



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**TSK 140 reaktori retordi toe tootmise
moderniseerimine.**

**Modernization of the production for TSK 140 reactors retort
support.**

EDJR16/17 Masinaehitustehnoloogia ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Kirill Dmitriev

Üliõpilaskood: 193009EDJR

Juhendaja: Gennadi Arjassov

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 Kirill Dmitriev (sünnikuupäev: 27.01.2000)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose TSK140 reaktori retorti toe tootmise moderniseerimine, mille juhendaja on Gennadi Arjassov,
 - 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: Kirill Dmitriev, 193009EDJR

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, peeriala: masinaehitustehnoloogia.

Juhendaja(d): dotsent, Gennadi Arjassov, gennadi.arjassov@taltech.ee

Konsultant: Sergey Yurkov, Tehniline ettevalmistamise juht

Enefit Power AS, +372 5636 6238, sergey.yurkov@enefit.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) TSK 140 reaktori retordi toe tootmise moderniseerimine.

(inglise keeles) Modernization of the production for TSK 140 reactors retort support.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. TSK 140 reaktori retorti hoidva keevistoe arendamine.
2. Teha keevistoe tugevusarvutused, vormistada tehnoloogilise kaart, arvutada ligikaudne konstruktsiooni hinna.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Koormuste määramine keevistoele.	10.03.23
2.	Keevistoe tugevusarvutused.	31.03.23
3.	Tehnoloogilise kaardi vormistamine.	07.04.23
4.	Tööjooniste ja koostejooniste vormistamine.	21.04.23
5.	Ligikaudne konstruktsiooni hinna arvutamine.	01.05.23
6.	Lõputöö vormistamine.	15.05.23

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "22" mai 2023a

Üliõpilane: Kirill Dmitriev

"22" mai 2023a

/allkiri/

Juhendaja: Gennadi Arjassov

"22" mai 2023a

/allkiri/

Konsultant: Sergey Yurkov

/allkiri/

"22" mai 2023a

Programmijuht: Veroonika Shirokova

/allkiri/

"22" mai 2023a

SISUKORD

EESSÕNA	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	9
SISSEJUHATUS	10
1 TSK 140 REAKTORI ÜLEVAADE.....	11
1.1 TSK 140 reaktori töö tehnoloogia	11
2 TOE ARVUTAMINE	13
2.1 Algandmed	13
2.2 Konstruktsiooni tugevus arvutus	13
2.3 Keevisliitete arvutus.....	16
3 TEHNOLOOGILISE KAART.	18
3.1 Plaasma või gaasiga detailide lõikamine.	18
3.2 Treipingi töötlemine	21
3.3 Soone valmistamine	22
3.4 Kaldserva valmistamine	22
3.5 Keevitustööd.....	23
3.6 Toote visuaalne kontroll ja pindade puhastamine.....	24
3.7 Toote täielik visuaalne kontroll	24
4 DETAILIDE VALMISTAMISE STANDARTID	25
4.1 EN1-00169.00.00 Toe	25
4.2 EN1-00169.00.01 Plaat	25
4.3 EN1-00169.00.02 Ribid	25
4.4 EN1-00169.00.03 Ribid	25
4.5 EN1-00169.00.04 Ribid	25
4.6 EN1-00169.00.05 Ümar	25
4.7 Plaat 30x135x600	26
5 LIGIKAUDNE KONSTRUKTSIOONI HINNA ARVUTAMINE	27
5.1 Materjali kulu	27
5.2 Töö ja operatsiooni kulud	27
5.3 Kulud kokku	30
KOKKUVÕTE	31
SUMMARY.....	32
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	33
LISAD	34

GRAAFILINE OSA.....	35
1. EN1-00169.00.00 Toe koostejoonis.	35
2. EN1-00169.00.01 Plaadi tööjoonis.	36
3. EN1-00169.00.02 Ribi tööjoonis.	37
4. EN1-00169.00.03 Ribi tööjoonis.	38
5. EN1-00169.00.04 Ribi tööjoonis.	39
6. EN1-00169.00.05 Ümara tööjoonis.	40

EESSÕNA

Lõputöö teema "TSK 140 reaktori retorti toe tootmise moderniseerimine" oli pakutud praktikajuhendaja, Sergey Yurkovi, poolt. Praktika oli läbitud Enefit Power AS-i, õlitehase tehnilise ettevalmistamise osakonnas, Auveres. Antud lõputöö teema on rakendatav Enefit Power AS õlitehase TSK 140 reaktorisse ja TSK 280 teises ja kolmandas õlitehases.

Lõputöö koostamisel autor konsulteeris praktika juhendaja ja teiste ettevõtte inseneridega.

Autor avaldab tänu lõputöö juhendajale Gennadi Arjassov'le ja Enefit Power AS-i tehnilise ettevalmistamise osakonnale.

Märksõnad: TSK 140, tugevusarvutus, tehnoloogiline kaart, tööjoonis, koostejoonis, tootmiskulu, diplomitöö.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

Δl – pikkenemine, m;

r_{min} – minimaalne radius, mm;

r_{max} – maksimaalne radius, mm;

t_1 – algtemperatuur, °C;

t_2 – töötemperatuur, °C;

$F_{t_{max}}$ – maksimaalne telgkoormus, N;

E – elastsusmoodul, MPa;

α – soojuspaisumine koefitsient;

A – pind, m²;

F – jõud, N;

S – lubatud tugevuse varutegur;

$[\sigma]$ – lubatud normaalpinge, MPa;

$[\tau]$ – lubatud nihkepinge, MPa;

R_{eH} – voolavuspiir, MPa.

SISSEJUHATUS

Eesti Energia AS kontsernis on ettevõtte Enefit Power AS, mis tegeleb suureenergeetikaga. Ettevõtte toodab elektrienergia, soojus ja vedelkütused. Enefit Power AS koosseisus on primaarenergia üksused: Narva karjäär, Estonia kaevandus, logistika ning muundamis üksused: Auvere elektrijaam, Eesti elektrijaam, Balti elektrijaam, vedelkütuste tehased Enefit 140 ja Enefit 280. Praegu on Auveres kaks õlitehast, kolmas praegu on ehitamisel. Kolmas õlitehas on teise tehase koopia.

Maailma suurim orgaanilise süsiniku varu, mis on 2-4 korda suurem kui vedelõli varu, asub põlevkivis. Põlevkivi leidub kõigis maailmas. Põlevkivi muundatakse põlevkivis leiduva orgaanilise materjali soojuslikul lagunemisel ja õliaurude kondenseerumisel põlevkiviõlist, vedelkütusest. Põlevkiviõlil on iseloomulik lõhn ja tumepruun toon. [1]

Lõputöö teema on seotud Enefit 140 õlitehase TSK 140 reaktoriga, autor peab moderniseerima retorti toe tootmisprotsess, tõsta konstruktsiooni töökindlus ja vähendada kulusid.

Käesoleva töö eesmärgi saavutamisel on vaja moderniseerida retorti toe tootmisprotsess. Et saavutada eesmäärke autor peab:

- Leia mõjuvad koormused tugelede;
- Keeviskonstruktsiooni koostamine;
- Teha tugevusarvutused;
- Vormistada tehnoloogilised kaardid;
- Tööjooniste ja koostejooniste loomine;
- Arvutada ligikaudne konstruktsiooni hind.

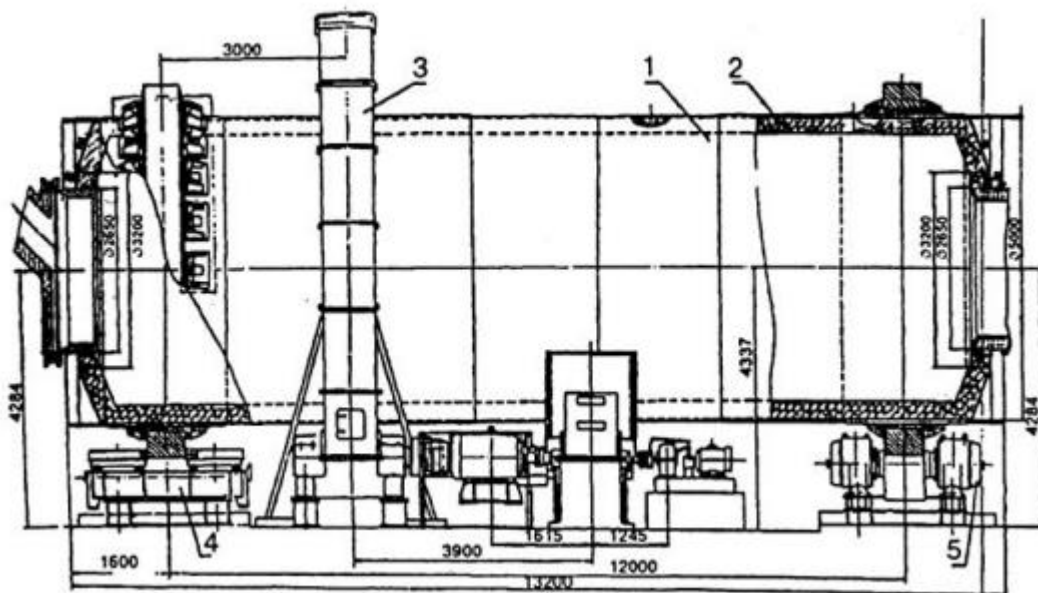
Autori arvates on teema aktuaalne, kuna võimaldab osta uued toed reaktorile TSK 140, teha hooldus ja tõsta põlevkivi peenosakeste väärtust, tootes neist vedelkütuseid.

