



TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOO

Artjom Lebedev

PLASTPUDELITE EELPRESSIMISE SÕLME PROJEKTEERIMINE

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond
Masinaehituse eriala

Tallinn 2013

SISUKORD

Sissejuhatus	4
1. Ülesanne ja konkurentsianalüüs.....	6
1.1. Lähteülesanne	6
1.2. Baasettevõtte tutvustus	6
1.3. Konkureerivad ettevõtted ja nende tegevusvaldkonnad	8
2. PET pudelite eelpressimise sõlm	9
2.1. Perforaatori seadme konstruktsioon ja tööpõhimõte	9
2.2. Eelpressimise seadme konstruktsioon ja tööpõhimõte	11
2.3. Konkurentsi analüüs	12
3. Arvutuslik osa	13
3.1. Algandmete arvutus perforaatori ajamite määramiseks	13
3.2. Algandmete arvutus eelpressimise seadme ajamite määramiseks	17
3.3. Plastpudeli pressimiseks vajaliku jõu määramine	18
3.4. Trumli võlli kontrollarvutus	19
3.5. Laagrite tööea arvutus	23
4. Majanduslik osa	25
4.1. Omahindade kalkulasioonid	25
5. Ekspluatatsiooni ja ohutustehnika nõuded.....	28
Kokkuvõte	29
Summary	30
Viidatud allikad	31
Lisad	33
Lisa 1. Eelpressimise sõlme joonis	34
Lisa 2. Perforaatori joonis	36
Lisa 3. Perforaatori trumli joonis	38
Lisa 4. Eelpressi joonis.....	40
Lisa 5. Eelpressi trumli joonis.....	42

SISSEJUHATUS

Plastmassi tootmine maailmas kasvab 5-6% aastas ja prognooside järgi 2015. aastaks ulatub see 297,5 miljoni tonnini [1]. Polümeersete materjalide tarbimise kasv tekitab kasutatud plastmasstoodetest mittelaguneva prügi kasvu, mis kokkuvõttes põhjustab õhu, pinnase ja põhjavee saastumise osalise lagunemisega ainetest.

Põhiliseks materjaliks plastjäätmete massis on polüetüleentereftalaat (PET), moodustades umbes 25% üldmassist. Antud materjali nii laialdane kasutamine iseloomustab selle omadusi kui sobivaid erinevate kilede ning joogi- ja toidupakendite valmistamiseks. Samuti mitte vähem tähtsaks polüetüleentereftalaat eripäraks on see, et sellel põhinev teisene materjal allub suhteliselt lihtsalt töötlemisele, mis võimaldab teistkordselt, keskkonnale erilise kahjuta, valmistada plasttaarat, tekstiilmaterjale ja muid plasttooteid.

Paljudes riikides komposteeritakse PET sarnaselt muude jäätmega. Arvestades aga seda, et plastiku lagunemiseks kuulub rohkem kui 80 aastat [2], kasvab hoogsalt selle ladustamiseks kasutatav maa-ala. Jäätmete põletamine ei nõua sellist territooriumi, kuid atmosfääri paiskuvad heited ja tuha matmine ei ole ökoloogilisest seisukohast vähem ohtlik.

Mehaanilise töötamise viis on palju ohutum ja otstarbekam PET-st sekundaartooraine tootmiseks. Antud protsessi aluseks on PET taara kogumine ja sorteerimine. Eesti Pandipakend OÜ-d loetakse üheks edukamaks ettevõtteks, mis tegeleb antud tüüpi tegevusega alates 2005. aastast.

Seoses tootmise kasvuga ja uue hoone ehitamisega oli ettevõtte Eesti Pandipakend OÜ 2012. aasta keskel kuulutanud välja tendri uue kaasaegse automaatse sorteerimisliini projekteerimiseks ja paigaldamiseks. Antud tendri võitis ettevõtte Techobalt Eesti OÜ ning selle baasil oli teostatud antud diplomitöö.

Lõputöö eesmärgiks on projekteerida plastpudelite (ehk PET pudelite) eelpressimise sõlm, mille peaeesmärgiks on suurendada pakkepressi saabuva materjali mahtu selle eelneva pressimise läbi. See protsess suurendab sorteerimisliini tootlikkust võimaldades saavutada suuremat majanduslikku kasu.

Antud projekti käigus vaadeldakse PET pudelite eelpressimise sõlmele esitatavaid nõudeid ja kriteeriume, mille alusel toimub antud sõlme projekteerimine. Vaadeldakse detailselt projekteeritava sõlme konstruktsiooni ning võrreldakse seda võimalike konkurentide toodetud seadmetega.

Antud töö lõppeesmärk on projekteerida plastpudelite eelpressimise sõlm, mille abil saavutatakse püstitatud eesmärged.

1. ÜLESANNE JA KONKURENTSIANALÜÜS

1.1. Lähteülesanne

Projekti loomine, olgu see konstrueerimis-, arendus-, uurimus- või mõningane muu projekt, algab sellele konkreetsete ülesannete ja nõuete püstitamisest. Mida rohkem ja detailsemalt on kirjeldatud antud ülesandeid, seda selgem on, mida oodatakse antud projektilt ja milliseid eesmäärke see peab saavutama.

Nagu eelnevalt mainitud, on antud projekti loomine seotud ettevõtte Eesti Pandipakend OÜ tellimusega plastpudelite eelpressimise sõlme projekteerimiseks ja tootmiseks. Peamine eesmärk, mida soovitakse saavutada: saada majanduslikku kasu ja suurendada sorteerimisliini tootlikkust pakkepressi saabuva materjali mahu suurendamisega selle eelneva pressimise läbi.

Ettevõtte Eesti Pandipakend OÜ poolt püstitatud põhilisteks nõueteks antud sõlmele olid:

- PET pudelite eelpressimise sõlme tootlikkus peab olema vähemalt 1,5 t/h;
- antud sõlme seadmed peavad augustama ning pressima sorteerimisliinile saabuaid plastpudeleid (pudelid litraažmahuga 0,5 l kuni 3 l);
- seaded, millest koosneb antud sõlm, peavad töötama autonoomselt, s.t. omama üksteisest sõltumatuid motoorseadeid;
- eelpressist välja juuva pudeli sobiva paksuse saavutamiseks peab trumlitevaheline kaugus olema minimaalselt 5 mm;
- peab olema võimalus reguleerida eelpressimise seadme trumlitevahelist kaugust.

PET pudelite eelpressimise sõlme projekteerimine ja loomine tuleneb ülalpool loetletud nõuetest. Käesoleva lõputöö järgnevates peatükkides kirjeldatakse antud etappe detailsemalt.

1.2. Baasettevõtte tutvustus

PET pudelite eelpressimise sõlme projekteerimine ja valmistamine toimub ettevõtte Technobalt Eesti OÜ baasil.

Technobalt Eesti OÜ kuulub Technobalt Grupi kontserni. See on Eesti kapitalil põhinev ettevõte, mis oma 18 aastase ajaloo jooksul on arenenud väikesest müügifirmast materjalide tehnoloogilise transpordi süsteeme valmistavaks ettevõtete grupiks.

Tänases Technobalt Eesti OÜ-s töötab 24 inimest. 2012. aasta käive ületas 8 miljonit eurot. Teenindusvõrk katab kõiki Baltikumi olulisemaid regioone.

Ettevõtte tegevus on jaotatud kaheks omavahel tihedalt seotud ärisuunaks:

- esimeses töötatakse välja, projekteeritakse ja juhitakse erinevate konveierite ning komplekssete puistematerjalide käitlemise süsteemide valmistamist;
- teine ärisuund on keskendunud valmisseadmete ja komponentide müügile ning hooldamisele. Müüdavate seadmete hulgas on erinevad sõelad ja purustid, standardsed laadimissüsteemid, valmiskonveierid ning kõik võimalikud konveierite ja transmissioonisüsteemide komponendid. Lisaks teostatakse tööstusseadmete paigaldust ja hooldust ning vajadusel remonti või kompleksset renoveerimist.

Technobalt Eesti Grupi ajalugu:

- 1994 asutati tööstusseadmeid müüv ettevõte Trellest;
- 1998 asutati esimene tütarettevõtte Riias;
- 2002 loodi projekti osakond ja hakati arendama tehnoloogilisi transpordisüsteeme;
- 2003 asutati teine tütarettevõtte Leedus, Klaipėdas ja müügiosakond Tartus;
- 2005 valmis uus kontori- ja laohoone Tallinna lähedal Mõigu tehnopargis;
- 2006 omandati täisosalus metallkonstruktsioone tootvas Türi ettevõttes Metre OÜ (asutatud 1951);
- 2009 omandati täisosalus lehtmetsa töötlevas ettevõttes Bestway OÜ (asutatud 1999);
- 2012 sertifitseeriti grupi ettevõtted vastavalt kvaliteedijuhtimise standardile ISO 9001:2008 ja keevitusstandardile 3834:2005.

Technobalt Eesti OÜ on alates oma ettevõtte asutamisest projekteerinud ja ehitanud hulga erinevaid konveiersüsteeme nii Eestis, kui ka muudes euroliidu riikides. Enim tuntud ja suurimateks siseturu klientideks on Viru Keemia Grupp, Horizon Tselluloosi ja Paberi AS, Filter AS, Ragn-Sells AS, Farm Plant Eesti AS, Sangla Turvas AS ja teised ettevõtted.

1.3. Konkureerivad ettevõtted ja nende tegevusvaldkonnad

Masinaehitus on üks juhtivamaid tööstusharusid Eestis. Kuid vaatamata sellele, ettevõtteid, mis tegelevad konveiersüsteemide projekteerimise ja tootmisega, on mitte rohkem kui 5. Aja jooksul on kujunenud, et iga ettevõtte tegutseb kindlal alal.

Ettevõtte Technobalt Eesti OÜ suurimateks konkurentideks kohalikul turul on: Hekotek AS (puidutöötlemise tehnoloogia seadmete projekteerimine ja valmistamine), Makron Estonia OÜ (keskmise keerukusega transportöörseadmete projekteerimine ja valmistamine), BAV Engineering OÜ (puidukütte soojusgeneraatorite, transportöörade projekteerimine ja valmistamine) ja Esfitech OÜ (spetsialiseerunud tehnoloogilisele projekteerimisele ja tänapäevaste komplekslahenduste pakkumisele mineraalse tooraine transportimise ja töötlemise vallas).

Ettevõtte Technobalt Eesti OÜ suurimaks eeliseks oma konkurentide ees on see, et antud ettevõtte projekteerib ja valmistab konveiersüsteeme erinevatesse valdkondadesse, olgu see mäetööstus, tootlustus, jäätmetööstus või mõningane muu valdkond.

Käesoleva projekti loomine on seotud plasttöötlemise valdkonnaga. Ettevõtte Technobalt Eesti OÜ jaoks on üheks tõsisemaks konkurendiks antud alal Rootsi ettevõtte Presona AB. Antud ettevõtte spetsialiseerub pakkepresside ning muude, jäätmete ümbertöötlemiseks vajalike seadmete projekteerimisele ja valmistamisele. Käesolevas töös projekteeritavate seadmete üksikasjalik võrdlus firma Presona AB toodetud sarnaste seadmetega on toodud peatükis 2.1.

2. PET PUDELITE EELPRESSIMISE SÕLM

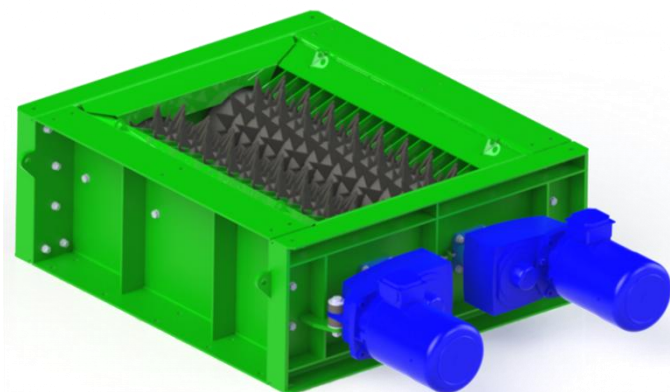
Tulenevalt tellija nõuetest ja soovidest koosneb antud töös projekteeritav plastpudelite eelpressimise sõlm kahest teineteisest sõltumatust, kuid teineteist täiendavast seadmest – pudelite perforaatorist ja eelpressimise seadmest (vt lisa 1), mis igaüks täidab kindlat funktsiooni. Antud seadmed paigaldatakse kettkonveieri külgseintele.

Järgnevalt vaadeldakse detailselt antud seadmete konstruktsiooni ja tööpõhimõtet. Samuti toimub võrdlus võimalike konkurentide toodetud seadmetega.

2.1. Perforaatori seadme konstruktsioon ja tööpõhimõte

Perforaatori seadme põhifunktsiooniks on teha pudelitesse auke, et lasta nendest välja õhk ning vedeliku jäägid. Seda on vaja selleks, et pudelite pressimisele kuluks vähem jõudu ning samuti lõpptoote (pressitud pakendi) kvaliteedi tõstmiseks pudelites oleva veejäägi puudumise arvelt.

Perforaatori seadme (vt sele 1) tööpõhimõte seisneb järgmises: plastpudel, sattudes antud seadmesse, haaratakse ning augustatakse trumlite külge keevitatud hammasplaatide abil. Selleks, et antud protsess toimuks õigesti, trumlite vaheline kaugus ei muutu ning on võrdne 110 mm. Antud kaugus määratakse tulenevalt trumlite hammaste kõrgusest, mis on 90 mm (vt lisa 3). Hammaste mõõdud on kindlaks määratud lähtuvalt perforaatorisse saabuvate pudelite mõõtmetest.

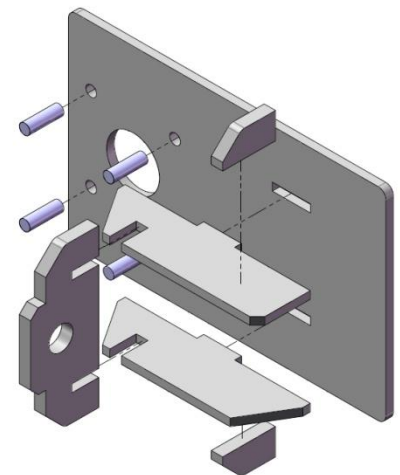


Sele 1. Perforaatori seade

Perforaatori trumlid pöörlevad mootorreduktorite abil ning üksteisele vastupidises suunas. Laagrite kaitseks mehhaanilise mõju ja mustuse eest kasutatakse firma SNR otskaantega üherealisi radiaalkuullaagreid.

Kuna projekteeritava sõlme töökeskkond ei ole korrosioon-aktiivne, siis kõige sobivamaks materjaliks perforaatori seadme detailide valmistamiseks on konstruktsiooniteras S235JR. Sellised detailid nagu trumlid ja võllid, millistele esitatakse kõrgendatud nõudmisi seoses suurema tugevuse ja kulumiskindlusega, valmistatakse tugevamast konstruktsiooniterasest S355J2. Perforaatori seadme hammasplaadid on valmistatud kulumiskindlast terasest Hardox 400.

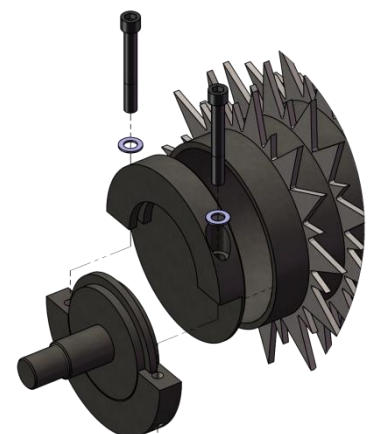
Perforaatori seadme gabariitmõõtmed olid valitud arvestades seadme paigaldust kettkonveieri seintele nende piirimõõtmetest väljumata. Projekteeritava perforaatori kõik seinad ühendatakse poltliidete abil. Keevitusprotsessi lihtsustamiseks ja kiirendamiseks kasutatakse külgseinte konstruktsioonides tappliidete süsteemi, mis võimaldab kiiresti paigaldada tappide abil keevitavad detailid vajalikele kohtadele (vt sele 2). Perforaatori seadme tõstmiseks ja transportimiseks on projekteeritud tõsteaasad. Perforaatori seintele kinnitatakse seespoolt poltliidete abil materjali suunav konstruktsioon, mis samaaegselt on trumlite hammaste külge jäänud pudelite eemaldajaks (vt lisa 2).



Sele 2. Tappliidete süsteem

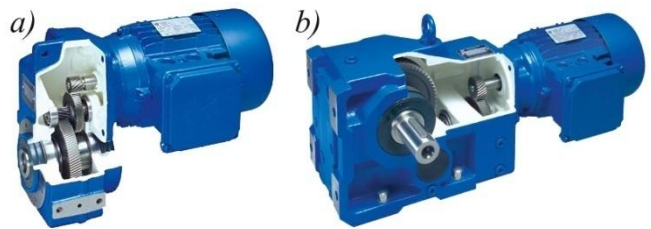
Rootsi ettevõtte Presona AB poolt valmistatava perforaatori seadme tööpõhimõte on sama ning samuti on sarnane ka selle konstruktsioon. Kuid käesolevas töös projekteeritava perforaatori seadme põhilisteks erinevusteks on teistsugune trumlite konstruktsioon ja kasutatavate mootorreduktorite tüüp.

Firma Presona AB trumli konstruktsioon koosneb toru külge keevitatud U-kujulisest treitidest ning freesitud detailist. Analoogete kujuga detail keevitatakse eeltöödeldatud lühikese võlli külge. Võll ja trummel ühendatakse omavahel poltliidete abil (vt sele 3). Antud konstruktsioon teeb trumlite valmistamise tunduvalt keerulisemaks ja kallimaks. Käesolevas töös projekteeritava perforaatori seadme trumlite konstruktsioon koosneb lihtsamatest detailidest (vt lisa 3), mille valmistamiseks ei ole vaja treimise ja freesimise operatsioone (v.a. võllid), mis tunduvalt vähendab nende valmistamise hinda.



Sele 3. Presona AB trumli ots

Teiseks põhiliseks erinevuseks projekteeritava ja ettevõtte Presona AB perforaatori vahel on see, et Rootsi firma seadmes kasutatakse koonilist tüüpi mootorreduktooreid. Nende hind on tunduvalt kõrgem, kui paralleelsete võllidega silindrilise hammasülekandega mootorreduktoritel, milliseid on kasutusele võetud käesolevas töös projekteeritavas perforaatori seadmes (vt sele 4). Samuti on praktika näidanud, et ka nende tööiga on pikem.



