



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **Ventilatsioonisüsteemi käivitite projekteerimine**

### **Ventilation system starters design**

MASINAEHITUSTEHNOLÓGIA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Zoja Kolubai  
Üliõpilaskood: 178682  
Juhendaja: Gennadi Arjassov

Kohtla-Järve 2021

## **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.

"....." ..... 202.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 202.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Zoja Kolubai, 178682

Õppekava, peeriala: EDJR84 Masinaehitustehnoloogia

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

Konsultant: Evgeny Korchashkin, jaoskonnajuhataja

Enefit Solutions AS, tel: 5565 0436, [evgeni.korchashkin@enefit.com](mailto:evgeni.korchashkin@enefit.com)

## Lõputöö teema:

(eesti keeles) Ventilatsioonisüsteemi käivitite projekteerimine

(inglise keeles) Ventilation system starters designs

## Lõputöö põhieesmärgid:

1. Vähendada sünkroonmootori otsekäivitusel teiste tarbijate pinget.
2. Vähendada sünkroonmootori töömähiste kulumist otsekäivitusel.

## Lõputöö etapid ja ajakava:

### Nr Ülesande kirjeldus Tähtaeg

1.	Sissejuhatus	19.03.21
2.	Patendiuuring	20.04.21
3.	Siduri arvutamine	25.04.21
4.	Raami arvutamine	29.04.21
5.	Jooniste ja tehnoloogilise osa koostamine	05.05.21
6.	Majandus osa koostamine	20.05.21
7.	Lõputöö vormistamine	20.05.21

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

**Üliõpilane:** Zoja Kolubai .....      ".....".....20.....a

/allkiri/

**Juhendaja:** Gennadi Arjassov.....      ".....".....20.....a.

/allkiri/

**Konsultant:** Evgeny Korchashkin /allkiri/ ..... kuupäev.....

**Programmijuht:** Veronika Shirokova /allkiri/ ..... kuupäev.....

# SISUKORD

1 EESSÕNA.....	6
2 SISSEJUHATUS.....	7
3 PATENDIUURING .....	8
Vahelduvvoolu mootori sujuvkäivitamise meetod[3] .....	8
Patendi leiutise kirjeldus[3] .....	8
Patendiuuringute kokkuvõte .....	12
4 PEAMINE OSA (ARVUTUSE OSA) .....	13
4.1 Siduri valik .....	13
4.2 Siduri arvutus [7] .....	15
4.3 Elektromagnetilise siduri kinnitus.....	16
4.4 Raami projekteerimine ja montaaž siduri ja elektrimootori kinnituse paigaldamiseks [8] .....	17
4.5 Siibri ja elektrimootori paigaldusraami arvutus [9].....	18
Koormuse määramine [9] .....	19
5 KOOSTAMISE TEHNOLOOGIA .....	25
5.1 Sagedusmuundur. ....	25
6 MAJANDUSOSA.....	27
KOKKUVÕTE .....	30
SUMMARY.....	31
LISAD .....	32
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	48

# 1 EESSÕNA

Töö teema on pakutud autori praktikajuhendaja poolt, praktika oli läbitud ettevõttes Enefit Solutions AS elektriseadmete montaaži ja remondi jaoskonnas.

Enefit Solutions AS (ES) on osa Eesi Energia AS (EE) kontsernist ning on usaldusväärne partner energeetika- ja tööstusettevõtetele, kes tegelevad erinevate tööstusseadmete projekteerimise ja tootmisega. Eesti Energia kontserni raames on ettevõtte elektrijaamade ja naftatöötlemistehaste tehnoloogiliste lahenduste peamine arendaja, tootja ja tarnija. [1]

Metallkonstruktsioonide, energia- ja tööstusseadmete tootjana ning varahaldurina pakub Enefit Solutions AS laia valikut keskkonnasõbralikke konkurentsivõimelisi tehnoloogilise disaini lahendusi energeetika- ja tööstussektorile. Toodab tooteid vastavalt kliendi soovidele ja nõuetele, projekteerides või töötades vastavalt kliendi joonistele. Pakub terviklikke lahendusi alates projekteerimisest kuni paigaldamise ja hoolduseni. Meeskond teeb ka suuremahulisi töid ja reageerib kiiresti hädaolukordadele [2]

ES koosneb kolmest divisioonist: Karjääritehnika holduse jaoskond, Automaatikaseadmete talitus, Tootmise ja montaaži divisjon. Automaatikaseadmete talituse koosseisu kuulub Elektripaigaldiste ja seadistuse jaoskond, mis tegeleb elektriseadmete remondi, hoolduse, rekonstrueerimise ja paigaldamisega. (Joonis 1.1). Elektriseadmete paigaldamise jaoskond tegeleb EE-kontserni elektriseadmete, elektrimootorite paigaldamise ja seadistamisega, samuti kaevandusseadmete juhtimissüsteemide väljatöötamisega. Jaoskonna juhtimisel kaasajastati Narva karjääri ja Estonia kaevanduse sammuvad ekskavaatorid ja kaevandusmasinad.