1 TSK 140 REAKTORI ÜLEVAADE

1980. aastal loodi Eesti Energia (EE) õlitööstus. Kaks TSK reaktorit, mida praegu kasutab Eesti Energia Õlitööstus AS, olid kunagi tuntud TSK-140, nüüd aga Enefit-140 nime all. Toorainena kasutatakse madala kütteväärtusega põlevkivi (8,37 MJ/kg), mille suurus on piiramatult. Kaks Enefit-140 reaktorit suudavad vastavalt oma projekteerimisvõimele töödelda 3000 t peenpõlevkivi päevas. Eelnimetatud masinavärgist pärineb hinnanguliselt kolmandik Eesti naftatoodangust. [1]

Reaktor on horisontaalselt pöörlev rullikutel. Reaktori otsaseinad sisaldavad kaelasid või avasid, mis võimaldavad materjalidel siseneda ja väljuda.[2]

TSK 140 reaktori tööseadmed on toodud Joonisel 1.1.



Joonis 1.1 TSK 140 reaktori skeem. 1 - korpus, 2 - vooder, 3 – ajam, 4 - toe, 5 – rullid [2].

Pöörlevate kaelade ja läheduses asuvate seadmete püsikomponentide vaheline ühendus saavutatakse spetsiaalsete tihendite abil. [2]

Segu temperatuur kontrollitakse sisselaskeava juures ja väljundis. Rõhk reaktoris kontrollitakse ja juhitakse samasugune nagu temperatuur. [2]

1.1 TSK 140 reaktori töö tehnoloogia

TSK 140 on reaktor esimeses tehases. Reaktori nimi TSK 140 tähendab et sellise reaktorise võimsus on 140 tonni tunnis. Reaktoris toimib pürolüüsi protsess mille käigul saadakse auru gaasi segu ja poolkiksigaas. [2]

Pöördalustelt juhitakse kuiv põlevkivi temperatuuril 110 °C segisti õõnsusse. Jahutustsüklonites, mille temperatuur on 780–830 °C, eraldatud tuhk siseneb raskusjõu toimel samaaegselt segistikambrisse. [2]

Tuha ja kuiva põlevkivi massi osakaal on 2-2,5 kuni 1. Toodete valmistamisel tekkivad õlijäätmel ja osa märggaas-aurupuhastussüsteemis kasutatavast raskeõli fraktsioonist saab kõik üheaegselt sisse viia segisti kambrisse ja reaktorisse. [2]

Segistis toimub põlevkivi ja kuuma tuha esimene tahke aine kokkupuude. Kui kuum tuhk puutub kokku põlevkivi orgaanilise materjaliga, eralduvad lagunemisprotsessis tekkivad gaasid peaaegu kohe. Kogu osakeste mass muutub väga liikuvaks. Voolustruktuuri järgi on segisti ideaalne reaktorisegamine. [2]

Kuumutatud aine siseneb reaktorisse ka kaldrenni kaudu. Kuumutatud tuhk ja muda kuumutatakse reaktori pöörlevas trumlis sama temperatuurini. Tahke aine jääb reaktorisse 14–16 minutiks. Reaktori temperatuuri muutmiseks on kolm võimalust: reguleerides kuiva põlevkivi, tuha jahutusvedeliku või mõlema temperatuuri. Soojuskandjate ja põlevkivi suhte reguleerimine. Töötemperatuur reaktoris on umbes 500 °C. [2]

2 TOE ARVUTAMINE

2.1 Algandmed

TSK 140 reaktoris praegu kasutatakse valatud tugesid. Peaülesanne on moderniseerida tugevate tootmismeetodid, et oleks lihtsam osta või toota ise toed.

Algandmed:

$l = 850$ mm – pikkus;

$t_1 = 20^\circ$ - algtemperatuur;

$t_2 = 110^\circ$ - töötemperatuur;

$r_{min} = 3160$ mm - minimaalne radius;

$r_{max} = 3747$ mm - maksimaalne radius;

$F_{t_{max}} = 2500000$ N - maksimaalne telgkoormus.

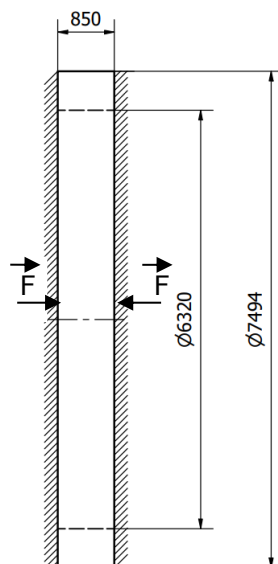
Materjali S355JR omadused (vt. Lisad Tabel 1, Tabel 2):

$E = 210 \cdot 10^9$ MPa, elastsusmoodul [3];

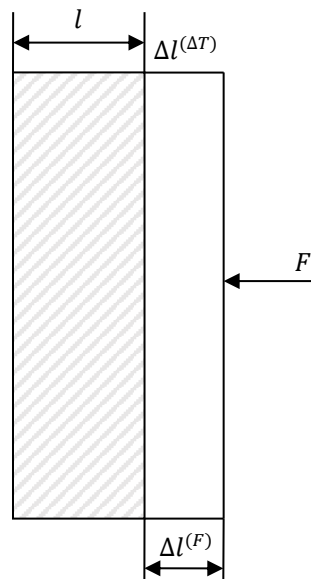
$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ K⁻¹, soojuspaisumine koefitsient [3].

2.2 Konstruktsiooni tugevus arvutus

Arvutame soojuspaisumisest tekitav jõud.



Joonis 2.1 Toe arvutuskeem.



Joonis 2.2 Pikkenemine skeem.

Summarne pikkenemine peab olema null.

$$\sum \Delta l = 0 \quad (2.1) [4,5]$$

kus,

Δl –pikkenemine, m.

Pikkenemine temperatuuri mõjul:

$$\Delta l^{(\Delta T)} = \alpha \cdot l \cdot \Delta T \quad (2.2) [4,5]$$

kus,

$\Delta l^{(\Delta T)}$ –pikkenemine temperatuuri mõjul, m;

ΔT – temperatuuri erinevus;

α - soojuspaisumine koefitsient, K^{-1} ;

l – pikkus, m.

Lühenemine jõu mõjul:

$$\Delta l^{(F)} = -\frac{F \cdot l}{E \cdot A} \quad (2.3) [4,5]$$

kus,

$\Delta l^{(F)}$ – lühenemine jõu mõjul, m;

F – jõud, N;

l – pikkus, m;

E – elastsusmoodul, MPa;

A – pind, m².

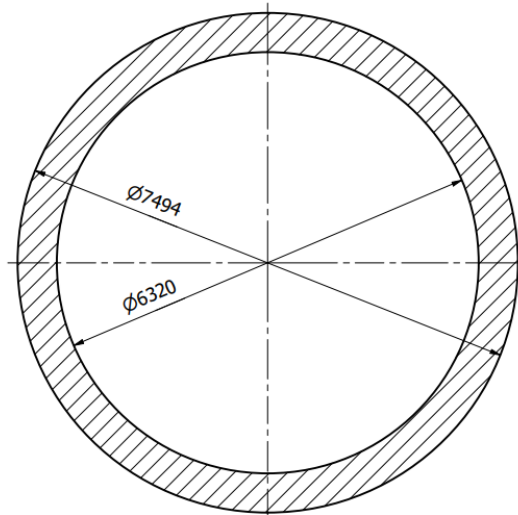
Leiame toele mõjutav jõud:

$$\frac{F \cdot l}{E \cdot A} = \alpha \cdot l \cdot \Delta T \quad (2.4) [4,5]$$

ΔT – temperatuuri erinevus;

α – soojuspaisumine koefitsient, K⁻¹.

$$\Delta T = t_2 - t_1 = 110^\circ - 20^\circ = 90^\circ \quad (2.5) [4,5]$$



Joonis 2.3 Pindala ristlõike.

$$A = \pi \cdot r_{max}^2 - \pi \cdot r_{min}^2 = 3,14 \cdot 3747^2 - 3,14 \cdot 3160^2 \approx 44107989 - 31370687 \approx 12737302 \text{ mm}^2 \approx 12,74 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (2.6)$$

kus,

A – pind, m²;

r_{max} – maksimaalne radius, mm;

r_{min} – minimaalne radius, mm.

$$\frac{F \cdot 0,85}{210 \cdot 10^9 \cdot 12,74 \cdot 10^{-6}} = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 90 \rightarrow$$

$$\rightarrow F = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 90 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 12,74 \cdot 10^{-6}}{0,85} \approx 2889432 \cdot 10^{-3} \approx 2890 \text{ N} \quad (2.7) [4,5]$$

2.3 Keevisliitete arvutus

Leiame lubatud tõmbepinge:

$$[\sigma] = \frac{R_{eH}}{S} = \frac{355}{2} \approx 178 \text{ MPa} \quad (2.8) [6]$$

kus,

σ - lubatud normaalpinge, MPa;

R_{eH} - voolavuspiir, MPa;

S - lubatud tugevuse varutegur. Masinaehituses on erinevate osade tugevuse varutegur vahemikus 1,5 ... 2,5 (teras, alumiiniumi, titaani, magneesiumi ja vase sulamid). [4,5]

Keevisõmbluse lubatud nihkepinge on:

$$[\tau] = 0,6 \cdot [\sigma] = 0,6 \cdot 178 \approx 107 \text{ MPa} \quad (2.9) [6]$$