Sele 4. Mootorreduktorite tüübid:

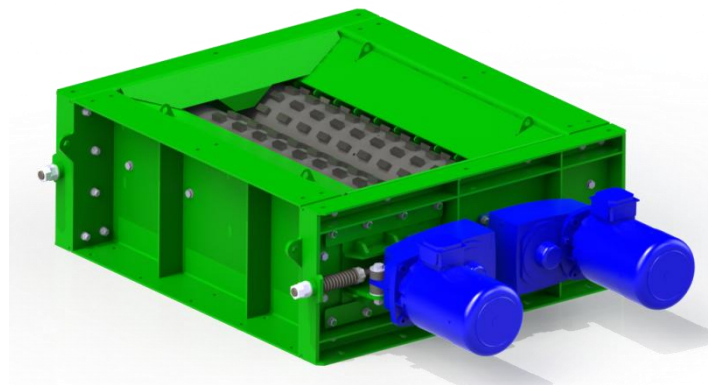
a) silindrilise-, b) koonilise hammasülekandega

Kõik eelnevalt nimetatud projekteeritava perforaatori seadme konstruktsiooni iseärasused peavad positiivselt mõjutama selle omahinda.

2.2. Eelpressimise seadme konstruktsioon ja tööpõhimõte

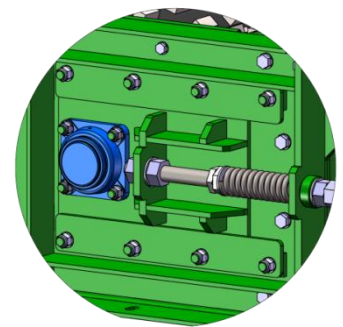
Eelpressi funktsioon on pressida plastpudeleid lapikuks, et suurendada peapressi saabuva materjali kogust.

Eelpressimise seadme tööpõhimõte ja konstruktsioon (vt sele 5) on sarnased perforaatori omadega. Kuid antud seadme trumlite konstruktsioonis kasutatakse hammasplaatide asemel väiksemaid ristkülikukujulisi hambaid (vt lisa 5). Hambad on valmistatud kulumiskindlast terasest Hardox 400 ning nende mõõtmed on 50x25x20 mm. Antud mõõtmed on valitud vastavalt tellija poolt määratud nõuetele seadme väljuva pudeli suuruse kohta.



Sele 5. Eelpressimise seade

Teiseks erinevuseks võrreldes perforaatori seadmega on see, et antud seadmes üks trumlitest on paigaldatud laagritesse, mis omakorda on kinnitatud spetsiaalsete mööda juhtplaate libisevate plaatide külge. Antud plaadid püsivad paigal vedrude abil, mis on surutud kokku spetsiaalsete poltide abil (vt sele 6). See konstruktsioon võimaldab reguleerida trumlite vahelist kaugust, mis omakorda võimaldab seadistada pudeli pressimise suurust. Samuti kaitsevad vedrud eelpressi võõrkehade sattumisel



Sele 6. Trumli reguleerimine

seadmesse. Koormuse kasvades vedrud tõmbuvad kokku, trumlite vaheline distantis suureneb ning võõrkeha kukkub seadmest välja. Järgnevalt liiguvad plaadid vedrude toimetel algasendisse. Minimaalne trumlitevaheline kaugus on pandud paika tellija poolt, tulenevalt väljuva toote nõudest, mis on võrdne 5 mm, maksimaalne aga 35 mm.

Eelpressimise seadme konstruktsioon, samuti nagu kasutatavad ostukomponendid, on sarnased projekteeritava perforaatori seadme omaga.

Käesoleva töö teostamise hetkel, ei olnud autori poolt leitud mitte mingisugust materjali olemasolevate analoogsete funktsioonidega ning sarnaste konstruktsioonidega seadmete kohta. See võimaldab järeldada, et antud turuosa on vaba või vähemalt ei ole laialdaselt arenenud.

2.3. Konkurentsi analüüs

Projekteeritavate toodete konkurentsivõime analüüsiks oli uuritud analoogsete seadmete olemasolu Euroopa turul. Otsingu kriteeriumiteks olid: projekteeritavate seadmete analoogsed funktsioonid, tootlikkus, mootorite võimsused, gabariitmõõtmed ja hind.

Antud uuringu käigus oli leitud mitmeid ettevõtteid, mis tegelevad perforaatori seadmete projekteerimisega ja valmistamisega. Ühed suurematest ja kuulsamatest plasttöötlemise valdkonnas on Rootsi ettevõtte Presona AB ja Saksamaa ettevõtte HSM. Nende firmade toodetud perforaatorite tehnilised ning majanduslikud näitajad on toodud Tabelis 1 [3], [4].

Tabel 1

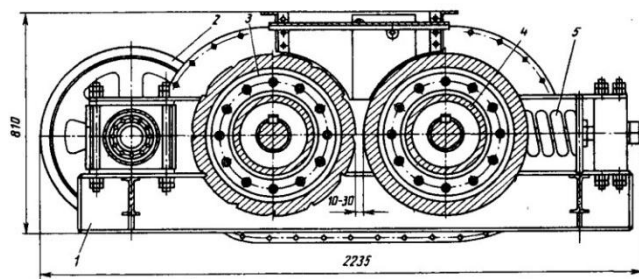
Konkurentide perforaatorite seadmete näitajad

	Presona Perforator (Rootsi)	HSM PF 1200-4 (Saksamaa)
Tootlikkus, t/h	3	4
Mootorite võimsused, kW	2 x 3	2 x 4
Gabariitmõõtmed, mm	1780 x 1320 x 550	1560 x 1200 x 500
Hind, €	25000	21000

Tabelis 1 toodud andmete põhjal toimub peatükis 4.1 projekteeritava seadme realiseerimishinna võrdlus.

3. ARVUTUSLIK OSA

Antud lõputöös projekteeritavate seadmete konstruktsioon ja tööpõhimõte on sarnased valtspurusti omadega (vt sele 7), milliseid kasutatakse tööstusvaldkondades erinevate materjalide peenestamiseks ja purustamiseks. Seoses antud sarnasusega olid konstruktiivsete arvutuste aluseks võetud eelnimetatud valtspurusti arvutused.



Sele 7. Valtspurusti

Antud osa järgmistes punktides vaadeldakse ning tehakse konstruktiivseid arvutusi, mille alusel teostatakse ostukomponentide valik ja seadme projekteerimine.

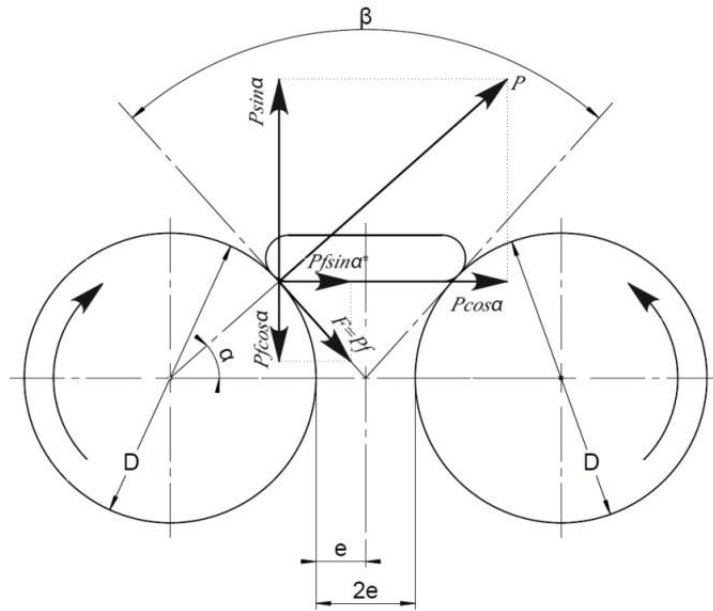
3.1. Algandmete arvutus perforaatori ajamite määramiseks

Kasutatavate mootorreduktorite nominaalvõimsuse määramiseks on vaja leida perforaatori seadme tootlikkus Q [t/h], mis leitakse järgmise valemiga [5:736]:

$$Q = \pi D n L_t 2e \rho \varepsilon, \quad (1)$$

- kus D – trumli läbimõõt, m;
 n – trumli pöörlemissagedus, p/min;
 L_t – trumli töötava osa pikkus, m;
 $2e$ – kaugus trumlite vahel, m. $2e = 0,11$ m (vt punkt 2.1);
 ρ – töödeldava materjali tihedus, t/m³;
 ε – töödeldava materjali purustamise tegur, plastsete materjalide puhul $\varepsilon = 0,4 \dots 0,6$ [6:8].

Trumlite läbimõõtude ja nendevahelise kauguse suuruse muutumisel muutub materjali haardenurk. Haardenurgaks β [°] nimetatakse nurka, mis on kujunenud kahe puutuja vahel, mis läbivad materjali ja trumlite puutepunkte. Joonisel sele 8 on toodud antud nurga tekke skeem, samuti materjalile mõjuvad jõud (lugemise lihtsustamiseks on skeemil näidatud ainult jõud, mis mõjuvad töödeldavale materjalile ühe vasaku trumli poolt).



Sele 8. Haardenurga skeem

Materjali tükile, mis asetseb trumlite vahel, mõjub trumli survejõud P [N]. Jõud P tekitab hõõrdejõu F [N]:

$$F = Pf, \quad (2)$$

kus f – hõõrdetegur trumli ja töödeldava materjali vahel.

Materjali haaramiseks trumlite vahele on vajalik, et haardejõud $2Pf \cos \alpha$ mõlema trumli pöörlemisel oleks suurem kui tõukejõud, s.t. peab olema täidetud tingimus:

$$2Pf \cos \alpha \geq 2P \sin \alpha \quad | \div 2P \cos \alpha$$

$$f \geq \tan \alpha \quad (3)$$

Asendades väärtuse $f = \tan \varphi$, kus φ – hõõrdenurk $[\circ]$, saadakse:

$$\tan \alpha \leq \tan \varphi$$

$$\alpha \leq \varphi \quad (4)$$

Polüetüleeni hõõrdetegur f vastu terast on 0,2 [7], siis:

$$\tan \varphi = 0,2$$

$$\varphi = \alpha = 11^\circ 18' \quad (5)$$

Kogu haardenurk β [°] võrdub:

$$\begin{aligned}\beta &= 2\alpha \\ \beta &= 2 \cdot 11^\circ 18' \approx 22^\circ\end{aligned}\tag{6}$$

Kasutatavate trumlite läbimõõtude nominaalsuurused D [m] [4:8]:

$$\frac{d \cdot \cos \alpha - 2e}{1 - \cos \alpha} = D,\tag{7}$$

kus d – töödeldava materjali tüki maksimaalne läbimõõt, m. $d = d_1$.

Sooritanud plastpudelite mõõtmise, samuti tuginedes tellija andmetele, selgus, et töödeldava pudeli võimalik maksimaalne läbimõõt $d_1 = 118 \text{ mm} = 0,118 \text{ m}$.

Asendades ülalpool leitud, samuti punktis 2.1 mainitud andmed valemisse (7) järeldub, et projekteeritavate trumlite nominaalsed läbimõõdud D [m] on:

$$\frac{0,118 \cdot \cos 11^\circ 18' - 0,11}{1 - \cos 11^\circ 18'} = 0,294 \text{ m} = 294 \text{ mm}\tag{8}$$

Kuna trumli konstruktsioon koosneb torust, siis projekteeritavate trumlite lõplikud suurused olid valitud tulenevalt firma Uweko AS pakutavast tootest. Kõige lähemal valemis (8) leitud väärtusele on õmbluseta toru läbimõõduga $D = 298,5 \text{ mm} = 0,2985 \text{ m}$ [8].

Trumlite pöörlemissagedus n [p/min] leitakse järgmise valemiga [4:8]:

$$n = 616 \sqrt{\frac{f}{\rho d D}},\tag{9}$$

kus ρ – töödeldava materjali tihedus, kg/m^3 .

Kuna PET materjali tihedus $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$ [9], siis perforaatori seadme trumlite pöörlemissagedus n_p [p/min] võrdub:

$$n_p = 616 \sqrt{\frac{0,2}{1400 \cdot 0,118 \cdot 0,2985}} = 39 \text{ p/min} = 0,65 \text{ p/s}\tag{10}$$

Trumli töötava osa pikkus L_t [m] leitaks valemiga [4:8]:

$$L_t = 0,9L, \quad (11)$$

kus L – trumli toru pikkus, m. $L = 1200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$.

$$L_t = 0,9 \cdot 1,2 = 1,08 \text{ m} \quad (12)$$

Asendades kõiki leitud väärtusi valemisse (1), jõeldub, et perforaatori seadme teoreetiline tootlikkus Q_p [t/h] jõrdub:

$$Q_p = \pi \cdot 0,2985 \cdot 39 \cdot 1,08 \cdot 0,11 \cdot 1,4 \cdot 0,5 = 3 \text{ t/h} \quad (13)$$

Perforaatori seadme mootori jõimsus P_p [kW] leitakse jõrgmise valemi jõrgi [10:131]:

$$P = 0,35\sigma_s n L_t D, \quad (14)$$

kus $0,35$ – perforaatori seadme mehaaniline üldkasutegur;

n – trumlite pöörlemissagedus, p/s;

σ_s – töödeldava materjali survetugevus, MPa. $\sigma_s[\text{PET}] = 80 \text{ MPa}$ [9].

$$P_p = 0,35 \cdot 80 \cdot 0,65 \cdot 1,08 \cdot 0,2985 = 6 \text{ kW} \quad (15)$$

Kuna projekteeritavas perforaatori seadmes kasutatakse iga trumli jaoks oma mootorreduktorit, jõeldub, et ühe mootorreduktori teoreetiline jõimsus peab jõrduma:

$$P_{1,2} = 6 \div 2 = 3 \text{ kW} \quad (16)$$

Teoreetiliste arvutuste käigus saadud andmetest jõeldub, et perforaatori seadmes peab kasutama kahte mootorreduktorit. Iga mootorreduktor jõimsusega 3 kW ja pöörlemissagedusega 39 p/min.

Firma Nord Drivesystems kataloogi jõrgi olid valitud mootorreduktorid jõrgmiste näitajatega: Nord SK 4282-100LA/4, 39 p/min, 3 kW, max. väändemoment reduktori jõllil $M_{r2} = 735 \text{ Nm}$ [11:205].

Antud mootorseadmete tootja valik on põhjendatud sellega, et Technobalt Eesti OÜ on firma Nord Drivesystems ametlik esindaja Balti riikides.

3.2. Algandmete arvutus eelpressimise seadme ajamite määramiseks

Lõputöös projekteeritavate perforaatori ja eelpressimise seadmete konstruktsioonid on sarnased. Seetõttu kasutatakse eelpressimise seadmes, tootmise lihtsustamiseks, sama läbimõõduga trumleid nagu perforaatori seadmes $D = 298,5 \text{ mm} = 0,2985 \text{ m}$.

Kuna perforaatori seadmest väljuva materjali tüki maksimaalne läbimõõt võrdub $d_2 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$, siis asendades selle väärtuse valemisse (9) leitakse eelpressimise seadme trumlite pöörlemissagedus n_e [p/min]:

$$n_e = 616 \sqrt{\frac{0,2}{1400 \cdot 0,1 \cdot 0,2985}} = 42 \text{ p/min} \quad (17)$$

Materjali ummistuste vältimiseks seadmete vahel, peab eelpressimise seadme trumlite pöörlemissagedus, perforaatori seadmega võrreldes, olema suurem. Samas pöörlemissageduse tõstmine tagab seadme tootlikkuse suurenemise. Seega on eelpressimise seadme trumlite pöörlemissageduseks võetud $n_e = 95 \text{ p/min} = 1,58 \text{ p/s}$.

Teades, et trumlite vaheline maksimaalne kaugus on $2e = 35 \text{ mm} = 0,035 \text{ m}$ (min. kaugus + max. nihkumine) ning asendades kõiki leitud väärtusi valemisse (1), leitakse eelpressimise seadme teoreetiline tootlikkus Q_e [t/h]:

$$Q_e = \pi \cdot 0,2985 \cdot 95 \cdot 1,08 \cdot 0,035 \cdot 1,4 \cdot 0,5 = 2,4 \text{ t/h} \quad (18)$$

Kasutades valemit (14) leitakse eelpressimise seadme mootori võimsus P_e [kW]:

$$P_e = 0,35 \cdot 80 \cdot 1,58 \cdot 1,08 \cdot 0,2985 = 14 \text{ kW} \quad (19)$$

Ühe mootorreduktiori teoreetiline võimsus $N_{3,4}$ [kW] peab võrduma:

$$P_{3,4} = 14 \div 2 = 7 \text{ kW} \quad (20)$$

Teoreetiliste arvutuste käigus saadud andmetest järeldub, et eelpressimise seadmes peab kasutama kahte mootorreduktorit, kumbki võimsusega 7 kW ja pöörlemissagedusega 95 p/min.

Firma Nord Drivesystems kataloogi järgi olid valitud mootorreduktorid järgmiste näitajatega: Nord SK 4282-132M/4, 95 p/min, 7,5 kW, max. väändemoment reduktori võllil $M_{r2} = 754 \text{ Nm}$ [11:211].

3.3. Plastpudeli pressimiseks vajaliku jõu määramine

Projekteeritava eelpressimise seadme peatülesandeks on pressida plastpudeleid lapikuks. Nagu juba mainitud punktis 2.2 on antud seadme iseärasuseks, erinevalt perforaatori seadmest, trumlite vahelise kauguse reguleerimise võimalus. Samuti, suurte koormuste tekkimise korral, on ühel trumlitest võimalik nihkuda (suureneb trumlite vaheline kaugus) ning hiljem naasta algasendisse. Toodud eelised on võimalikud survevedrude kasutamise tõttu. Samuti sõltub nendest vedrudest jõu suurus, millisega nihkumise võimet omav trummel pressib plastpudeleid.

