogiakaart

TEHNOLOOGIAKAART		Toote nimetus: Torupainutus seadeldis				Kogus, tk: 1	Tükiaeg, min	Valmistamise tähtaeg:
		Tellija: Tallinna Tehnikakõrgkool				Lehti: 2		
Pos.	Detaili nimetus ja tähistus	Koostu, alamkoostu nr	Detaili (tooriku) materjal			Seade, operatsioonid	Märkusi (skeem, rakis jne.)	
			Mark	Mass, kg	Kulu, kg			
1	Lauaplaat, 218.01.01	218.01	S235J2	112	5,4	Avade freesimine ja keermestamine Freesingil Haas VF-2 SS, keermestatakse kolm M5 läbivat ava ja viis M5 ava sügavusega 15mm ning neli M4 läbivat ava. Puuritakse läbimõõtu 18 läbiv ava. <u>Lehtmaterjali painutamine</u> Painutuspink AMADA HFE T2 100-3, Painutatakse 514mm pikkune lehtmaterjalist plaat. <u>Keevitamine</u> Keevitusseade Kemppi X8 MIG welder 500A. Painutatud detail keevitatakse lauale vastavalt joonisele.	7 min 2 min 1 min	Terasest plaat, mõõdetetega 1200x600x20 mm Kinnitusrakis 218.01-kinn01 Plaadi laius 20 mm 218.01.01-koost
2	Võlli korpus, 218.02.01	218.02	S355JR	0,9	0,5	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis. Välispinna treimine mõõtu 65mm, pikkusega 17,31mm Ava treimine ø35 sügavus 15,8mm. Soone treimine ø37 laiussega 1mm. <u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS, freesitakse keskpunkti 24,4mm juurest 8,1mm laiune osa. <u>Avade puurimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS, puuritakse ava ø15 sügavusega 0,3mm ja 5 ava ø5,1 vastavalt joonisele.	5 min 2 min 5 min	Ümarlatt ø70 pikkus 30mm Kinnitusrakis 218.02-kinn01 Kinnitusrakis 218.02-kinn03
3	Võll, d=18,l=48, 218.03.01	218.03	E360	0,2	0,1	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis. Otspinna treimine mõõtu 48mm. Läbimõõduga 18 mm, astme läbimõõtu 15mm ja laiussega 14mm. Keermestamine M18x2 pikkusega 25mm.	3 min	Ümarlatt ø20 pikkus 60mm Kinnitusrakis 218.03-kinn02
4	Pneumosiilindri kinnitus, 218.04.01	218.04	S235J2	0,4	0,3	<u>Puurimine</u> Puurpink NOVA 5050, puuritakse plaatidele ø30 avad. <u>Lihvimine</u> Lint- ja ketaslihvmasin BTS800, tehakse plaatidele kahte nurka raadius 1.	1 min 1 min	Kaks terasest plaati mõõdetetega 66x50x4 mm.
5	Pneumosiilindri kinnitus, 218.04.02 Alamkoost detailist Pneumosiilindri kinnitus, 218.04.01	218.04	S235J2	0,5	0,2	<u>Lihvimine</u> Lint- ja ketaslihvmasin BTS800, lihvitakse plaadi küljed 62 mm. <u>Puurimine</u> Puurpink NOVA 5050, puuritakse läbiv ava ø18. <u>Keevitamine</u> Keevitusseade Kemppi X8 MIG welder 500A. Keevitatakse plaat omavahel kokku 66x50x4 plaatidega.	1 min 2 min 2 min	Terasest plaat mõõdetetega 136x64x2 mm. 218.04.01-koost
6	Keermelatt M30, 218.05.01	218.05	X5CrNi 18-10	0,7	0,1	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis. Välispinna treimine mõõtu 30mm pikkusega 90mm. Keermestamine M30x3,5 pikkusega 90mm.	3 min	Ümarlatt ø32 pikkus 110mm Kinnitusrakis 218.05-kinn03
7	Painutusrulliku alus, 218.06.01	218.06	S355JR	0,8	0,4	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis. Välispinna treimine mõõtu 65mm pikkusega 22,7mm. Ava treimine ø35 pikkusega 21,2mm. Soone ø37 laiussega 1mm sügavusega 6,5mm. Otspinnale soon ø38, laiussega 0,5mm ja sügavusega 2 mm. <u>Avade puurimine ja keermestamine</u> Freesingil Haas VF-2 SS, puurida 3 ava ø10, sügavusega 10mm. Puurida 3 läbivat ava ø5 ning keermestada keermega M5.	5 min 3 min	Ümarlatt ø70 pikkus 28mm Detaili ø65 pikkusega 22,7mm. Kinnitusrakis 218.06-kinn04 Kinnitusrakis 218.06-kinn04