Joonis 1 Elektripaigaldiste ja seadistuse jaoskond

## 2 SISSEJUHATUS

Estonia kaevanduse allmaa ruumi õhutarne tagatakse nelja ventilatsiooniseadme abil. Iga õhuseade on varustatud 500kW 6kV sünkroonmootoriga. Ventilatsiooniseadmete elektritoide on tagatud maapealsete elektriliinide kaudu, mille pikkus on kuni 2km.

Ventilatsiooniseadme käivitusel töörotta suure massi tõttu kestab sünkroonmootori käivitamine umbes viis sekundit, enne kui mootor saavutab sünkroonkiiruse 600 p / min. Käivitamise ajal langeb toiteliini pinge 6kV-lt 2kV-le, mis toob kaasa teiste sellest liinist ühendatud elektritarbijate seiskamise, talitlushäired ja rikked. Kaevanduse elektrotehnilisest teenistusest esitati taotlus leidmaks võimaluse minimaalsete kuludega olukord parandada, ilma toiteliinide rekonstrueerimiseta ja toitetrafode võimsust suurendamata.

Kuna ES-I on 2MW võimsusega sammuva ekskavaatori ЭШ 20.90 sünkroonmootori kiirendamise väljatöötamise kogemus, pakuti sarnast lahendust.

Lõputöö eesmärk on ajakohastada Estonia kaevanduse ventilatsioonisüsteemi, et parandada sünkroonmootori käivitust.

Selle eesmärgi saavutamiseks lahendas projekti autor järgmised ülesanded:

- elektromagnetilise siduri arvutamine ja valimine,
- siduri ja elektrimootori kinnituse paigaldamiseks raami projekteerimine ja valmistamine,
- siduri ja elektrimootori kinnituse paigaldamiseks mõeldud raami arvutamine,
- monteerimise tehnoloogia,
- jooniste koostamine,
- majandusarvutus

Selle eesmärgi saavutamiseks rakendatakse sünkroonmootori esialgset kiirendust kuni sünkroonkiiruseni 600 rpm täiendava asünkroonmootori abil, mis on paigaldatud elektromagnetilise siduri kaudu sünkroonmootori võlli vabale otsale.

Asünkroonmootor võimsusega 250kW 0,690kV kiirendab sünkroonmootori kiiruseni 600 rpm kahe minuti jooksul, sagedusmuunduri abil, toiteliini nimikoormust ületamata.

Peale sünkroonmootori nimikiiruse saavutamist lülitatakse sagedusmuundur ja kiirendusmootor välja. Mille järel lülitatakse elektromagnetiline sidur lahti ja sünkroonmootor lülitatakse võrgupingele 6kV. Kiirendus on läbi, mootor töötab ja õhuvarustus kaevandusse on alanud.

## 3 PATENDIUURING

### Vahelduvvoolu mootori sujuvkäivitamise meetod[3]

Analüüsi vahelduvvoolumootori pehme käivitamise meetodeid. Meie probleemi jaoks on kõige sobivam leiutis kuulub elektrotehnika valdkonda ja seda saab kasutada nii sünkroonsete kui ka asünkroonsete elektrimootorite käivitamiseks. Tehniline tulemus on kasutatud sagedusmuunduri vajaliku võimsuse ja maksumuse vähendamine. Vahelduvvoolu mootori sujuvkäivitamise meetodil on elektrimootor ühendatud sagedusmuunduriga, elektrimootori sageduskäivitus toimub sagedusmuunduri väljundpinge ettemääratud sageduseni, mis on väiksem kui elektrimootori toiteallika nimipinge sageduse väärtus, mille järel elektrimootor eraldatakse määratud sagedusmuundurist ja ühendatakse otse elektrivõrku.

### Patendi leiutise kirjeldus[3]

Leiutis kuulub elektrotehnika valdkonda ja seda saab kasutada mitmesuguste mehhanismide nii sünkroon- kui ka asünkroonelektrimootorite sujuvkäivituseks.

Kaasaegsete elektrimootorite, nii asünkroonsete kui ka sünkroonsete puhul on domineeriv asünkroonne käivitus lühises oleva käivitusmähise abil.

Asünkroonse otsekäivitamise korral, s.t. koormuse all elektrimootori toitevõrguga otse ühendamise korral, on märkimisväärsed käivitusvoolud –  $5/8 I_{nom.}$  ja rohkem ( $I_{nom.}$  - mootori nimivool), mida hoitakse sellel tasemel kuni 80-90%  $n_{nom}$  ( $n_{nom}$  - mootori nimipöörlemiskiirus), mille järel nad vähenevad.

Need käivitamise alguses puhtalt reaktiivsed voolud tekitavad toiteallika ahelates märkimisväärsed pingelangusi ning elektrimootorite mähistes ja voolu juhtivates kaablites märkimisväärsed elektrodünaamilisi jõude, mis viib nende kulumiseni ja lõppkokkuvõttes rikete tekkimiseni.