Vajaliku pressimisjõu suuruse määramiseks, samuti õigete survevedrude valikuks oli teostatud katse 30 tonnise hüdraulilisel pressil (vt sele 9). Antud katse käigus olid pressitud pudelid litraažiga 0,5 l kuni 3 l. Keskmine rõhu suuruse näitaja oli $p = 35000 \text{ N/m}^2$. Teades, et jõudu ülekandva plaadi mõõtmed on $a = 300 \text{ mm}$ ja $b = 80 \text{ mm}$, leitakse selle pindala:



Sele 9. Katse pressimise stendil

$$S = a \cdot b = 300 \cdot 80 = 24000 \text{ mm}^2 = 0,024 \text{ m}^2 \quad (21)$$

Siis pressimisel pudelile mõjuv jõud F_1 [N] võrdub:

$$F_1 = p \cdot S = 35000 \cdot 0,024 = 840 \text{ N} \quad (22)$$

Lähtudes plastpudelite keskmistest mõõtmetest ja projekteeritava seadme pressimisava pikkusest, samuti käesoleva lõputöö autori isiklikest vaatlustest materjali laadimise kohtadest plasttaara sorteerimisliinidel, oli määratud, et maksimaalne pudelite arv, mis võib üheaegselt mahtuda pressimisavasse, on $n_{tk} = 7$ tk. Seega kogu teoreetiline pressimise jõud F_{kt} [N] võrdub:

$$F_{kt} = F_1 \cdot n_{tk} = 840 \cdot 7 = 5880 \text{ N} \quad (23)$$

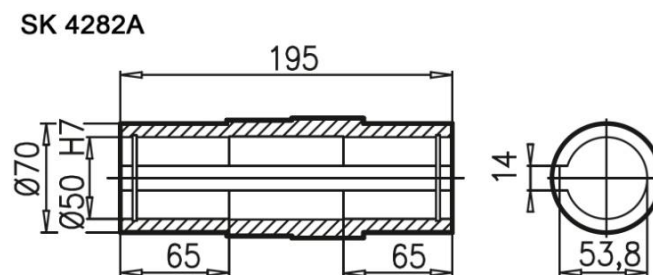
Pudelite pressimise jõu ühtlaseks jaotuseks eelpressimise seadmes kasutatakse kahte ühesugust vedru. Lähtudes pressimise jõu vajalikust suurusest, leitud valemiga (23), Alas-Kuul kataloogi järgi,

olid välja valitud vedrud ST-TF Cat. no. 2161 maksimaalse vedrujõuga $F_v = 3070 \text{ N}$ igaüks [12:17].

3.4. Trumli võlli kontrollarvutus

Lõputöös projekteeritavate perforaatori ja eelpressimise seadmete trumlite võllide konstruktsioonid on sarnased. Seetõttu oli võlli kontrollarvutuse jaoks paindele ja väändeale valitud eelpressimise seadme liikuva trumli võll, millele mõjuvad maksimaalsed koormused.

Trumli võlli läbimõõt on sõltuv valitud mootorreduktiori parameetritest. Antud juhul on mootorreduktiorks valitud Nord SK 4282-132M/4, 95 p/min, 7,5 kW, maksimaalne pöördemoment $M_2 = 754 \text{ Nm}$, mass $Q = 110 \text{ kg}$ [11:211]. Võlli mõõtmed määratakse lähtuvalt tootjapoolsetest nõuetest.



Sele 10. Ajami õõnesvõlli mõõtmed [11:267]

Nagu joonisel sele 10 on näha, siis ajami õõnesvõlli läbimõõt peab olema $\varnothing 50 \text{ h}7 \left(\frac{0}{-0,025} \right)$ [13:115].

Telje nihkumise piiramiseks ja suurema tugevuse kindlustamiseks on võlli keskmine osa projekteeritud suurema läbimõõduga $\varnothing 60 \text{ h}10 \left(\frac{0}{-0,120} \right)$ [13:116].

Võllile mõjuv koormus, ei ole jaotatud võrdselt kogu pikkusele, vaid koondatud rohkem trumli keskmise ketta asukohta ning piiratud selle tööpikkusega $L_t = 1100 \text{ mm}$ (vt sele 11). Maksimaalne koormus võllile $F_k \text{ [N]}$ lõigul A-A on võrdne survevedrude tekitatud maksimaalse jõuga, ning võrdub:

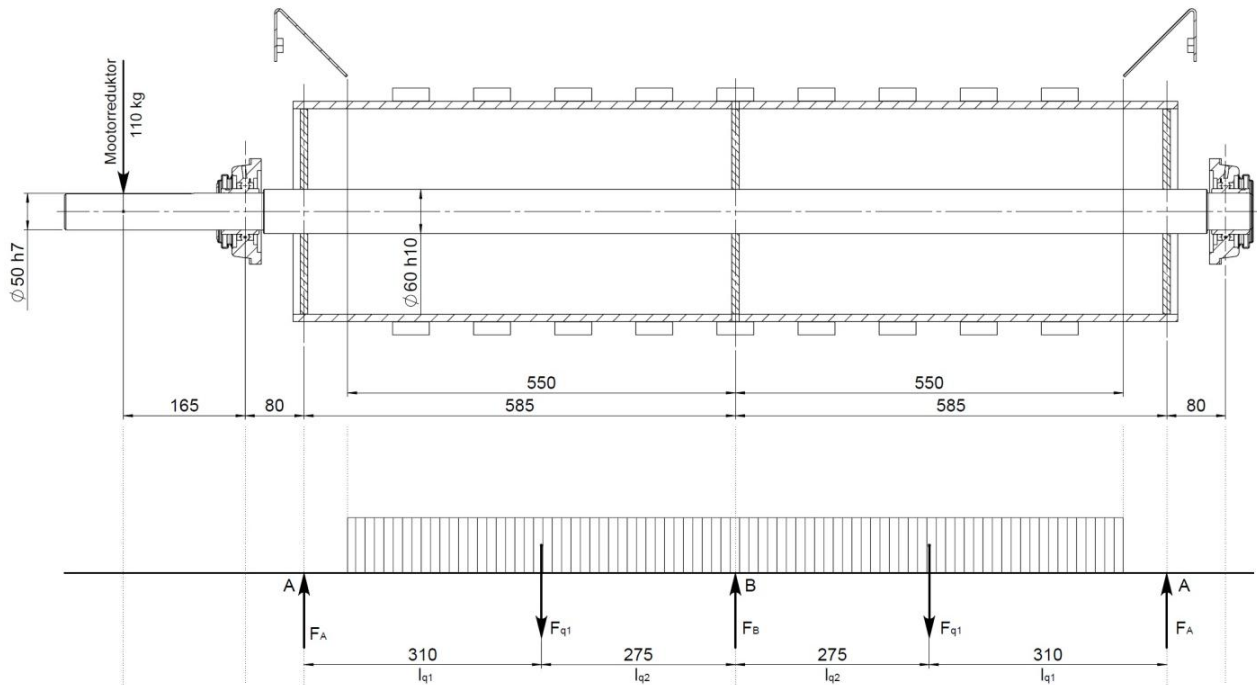
$$F_k = F_v \cdot n_v = 3070 \cdot 2 = 6140 \text{ N}, \quad (24)$$

kus n_v – kasutatavate vedrude arv, tk.

Siis jaotatud koormus F_{q1} [N] lõigul A-B võrdub:

$$F_{q1} = \frac{F_k}{3} \cdot 2 = \frac{6140}{3} \cdot 2 = 4093 \text{ N}, \quad (25)$$

kus 2, 3 – mõjuvate ketaste arv antud lõigul, tk.



Sele 11. Trumli joonis

Punktis B tekiva sisejõu suurus F_B [N] võrdub:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ F_B &= \frac{F_{q1} \cdot l_{q1}}{(l_{q1} + l_{q2})} = \frac{4093 \cdot 0,31}{(0,31 + 0,275)} = 2169 \text{ N} \end{aligned} \quad (26)$$

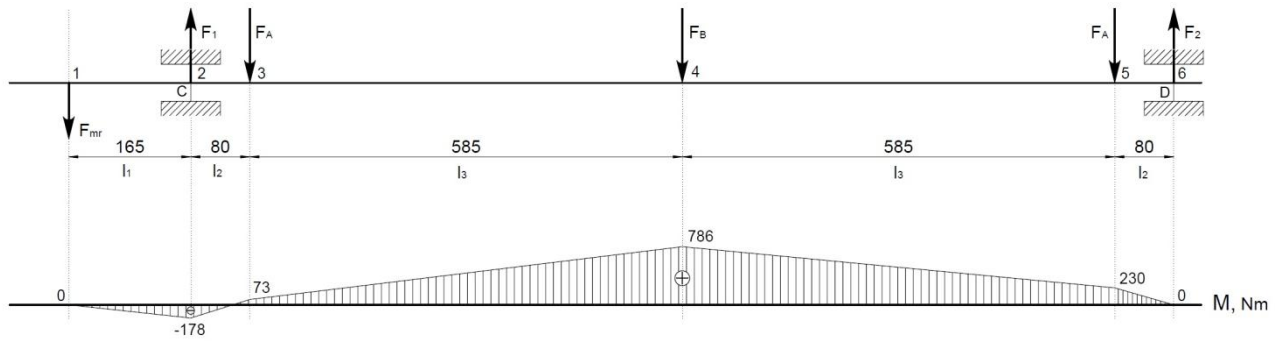
Punktis A tekkiva sisejõu suurus F_A [N] võrdub:

$$\begin{aligned} \Sigma M_B &= 0 \\ F_A &= \frac{F_{q1} \cdot l_{q2}}{(l_{q1} + l_{q2})} = \frac{4093 \cdot 0,275}{(0,31 + 0,275)} = 1924 \text{ N} \end{aligned} \quad (27)$$

Kontroll:

$$\begin{aligned} F_A - F_{q1} + F_B &= 0 \\ 1924 - 4093 + 2169 &= 0 \end{aligned} \quad (28)$$

Arvutuste mugavdamiseks on kõik pikkused väljendatud meetrites.



Sele 12. Võllile mõjuvate jõudude skeem

Skeemi sele 12 järgi määratakse laagrite toereaktsioonid ning paindemomendid igas lõikes eraldi. Arvesse võetakse ka mootorreduktorist tekkiva raskusjõu F_{mr} [N] suurst:

$$F_{mr} = Q \cdot 9,81 = 110 \cdot 9,81 = 1079 \text{ N}, \quad (29)$$

kus Q – mootorreduktori mass, kg. $Q = 110 \text{ kg}$ [11:211];
 $9,81$ – raskuskiirendus, m/s^2 .

Punktis D tekiva toereaktsiooni suurus F_2 [N] võrdub:

$$\begin{aligned} \Sigma M_C &= 0 \quad (30) \\ -F_{mr} \cdot l_1 + F_A \cdot l_2 + F_B \cdot (l_2 + l_3) + F_A \cdot (l_2 + l_3 + l_3) - F_2 \cdot (l_2 + l_3 + l_3 + l_2) &= 0 \\ F_2 &= \frac{-F_{mr} \cdot l_1 + F_A \cdot l_2 + F_B \cdot (l_2 + l_3) + F_A \cdot (l_2 + l_3 + l_3)}{(l_2 + l_3 + l_3 + l_2)} \\ F_2 &= \frac{-1079 \cdot 0,165 + 1924 \cdot 0,08 + 2169 \cdot 0,665 + 1924 \cdot 1,25}{1,33} \\ F_2 &= 2874,64 \text{ N} \end{aligned}$$

Punktis C tekiva toereaktsiooni suurus F_1 [N] võrdub:

$$\begin{aligned} \Sigma M_D &= 0 \quad (31) \\ -F_{mr} \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_3 + l_2) + F_1 \cdot (l_2 + l_3 + l_3 + l_2) - F_A \cdot (l_3 + l_3 + l_2) - F_B \cdot \\ &\quad \cdot (l_3 + l_2) - F_A \cdot l_2 = 0 \\ F_1 &= \frac{-F_{mr} \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_3 + l_2) - F_A \cdot (l_3 + l_3 + l_2) - F_B \cdot (l_3 + l_2) - F_A \cdot l_2}{-(l_2 + l_3 + l_3 + l_2)} \\ F_1 &= \frac{-1079 \cdot 1,495 - 1924 \cdot 1,25 - 2169 \cdot 0,665 - 1924 \cdot 0,08}{-1,33} \\ F_1 &= 4221,36 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontroll:

$$\begin{aligned} -F_{mr} + F_1 - F_A - F_B - F_A + F_2 &= 0 \\ -1079 + 4221,36 - 1924 - 2169 - 1924 + 2874,64 &= 0 \end{aligned} \quad (32)$$

Paindemomendid igas lõikes eraldi:

$$M_1 = 0 \text{ Nm} \quad (33)$$

$$M_2 = -F_{mr} \cdot l_1 = -1079 \cdot 0,165 = -178 \text{ Nm} \quad (34)$$

$$M_3 = -F_{mr} \cdot (l_1 + l_2) + F_1 \cdot l_2 = -1079 \cdot 0,245 + 4221,36 \cdot 0,08 = 73 \text{ Nm} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} M_4 &= -F_{mr} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + F_1 \cdot (l_2 + l_3) - F_A \cdot l_3 = \\ &= -1079 \cdot 0,83 + 4221,36 \cdot 0,665 - 1924 \cdot 0,585 = 786 \text{ Nm} \end{aligned} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} M_5 &= -F_{mr} \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_3) + F_1 \cdot (l_2 + l_3 + l_3) - F_A \cdot (l_3 + l_3) - F_B \cdot l_3 = \\ &= -1079 \cdot 1,42 + 4221,36 \cdot 1,25 - 1924 \cdot 1,17 - 2169 \cdot 0,585 = 230 \text{ Nm} \end{aligned} \quad (37)$$

Kontroll:

$$\begin{aligned} M_6 &= -F_{mr} \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_3 + l_2) + F_1 \cdot (l_2 + l_3 + l_3 + l_2) - F_A \cdot (l_3 + l_3 + l_2) - F_B \cdot \\ &\quad \cdot (l_3 + l_2) - F_A \cdot l_2 = 0 \text{ Nm} \end{aligned} \quad (38)$$

$$\begin{aligned} M_6 &= -1079 \cdot 1,495 + 4221,36 \cdot 1,33 - 1924 \cdot 1,25 - 2169 \cdot 0,6665 - 1924 \cdot 0,08 = \\ &= 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Teostatud arvutustest on näha, et kõige suurem paindemoment asub lõikes 4, kus asub trumli keskmine ketas. Kuna maksimaalne väändemoment võllil T võrdub kasutatava mootorreduktiori maksimaalse väändemomendiga $M_{r2} = 754 \text{ Nm}$ [11:211], siis kolmanda tugevusteooria järgi leitakse ekvivalentset momenti kõige ohtlikumas lõikes M_4 [14:57]:

$$M_{ekv}^{III} = \sqrt{T^2 + M_4^2} = \sqrt{754^2 + 786^2} = 1089 \text{ Nm} \quad (39)$$

Võlli telgvastupanumoment W võrdub [14:56]:

$$W = \frac{\pi \cdot D_v^3}{32} = \frac{\pi \cdot 60^3}{32} = 21205,75 \text{ mm}^3, \quad (40)$$

kus D_v – võlli läbimõõt, mm. $D_v = 60 \text{ mm}$.

Maksimaalne paindepinge võllis σ_p [N/mm²] võrdub [14:56]:

$$\sigma_p = \frac{M_{ekv}^{III} \cdot 10^3}{W} = \frac{1089 \cdot 10^3}{21205,75} = 51,35 \text{ N/mm}^2 \quad (41)$$

Tegelik varutegur S [14:56]:

$$S = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_p} = \frac{335}{51,35} = 7, \quad (42)$$

kus $R_{p0,2}$ – võlli materjali voolavuspiir, N/mm^2 . $R_{p0,2}$ [S355J2] = 335 N/mm^2 .

Leitud varutegur näitab, et võlli tegelik tugevus on 7 korda suurem, kui temale maksimaalne mõjuv paindepinge kõige ohtlikumas lõikes.

3.5. Laagrite tööea arvutus

Antud lõputöös projekteeritavates perforaatori ja eelpressimise seadmetes kasutatakse firma SNR üherealisi radiaalkuullaagreid, mis on kaitstud otskaantega. Laagrite valikus lähtutakse kõigepealt võlli osa läbimõõdust, millele need paigaldatakse. Selle läbimõõt on $\varnothing 50 \text{ mm}$. Seega olid valitud radiaalkuullaagrid UCF210 CC (kinnise otskaantega) ja UCF210 CO (avatud otskaantega). Laagrite lubatud dünaamiline kandevõime $C = 35100 \text{ N}$ [15:76].

Laagri sobivus määratakse kindlaks kontrollarvutusega laagri arvutusliku tööea L_{10h} [h] võrdlemisel nõutava tööeaga L_h [h] tingimusel:

$$L_{10h} \geq L_h \quad (43)$$

Nõutav tööiga L_h [h] võrdub seadme tööea ressursiga ning leitakse järgmise valemiga [16:18]:

$$L_h = L_a \cdot 365 \cdot K_a \cdot 24 \cdot K_{öp}, \quad (44)$$

kus L_a – seadme garantii periood. $L_a = 2$ aastat;

K_a – aastane kasutatavustegur. $K_a = 0,85$;

$K_{öp}$ – ööpäevane kasutatavustegur.

$$K_{öp} = t_v \cdot \frac{L_v}{24} = 8 \cdot \frac{2}{24} = 0,67, \quad (45)$$

kus t_v – töövahetuse kestus, h. $t_v = 8 \text{ h}$;

L_v – vahetuste arv. $L_v = 2$.

Siis L_h võrdub:

$$L_h = 2 \cdot 365 \cdot 0,85 \cdot 24 \cdot 0,67 = 9928 \text{ h} \quad (46)$$

Kuna perforaatori ning eelpressimise seadmetes kasutatakse ühesuguseid radiaalkuullaagreid, siis nende tööea kontrollarvutuse aluseks on võetud nende kahe seadme kõige raskemaid töötingimusi. Need tingimused moodustuvad eelpressimise seadme poolt, kus trumlite pöörlemissagedus on $n_e = 95$ p/min ja ühele laagrile mõjuv radiaalkoormus F_r on võrdne valitud peatükis 3.3 survevedru ST-TF Cat. no. 2161 maksimaalse jõuga $F_v = 3070$ N [12:17].

Laagri arvutuslik tööiga L_{10h} [h] määratakse järgmise valemiga [16:48]:

$$L_{10h} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{60n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^m \quad (47)$$

- kus a_1 – tõrgete tõenäosust arvestav tegur. $a_1 = 1$;
 a_{23} – metalli kvaliteeti ja eksploatatsioonitingimusi arvestav tegur. Kuullaagrite jaoks $a_{23} = 0,7 \dots 0,8$;
 n – võlli pöörlemissagedus, p/min; $n = n_e = 95$ p/min;
 C – laagri dünaamiline kandevõime, N. $C = 35100$ N [15:76];
 m – astmenäitaja. Kuullaagrite jaoks $m = 3$;
 F – ekvivalentkoormus, N.