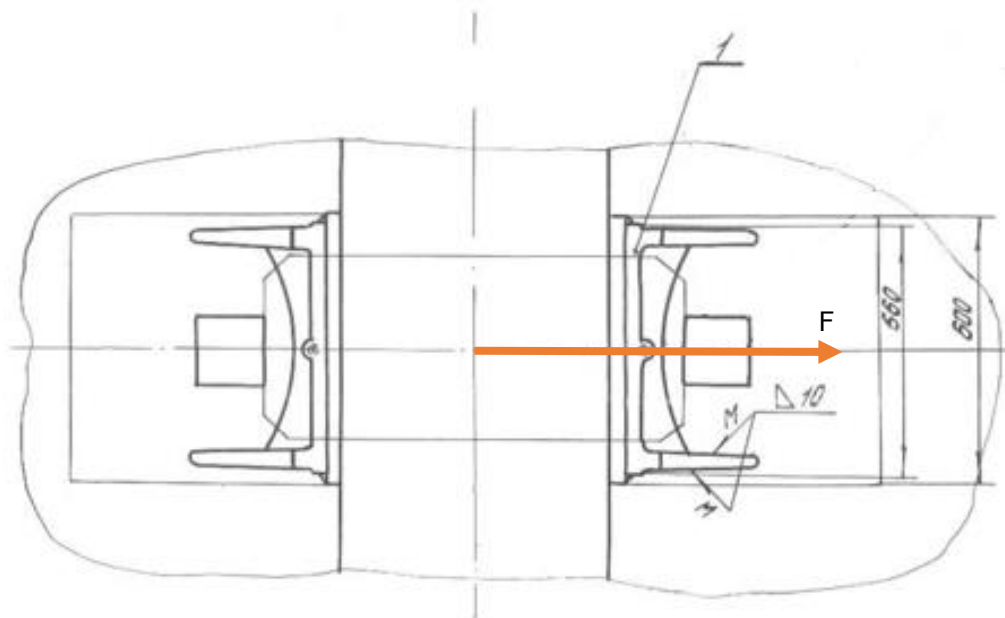
kus,

τ - lubatud nihkepinge, MPa;

σ - lubatud normaalpinge, MPa.

Toe keevisliitete arvutus:

Kasutatakse a10 nurkliited 2 igas ribis, kokku 2 ribi



Joonis 2.4 Keevisliitete mõjutav jõud. 1-Toe.

Kokku meil on 4 keevisliite ja 20 toed. Siis arvutame neid koos. Reaktoris toimuvate keemiliste reaktsioonide tõttu tõuseb rõhk, ja tekib telgkoormus. Teljekoormus tuleneb reaktori kaelte tihenditest, kuna sees on kõrge rõhk. Pannes reaktori mööda telge liikuma, on reaktori põhjas liigset nihkumist takistavad tõukeplokid, kuid osa koormusest läheb tugede keevisliitele. Siis on vaja arvestada telgkoormusega.

$$\tau = \frac{F+F_{t_{max}}}{20 \cdot 4 \cdot h \cdot l} = \frac{2890+2500000}{20 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 0,27} = \frac{2502890}{80 \cdot 0,0027} \approx 11\,587\,454 \text{ Pa} \approx 11,59 \text{ MPa} \leq [\tau] \approx 107 \text{ MPa} \quad (2.10) [6]$$

kus,

τ - lubatud nihkepinge, MPa;

F - jõud, N;

$F_{t_{max}}$ - maksimaalne telgkoormus, N;

h - keevisliite kõrgus, m;

l - keevisliite pikkus, m.

3 TEHNOLOOGILISE KAART

Operatsioonide järjekord:

1. Plaasmi või gaasiga detailide lõikamine;
2. Treipingi töötlemine;
3. Soone valmistamine;
4. Kaldserva valmistamine;
5. Keevitustööd;
6. Toote visuaalne kontroll ja pindade puhastamine;
7. Toote täielik visuaalne kontroll.

Kokku: 7 operatsiooni.

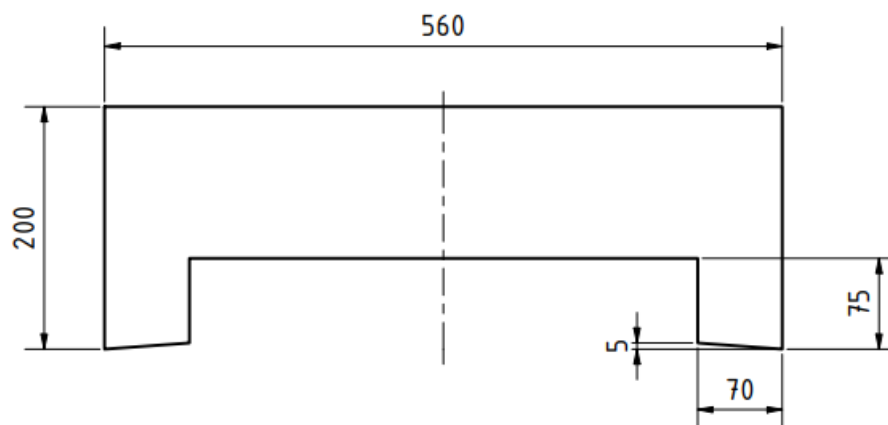
3.1 Plasma või gaasiga detailide lõikamine

Eelnevalt lõigatud: S355JR materjali leht 30x600x1000 mm ja leht 40x500x1000 mm paigaldatakse tooriku etteandelaualle ja lõigatakse plaasmi või gaasiga.

Lõikamise detailide hulk: 5 tk.

Leht 30mm:

1. EN1-00169.00.01 Plaat (vt. Joonis 3.1, Joonis 3.2);



Joonis 3.1 EN1-00169.00.01 plaat.

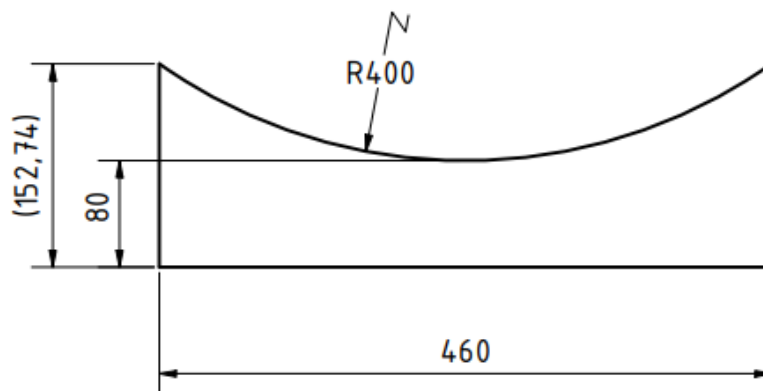
```

1 N10 G90
2 N15 G71
3
4 (2D Profile1 EN1-00169.00.01)
5 N20 G0 X277.5 Y206.33
6 N25 M3
7 N30 G4 P1.
8 N35 G1 X280. Y202. F1000.
9 N40 G2 X281. Y201. I0. J-1.
10 N45 G1 Y1.
11 N50 G2 X279.929 Y0.003 I-1. J0.
12 N55 G1 X209.929 Y5.003
13 N60 G2 X209. Y6. I0.071 J0.997
14 N65 G1 Y75.
15 N70 G1 X-209.
16 N75 G1 Y6.
17 N80 G2 X-209.929 Y5.003 I-1. J0.
18 N85 G1 X-279.929 Y0.003
19 N90 G2 X-281. Y1. I-0.071 J0.997
20 N95 G1 Y201.
21 N100 G2 X-280. Y202. I1. J0.
22 N105 G1 X280.
23 N110 G1 X282.5 Y206.33
24 N115 M5
25
26 N120 M30

```

Joonis 3.2 EN1-00169.00.01 plaati g-kood.

2. EN1-00169.00.02 Ribi 30x200x560mm (vt. Joonis 3.3, Joonis 3.4);



Joonis 3.3 EN1-00169.00.02 ribi.

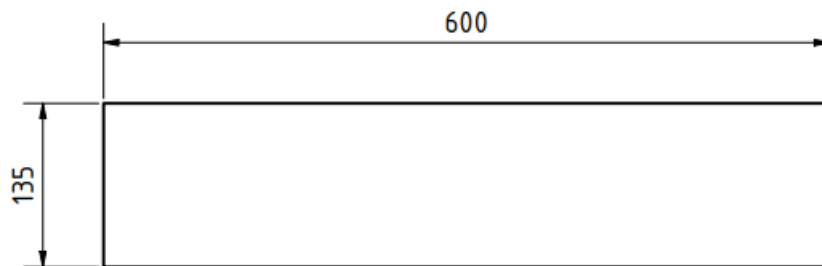
```

1 N10 G90
2 N15 G71
3
4 (2D Profile1 EN1-00169.00.02)
5 N20 G0 X235.33 Y3.5
6 N25 M3
7 N30 G4 P1.
8 N35 G1 X231. Y1. F1000.
9 N40 G2 X230. Y0. I-1. J0.
10 N45 G1 X-230.
11 N50 G2 X-231. Y1. I0. J1.
12 N55 G1 Y153.739
13 N60 G2 X-229.425 Y154.557 I1. J0.
14 N65 G3 X229.425 I229.425 J326.443
15 N70 G2 X231. Y153.739 I0.575 J-0.818
16 N75 G1 Y1.
17 N80 G1 X235.33 Y-1.5
18 N85 M5
19
20 N90 M30

```

Joonis 3.4 EN1-00169.00.02 ribi g-kood.