8	Painutusrullik, 218.07.01	218.07	34Cr4	0,5	0,2	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis. Välispinna mõõtu 40mm. Läbiva ava treimine ø18. Välispinna raadiuse tegemine kõrgusele 17mm R4,1. Astme treimine läbimõõtu 38mm pikkusega 2mm. Otspinna ava treimine ø37 sügavusega 2mm.	5 min	Ümarlatt ø42 pikkus 40mm Detaili mõõtned ø40 pikkusega 32mm. Kinnitusrakis 218.07-kinn05
9	Toru painutamise tugi, 218.08.01	218.08	34Cr4	2,4	0,4	<u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS, freesitakse sõrmfreesiga külgedelt 1,5mm. Detaili pikkuseks jääb 122mm. Soonefreesiga freesitakse soon R4,2 pikkusega 65mm. Detaili põhja freesitakse T-soone freesiga kaks 17,2mm laiust ja 8mm sügavust soont.	4 min	Terasest nelikantraud mõõdud 125x80x80 mm. Kinnitusrakis 218.08-kinn05
10	Toru toetuse kinnitus, 218.09.01	218.09	S355JR	2,4	0,5	<u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS, T-soone freesiga 15mm laiused ja 90mm pikkused sooned. Puurida 4 ava ø9 sügavusega 4,2mm. ø9 avade sisse teha ø5 avad keermega M5.	6 min	Terasest nelikantraud mõõdud 125x80x80 mm. Kinnitusrakis 218.09-kinn06

11	T-soone kinnitus mutter M4, 218.10.01	218.10	S235JR	0,2	0,1	<u>Lintsagea lõikus</u> CNC lintsage GS400 <u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS, freesitakse sõrmfreesiga detaili mõõtu 13x15x6 mm. Detaili keskele tehakse M4 läbiv ava.	2 min 3 min	Terasest nelikantraud mõõdud 20x16x16 mm. Kinnitusrakis 218.10-kinn07
12	Painuti hoob, 218.11.01	218.11	S500 QL1	2,1	1,1	<u>Laserlõikus</u> Laserlõikuse pink ByStar Fiber 3015. Lõigatakse detail välja vastavalt joonisele. <u>Puurimine</u> Puurpink NOVA 5050, puuritakse plaadi otstesse läbivad avad ø18,2 ja ø16,1	2 min 2 min	Terasest plaat mõõtmatega 277x117x10 mm. Väljalõikekaart 218.11.02-LL
13	Võll d=18,l=80, 218.12.01	218.12	E360	0,4	0,1	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis. Välispinna treimine mõõtu 18mm pikkusega 80mm. Astme treimine läbimõõduga 15mm pikkusega 15mm. Soone treimine läbimõõduga 13mm laisusega 1mm. Keermestamine M18x2 pikkusega 25mm.	2 min	Ümarlatt ø20 pikkusega 90mm Detaili pikkusega 80mm. Kinnitusrakis 218.12-kinn06
14	Söötur, 218.13.01	218.13	S235JR	7,6	5,1	<u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS, freesida detail mõõtu 123x94x80. Soonefreesiga välispinnale 123mm pikkune soon raadiusega 6. Puurida neli ava ø4 ning keermestada M4.	10 min	Nelikantraud mõõtmatega 127x100x100 mm. Kinnitusrakis 218.13-kinn08
15	Söötur, 218.13.02 Alamkoost detailidest, Söötur, 218.13.01	218.13	S235JR	0,2		<u>Lehtmaterjali painutamine</u> Painutuspink AMADA HFE T2 100-3, painutada 207mm pikkune ja 123mm laiune terasest plaat. <u>Keevitamine</u> Keevitusseade Kemppi X8 MIG welder 500A. Detail asetatakse teise detaili peale ja keevitatakse vastavalt joonisele kokku.	3 min 2 min	Terasest plaat mõõtmatega 207x123x1 mm. 218.13.01-koost