Laagri ekvivalentkoormus F [N] võrdub [16:49]:

$$F = V \cdot F_r \cdot K_d \cdot K_t = 1 \cdot 3070 \cdot 1,2 \cdot 1 = 3684 \text{ N} \quad (48)$$

- kus V – pöörlemistegur. $V = 1$ kui pöörleb laagri sisevõru;
 F_r – laagrile mõjuv radiaalkoormus, N;
 K_d – dünaamikategur. Kui $L_h = (8 \dots 12) \cdot 10^3$, siis $K_d = 1,2$;
 K_t – temperatuuritegur. $K_t = 1$, kui laager töötab temperatuuril kuni 100 °C.

Laagri arvutuslik tööiga L_{10h} [h] võrdub:

$$L_{10h} = 1 \cdot 0,8 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 95} \cdot \left(\frac{35100}{3684}\right)^3 = 121389 \text{ h} > L_h \quad (49)$$

4. MAJANDUSLIK OSA

Nagu eelnevalt mainitud, on plastpudelite eelpressimise sõlme projekteerimine ning valmistamine seotud firma Eesti Pandipakend OÜ tellimusega. Antud projekt on seotud üksiktoodanguga, kuid ei ole välistatud võimalus saada tulevikus analoogsete sõlmede tellimusi.

Põhinedes firma Technobalt Eesti OÜ (mille baasil teostatakse antud sõlme projekteerimine ja valmistamine) raamatupidamise osakonna andmetele, tehakse antud peatükis majanduslikke arvutusi, millistest tulenevalt moodustub antud sõlme omahind.

Samuti põhinedes saadud andmetele, teostatakse projekteeritavate ning konkurentfirmadega valmistatud analoogsete seadmete majanduslikku võrdlust.

4.1. Omahindade kalkulatsioonid

Antud lõputöös projekteeritavate perforaatori ja eelpressimise seadmete konstruktsioonid on sarnased. Need koosnevad mitmest alamkoostust ning ostutoodetest (detailsem ülevaade perforaatori konstruktsioonist on toodud peatükis 2.1, eelpressi konstruktsioonist – 2.2). Põhilisteks alamkoostudeks võib nimetada trumleid ja külgliseinu; ostukomponentideks – mootorreduktooreid, laagreid, vedrusid ning kinnitusvahendeid.

Ettevõtte Technobalt Eesti OÜ otseselt ei tegele metallkonstruktsioonide valmistamisega, seetõttu ostetakse antud elemente allhanke korras. Samuti ostetakse sisse koostamisfirma teenuseid. Seadmete projekteerimine, tootmiseks vajaliku dokumentatsiooni vormistamine ja koostamine teostatakse ettevõttesiseselt. Seadmetes kasutatavaid ostukomponente ostetakse koostööpartnerite firmadest. Seadmete elektrivõrgu ühedamise ning juhtahelate projekteerimise ja paigaldamise eest vastutab otseselt tellija.

Ettevõtte kulud projekteerija töötasule on arvatud vastavalt tundidele, mis on kulutatud seadmete projekteerimisele ning tehnilise dokumentatsiooni vormistamisele. Tabelis 2 on toodud perforaatori ja eelpressimise seadmete projekteerimisega seotud töötasude kulud.

Tabel 2

Töötasude koondtabel

Töötaja	Töötajate arv	Tunnitasu, €/h	Kulutatud tundide arv	Töötaja brutopalk, €	Palgafond, €
Perforaatori seade					
Projekteerija	1	6,25	65	406,25	544,4
Eelpressimise seade					
Projekteerija	1	6,25	95	593,75	795,6
				Kokku:	1340,0

Kasutades Tabelist 2 ja raamatupidamise osakonnast saadud andmeid koostatakse projekteeritavate seadmete omahindade kalkulatsioonid:

Tabel 3

Omahinna kalkulatsioon

	Perforaatori seade	Eelpressimise seade
Kulu nimetus	Summa, €	
Allhanke konstruktsioonid		
Seadme külgseinad	1693,0	1908,0
Trumlid	2760,0	3168,0
Ostutooted		
Mootorreduktorid	1908,0	2006,0
Laagrid	160,0	160,0
Vedrud	-	98,0
Personali töötasu		
Projekteerija	544,4	795,6
Muud kulud		
Kulud koostamisele	102,0	102,0
Kulud transpordile	450,0	450,0
Täisomahind	7617,4	8687,6
	16305,0	

Allhanke konstruktsioonide hinnapakumised sisaldavad värvimist ning kõiki vajalikke kinnitusvahendeid. Koostamiskulude arvutamisel lähtutakse koostamisele kulutatud tundidest (5 + 5) ja koostamisfirma teenuste ühe tunni maksumusest – 17 €/h. Kulud transpordile hõlmavad kulusid seadmete konstruktsioonide transpordile tootjast kuni tellija objektini. Kõik hinnad on toodud koos käibemaksuga.

Realiseerimishinna määramiseks lisatakse kasum suurusega 30% täisomahinnast:

Tabel 4

Realiseerimishinnad

	Perforaatori seade	Eelpressimise seade
Täisomahind, €	7617,4	8687,6
Kasum 30%	2285,2	2606,3
Realiseerimishind, €	9902,6	11293,9
	21197,0	

Tabelis 4 saadud realiseerimishinnad kehtivad vaid antud projekti kohta. Tulevikus, saades uusi plastpudelite eelpressimise sõlme või selle seadmete tellimusi, on võimalik vähendada nende realiseerimishindasid, kuna puudub vajadus vormistada uut tehnilist dokumentatsiooni. Järelikult kaovad kulud projekteerimisele.

Saadud Tabelis 4 andmete alusel võib järeldada, et antud diplomitöös projekteeritav plastpudelite eelpressimise sõlm, mis koosneb perforaatori ja eelpressimise seadmetest, omab head konkurentsivõimet, kuna terve sõlme realiseerimishind on peaaegu võrdne konkurentide toodetud ainult perforaatori seadme maksumusega (vt Tabel 1).

5. EKSPLUATATSIOONI JA OHUTUSTEHNICA NÕUDED

Kuna antud lõputöös on tegemist liikuvate ning keerukate mehhanismidega, siis nende kasutamisel on tarvis kinni pidada tootja poolsetest ekspluatatsiooni ja ohutustehnika nõuetest.

Nimetatud seadmeid pole lubatud kasutada muul moel, kui ettenähtud otstarbel ning neid on keelatud kasutada ühtses tehnoloogilises jadas seadmetega, mis ei ole selleks ettenähtud. Enne seadmete kasutamist tuleb hoolikalt läbi lugeda nende kasutus- ja ohutusjuhendeid. Küsimuste ning probleemide tekkimise korral tuleb otsekohe võtta ühendust seadmete tootja/müüjaga.

Ohutuse tagamiseks kinnistab tellija seadmete opereerimiseks vastutava operaatori ja garanteerib tema eriettevalmistuse tööks. Operaator peab täielikult mõistma seadmete tööpõhimõtet, oskama hinnata kasutusriske ja vastutama kõrvaliste isikute turvalisuse tagamise eest.

Seadmed on maksimaalse ohutuse tagamiseks varustatud vastavate ohutusmärkide, -siltide ning -plaatidega. On äärmiselt soovitatav järgida neile kantud teavet ja kasutada seadmeid vaid eesmärgil, milleks need on ette nähtud. Keelatud on eriettevalmistuseta kõrvaliste isikute viibimine seadmete töötsoonis.

Seadmete ekspluateerimise vältel, nende tõrgeteta töö tagamiseks peab operaator teostama iganädalast ning igakuist hooldust. Hoolduse nõuded ja kontrollimise punktid on kirjeldatud seadmete kasutusjuhendites.

Projekteeritavate perforaatori ja eelpressimise seadmetega antakse tellijale kaasa nende kasutus- ja koostamisjuhendeid, millistest saab leida vajalikku informatsiooni seadmete kasutamisest, hooldusest, koostamisest ning varuosade nimekirjast.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli plastpudelite eelpressimise sõlme projekteerimine vastavalt tellija poolt püstitatud nõuetele. Antud sõlme peaesmärgiks on suurendada pakkepressi saabuva materjali mahtu selle eelneva pressimise läbi.

Lõputöö käigus oli projekteeritud kaks seadet – perforaatori ja eelpressimise seade, milliste abil oli saavutatud plastpudelite sõlmele püstitatud eesmärk. Perforaatori seadme abil tehakse plastpudelitesse auke. Eelpressimise seadme abil – pressitakse plastpudelid lapikuks. Tootmise lihtsustamiseks on nende seadmete konstruktsioonid projekteeritud maksimaalselt sarnaselt. Mõlemates seadmetes on kasutatud silindrilise hammasülekandega mootorreduktooreid.

Teostatud teoreetiliste arvutuste alusel on saadud perforaatori seadme tootlikkuseks 3 t/h ning eelpressimise seadme – 2,4 t/h, mis vastab täielikult tellija poolt püstitatud nõuetele.

Projekteeritava plastpudelite eelpressimise sõlme realiseerimishinnaks on saadud 21197,0 €, millest võib järeldada, et võrreldes konkurentide toodetud seadmetega on sõlme hind konkurentsivõimeline.

Kokkuvõtteks saab öelda, et lõputöös püstitatud eesmärgid on edukalt saavutatud.

SUMMARY

The main thesis of present diploma project was the design of pre-pressing unit for processing of plastic bottles that would meet all customer's requirements. The main purpose of this unit is to increase the amount of material which goes to the baler at the expense its prior pressing.

The main goal of the present project was achieved by means of two devices designed. These are the perforator and the pre-pressing device. The perforator makes holes in plastic bottles. The pre-pressing device presses plastic bottles before sending them to the baler. Both devices were designed with helical geared motors with parallel shafts and have similar constructions to simplify the production process.

The theoretical calculations made during the project showed that the capacity of perforator device is 3 t/h and capacity of pre-pressing unit is 2,4 t/h, which completely satisfies customer's requirements.

The calculations made in the economical part of present project showed that selling price of projected pre-pressing unit is 21197,0 €. That is absolutely competitive in comparison with the selling prices of perforator devices made by competitive companies.

To conclude, all of the present project's goals where successfully achieved as the projected pre-pressing unit fully meets all customer's requirements.