Lisaks on paljude sünkroonsete elektrimootorite jaoks kriitiline soojuse tekitamine käivitusmähises, mis stardi lõpuks peaaegu ei toimi.

Seoses sellega on mähise mõõtmed optimeeritud, nimelt valitakse võrgust otsekäivitamise korral mähise parameetrid nii, et käivitamise lõpus oleks juhtistiku



temperatuur piisavalt lähedal nende juhustike ja nendega kokkupuutuvate materjalide maksimaalsele lubatud väärtusele.

Kuna elektrimootorite otsekäivitusega kaasnevad suured voolud ja keerulised temperatuuri tingimused käivitusmähisele, on keskmise ja suure võimsusega elektrimootorite otseste käivituste arv minimeeritud tehniliste tingimustega suurusjärgus 100/200 aastas.

Kuid tegelikud töötingimused, energiasäästunõuded (näiteks pumpade kasutamine öisel ajal elektri eest tasumiseks öise tariifi alusel) nõuavad mõõtmalt suuremat manööverdusvõimet ja eelkõige elektrimootorite käivitamiste arvu piirangute kaotamist, sealhulgas ka suure võimsusega mootoritel.

Seetõttu kasutatakse elektrimootorite otsekäivituse asemel nn sujuvkäivitust, mis tähendab, et elektrimootori mähistele rakendatakse sõltumatu toitepinge, mille parameetrid (keskmine väärtus) ja / või amplituud ja / või sagedus ja / või faas ja / või vorm) erinevad kolmefaasilise toitevõrgu pingeparameetritest ja "keerutavad" elektrimootori nimikiirusele, samas jälgides, et vool ei ületa etteantud väärtust, misjärel elektrimootor ühendatakse otse kolmefaasilise toitevõrguga ja sõltumatu toitepinge allikas šunteeritakse või ühendatakse lahti.

Üks sujuvkäivitus meetoditest on niinimetatud "sagedusekäivitus", mis seisneb selles, et elektrimootori toide tuleb kõigepealt sagedusmuundurile, mille väljundpinge sagedus muudetakse nullist kuni toiteallika võrgusageduseni.

Kusjuures, kui sagedusmuunduri väljundis olev sagedus jõuab võrgusageduse väärtuseni, lülitatakse muundur välja ja mootor ühendatakse võrguga. Sageli, üleminekuprotsessi voolutõuke vältimiseks, faseeritakse sagedusmuundur võrguga enne väljalülitamist.

Sageduskäivituse korral väheneb elektrimootori mähistes tekkiva soojuse kogus võrreldes otsekäivitusega peaaegu suurusjärgu võrra.

Sellise käivituse läbiviimiseks aga on vaja võrgutoitel ja vastava võimsusega sagedusmuundurit, mis tagaks kogu käivituse jooksul pöördemomendi, mis võrdub staatilise ja vajaliku dünaamilise (tagades nõutava kiirenduse) momentide summaga ülemineku protsessi igas punktis.

Selleks vajalike sagedusmuundurite maksumus on praktiliselt võrdne sagedusmuundurite maksumusega mootori töötamisel kiiruse reguleerimiseks.

Tavaliselt peetakse seda sujuvkäivituste jaoks liiga suureks. Ehkki mõnel, eriti kriitilisel juhul, näiteks gaasijuhtmete turbomootorite puhul, kasutatakse ka sellist lahendust.

Käesoleva leiutise aluseks on ülesanne luua vahelduvvoolumootorite sageduskäivituse meetod, millel oleks kõik tuntud meetodi eelised ja samal ajal kasutataks vähendatud võimsusega sagedusmuundurit võrreldes ülalkirjeldatud võimsusega, mille pinge oleks madalam ja vastavalt madalam hind.

Püstitatud ülesanne lahendatakse nii, et vahelduvvoolumootori sujuvkäivituseks tuntud meetodis, milles elektrimootor on ühendatud sagedusmuunduriga, viiakse elektrimootori sageduskäivitus läbi sagedusmuunduri ettemääratud sagedusega väljundpingeni, mille järel elektrimootor eraldatakse sagedusmuundurist ja ühendatakse otse elektrivõrku, on tehtud parandus selles osas, et väljundpinge sageduse ettemääratud väärtus on väiksem kui mootori nimisagedus.

Kiirendusetapp toitel sagedusmuundurist lõpeb sellise kiirusega, mille juures elektrimootori käivitusmomendi väärtus vastavalt asünkroonse käivituse omadusjoonele muutub piisavaks, et etteantud takistusmomendi väärtuste juures edukalt lõpetada käivitusprotsess sellest sagedusest kuni  $n_{nom}$  vooluvõrgust toites.

On teada, et sagedusmuunduri maksumus sõltub oluliselt selle väljundis olevast pingest, mis samal võimsusel sõltub selle maksimaalsest sagedusest. Kuna väidetavas meetodis kasutatud sagedusmuunduri maksimaalne sagedus on väiksem kui nimitoitesagedus, võib selle muunduri pinge olla väiksem kui toitepinge, mis vähendab oluliselt tehnilisi nõudeid sagedusmuundurile ja vastavalt ka selle maksumust.