3. Plaat 30x135x600mm (vt. Joonis 3.5, Joonis 3.6);



Joonis 3.5 Plaat 30x135x600.

```

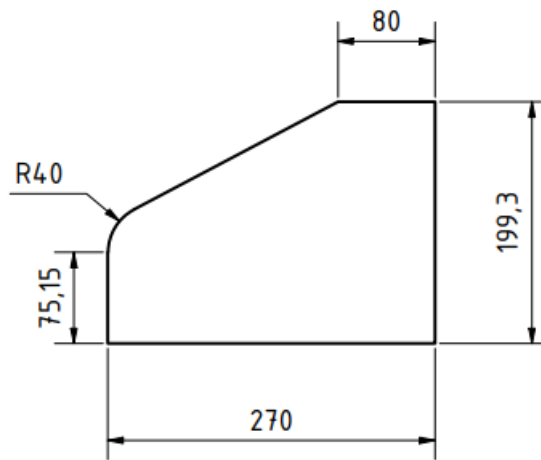
1 N10 G90
2 N15 G71
3
4 (2D Profile1 EN1-00169.00.06)
5 N20 G0 X297.5 Y141.33
6 N25 M3
7 N30 G4 P1.
8 N35 G1 X300. Y137. F1000.
9 N40 G2 X301. Y136. I0. J-1.
10 N45 G1 Y1.
11 N50 G2 X300. Y0. I-1. J0.
12 N55 G1 X-300.
13 N60 G2 X-301. Y1. I0. J1.
14 N65 G1 Y136.
15 N70 G2 X-300. Y137. I1. J0.
16 N75 G1 X300.
17 N80 G1 X302.5 Y141.33
18 N85 M5
19
20 N90 M30

```

Joonis 3.6 Plaati 30x135x600 g-kood.

Leht 40mm:

4. EN1-00169.00.03 Ribi 40x200x270mm (vt. Joonis 3.7, Joonis 3.8);
5. EN1-00169.00.04 Ribi 40x200x270mm (vt. Joonis 3.7, Joonis 3.8).



Joonis 3.7 EN1-00169.00.03-04 ribi.

```

1 N10 G90
2 N15 G71
3
4 (2D Profile1 EN1-00169.00.03-04)
5 N20 G0 X104.98 Y273.5
6 N25 M3
7 N30 G4 P1.
8 N35 G1 X100.65 Y271. F1000.
9 N40 G1 Y191.
10 N45 G2 X100.535 Y190.534 I-1. J0.
11 N50 G1 X11.782 Y21.904
12 N55 G2 X-24.499 Y0. I-36.282 J19.096
13 N60 G1 X-99.65
14 N65 G2 X-100.65 Y1. I0. J1.
15 N70 G1 Y271.
16 N75 G2 X-99.65 Y272. I1. J0.
17 N80 G1 X99.65
18 N85 G2 X100.65 Y271. I0. J-1.
19 N90 G1 X104.98 Y268.5
20 N95 M5
21
22 N100 M30

```

Joonis 3.8 EN1-00169.00.03-04 ribi g-kood.

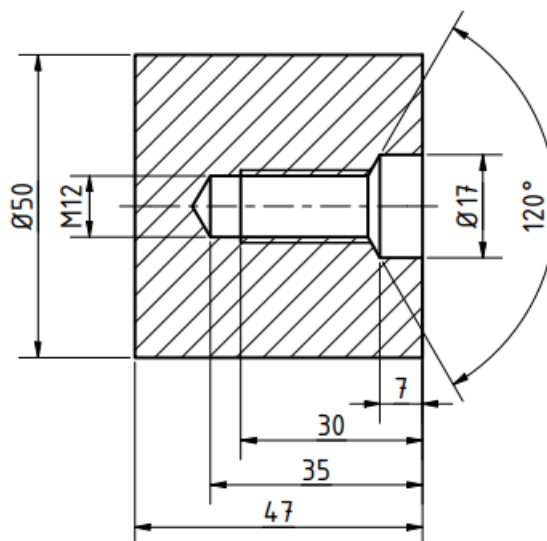
3.2 Treipingi töötlemine

EN1-00169.00.05 Ümar kasutatakse et paigaldada toe kohale, silmapolt keeratakse ümbara sisse. (vt. Joonis 3.9)

Varras läbimõõduga 50 mm.

1. Teha ava M12 sügavusega 35 mm, kerme lõikamise sügavus 30mm;
2. Teha ava läbimõõduga 17 mm sügavusega 7 mm;

3. Lõigake varda küljest 47 mm pikkune detail.

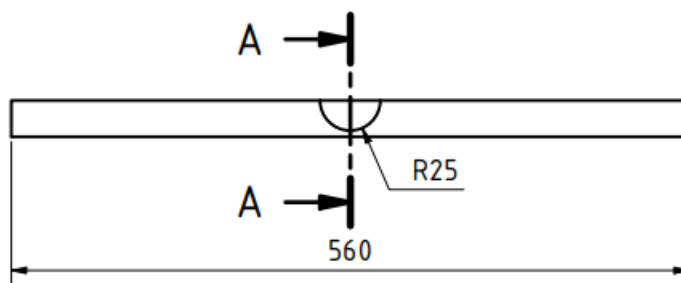


Joonis 3.9 EN1-00169.00.05 Ümara ristlõike mõõtudega.

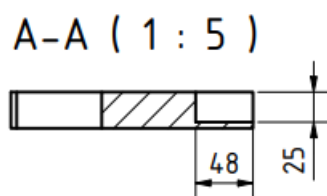
3.3 Soone valmistamine

EN-00169.00.01 plaadil on soon kuhu paigaldatakse EN-00169.00.05 ümar.

Paigaldada plaat freespingil ja teha soon. (vt. Joonis 3.10, Joonis 3.11)



Joonis 3.10 EN1-00169.00.01 plaadi soone.



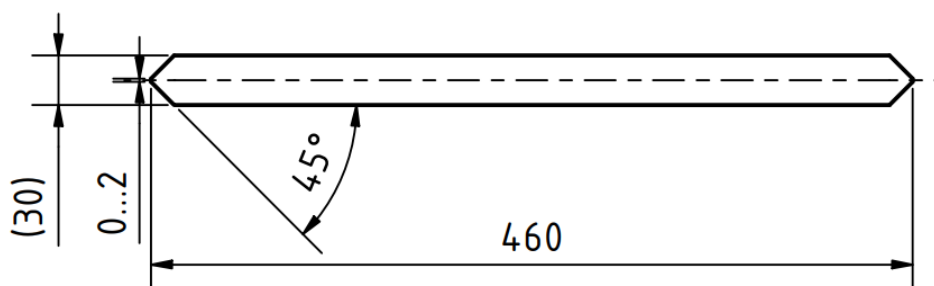
Joonis 3.11 Soone mõõtmed.

3.4 Kaldserva valmistamine

Plaadi ja ribi kaldserva nurgad on 45°.Pärast kaldserva tegemist, serva pikkus peab olema 0 – 2 mm.

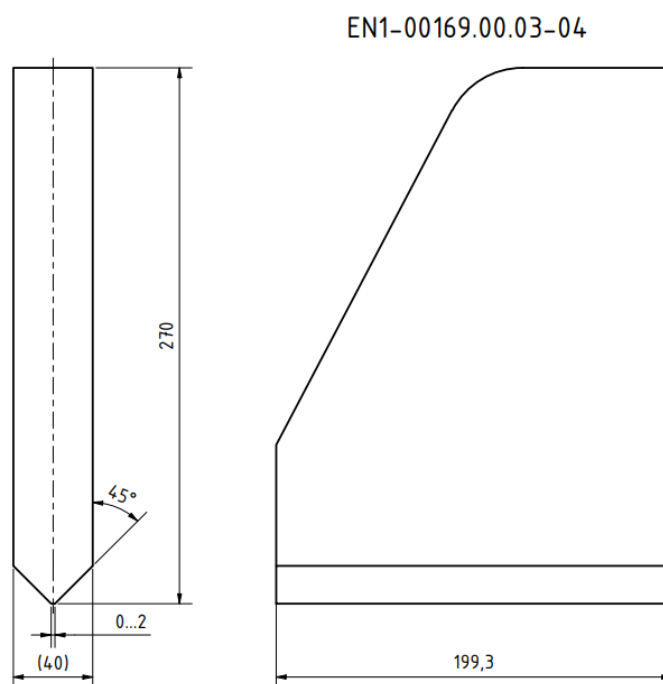
Servad tehakse kaldlõikuri abil.

1. EN1-00169.00.02 Plaat (vt. Joonis 3.12);



Joonis 3.12 EN1-00169.00.02 plaadi kaldservad.