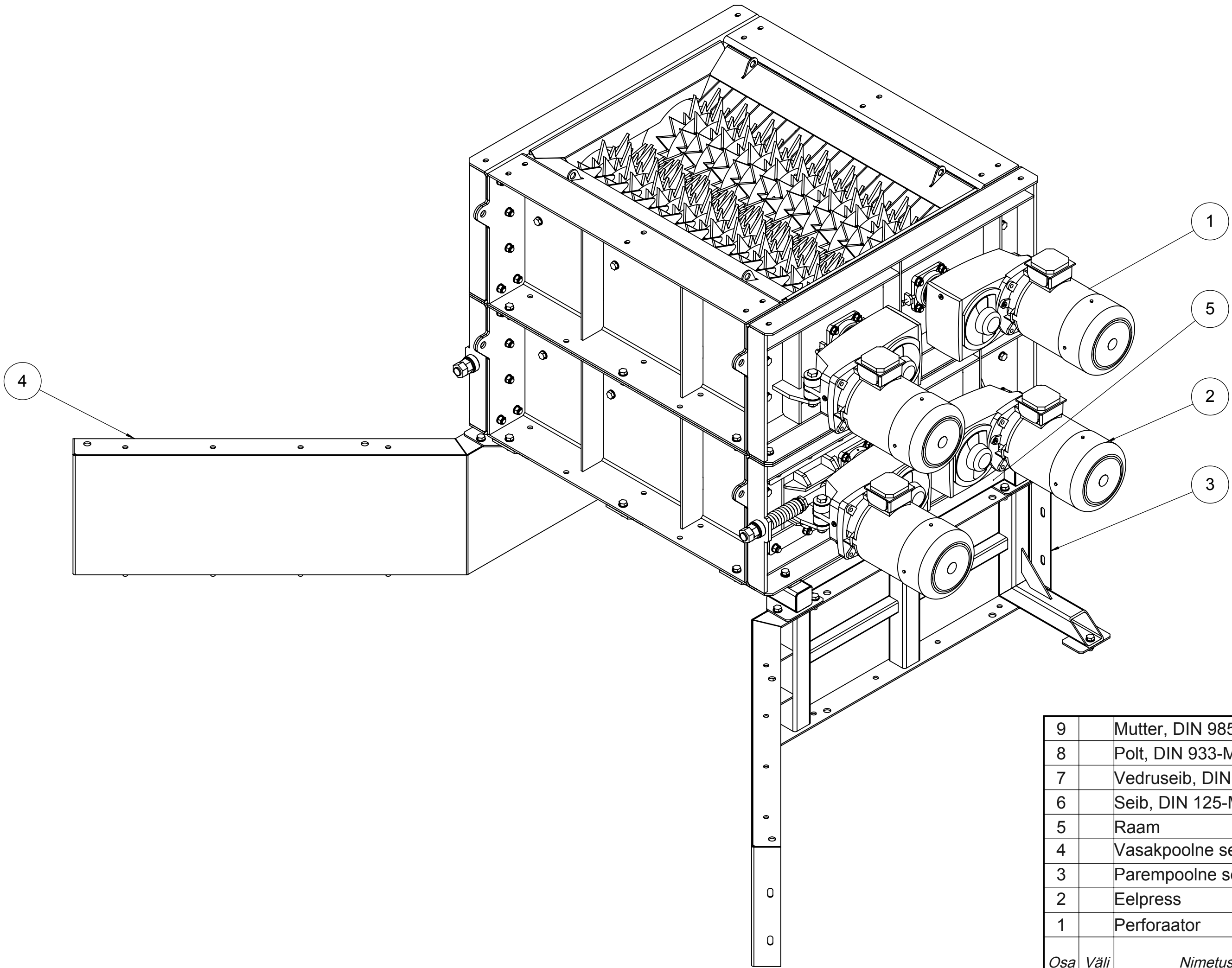
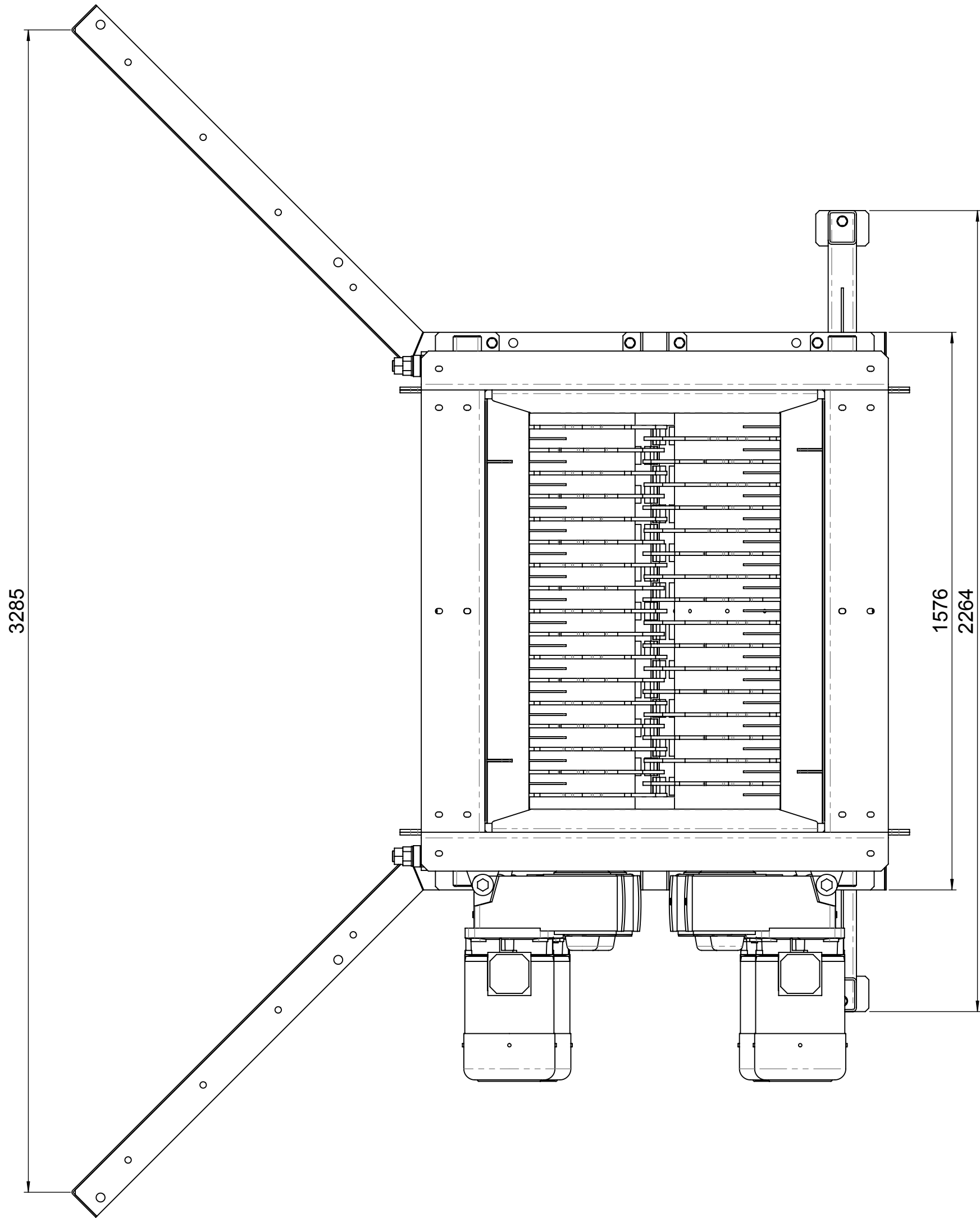
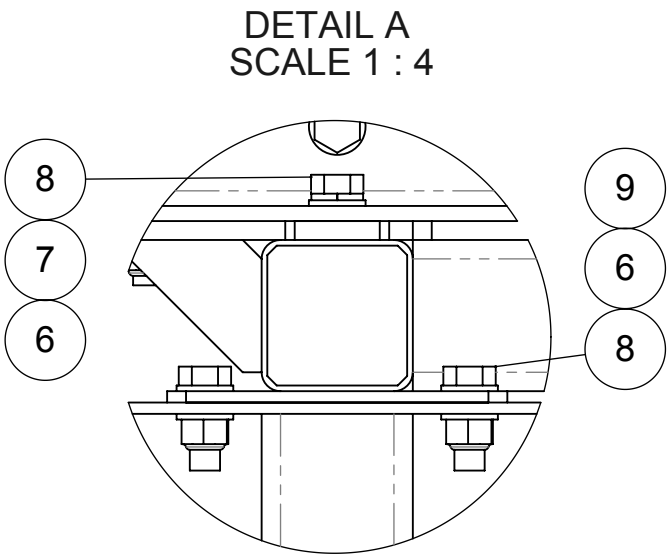
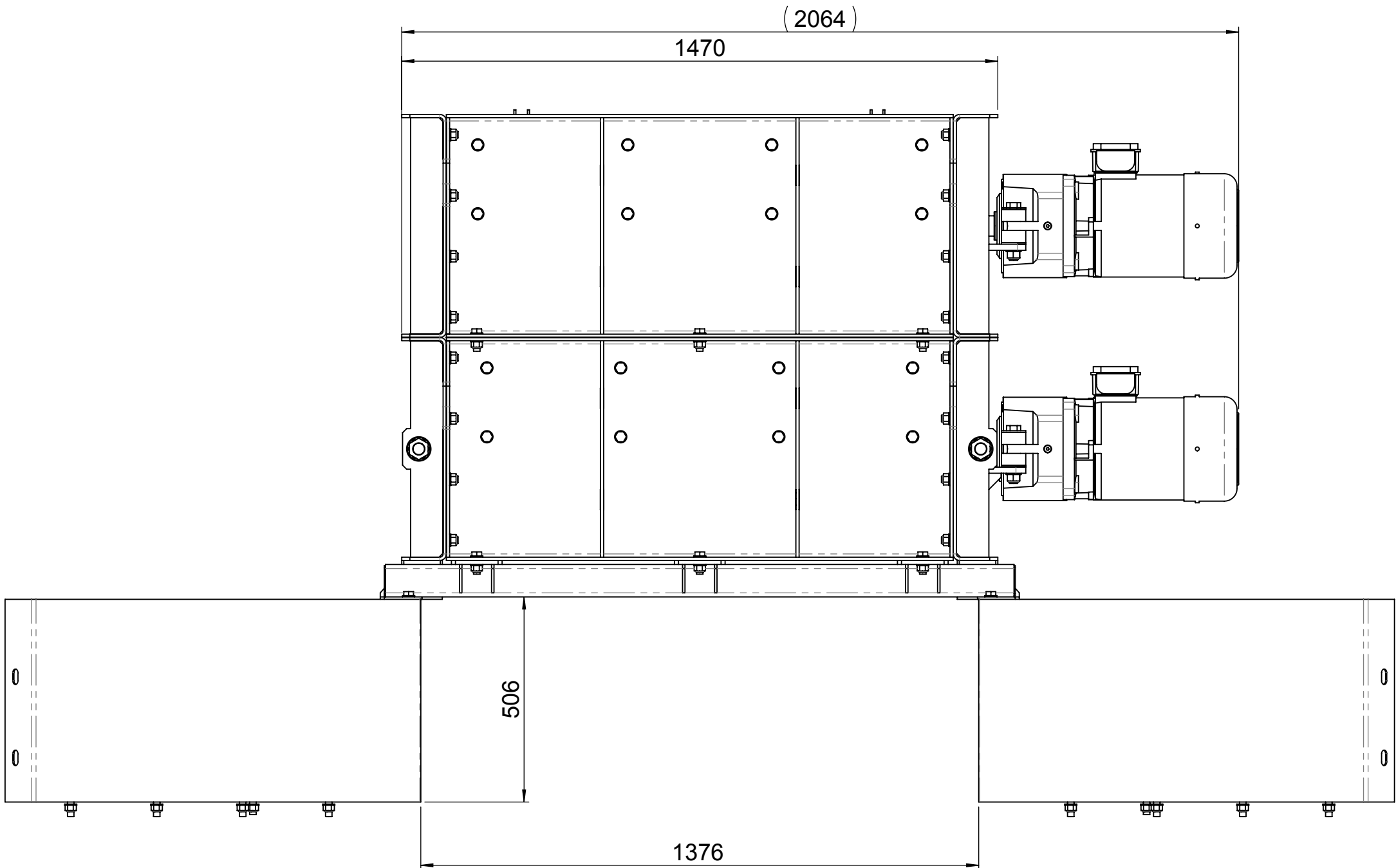
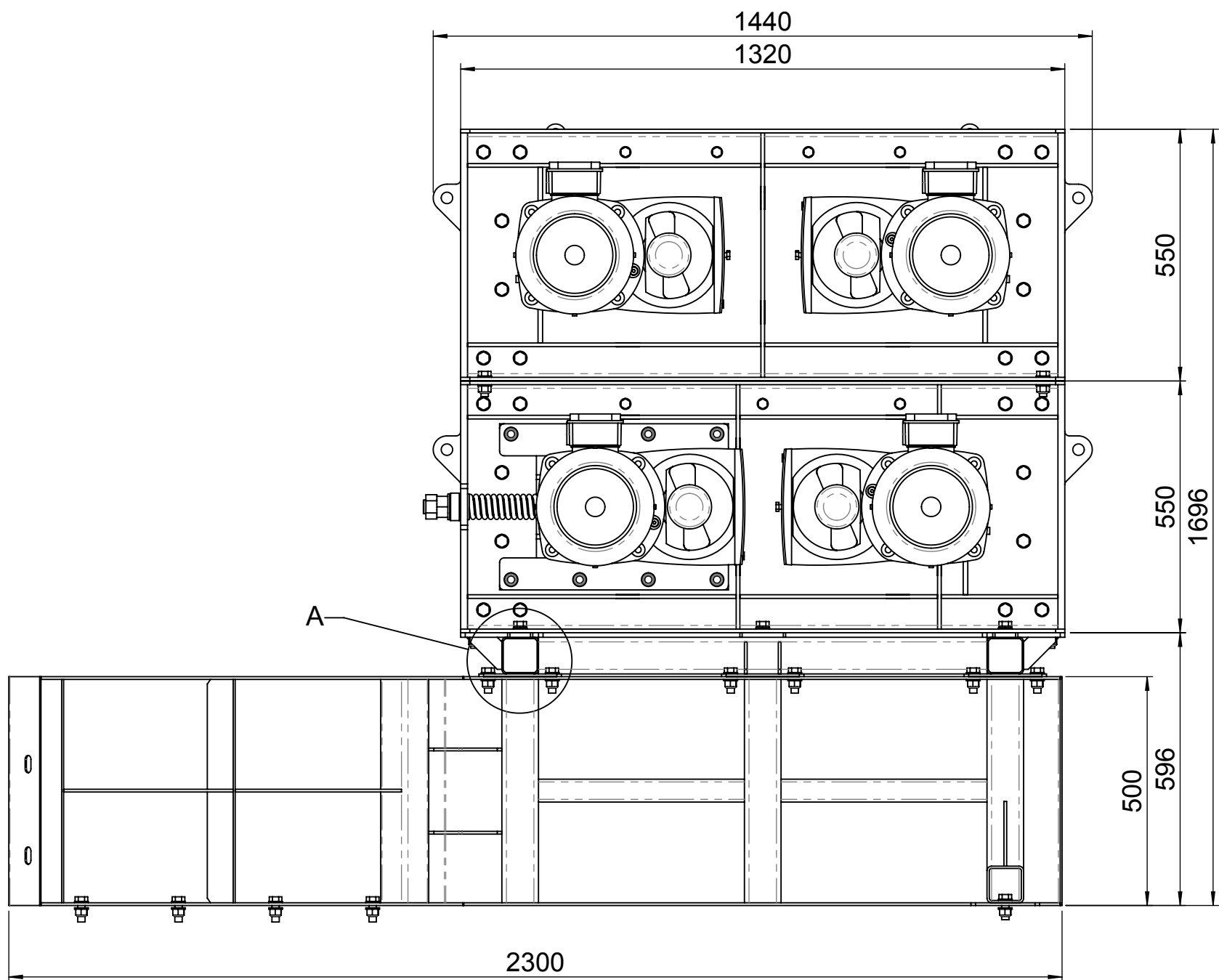
VIIDATUD ALLIKAD

1. Businessvibes. Industry Insight: Global Plastics Industry. [WWW]
<http://www.businessvibes.com/blog/industry-insight-global-plastics-industry> (06.05.2013)
2. Eesti Pandipakend. [WWW]
<http://www.eestipandipakend.ee/> (06.05.2013)
3. Presona AB. [WWW]
<http://www.presona.se/> (06.05.2013)
4. HSM. PET/UBC-Solutions. [WWW]
<http://en.hsm.eu/ut-en/pet-ubc-solutions> (06.05.2013)
5. Островский Г. М. (2004), Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Санкт-Петербург: АНО НПО "Профессионал", 848 стран.
6. Оборудование для механической переработки в пищевых производствах. В. Н. Долгунин, В. Я. Борщев, А. Н. Куди, О. О. Иванов, В. А. Пронин, П. А. Иванов. (2005). Тамбов: ТГТУ, 64 стран.
7. Hõõrdetegurite tabel. [WWW]
<http://www.bypas.ru/download/170310/2.pdf> (06.05.2013)
8. UWEKO AS. [WWW]
<http://www.uweko.ee/> (06.05.2013)
9. HPP Group. Polüetüleentereftalaat. [WWW]
<http://hppgroup.ru/polietilentereftalat.php> (06.05.2013)
10. Зозули П. В., Никифоров Ю. В (1995). Проектирование цементных заводов. Санкт-Петербург: Синтез, 191 стран.
11. Getriebebau Nord Drivesystems. (2010). 6000099/44.07, 476 lk.

12. Alas-kuul AS. Survevedrud ST-TF. [WWW]
<http://www.alas-kuul.ee/webmain.nsf/vedrudest!openpage> (06.05.2013)
13. Purde M. (2005). Tolerantsid ja istud. Tln: Tallinna Tehnikakõrgkool, 116 lk.
14. Penkov I. (2010). Rakendusmehaanika loengumaterjal. Tln: Eesti Mereakadeemia, 127 lk.
15. Подшипниковые узлы SNR из чугуна и листовой стали. (2012). 202 стран.
16. Tiidemann M. (2010). Masinaelementide projekteerimise alused. Tln: Tallinna Tehnikakõrgkool, 120 lk.

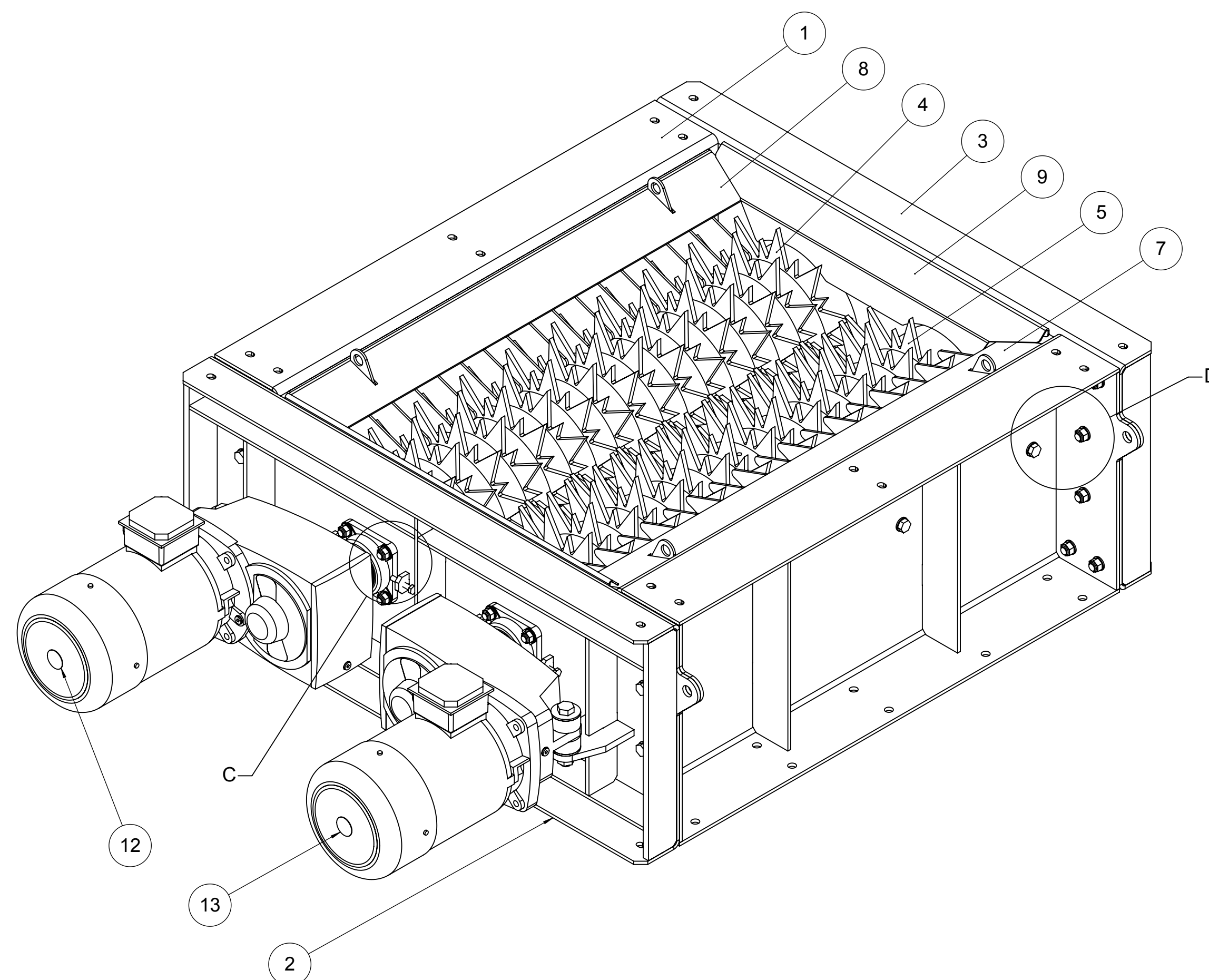
LISAD

LISA 1. EELPRESSIMISE SÕLME JOONIS

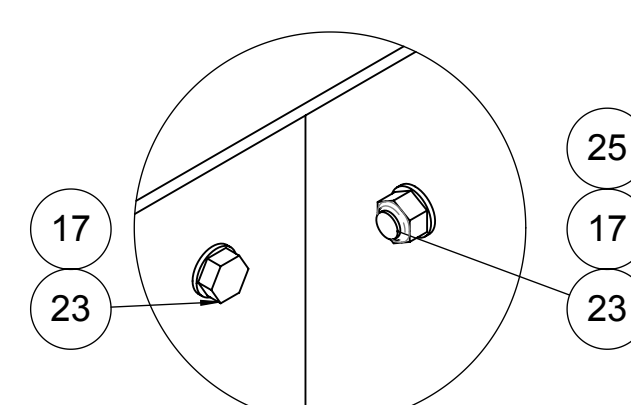


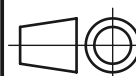
9	Mutter, DIN 985-M16, 8.8		38	
8	Polt, DIN 933-M16x45, 8.8		44	
7	Veduseib, DIN 127-M16, 8.8		6	
6	Seib, DIN 125-M16, 8.8		82	
5	Raam	EPP2-157.K003	1	
4	Vasakpoolne sein	EPP2-157.K002	1	
3	Parempoolne sein	EPP2-157.K001	1	
2	Eelpress	EPP2-150.K000	1	
1	Perforaator	EPP2-140.K000	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
				Märkus
		Materjal:	Maärkimata piirhälbed:	Mass: 2349 kg
				Moot: 1:15
Teostas:	A. Lebedev	Nimetus:	Eelpressimise sõlm	
Kontrollis:	I. Stulov		Faili nimetus: EPP2-157.K000	
Kinnitas:	M. Tiidemann			
TTK MI-81		Leht: 1	Tähis: EPP2-157.K000	Formaat: A1