Sellise muunduri nõutav koguvõimsus, mis peab töötama mõned sekundid, võib olla mitu korda väiksem kui käivitatava elektrimootori võimsus.

Seega sobib antud meetod nii sünkroon- kui ka asünkroon vahelduvvoolu mootori sujuvkäivituseks, tagades käivituse esimeses osas - kui toide toimub läbi sagedusmuunduri - käivitusvoolu madala kordsuse, kasutades sagedusmuundurit millel on toitevõrguga võrreldes madalam pinge ja vastavalt madalam hind.

Eelistatavalt peab väljundpinge sageduse ettemääratud väärtus olema väiksem kui 80% mootori toite nimisagedusest.

Kavandatava meetodi edasine arendus on see, et enne elektrivõrguga otsest ühendamist ühendatakse elektrimootor reaktorite kaudu elektrivõrguga ajaks, mille jooksul mootori pöörlemiskiirus saavutab nimiväärtuse.

Reaktorid piiravad käivitusvooluvoolu käivituse lõpus väärtuseni, mis on aktsepteeritav nii mootori kui ka toitevõrgu jaoks. Erinevalt tavapärasest reaktorkäivitusest, kui pingelang reaktoril peaks olema vähemalt 70% toitepingest, on antud meetodis, s.o. reaktorite ühendamisel, kui näiteks mootor on juba viidud pöörlemiskiirusele alla 80% nimiväärtusest, väheneb nõutav pingelang kogu reaktoris mitmekordselt ja elektrimootorile rakendatav pinge vastavalt suureneb.

Ja kiirenduse edenedes läheneb see pinge toitevõrgu pingele ja kiirenduse lõpus on selle pingega praktiliselt võrdne, kuna mootori suhteliselt väike reaktiivvool, mis on saavutanud nimikiiruse, tekitab reaktori väikesel induktiivsusel tähtsusetu pingelanguse. Seetõttu pikeneb kiirendusaeg võrreldes otsekäivitusega väga vähe, näiteks 10–20%, ja seetõttu ka mootori mähistes vabaneva soojuse hulk selles kiirenduse etapis suureneb ebaoluliselt.

Selle tulemusena mootori soojuse eraldumise mitmekordse vähenemise tõttu kiirenduse esimesel etapil toimub mootori käivitus üldjuhul mitte ainult võrgust tarbitava ja elektrimootorit läbiva voolu piirang nõutava väärtuseni, kuid ka mähiste kuumenemise olulise vähenemisega võrreldes otsekäivitusega.

Leiutise täiustatud teostuses, sagedusmuunduri ja mootori voolutõuge eest kaitsmisel sagedusmuunduri väljalülimisel, enne sagedusmuunduri lahtiühendamist selle abiga vähendatakse mootori mähiste kaudu voolu nullini, mis see tähendab, et sagedusmuundur "lukustatakse". Sellisel juhul pöörleb elektrimootor teatud, väga lühikese aja jooksul aeglustusega, mida mõnel juhul tuleb arvestada sagedusmuunduri väljalülitamiseks seatud sageduse seadistamisel.

Nõudlusaluse leiutise ühes konkreetses teostuses mõõdetakse sagedusmuunduri väljundpinge sagedust ja mootorit lülitus teostatakse siis, kui väljundpinge sageduse mõõdetud väärtus saavutab etteantud väärtuse.

Alternatiivina eelmisele teostusele mõõdetakse elektrimootori pöörlemiskiirus ja lahutatakse mootor sagedusmuundurist, kui pöörlemiskiiruse mõõdetud väärtus saavutab väljundpinge sageduse ettemääratud väärtusele vastava väärtuse.

Mõlemad võimalused võimaldavad elektrimootori sisselülitamise hetke kindlaks määrata lihtsal viisil.

### **Patendiuringute kokkuvõte**

Eespool kirjeldatud patendiuringute põhjal on töö autor välja töötanud sünkroonmootori ja kiirendusmootori ühendamise elektromagnetilise siduri abil. Kuna kirjeldust pole seda tüüpi patenteeritud disainilahenduste kirjandusest leitud, kasutas projekti autor ES-i inseneride kogemusi ja töid sammuvate ekskavaatorite sünkroonmootorite kiirendamiseks.