2. EN1-00169.00.03 Ribi (vt. Joonis 3.13);
3. EN1-00169.00.04 Ribi (vt. Joonis 3.13).

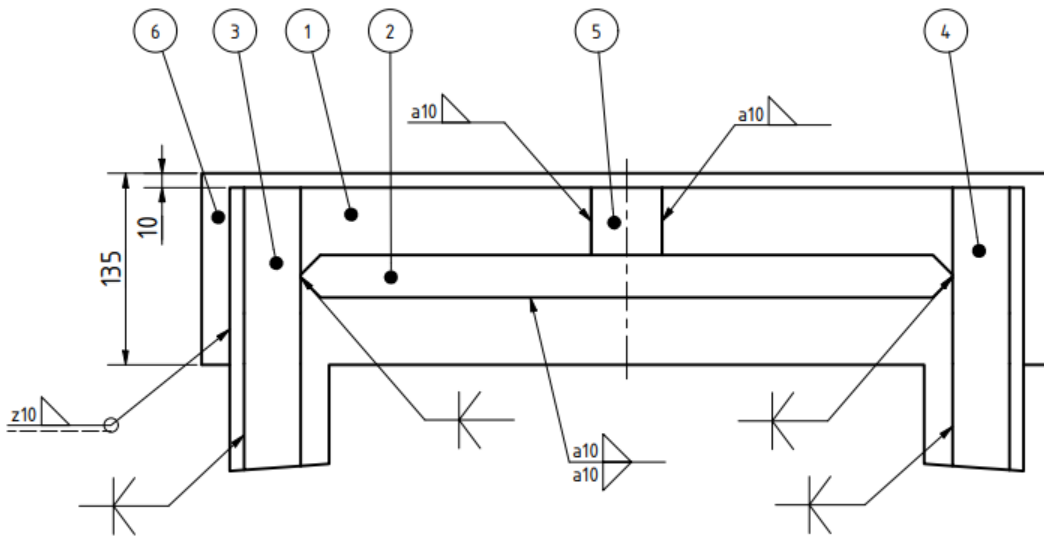


Joonis 3.13 EN1-00169.00.03-04 ribi kaldservad.

3.5 Keevitustööd

Keevitus operatsioonid kokku: 13.

Keevitamine ja keeviliitede kvaliteedikontroll vastavalt EN 25817-C standartile.
Märkimata piirhälbed EN 13920-B-F järgi.



Joonis 3.14 Keevisliited. 1 - EN1-00169.00.01 plaat, 2 - EN1-00169.00.02 ribi, 3 - EN1-00169.00.03 ribi, 4 - EN1-00169.00.04 ribi, 5 - EN1-00169.00.05 Ümar, 6 - Plaat 30x135x600.

Operatsioonide järjekord:

1. Sisestage ümar EN1-00169.00.05 plaadi EN1-00169.00.01 soonde ja keevitage;
2. Seadke ribi EN1-00169.00.02 ja keevitage see plaadi EN1-00169.00.01 külge;
3. Seadke ribi EN1-00169.00.03 ja keevitage see plaadi EN1-00169.00.01 ja ribi EN1-00169.00.03 külge;
4. Seadke ribi EN1-00169.00.04 ja keevitage see plaadi EN1-00169.00.01 ja ribi EN1-00169.00.03 külge;
5. Keevitada plaat EN1-00169.00.06 koos plaadiga EN1-00169.00.01.

3.6 Toota visuaalne kontroll ja pindade puhastamine

Iga toode peab läbima visuaalne kontroll. Ei tohi olla: keevituspritsmed, teravad servad ja muud defektid. Kui tekkivad selliseid defektid on vaja puhastada pinde.

3.7 Toota täielik visuaalne kontroll

Lõplik visuaalne kontroll, defekte ei tohiks olla.

4 DETAILIDE VALMISTAMISE STANDARTID

4.1 EN1-00169.00.00 Toe

1. Võta osade nimekiri ja valmistage detailid ette;
2. Paigutage detailid ja keevitada. Keevitus piirhälbed vastavalt ISO 13920-BF standartile, keevitus ja keevisliitete kvaliteet vastavalt EN 25817-C standartile.

4.2 EN1-00169.00.01 Plaat

1. Leht 30x200x560mm, S355JR vastavalt EN 10025:2 standartile;
2. Lõige geomeetria plaasmi või gaasiga. Vastavalt ISO 9013-332 standartile;
3. Teha soon freesipinkel. Mehaaniline töötamise märkimata piirhälbed vastavalt ISO 2768-m-K standartile.

4.3 EN1-00169.00.02 Ribid

1. Leht 30x155x460mm, S355JR vastavalt EN 10025:2 standartile;
2. Lõige geomeetria plaasmi või gaasiga. Vastavalt ISO 9013-332 standartile;
3. Teha kaldservad. Mehaaniline töötamise märkimata piirhälbed vastavalt ISO 2768-m-K standartile.

4.4 EN1-00169.00.03 Ribid

1. Leht 40x200x270mm, S355JR vastavalt EN 10025:2 standartile;
2. Lõige geomeetria plaasmi või gaasiga. Vastavalt ISO 9013-332 standartile;
3. Teha kaldservad. Mehaaniline töötamise märkimata piirhälbed vastavalt ISO 2768-m-K standartile.

4.5 EN1-00169.00.04 Ribid

1. Leht 40x200x270mm, S355JR vastavalt EN 10025:2 standartile;
2. Lõige geomeetria plaasmi või gaasiga. Vastavalt ISO 9013-332 standartile;
3. Teha kaldservad. Mehaaniline töötamise märkimata piirhälbed vastavalt ISO 2768-m-K standartile.

4.6 EN1-00169.00.05 Ümar

1. Varras läbimõõduga 50 mm, S355JR vastavalt EN 10025:2 standartile;
2. Teha ava M12 sügavusega 35 mm, keerme lõikamise sügavus 30mm;
3. Teha ava läbimõõduga 17 mm sügavusega 7 mm;

4. Lõigake varda küljest 47 mm pikkune detail.

Mehaaniline töötamise märkimata piirhälbed vastavalt ISO 2768-m-K standartile.

4.7 Plaat 30x135x600

1. Leht 30x135x600mm, S355JR vastavalt EN 10025:2 standartile;
2. Gaasi või plasmi lõikamine vastavalt ISO 9013-332 standartile.

5 LIGIKAUDNE KONSTRUKTSIOONI HINNA ARVUTAMINE

Hind on kalkuleeritud ühe toe eest. TSK 140 reaktor kasutab korruga 80 tuge, 40 iga rõnga jaoks, 20 mõlemal küljel vastavalt retordi läbimõõdule.

5.1 Materjali kulu

Materjal – teras S355JR.

Plaati ja Ribi tegemiseks on vaja: leht 30x600x1000 mm, leht 40x500x1000 mm [7].

Materjali kulud: leht 30 mm, leht 40 mm, varras 50 mm.

Minimaalne S355 lehe mõõtmed: pikkus 1000 mm, laius 500 mm. Siis valime esimene leht 30x600x1000 mm mass on umbes 141,3 kg. Lehe 40x500x1000 mm mass on umbes 157 kg. Mass on kalkuleeritud Autodesk Inventor programmis. Kokku umbes 298,3 kg. Ühte tonni S355 lehe materjali kulu on 550\$, umbes 515 € [7].

$$K_{m_1} = 515 \cdot 0,2983 \approx 154 \text{ €} \quad (5.1)$$

kus,

K_m – materialikulu, €.

Minimaalne S355 varra mõõtmed: pikkus 1000 mm. Siis valime varra läbimõõt 50 ja pikkus 1000 mm. Tooriku mass on umbes 15,4 kg. Ühte tonni S355 varra materjali kulu on 400\$, umbes 375 € [8].

$$K_{m_2} = 375 \cdot 0,0154 \approx 6 \text{ €} \quad (5.2)$$

kus,

K_m – materialikulu, €.

Kokku materjali kulud.

$$K_m = K_{m_1} + K_{m_2} \approx 154 + 6 \approx 160 \text{ €} \quad (5.3)$$

kus,

K_m – materialikulu, €.

5.2 Töö ja operatsiooni kulud

Töö operatsiooni kulud: gaasi lõigamine, faasi tegemine, keevisõmlused.

Keskmine tööjõukulu 2022 aastal 3 kvartalis oli 2247 € [9]. Arvutame 1 tunni järgi. Võtame arvesse et kuus on 160 töötundi, kuus on 4 töönädalat.

Arvutame tööjõukulud 1 tunni järgi:

$$K_{tj} = \frac{2247}{160} \approx 14 \text{ eur/t} \quad (5.4)$$

kus,

K_{tj} – tööjõukulu, €.

Plasmi või gaasi lõigamine: Kokku 5 detailid, 2 plaadid ja 3 ribad. Detailid lõigatakse sama täpsusega ISO 9013-332 järgi, siis masina seadistamine on samasugune, aga on vaja kasutada 2 lehe erineva paksusega 30 mm ja 40 mm, siis lehe vahetamiseks on vaja võtta aeg arvestusse.

Masina seadistamine: Võtame arvesse 1 tund. Plaatide ja ribi EN1-00169.00.02 tegemiseks on vaja leht 30 mm. Plaatide ja ribi geomeetria on lihtne, siis võtame 30 minutid. Lehe ja programmi vahetamise aeg 30 minutid. Ribide EN1-00169.00.03-04 tegemiseks on vaja leht 40 mm. Ribide geomeetria on lihtne, võtame arvestusse 30 minutid. Masina summeritud tööaeg: 2 tundi ja 30 minutid. Võtame arvesse et masina operatsiooni kulud on 1 euro, tunnis [10].

Arvutame summeritud masina operatsiooni kulud:

$$K_{o_{s_1}} = 2.5 \cdot 1 \approx 2.50 \text{ €} \quad (5.5)$$

kus,

K_{o_s} – summeritud masina operatsiooni kulu, €.

Arvutame summeritud tööjõu kulud:

$$K_{t_{j_{s_1}}} = K_{tj} \cdot 2.5 \approx 14 \cdot 2.5 \approx 35 \text{ eur/t} \quad (5.6)$$

kus,

$K_{t_{j_s}}$ - summeritud tööjõu kulu, €.