LISA 2. PERFORAATORI JOONIS

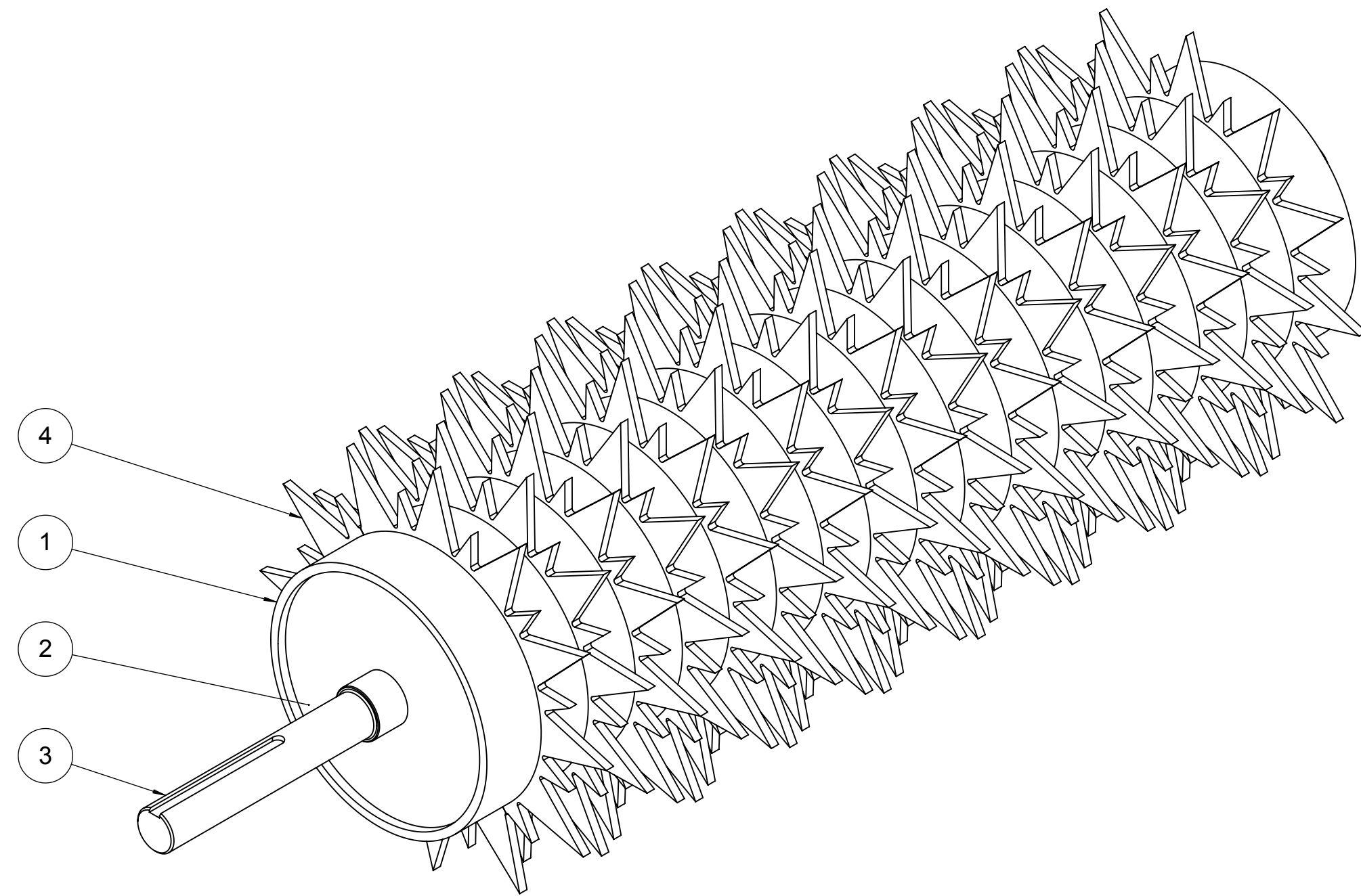
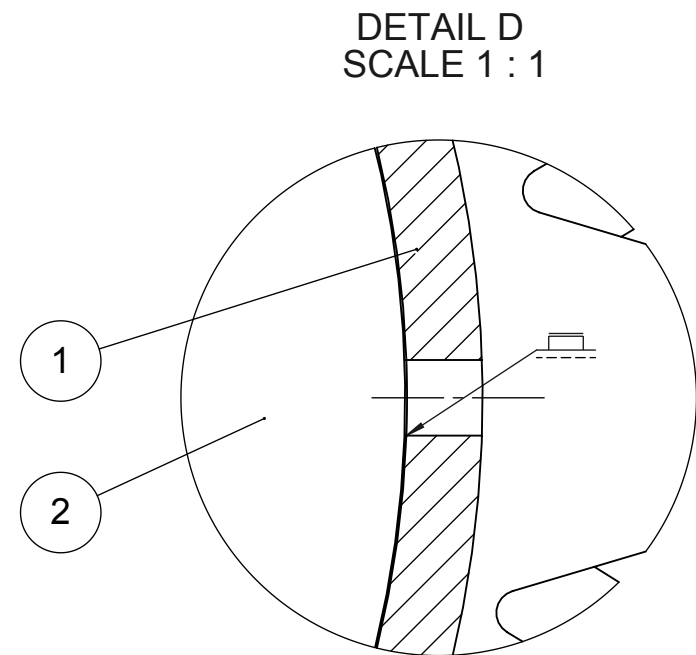
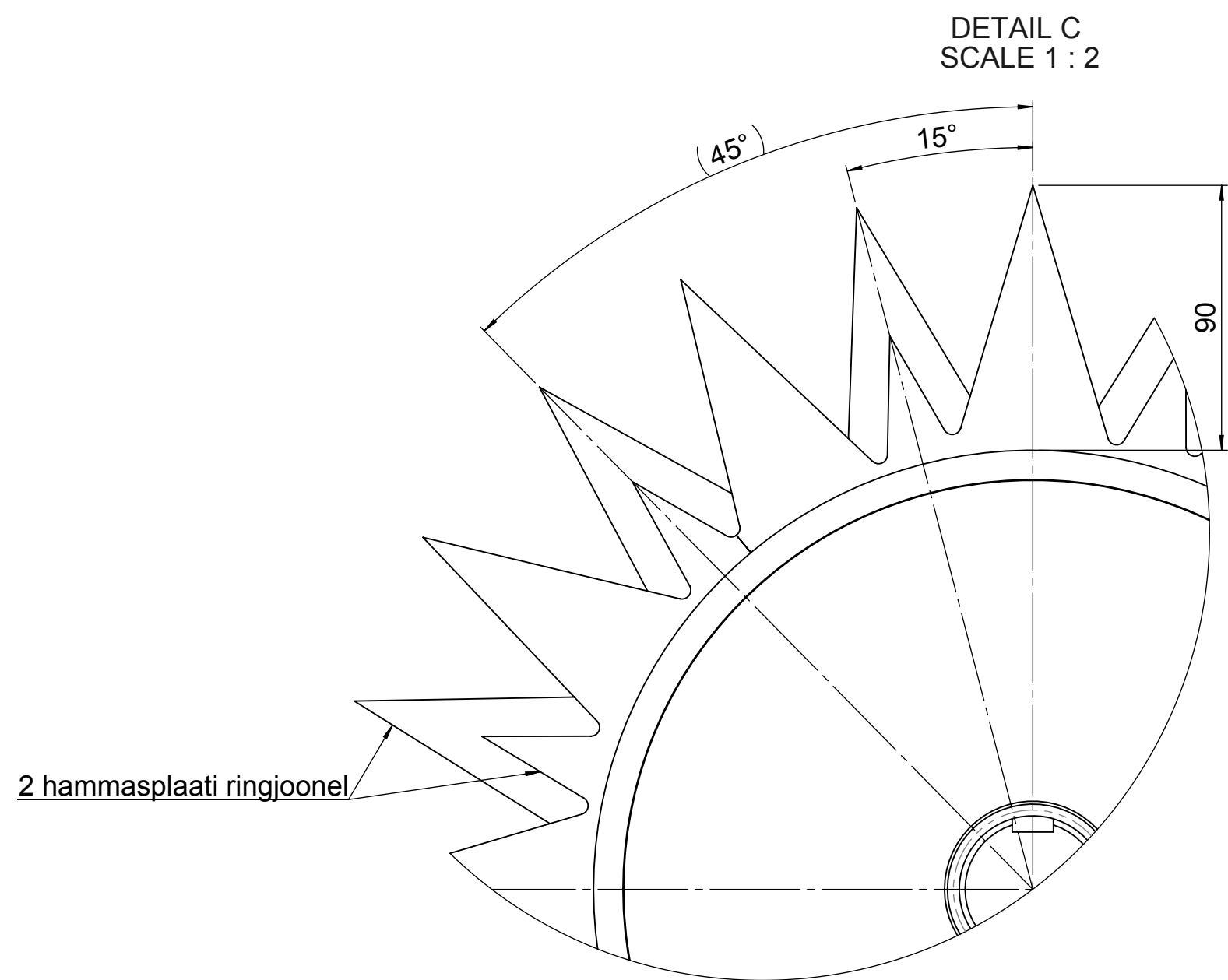
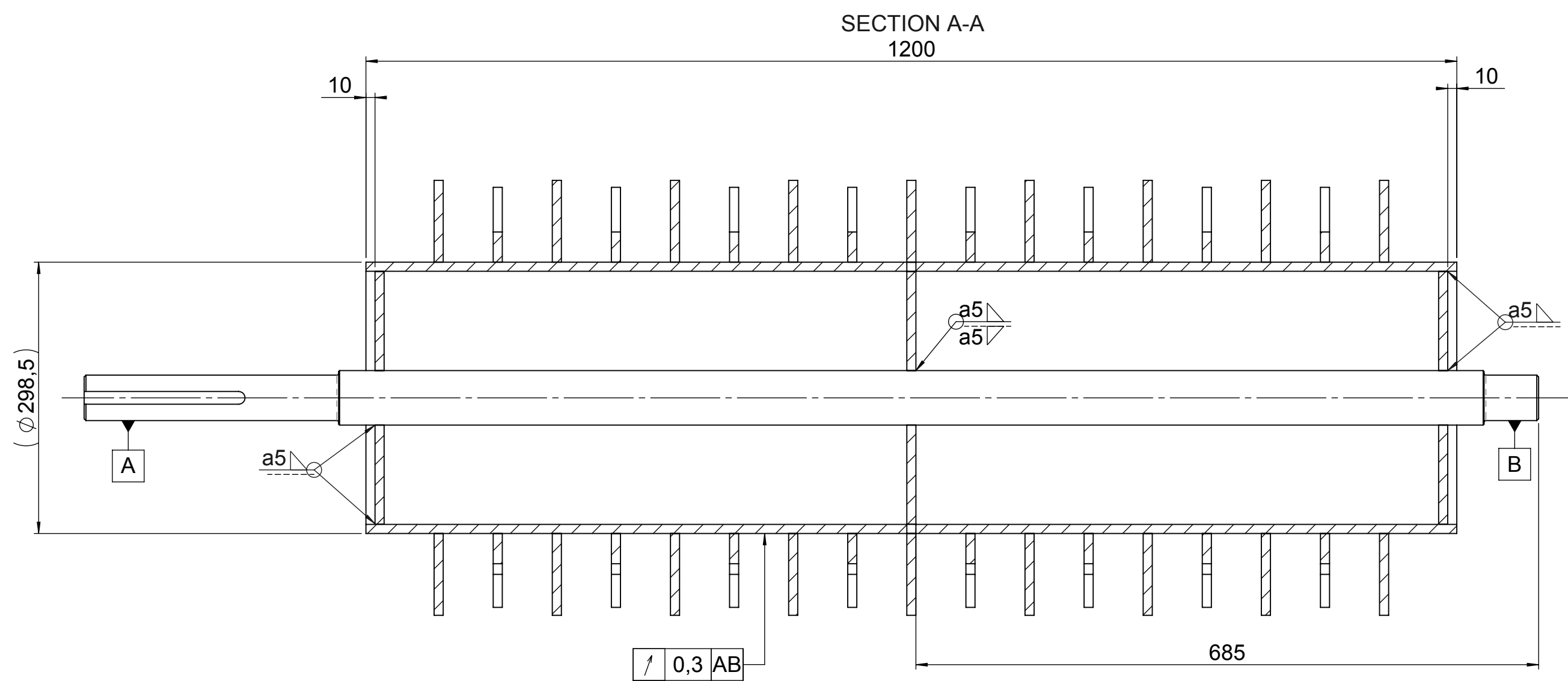
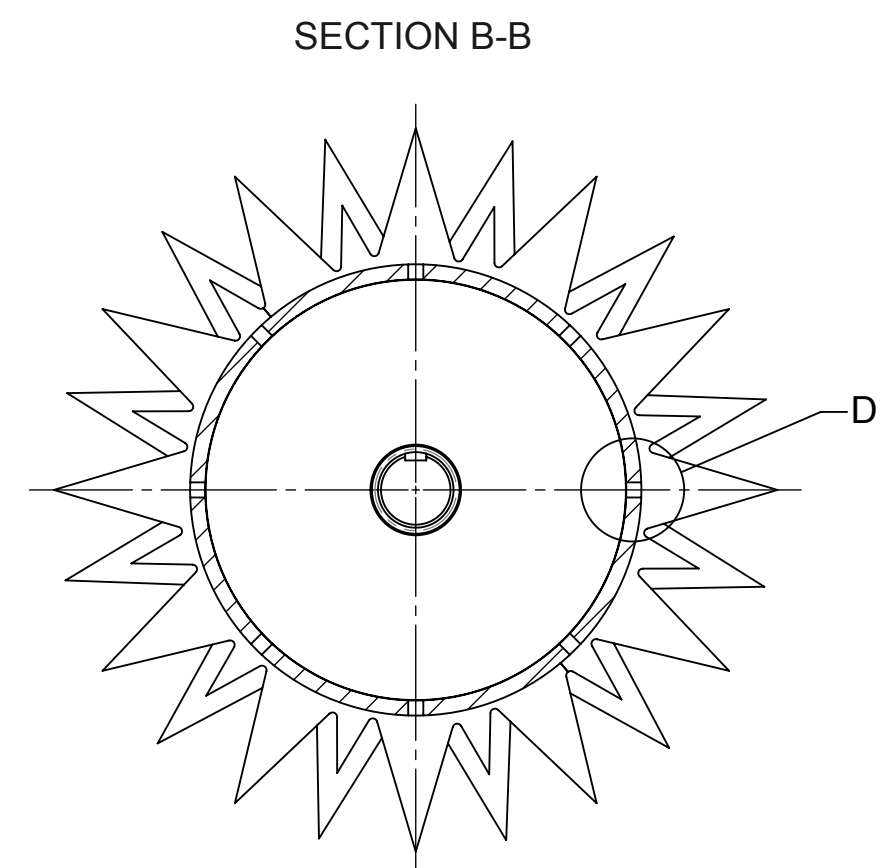
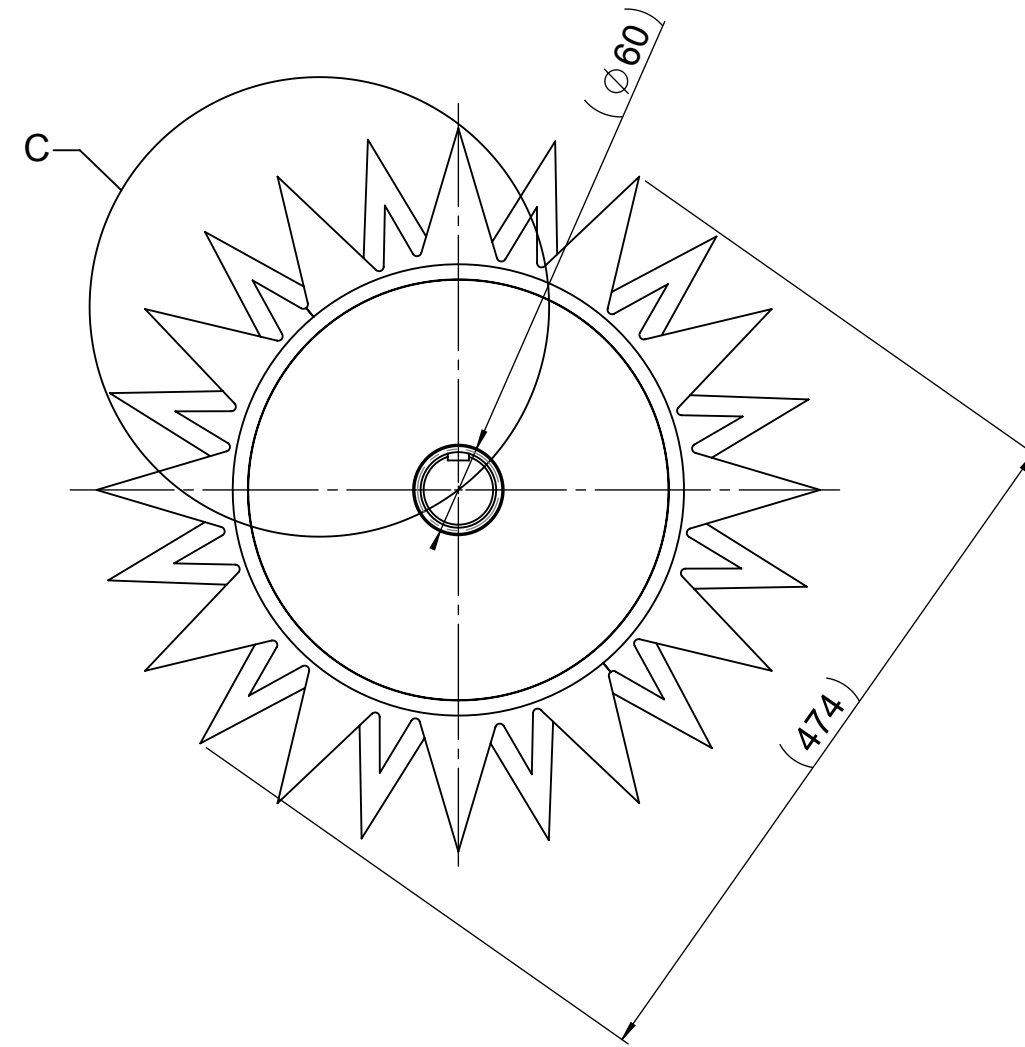
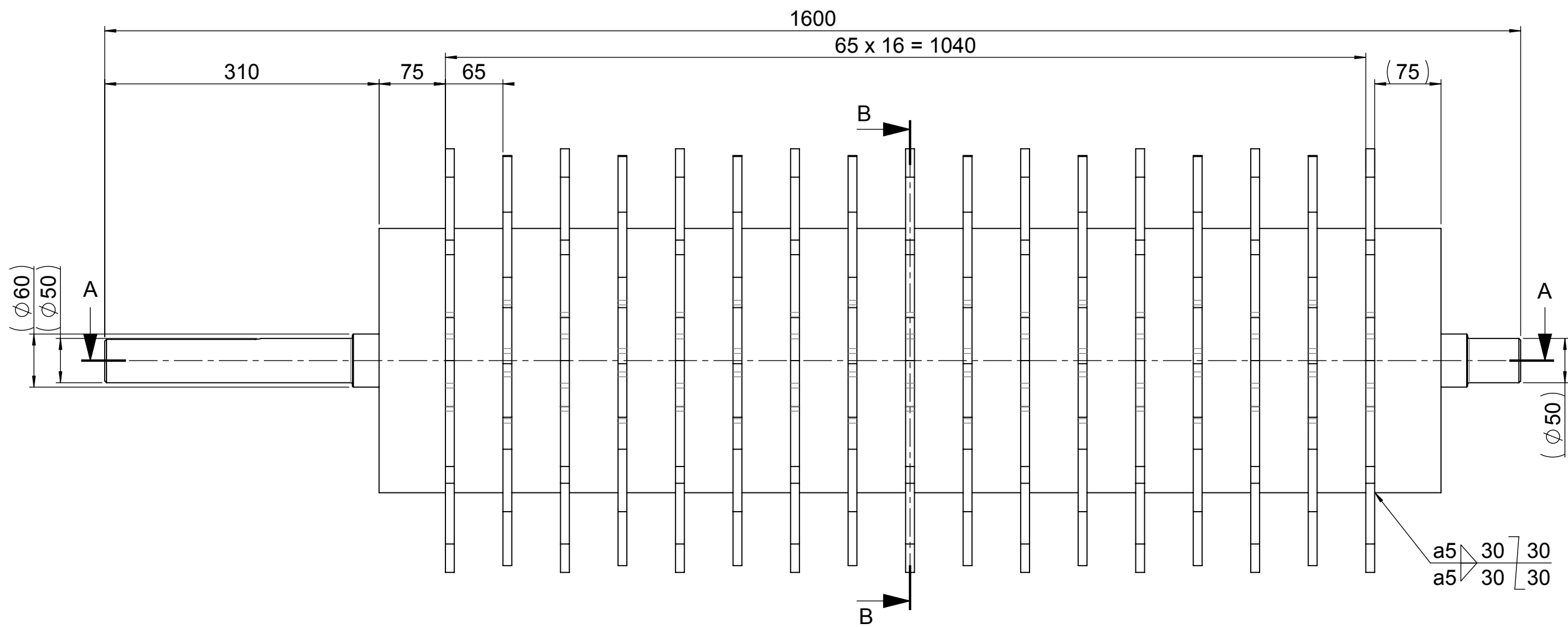