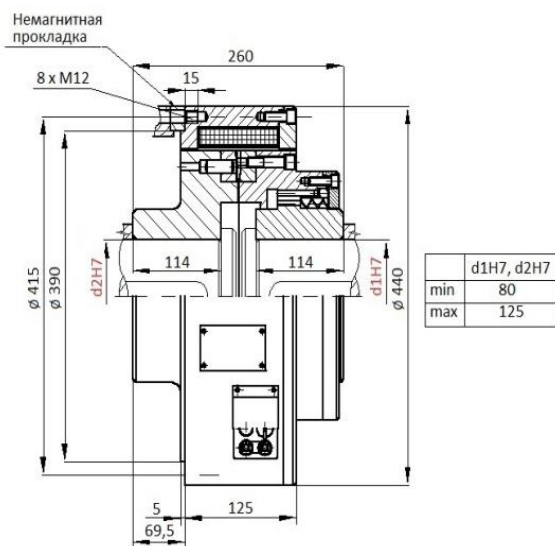
## 4 PEAMINE OSA (ARVUTUSE OSA)

### 4.1 Siduri valik

Arendajatele tehti ülesandeks kiirenduse ajal kiirendusmootori ühendamise ja töötamise ajal sünkroonmootori võrgust lahtiühendamise, et

- pikendada kiirendus mootori kasutusiga teenindusperioodide vahel
- ühendamata elektrimootori pöörlemiseks vajalike kulutusi vähendada.

Peale erinevate ettepanekute uurimist otsustati kasutada sidurit EZA 630 [4] (Joonis 4.1;4.2).



Joonis 4.1 sidur EZA 630 [4]



Siduripooli paigaldamine kiirendusmootoritele ja sünkroonmootoritele ning lukustusseibidega libisemise vastu kindlustamine. Siduripooli üle keeramise vältimiseks paigaldatakse siduripoolid sulundisoonele tüübliga.



Joonis 4.2 sidur EZA 630 [4]

Elektromagnetiliste sidurite tootjate kataloogide uurimisel selgus, et kõige paremini sobib hinna ja kvaliteedi suhtes Tšehhi tootja sidur (Joonis 4.4)

## Clutch EZA

 <p><b>PSP Pohony a.s.</b> Kojetinská 3148/73d 750 02 Přerov I-Město Czech Republic</p>	 <p>CORP. ID: 47674784 VAT ID: CZ47674784</p>	<p><b>QUOTATION No.:</b> <b>ZZ-2000922</b></p>
		<p>Customer: <b>Enefit Kaevandused AS</b> CORP. ID: 11116327 VAT ID: EE100366327 Jaama 10 41533 Johvi Estonia</p>

Joonis 4.3 [5]

Size	25	100	160	250	400	630	1000
Main Technical Data							
Nominal torque (Nm)	250	1000	1600	2500	4000	6300	10000
Max. speed (rpm)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Voltage (V)	24	110	110	110	110	110	110
Current (A)	3,49	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Output (W)	83,8	165	198	198	198	198	198
Max. axial clearance of conn. parts	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5
Required shaft alignment (mm)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Weight (kg)	24	43	57	77	103	158	239
Dimensions (mm)							
D	210	290	306	342	376	440	496
Dt	197	276	290	320	355	415	465
Dpk6	180	240	265	300	325	390	430
L max.	145	165	185	200	220	260	280
L1	3	4	4	4	5	5	5
J	60	70	77	85	95	114	123
K	60	72	75	85	95	114	123
d H13 prebore	30	40	50	60	70	80	90
d1H7, d2H7 max.	50	75	90	100	110	125	140
Numer of pcs x O	4xM8	4xM10	8xM10	8xM10	8xM12	8xM12	8xM12
P	12	12	12	12	15	15	16
L4	72	81	96	118	114	125	159
L5	30	43	46,5	43	57	69,5	64,5

Joonis 4.4 sidur EZA 630 [6]

## 4.2 Siduri arvutus [7]

Ajamimootorina on ventilatsiooniseadmes kasutatud sünkroonmootorit CД3 -11-10Y2.

Mootori tehnilised andmed.

$P = 400$  kW (võimsus)

$U = 6$  kV (toitevõrgu pinge)

$n = 600$  rpm (mootori võlli pöörlemissagedus)

Võimsus

$$P = M \cdot \omega \quad (1)$$

$\omega = \pi \cdot n / 30$  –nurkkiirus.

Siis pöördemoment  $M$  vastavalt valemile (1) tuleb

$$M = P / \omega = P \cdot 30 / \pi \cdot n \Rightarrow M = 400 \cdot 10^3 \cdot 30 / (\pi \cdot 600) \approx 6369 \text{ Nm},$$

kus  $P = 400$  kW— mootori võimsus kilovattides (kW)

Praktikas valitakse standardsed ja normaliseeritud sidurid kataloogidest sõltuvalt ühendatavate võllide läbimõõdust ja arvutatud pöördemomendist  $M_p$  vastavalt tingimustele:

$$M_p = KM \leq MH, \quad (2)$$

kus  $K$  — ülekoormuse koefitsient, mis arvestab töö režiimi ja konstruktsiooni vastutust;

$M$  -on suurim pikaajaline pöördemoment;

$M_n$  on kataloogis täpsustatud nominaalne pöördemoment.