Siis same arvutada summeritud töö ja operatsiooni kulud lõike operatsiooni jaoks.

$$K_{t_{o_1}} = K_{t_{j_{s_1}}} + K_{o_{s_1}} = 35 + 2.50 \approx 37.50 \text{ eur/t} \quad (5.7)$$

kus,

K_{t_o} - töö ja operatsiooni kulu, eur/t;

$K_{t_{j_s}}$ - summeritud tööjõu kulu, eur/t;

K_{o_s} – summeritud masina operatsiooni kulu, eur/t.

Ümar EN1-00169.00.05 valmistatakse treipingil. CNC masina töökulu Europas on umbes 35 eurot [11]. Masina seadistamine ja detailide tegemine võtab umbes 1 tund.

$$K_{t_{js_2}} = K_{t_j} \cdot 1 \approx 14 \text{ eur/t} \quad (5.8)$$

kus,

$K_{t_{js}}$ - summeritud tööjõu kulu, eur/t;

K_{t_j} - tööjõukulu, €.

$$K_{t_{o_2}} = K_{t_{js_2}} + 35 \approx 49 \text{ €} \quad (5.9)$$

kus,

K_{t_o} - töö ja operatsiooni kulu, eur/t;

K_{t_j} - tööjõukulu, €.

Keevisliited koos kaldservaga [12]. Kõik konstruktsiooni osad tuleb keevitada. Kokku metall konstruktsioonis on 13 keevisliited, keevisliitede kvaliteedikontroll vastavalt EN 25817-C standartile. Konstruktsioonil on 8 keevisliited, mis tuleb täielikult keevitada, 4 keevisliited kus on antud kõrgus 10 mm, ja 1 keevisliite kaatetiga 10 mm. Keevisliitede 60% väärtust tuleb tööjõukulust [13], siis me peame teada ainult aeg mis on vaja et teha neid. Võtame et 1 toe järgi on 2 tunni et teha kaldservad ja 1 tund et teha keevisliited, kokku 3 tunni.

$$K_{kl_t} = \frac{K_{t_j}}{0.6} = \frac{14}{0.6} \approx 24 \text{ eur/t} \quad (5.10)$$

kus,

K_{kl_t} - keevisliitede tööjõukulu, eur/t;

K_{t_j} - tööjõukulu, €.

$$K_{kl} = 24 \cdot 3 \approx 72 \text{ €} \quad (5.11)$$

kus,

K_{kl} - kokku keevisliitede tööjõukulu.

Töökulud kokku:

$$K_t = K_{t_{o_1}} + K_{t_{o_2}} + K_{kl} = 37.50 + 49 + 72 \approx 159 \text{ €} \quad (5.12)$$

kus,

K_t - töökulud kokku, €;

K_{to} - töö ja operatsiooni kulu, eur/t;

K_{kl} - kokku keevisliitete tööjõukulu.

5.3 Kulud kokku

Kulude arvutamiseks on võtnud arvestusse masina seadmine ja programmeerimine. Seeria tootmises selliseid kulud pea võta nagu ühekordsed kulud.

$$K_k = K_m + K_t = 160 + 159 \approx 319 \text{ €} \quad (5.13)$$

kus,

K_k - kulud kokku, €;

K_m - materialikulud kokku, €;

K_t - töökulud kokku, €.

KOKKUVÕTE

Käesoleva tööesmärgiks oli moderniseerida TSK 140 reaktori retordi toe tootmisprotsess. Teema "TSK 140 reaktori retordi toe tootmise moderniseerimine." oli valitud praktika käigul. Tulevikus ENEFIT POWER AS saab kasutada neid toed ettevõttes.

Lõputöö käigul autor on teinud:

- Leitud mõjuvad toele koormused;
- Koostas keeviskonstruktsioon;
- Tehtud tugevusarvutused;
- Vormistas tehnoloogilised kaardid;
- Tööjooniste ja koostejooniste loomine;
- Ligikaudse konstruktsiooni hinna arvutamine.

Tootmisprotsessis peaks kasutada S355JR materjal mis vastutab EN 10025-2 nõutele. Plasmi või gaasi lõikamine kvaliteet ISO 9013-332 järgi. Keevisliitete piirhälbed ISO 13920-BF, keevitus ja keevisliitete kvaliteet vastavalt EN 25817-C standartile. Mehhanilise töötlemine ISO 2768-m-K järgi.

SUMMARY

The aim of this final thesis was to modernize the production process of the TSK 140 retort support. Topic " Modernization of the production for TSK 140 reactors retort support." was selected during the internship. In the future ENEFIT POWER AS can use these supports in production.

During the final thesis, the author had done:

- Determining the applied load;
- Create welded construction;
- Support strength calculations;
- Creation of technological route cards;
- Creation of working drawings and assembly drawings;
- Calculation of approximate value.

In the production process, S355JR material should be used, which is responsible for the requirements of EN 10025-2. Plasma or gas cutting quality according to ISO 9013-332. Limit deviations of welded joints ISO 13920-BF, welding and quality of welded joints according to EN 25817-C standard. Mechanical processing according to ISO 2768-m-K.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Põlevkivi. [Online] [Põlevkiviõli | Energiatalgud](#) (06.02.2023)
2. Kütuste tööstus protsessid. [Online] [L13Galoter.pdf \(vk.edu.ee\)](#) (06.02.2023)
3. Materiali omadused. [Online] [S355JR \(ovako.com\)](#) (20.02.2023)
4. P.Stepin. Tugevusõpetus. Tln., Valgus, 1987
5. A.Jürgenson. Tugevusõpetus. Tln., Valgus, 1985
6. Keevisliitete arvutuse näide. [Online] <https://mehanic-ua.ru/zadachi/1818-raschet-svarnykh-soedinenij-zadacha.html> (20.02.2023)
7. S355 lehe material hind ja mõõtmed. [Online] [Carbon Plate S355 Steel Material Price](#) (10.02.2023)
8. S355 varra material hind ja mõõtmed. [Online] [Carbon Steel S355 Round Bar, Cold Drawn/Hot Rolled/Forged Steel Round Bar Price](#) (10.02.2023)
9. Keskmise tööjõukulu eestis. [Online] [Palk ja tööjõukulu | Statistikaamet](#) (16.02.2023)
10. Ligikaudne lõikemasina töökulu. [Online] [Laser Machine Running Costs, Fibre Laser, Laser Engravers,CNC Laser Cutter - CTR Lasers](#) (16.02.2023)
11. Ligikaudne CNC masina töökulu. [Online] [Calculating CNC Machining Cost: Know All Factors and Tips | RapidDirect](#) (16.02.2023)
12. Keevisliitete kulude nimikiri. [Online:5-8] [Keevitustehnoloogia -2 | Digikogu](#) (16.02.2023)
13. Keevisliitete liigikaudsed kulud. [Online] [Estimating Total Welding Costs | Fabricating and Metalworking](#) (16.02.2023)

LISAD

Tabel 1. S355JR mehaanikaomadused. [3]

Variant	Condition ⁱ	Format	Dimension [mm]	Yield strength min [MPa]	Tensile strength [MPa]	Elongation A ₅ [%]	Hardness	Impact (ISO-V) strength _{min}
S355JR / 2132	+AR	Flat bar	< 16	355**	470-630	22	140-190 HB	20 °C 27 J (long)
		Flat bar	16 < 40	345**	470-630	22	140-190 HB	20 °C 27 J (long)
		Flat bar	40 < 63	335**	470-630	21	140-190 HB	20 °C 27 J (long)
		Flat bar	63 < 80	325**	470-630	20	140-190 HB	20 °C 27 J (long)
		Flat bar	80 < 100	315**	470-630	20	140-190 HB	20 °C 27 J (long)