DETAIL D
SCALE 1 : 4



26	Mutter, DIN 985-M20, 8.8		2	
25	Mutter, DIN 985-M16, 8.8		24	
24	Mutter, DIN 985-M14, 8.8		16	
23	Poltt, DIN 933-M16x40, 8.8		40	
22	Poltt, DIN 933-M12x30, 8.8		8	
21	Poltt, DIN 933-M10x55, 8.8		8	
20	Poltt, DIN 931-M20x130, 8.8		2	
19	Suur seib, DIN 9021-M20, 8.8		4	
18	Seib, DIN 125-M20, 8.8		2	
17	Seib, DIN 125-M16, 8.8		64	
16	Seib, DIN 125-M14, 8.8		16	
15	Seib, DIN 125-M12, 8.8		8	
14	Liist, 14x9x180 DIN 6885A, 8.8		2	
13	Mootorreduktor	SK 4282AZBHG-100LA n=39	1	
12	Mootorreduktor	SK 4282AZBHG-100LA n=39	1	
11	Laagripuuk	UCF210 CC	2	
10	Laagripuuk	UCF210 CO	2	
9	Materjali suunaja	EPP2-140.K009	2	
8	Materjali suunaja	EPP2-140.K008	1	
7	Materjali suunaja	EPP2-140.K007	1	
6	Kinnitusplaat	EPP2-140.K006	6	
5	Trummel	EPP2-140.K005	1	
4	Trummel	EPP2-140.K004	1	
3	Külglisein	EPP2-140.K003	1	
2	Külglisein	EPP2-140.K002	1	
1	Sein	EPP2-140.K001	2	
Osa Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
	Materjal:	Määrkimata piirhälbed:	Mass: 986 kg	Moot: 1:10
Teostas:	A. Lebedev	Nimetus: Perforaator	Faili nimetus: EPP2-140.K000	
Kontrollis:	I. Stulov			
Kinnitas:	M. Tiidemann			
Leht:		Tähis:	Formaat:	
TTK MI-81		1	EPP2-140.K000	
			A1	

LISA 3. PERFORAATORI TRUMLI JOONIS

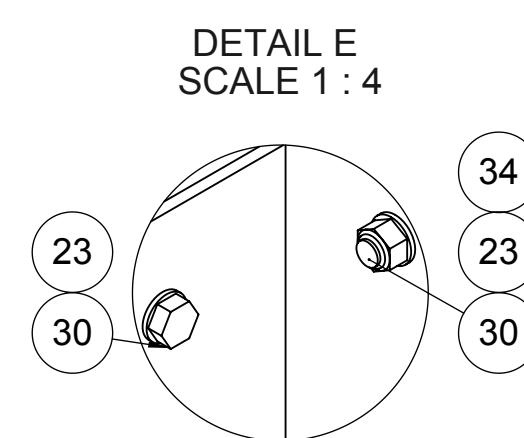
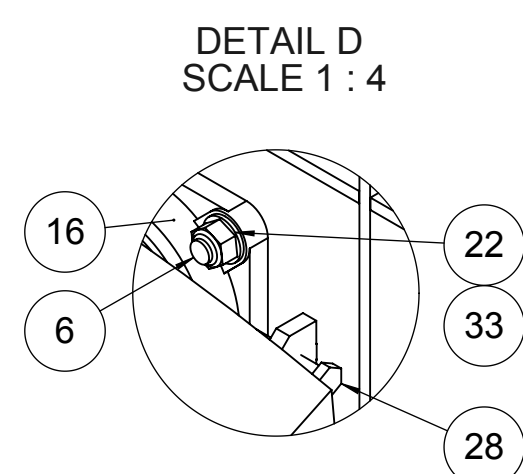
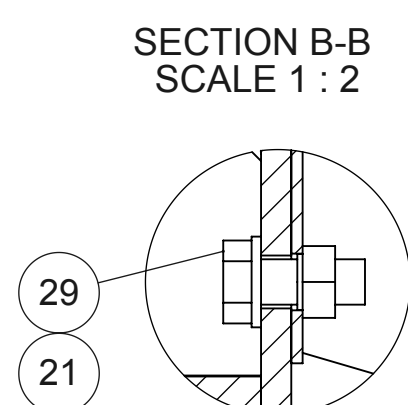
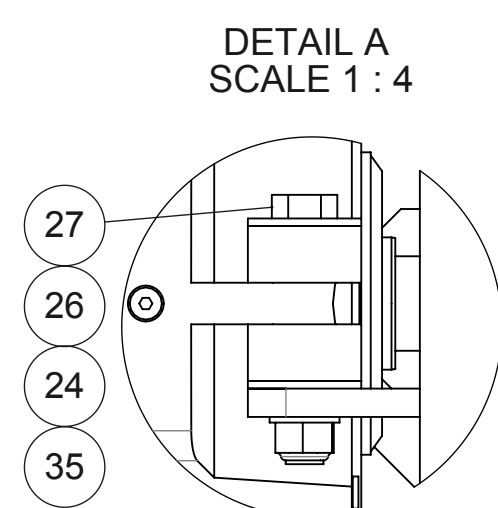
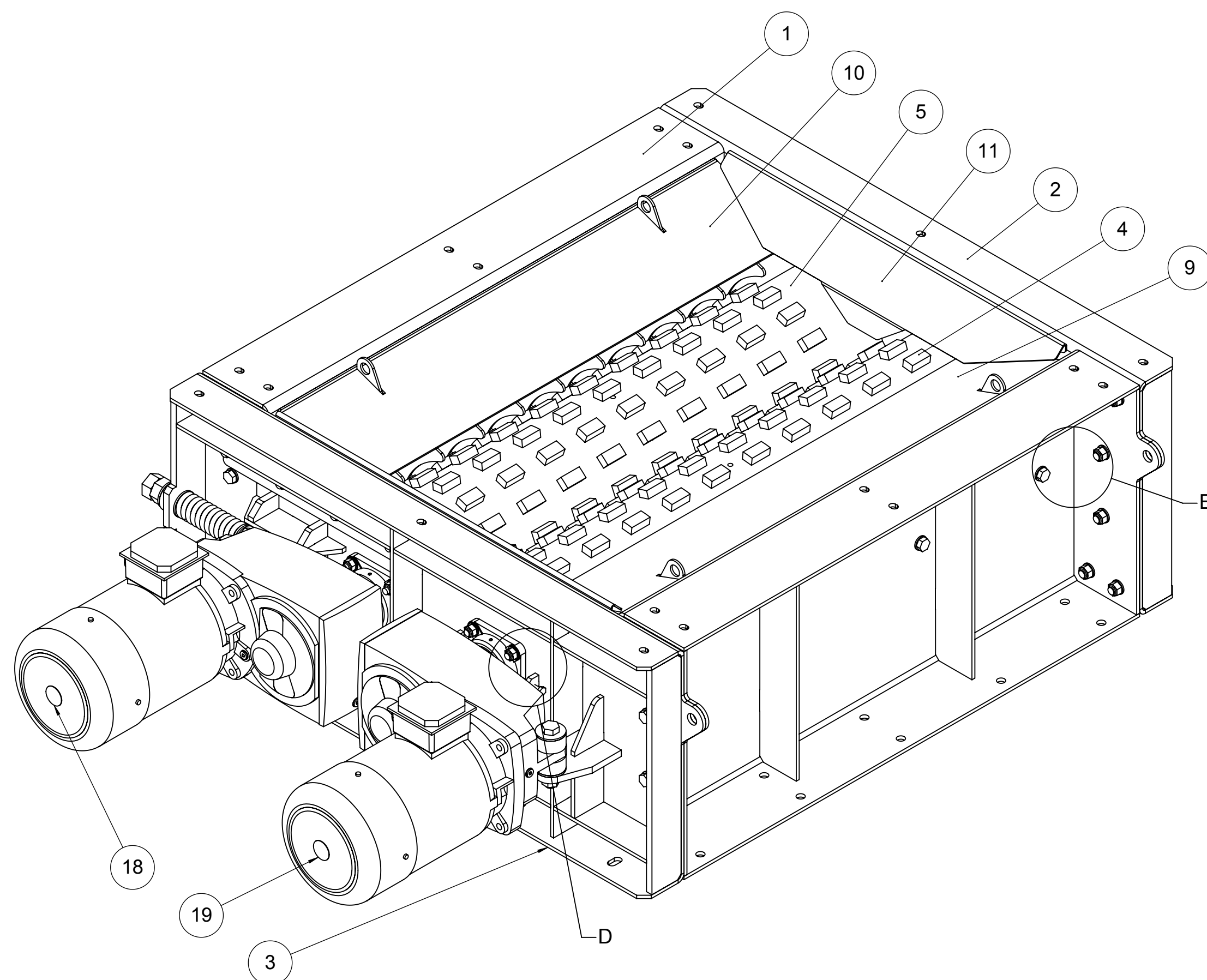
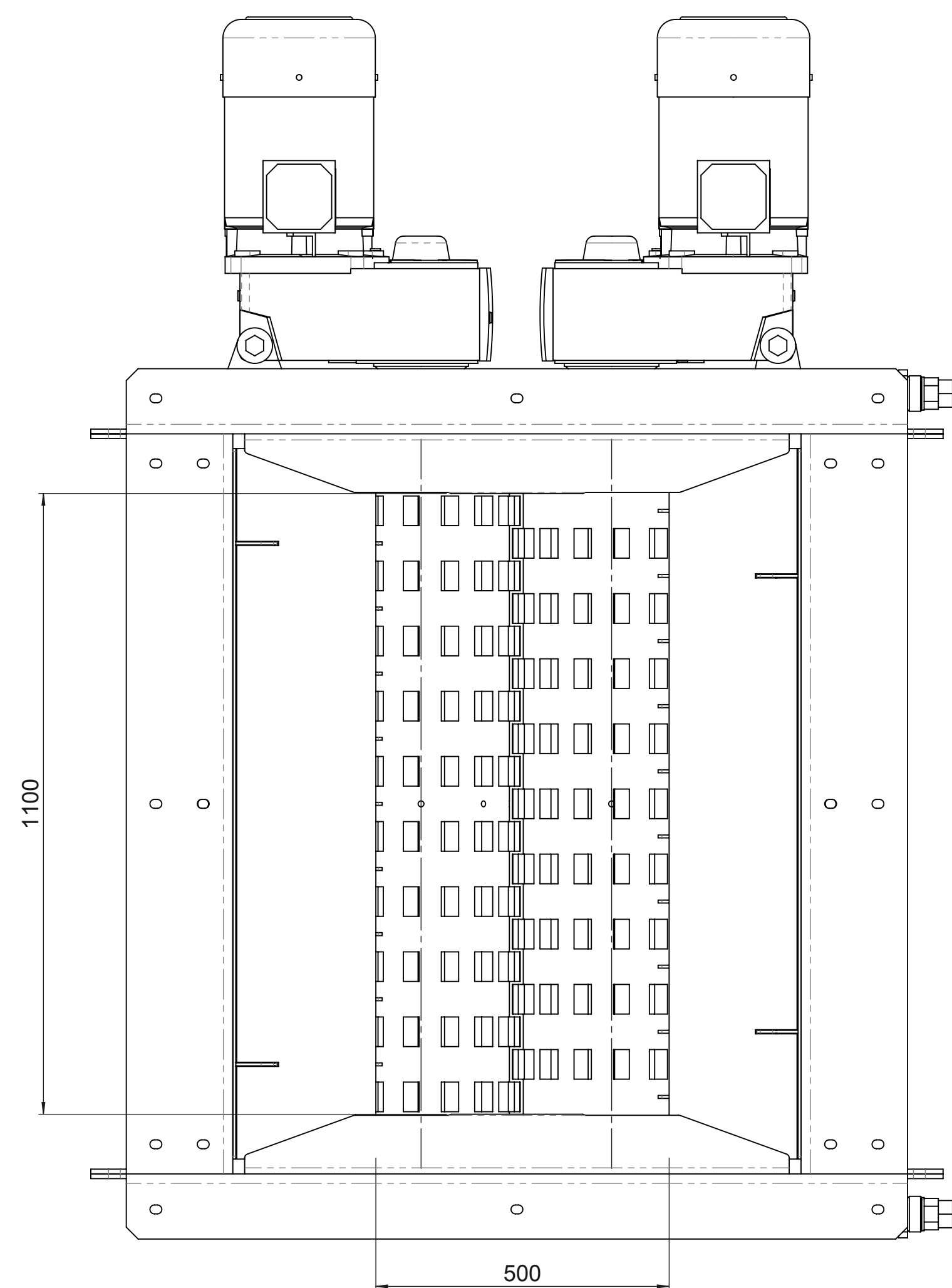
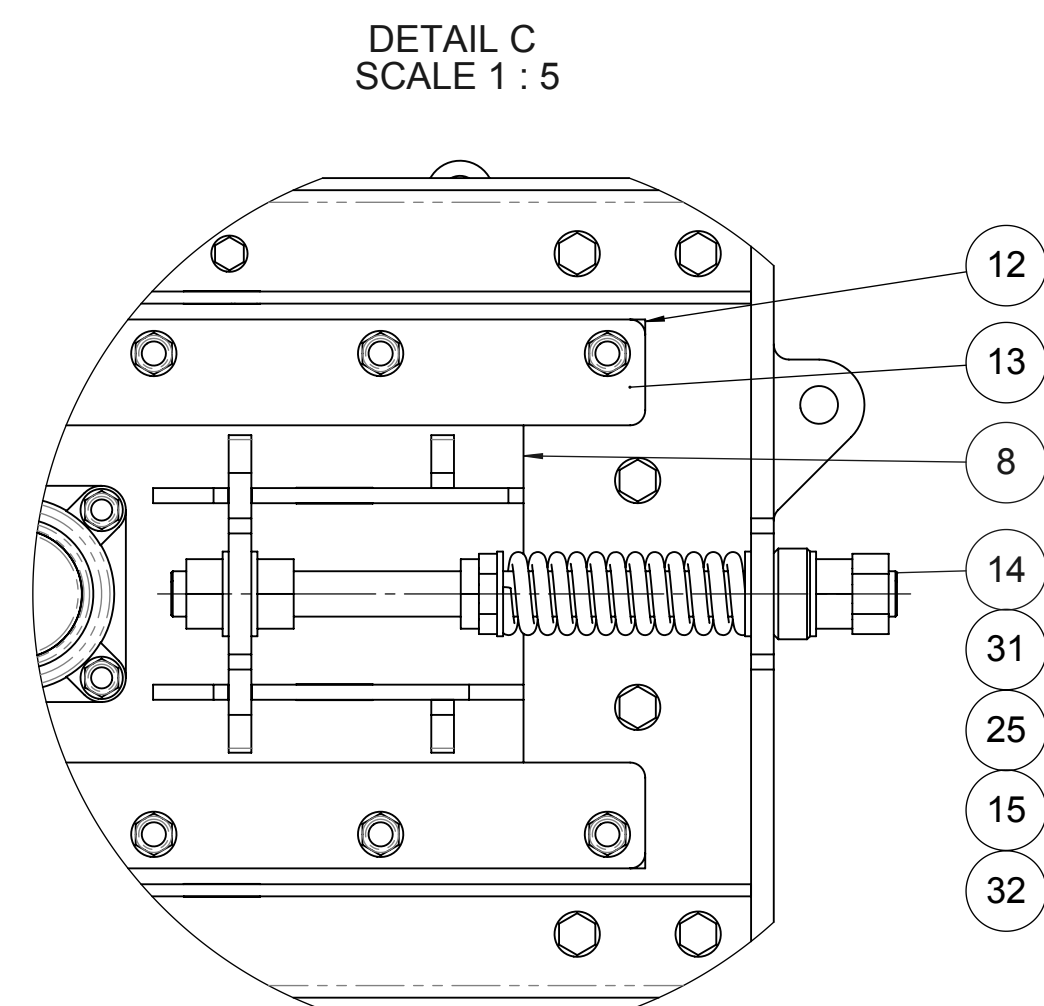
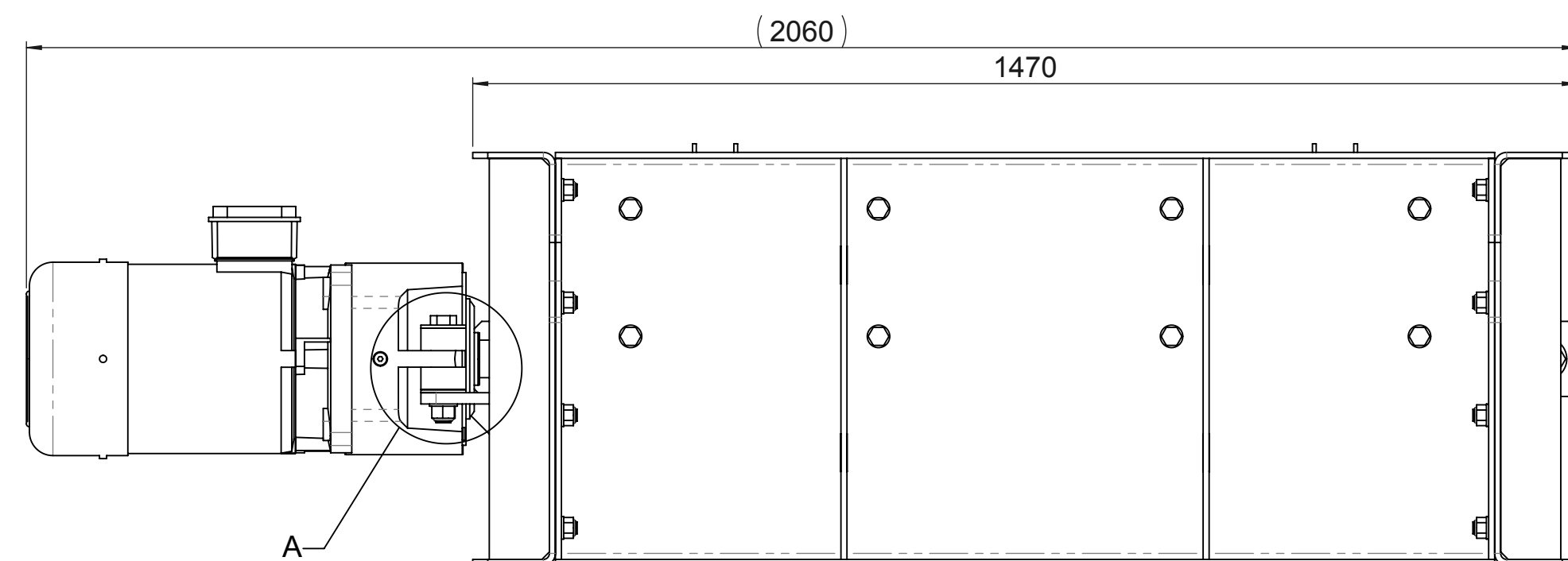
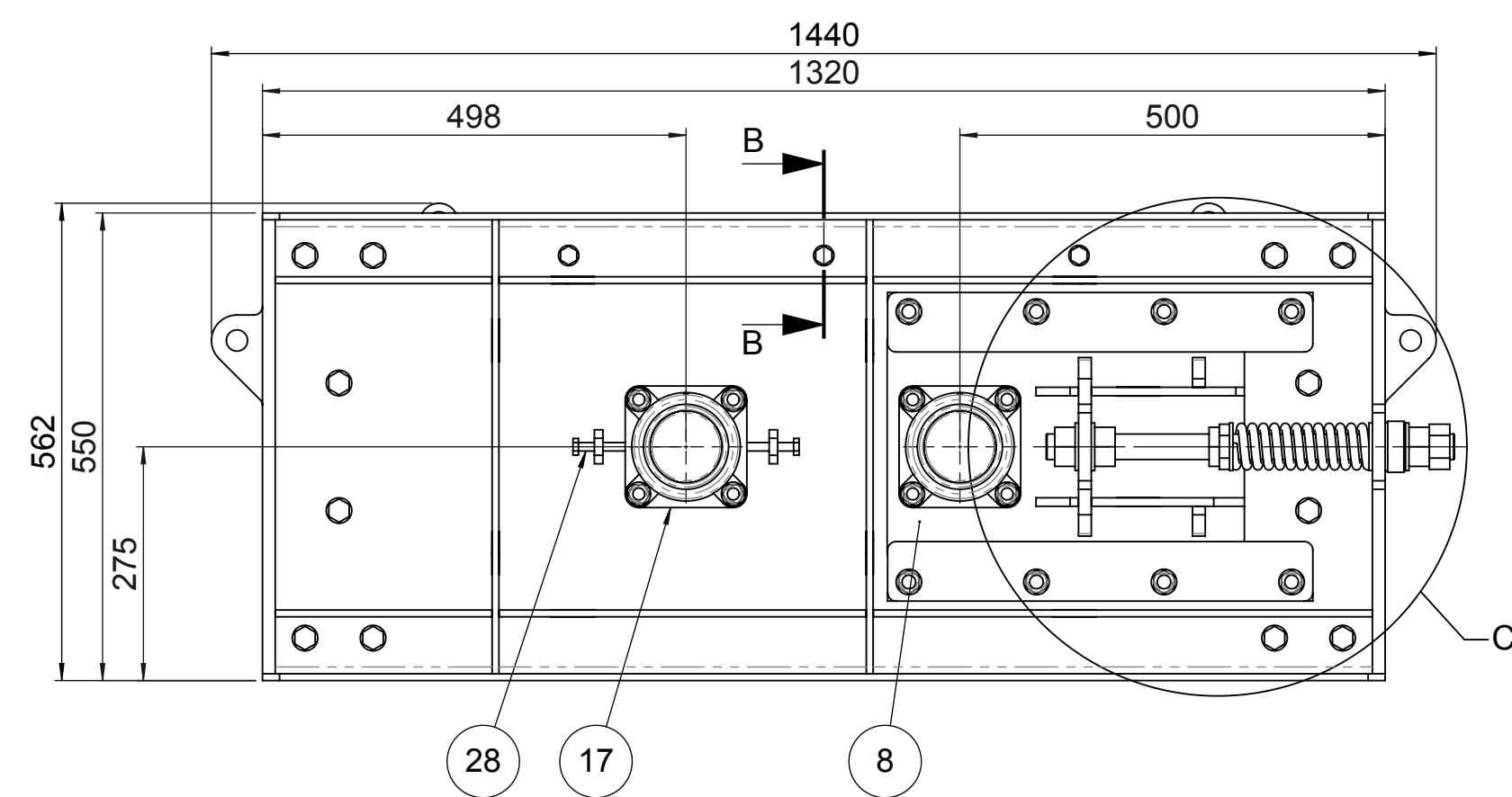