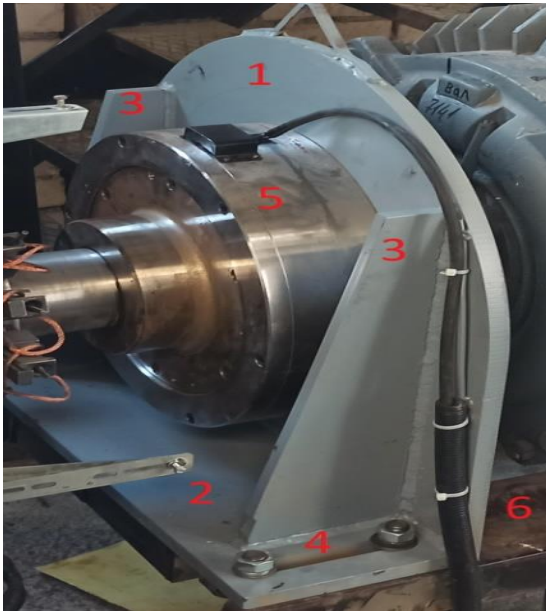
Elektrimootori ajamite jaoks võib võtta: püsikoormusel  $K = 1,0 \dots 1,5$ ; muutuva koormuse korral  $K = 1,5 \dots 2$ ; löök- ja reversiivse koormusega  $K = 2,5 \dots 3$  ja rohkem. Hõõrdsidurite korral lisatakse ülekoormusteguri asemel haardumise varutegur  $k = 1,25 \dots 1,5$ .

Kuna meil on püsikoormus - ventilatsiooniseade ja tööaeg on 3 minutit tunnis.

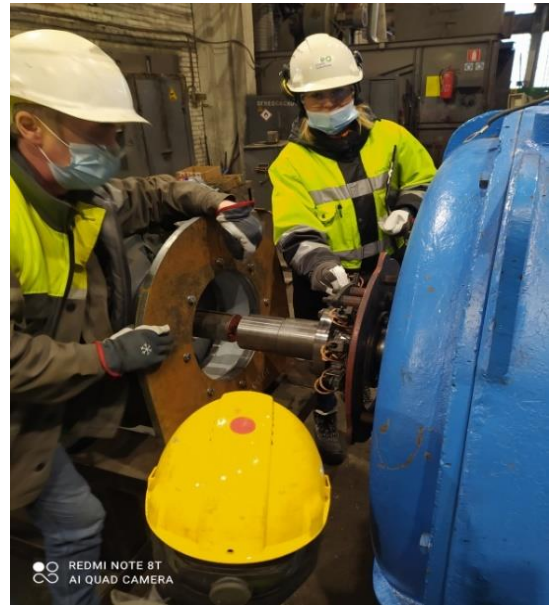
Valime ülekoormusteguri  $K_p = 1,0$

Järelikult, peab sidur edastama pöördemomenti vähemalt  $M_p = 6369$  Nm

### 4.3 Elektromagnetilise siduri kinnitus (Joonis 4.5)



Joonis 4.5 Elektromagnetilise siduri kinnitus



Joonis 4.6. Montaaži eelkomplekt

Elektromagnetilise siduri hoidik (2) koosneb neljast omavahel ühendatud osast. Kõik elemendid on valmistatud 3. klassi terasest paksusega ( $t=20\text{ mm}$ ) ja kokkukeevitatud poolautomaatse keevitamise teel [8].



Joonis 4.7

- elektromagnetiline sidur EZA 630 (5) [4].
- paigaldusraam (6)
- põhiplaat (1), mis on ette nähtud elektromagnetilise siduri (1) kinnitamiseks
- lisaplaat (2), mis on ette nähtud paigaldusraami (6) külge kinnitamiseks
- tõukenõlvad, mis on kavandatud selle konstruktsiooni (3) omavahel ühendatud elementide (1) ja (2) jäikuse tugevdamiseks
- avad raami külge kinnitamiseks (4) (Joonis 4.5)



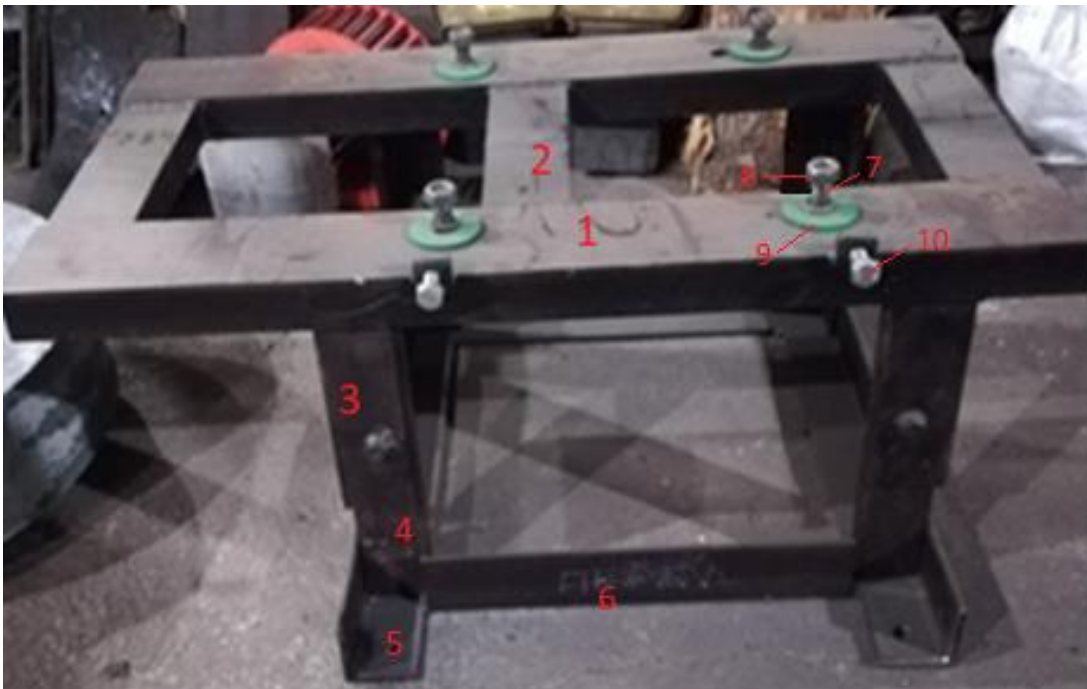
#### 4.4 Raami projekteerimine ja montaaž siduri ja elektrimootori kinnituse paigaldamiseks [8]