16	Söötur silindri otsik, 218.14.01	218.14	S355JR	0,6	0,1	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis. Otspinnad pikkusele 143mm. Välispind ø17 pikkusega 15mm. Puuritakse ø6 ava ja keermestatakse M6 sügavusega 15mm. Astme treimine läbimõõduga 8mm pikkusega 129mm. <u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS. Freesitakse 4 külge pikkusega 13mm laisusega 3mm.	3 min 3 min	Ümarlatt ø20 pikkusega 150mm Kinnitusrakis 218.14-kinn07 Kinnitusrakis 218.14-kinn09
17	Keermelatt M16, 218.15.01	218.15	X5CrNi 18-10	0,2	0,1	<u>Treimine</u> Treitakse Haas SL-40 pingis otspinnad 70mm ø16 Keermestatakse M16x1,5 pikkusega 70mm.	2 min	Ümarlatt ø20 pikkusega 80mm Kinnitusrakis 218.15-kinn08
18	Kaas, 218.16.01	218.16	S235JR	1,1	0,3	<u>Laserlõikus</u> Laserlõikuse pink ByStar Fiber 3015. Lõigatakse välja kaks külge detaili mõõtudega 624x114x2 <u>Vüimistustöö</u> Trell-lihvijaga FBS 240/E <u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS. Plaadi sisekülgedele soonte freesimine.	2 min 2 min	Väljalõikekaart 218.16.02-LL Eemaldada laserlõikuses tekkinud teravad servad. Soone laius 0,8mm ja sügavus 1mm Pleksiklaasi soone kohad
19	Kaas, 218.16.02 Alamkoost Kaas, 218.16.01	218.16	S235JR	1,1	0,2	<u>Laserlõikus</u> Laserlõikuse pink ByStar Fiber 3015. Lõigatakse välja detail mõõtmatega 896x83x2 <u>Vüimistustöö</u> Trell-lihvijaga FBS 240/E <u>Keevitamine</u> Keevitusseade Kemppi X8 MIG welder 500A. Toestatakse detail magnetiga ning keevitatakse küljed kokku.	2 min 2 min 3 min	Väljalõikekaart 218.16.03-LL Eemaldada laserlõikuses tekkinud teravad servad. 218.16.01-koost
20	Kaas, 218.16.03 Alamkoost Kaas, 218.16.01	218.16	S235JR	0,4	0,2	<u>Laserlõikus</u> Laserlõikuse pink ByStar Fiber 3015. Lõigatakse välja detail mõõtmatega 896x29x2 <u>Vüimistustöö</u> Trell-lihvijaga FBS 240/E <u>Keevitamine</u> Keevitusseade Kemppi X8 MIG welder 500A. Detail toestatakse punkt keevitusega 119 kraadise nurga alla ning keevitatakse lõpuni kinni.	2 min 2 min 2 min	Väljalõikekaart 218.16.04-LL Eemaldada laserlõikuses tekkinud teravad servad.
21	Kaas, 218.16.04 Alamkoost Kaas, 218.16.01	218.16	S235JR	1,6	0,1	<u>Laserlõikus</u> Laserlõikuse pink ByStar Fiber 3015. Lõigatakse välja detail mõõtmatega 896x114x2 <u>Vüimistustöö</u> Trell-lihvijaga FBS 240/E <u>Keevitamine</u> Keevitusseade Kemppi X8 MIG welder 500A. Detailile tehakse punktkeevitus, et paremini detaili keevitada.	1 min 2 min 2 min	Väljalõikekaart 218.16.05-LL Eemaldada laserlõikuses tekkinud teravad servad.

22	Kaas, 218.16.05	218.16	S235JR	0,3		<u>Laserlõik</u> Laserlõikuse pink ByStar Fiber 3015. Lõigatakse välja detail mõõtmetega 896x20x2 <u>Viimistlustöö</u> Trell-lihvijaga FBS 240/E <u>Keevitamine</u> Keevitusseade Kemppi X8 MIG welder 500A. Detail asetatakse põhja pinnale ja keevitatakse kinni.	1 min 2 min 2 min	Väljalõikekaart 218.16.06-LL Eemaldada laserlõikuses tekkinud teravad servad. 218.16.01-koost
23	Pleksiklaas, 218.17	218.17	PVC	0,2		<u>Lõikamine</u> Noaga lõigata mõõtu pleksiklaas 898x507x0,8	1 min	
24	Toru suunaja rullikule, 218.18	218.18	34Cr4	0,6	0,4	<u>Freesimine</u> Freesingil Haas VF-2 SS. Freesida küljed mõõtu 40x30mm Puurida läbiv ava ø8,1 otspinna raadiusega 2.	3 min	Nelikantraud mõõtmetega 45x40x40mm Kinnitusrakis 218.18-kinn10