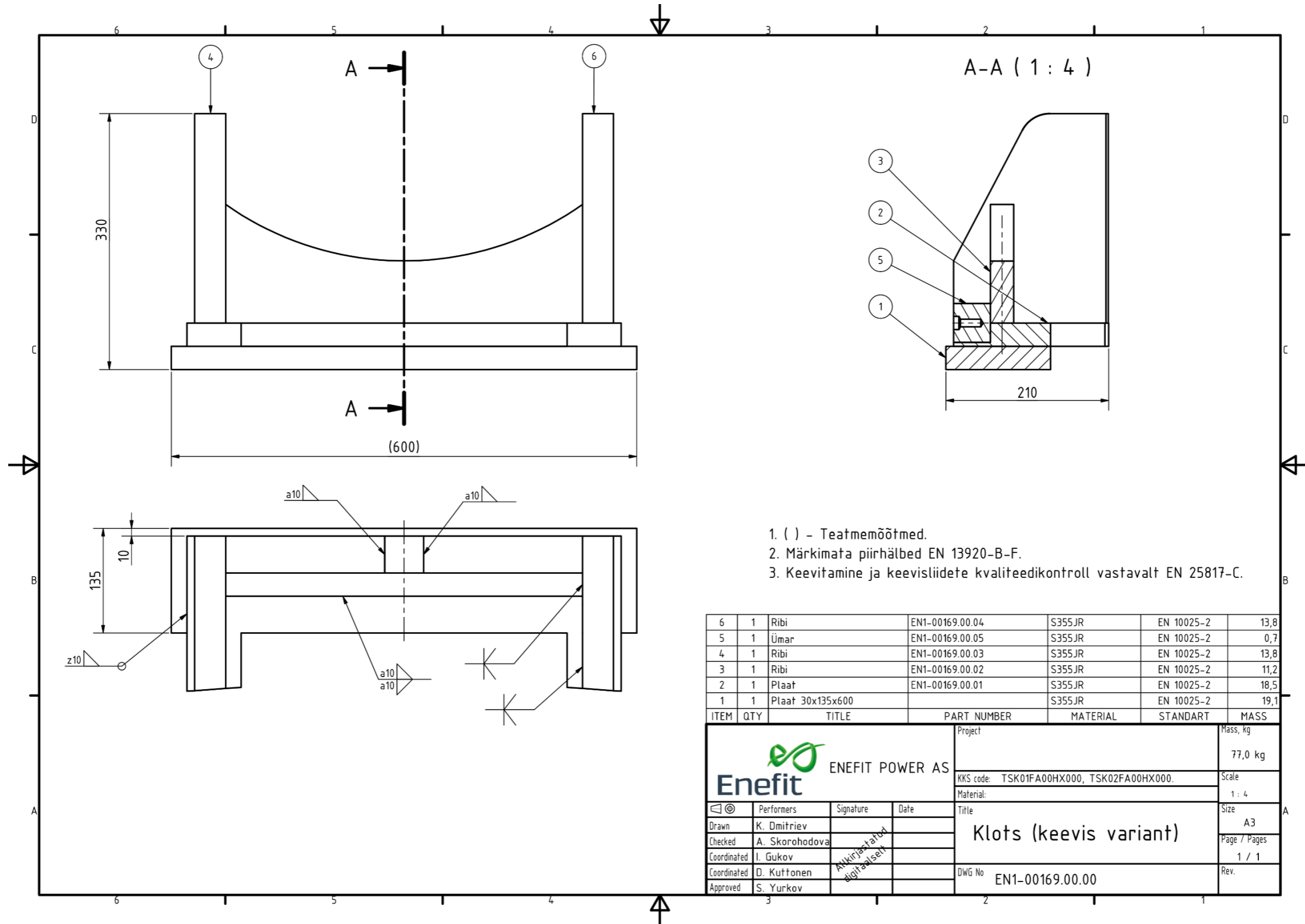
*R_{p0.2} * R_{eh} ** R_{el}*

Tabel 2. S355JR materiali omadused. [3]

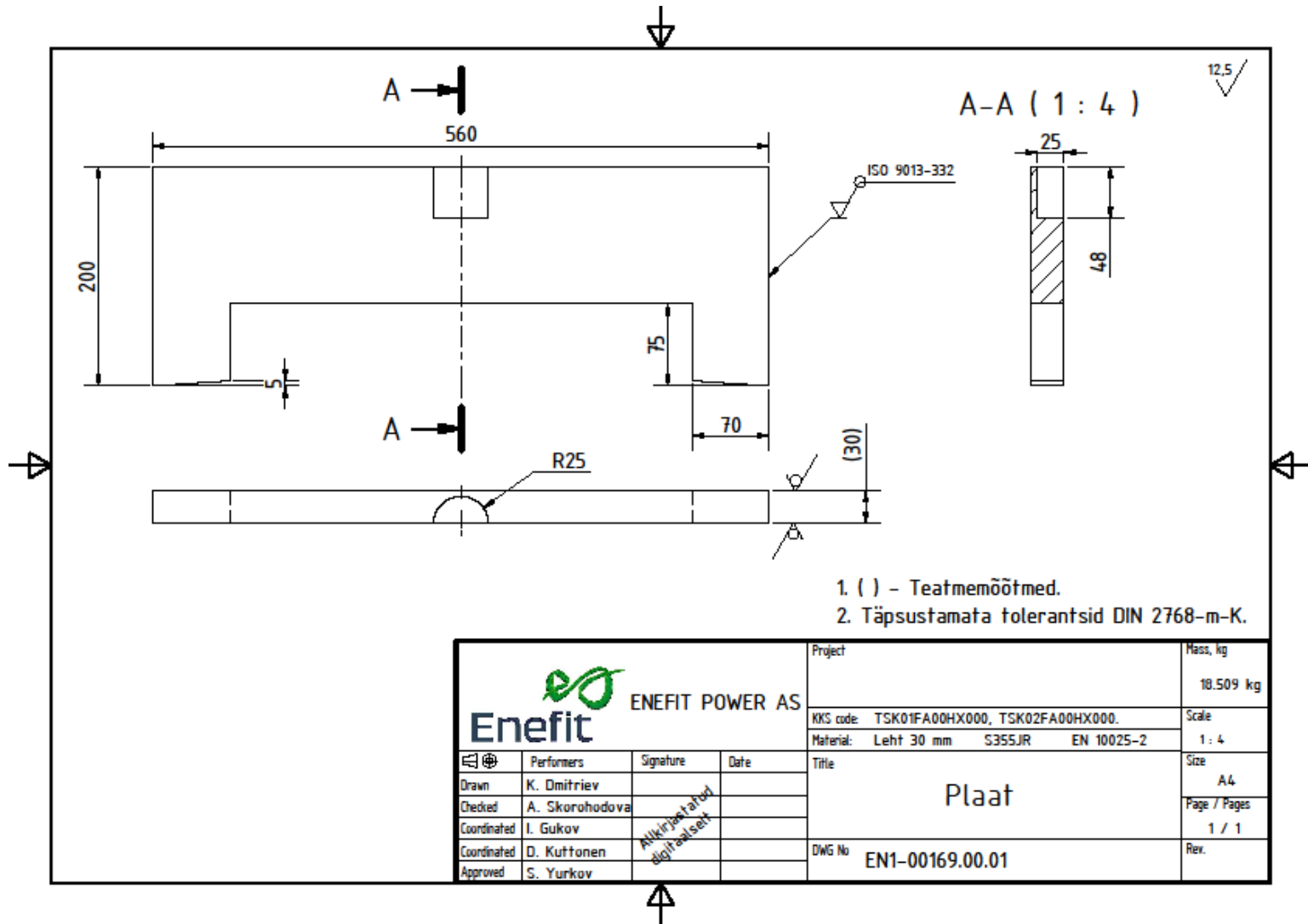
Youngs module (GPa)	Poisson's ratio (-)	Shear module (GPa)	Density (kg/m ³)
210	0.3	80	7800
Average CTE 20-300°C (µm/m ² K)	Specific heat capacity 50/100°C (J/kg ² K)	Thermal conductivity Ambient temperature (W/m ² K)	Electrical resistivity Ambient temperature (µΩm)
12	460 - 480	40 - 45	0.20 - 0.25