Elektrimootori ja elektromagnetilise siduri paigaldamiseks töötati välja ja toodeti erikonstruktsioon - paigaldusraam. (Joonis 4.8) See konstruktsioon kujutab endast paigalduslauda, mis on keevitatud kanalitest UPE 160mm S355J2, UPE 120mm S235J2 Nurk L 100 x100mm x8 S235JR,

Ülemine paigalduslaud on mõeldud elektrimootori ja elektromagnetilise siduri paigaldamiseks ja kinnitamiseks. Elektrimootor on paigaldatud neljale M24 poldile (7), mis on ette nähtud elektrimootori põhikinnituseks, ja neljale M20 tsentripoltile (10), mis on keevitatud ülemise raami servade külge.

Ülemine kinnituslaud on paigaldatud neljale postile (3), mis on valmistatud 100x100x8 S235JR nurgast, teleskoopkonstruktsiooni põhimõttel kinnituspoltidega, mis on ette nähtud mootori kõrguse tsentreerimiseks ja alumise kinnitusraami külge kinnitamiseks (4,5,6).

Alumine paigaldusraam (4,5,6) on valmistatud nurgast 100x100x8 S235JR ja on mõeldud kogu konstruktsiooni kinnitamiseks põranda külge. (Joonis 4.9;4,10)

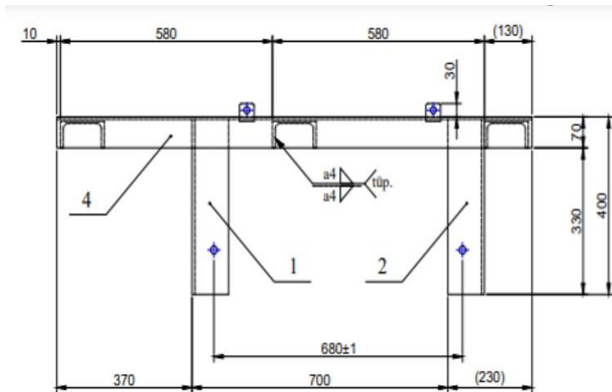


Joonis 4.8 Raam

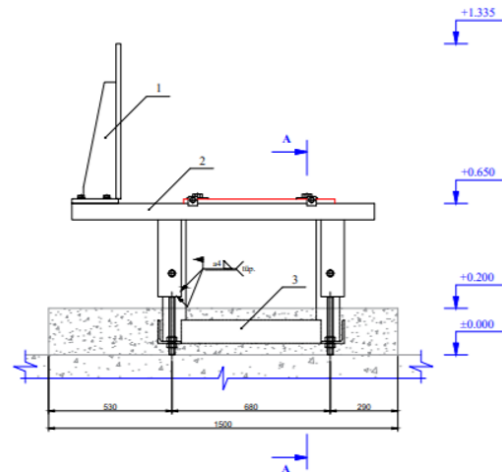
## 4.5 Siibri ja elektrimootori paigaldusraami arvutus [9]

Tugevuse tingimuste põhjal tugevuse arvutamisel valime sellised kanalid ja määrame ristlõike suuruse (Joonis 4.11).