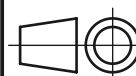
25/ (✓)

1. Enne hammasplaatide keevitamist saada radiaalviskumise tolerants.

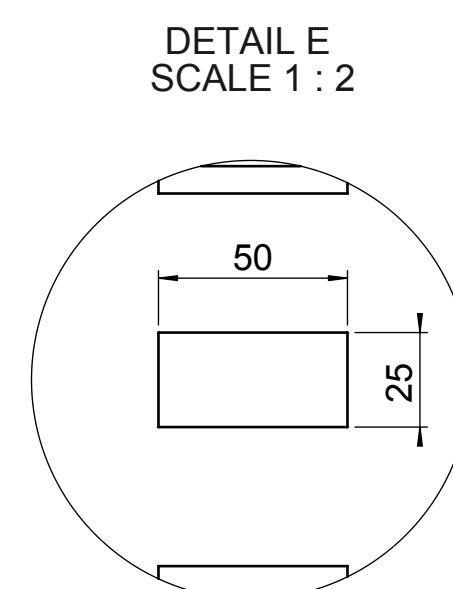
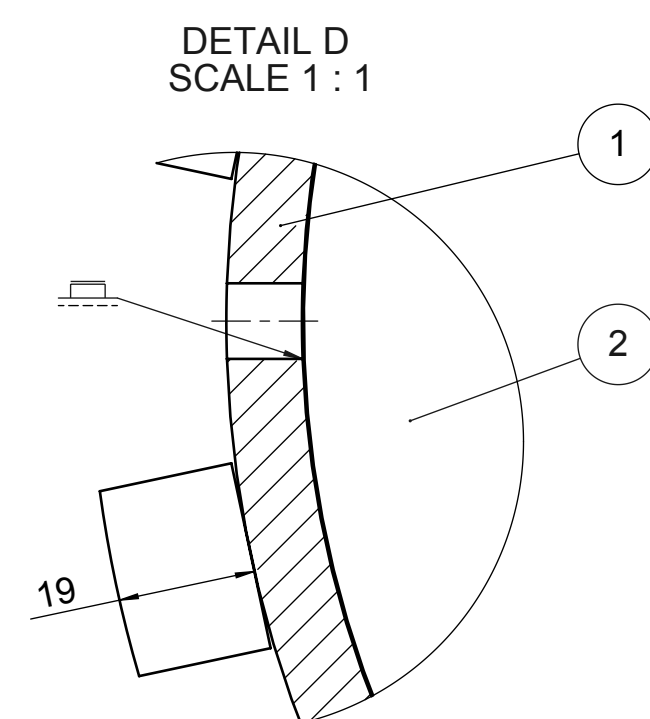
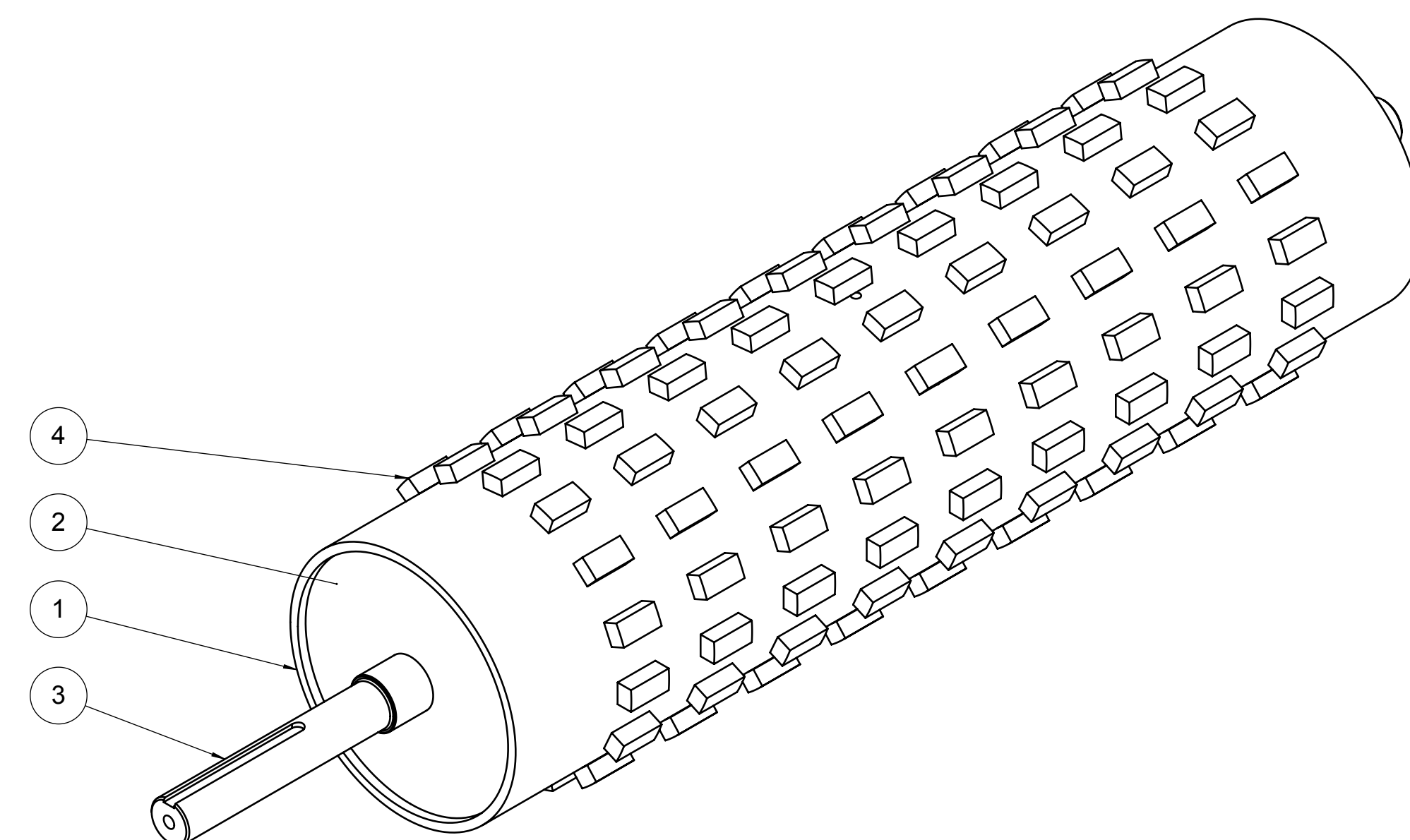
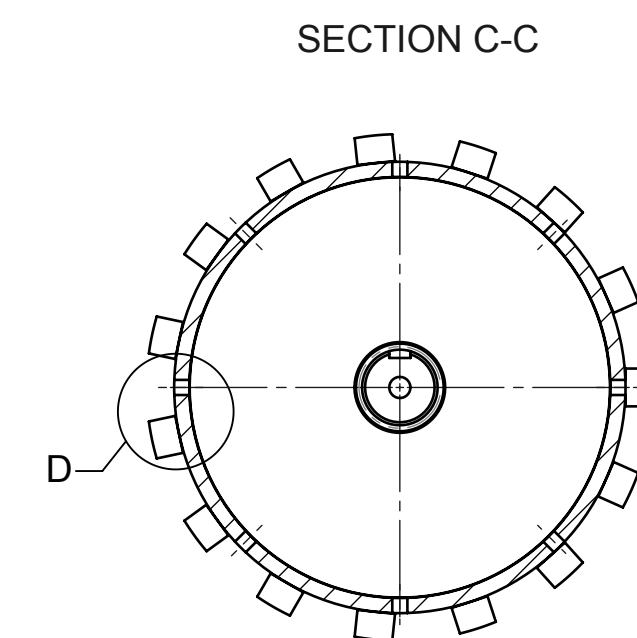
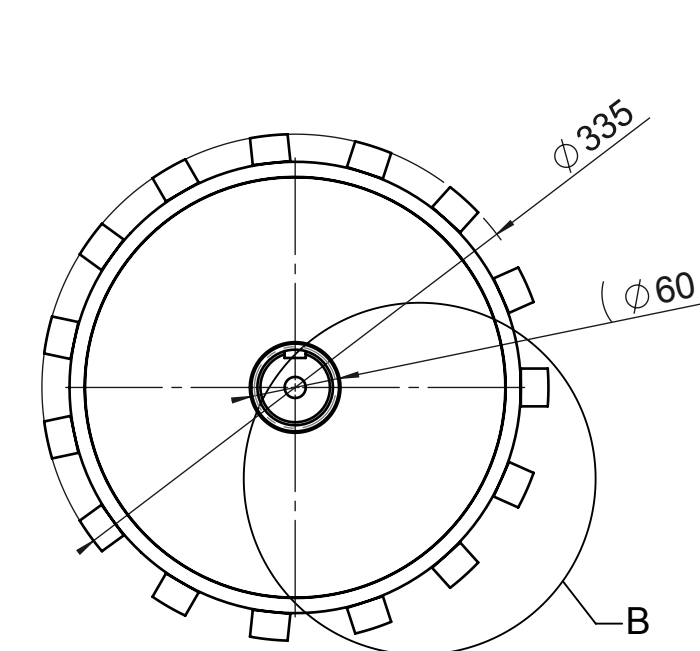
4	Hammasplaat, Hardox 400	EPP2-140.D015	34	
3	Võll, S355J2	EPP2-140.D014	1	
2	Ketas, S235JR	EPP2-140.D013	3	
1	Toru Ø298,5x10-1200, S355J2	EPP2-140.D012	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk Märkus
Materjal:		Määrkimata piirhälbed:		Mass: Moot:
		DIN 7168-m		180 kg 1:5
Teostas:	A. Lebedev	Trummel		Faali nimetus:
Kontrollis:	I. Stulov			EPP2-140.K004
Kinnitas:	M. Tiidemann			
TTK MI-81		Leht: 1	Tähis: EPP2-140.K004	Formaat: A1

LISA 4. EELPRESSI JOONIS



35	Mutter, DIN 985-M20, 8.8		2			
34	Mutter, DIN 985-M16, 8.8		40			
33	Mutter, DIN 985-M14, 8.8		16			
32	Mutter, DIN 936-M30, 8.8		4			
31	Mutter, DIN 934-M30, 8.8		8	—		
30	Polt, DIN 933-M16x40, 8.8		40			
29	Polt, DIN 933-M12x30, 8.8		6			
28	Polt, DIN 933-M10x55, 8.8		4			
27	Polt, DIN 931-M20x130, 8.8		2			
26	Suur seib, DIN 9021-M20, 8.8		4			
25	Seib, DIN 125-M30, 8.8		10			
24	Seib, DIN 125-M20, 8.8		2			
23	Seib, DIN 125-M16, 8.8		80			
22	Seib, DIN 125-M14, 8.8		16			
21	Seib, DIN 125-M12, 8.8		6			
20	Liist, 14x9x180 DIN 6885A		2			
19	Mootorreduktor	SK 4282AZBHG-132M, n=95	1			
18	Mootorreduktor	SK 4282AZBHG-132M, n=95	1			
17	Laagripukk	UCF210 CC	2			
16	Laagripukk	UCF210 CO	2			
15	Survedru, SS 1774-04	ST-TF Cat.2161	2			
14	Pingutuspolt, S235JR	EPP2-150.D043	2			
13	Kinnitusplaat, S235JR	EPP2-150.D031	4			
12	Juhtriba, S235JR	EPP2-150.D030	4			
11	Materjali suunaja	EPP2-150.K011	2			
10	Materjali suunaja	EPP2-150.K010	1			
9	Materjali suunaja	EPP2-150.K009	1			
8	Juhtplaat	EPP2-150.K008	1			
7	Juhtplaat	EPP2-150.K007	1			
6	Kinnitusplaat	EPP2-150.K006	2			
5	Liikuv trummel	EPP2-150.K005	1			
4	Trummel	EPP2-150.K004	1			
3	Külgein	EPP2-150.K003	1			
2	Külgein	EPP2-150.K002	1			
1	Sein	EPP2-150.K001	2			
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus	
	Materjal:		Määrkimata piirhälbed:		Mass: 1064 kg	Mööt: 1:10
Teostas:	A. Lebedev		Nimetus:		Faili nimetus:	
Kontrollis:	I. Stulov		Eelpress		EPP2-150.K000	
Kinnitas:	M. Tiidemann					
TTK MI-81			Leht:	Tähis:	Formaat:	
			1	EPP2-150.K000	A1	

LISA 5. EELPRESSI TRUMLI JOONIS



12,5 / (✓)

4	Hammas, Hardox 400	EPP2-150.D017	135	
3	Võll, S355J2	EPP2-150.D020	1	
2	Ketas, S235JR	EPP2-150.D015	3	
1	Toru Ø298,5x10-1200, S355J2	EPP2-150.D014	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk
		Materjal:	Määramata piirihälb:	Mass:
			DIN 7168-m	155 kg
Teostas:	A. Lebedev	Nimetus:	Liikuv trummel	Falli nimetus:
Kontrollis:	I. Stulov			EPP2-150.K005
Kinnitas:	M. Tiidemann			
TTK MI-81		Leht:	Tähis:	Forma:
		1	EPP2-150.K005	A1

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Aetom Libede
(autori nimi)

Sünnikuupäev: 20.12.1987

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

Plastpudelile eelpressimise sõlme projekteerimine

(lõputöö pealkiri)
mille juhendaja on Mart Tiedemann
(juhendaja nimi)

reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas kõrgkooli repositooriumisse lisamise eesmärgil alates 20.05.2013 kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
(pp.kk.aa)

2. olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et:
- 3.1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
- 3.2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas 20.06.2013
(kuupäev)


(autori allkiri)