GRAAFILINE OSA

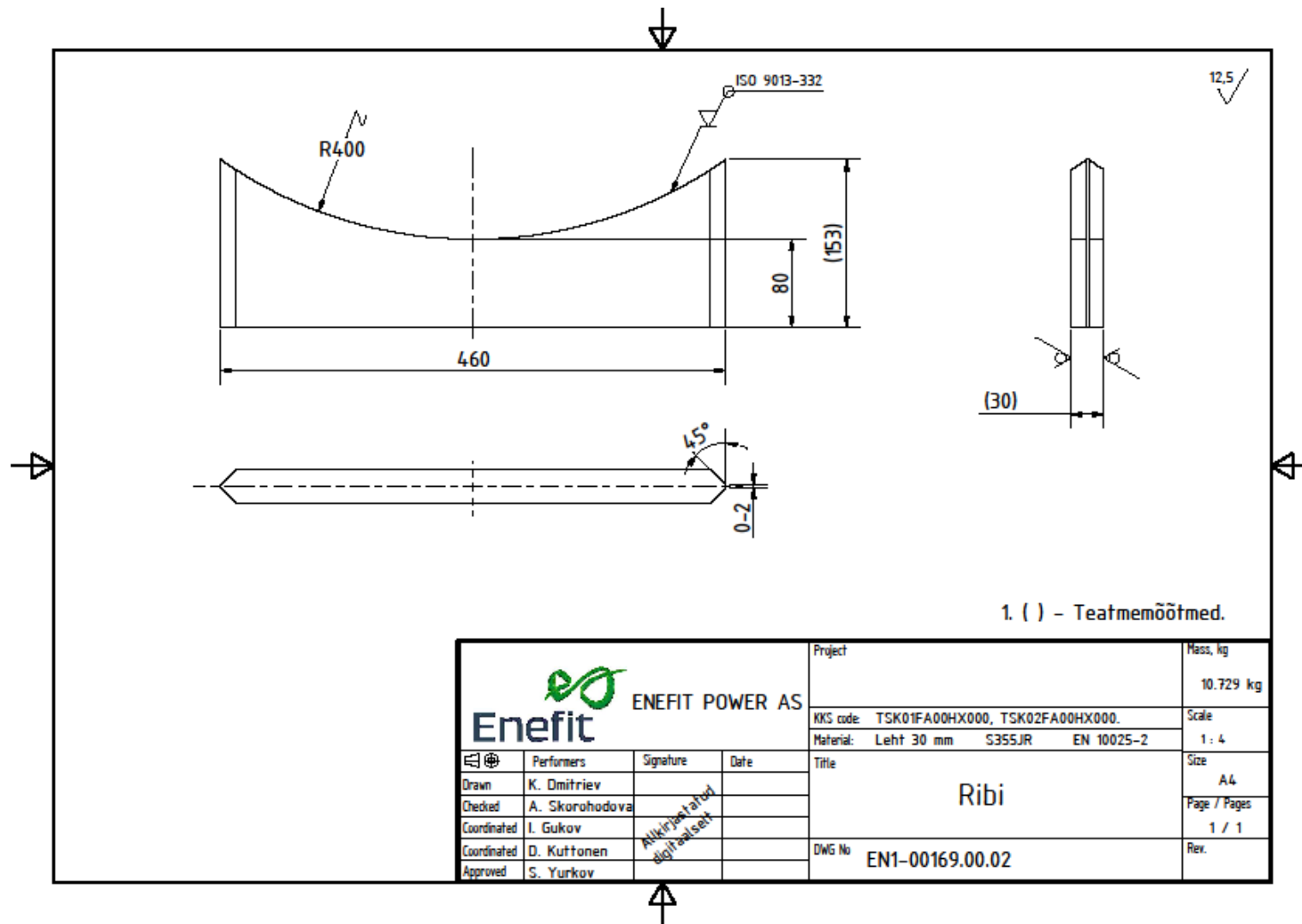
1. EN1-00169.00.00 Toe koostejoonis


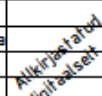


2. EN1-00169.00.01 Plaadi tööjoonis

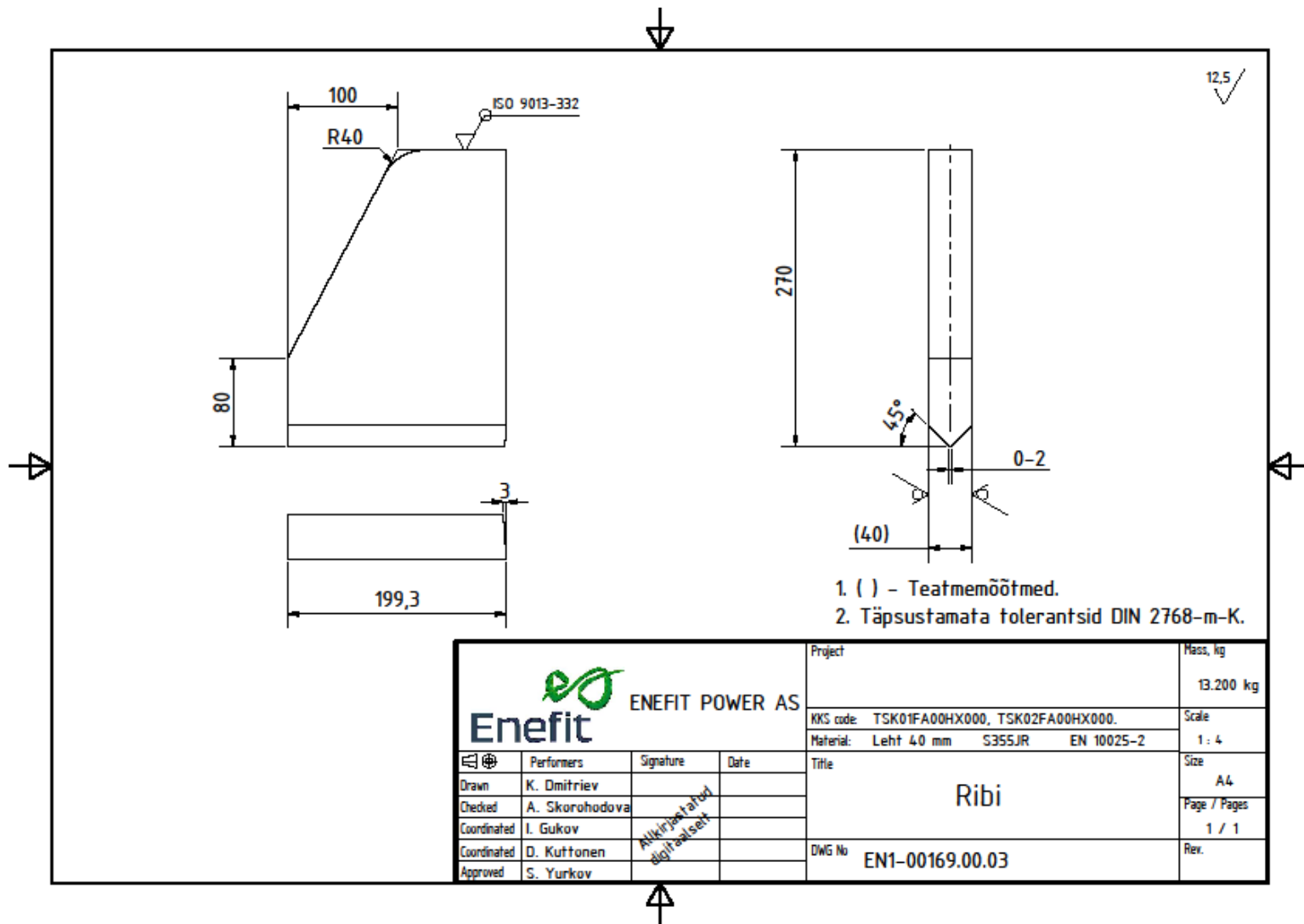


3. EN1-00169.00.02 Ribi tööjoonis

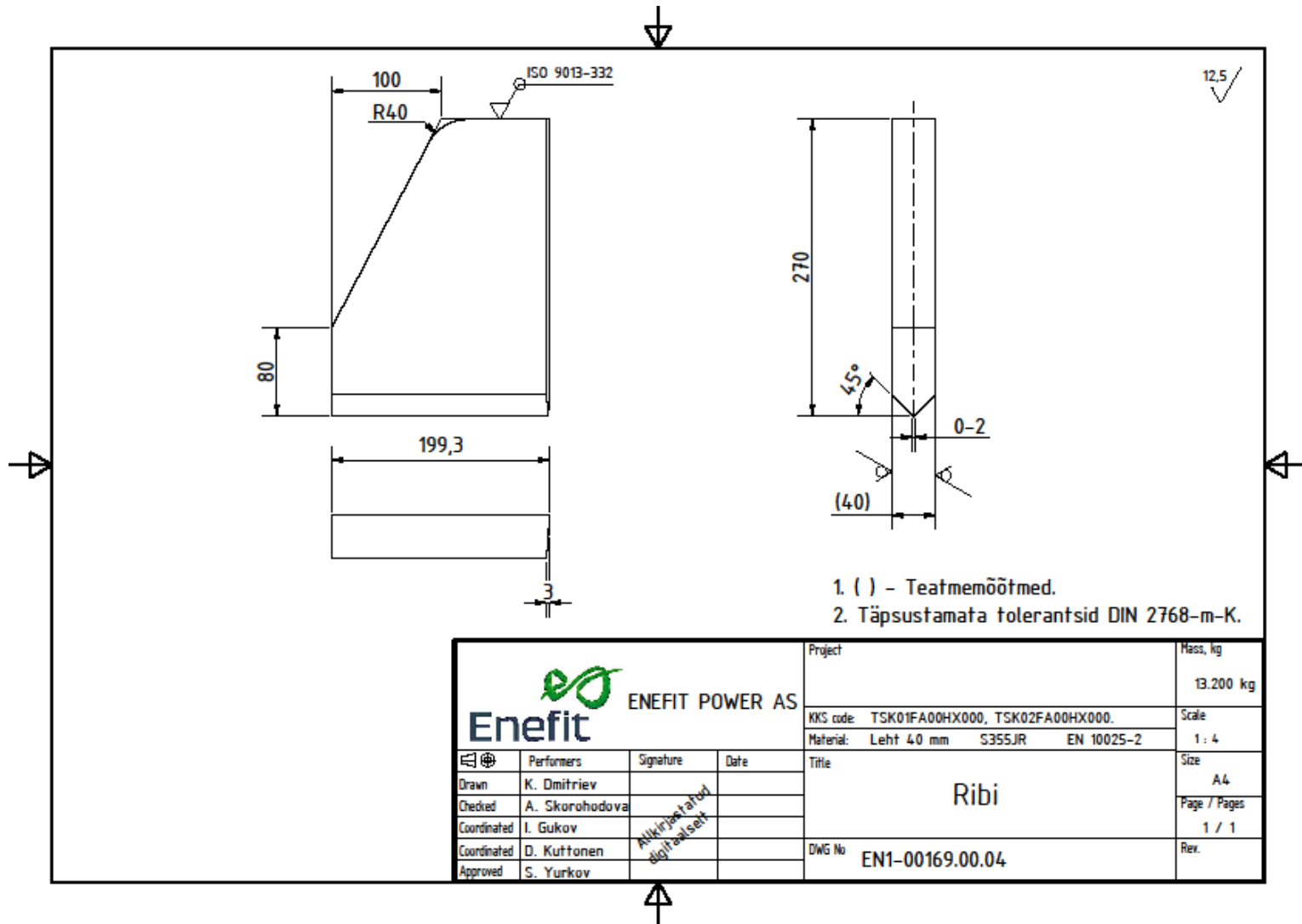


 Enefit ENEFIT POWER AS				Project	Mass, kg
				KKS code: TSK01FA00HX000, TSK02FA00HX000.	
				Material: Leht 30 mm S355JR EN 10025-2	Scale
				Title	1 : 4
					Ribi
Drawn	K. Dmitriev	Signature	Date	DWG No EN1-00169.00.02	A4
Checked	A. Skorohodova	 Allkirjaga rahuld digitaalselt			Page / Pages
Coordinated	I. Gukov				1 / 1
Coordinated	D. Kuffonen				Rev.
Approved	S. Yurkov				

4. EN1-00169.00.03 Ribi tööjoonis



5. EN1-00169.00.04 Ribi tööjoonis



6. EN1-00169.00.05 Ümara tööjoonis