### Raami arvutus



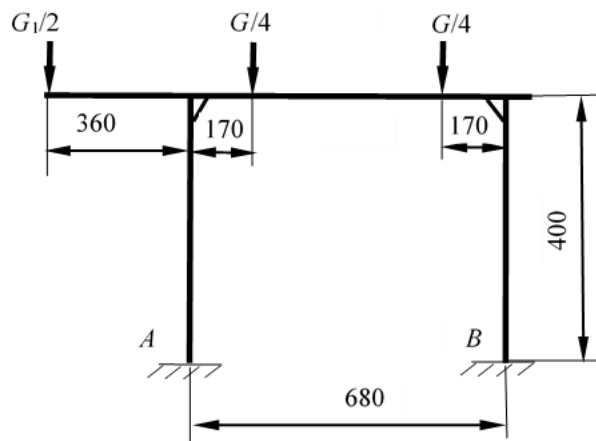
Joonis 4.9 raam



Joonis 4.10 raam

Ruumilise raami arvutamiseks tuleb asendada see tasapinnalise raamiga (ühes tasapinnas, Joonis 4.11)

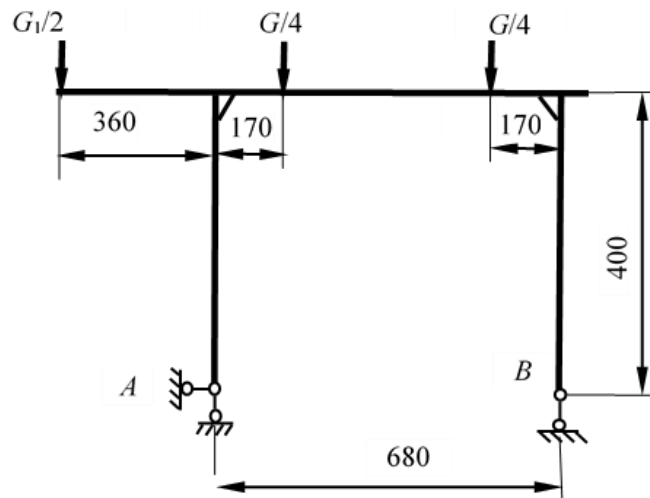
Koormus on sümmeetriline kahe ülemise horisontaalse tala (1) (pöiktala) suhtes (vaata Joonis 4.8). Ühte neist võime pidada tasapinnaliseks struktuuriks (Joonis 4.11).



Joonis 4.11 Staatikaga määramatu tasapinnaline raam

Staatikaga määramatu raami ristlõike mõõtmete esialgseks määramiseks vertikaalkoormuse puhul kasutatakse vahel üsna lihtsat võtet, mis seisneb selles, et staatikaga määramatu raami vaadeldakse staatikaga määratava konstruktsiooniga, mis on koormatud samasuguse koormusega (Joonis 4.11a) [9,11,12].

Postid (4) (vaata Joonis 4.8) on kinnitatud betooni - see on jäik kinnitus. Sel juhul saame staatiliselt määratu konstruktsiooni, seetõttu arvutuse lihtsustamiseks arvestame jäika kinnitust kui liigendtuge (Joonis 4.11a), mis läheb tugevusvarusse.



Joonis 4.11a Staatikaga määratav tasapinnaline raam

### Koormuse määramine [9]

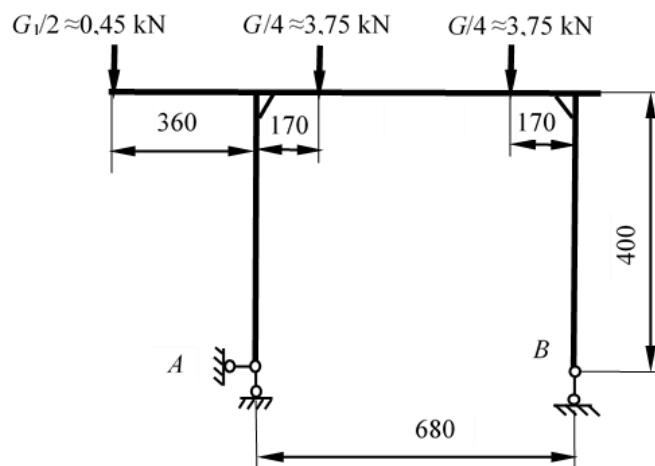
Arvestades, et elektrimootori mass  $m=1500$  kg [5], siis tema kaal tuleb

$$G=m \cdot g=1500 \cdot 9,81 \approx 15000 \text{ N} \approx 15 \text{ kN} \quad (3)$$

kus  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  – raskuskiirendus.

Siduri kinnituse mass  $m_1=91$  kg [5], siis tema kaal tuleb

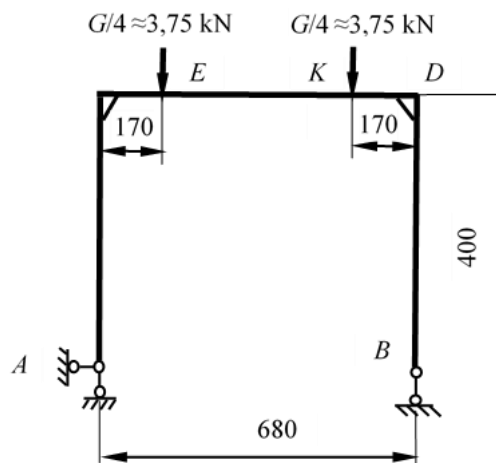
$$G_1=m \cdot g = 91 \cdot 9,81 \approx 900 \text{ N} \approx 0,9 \text{ kN} \quad (4)$$



Joonis 4.12 Staatikaga määratav tasapinnaline raam

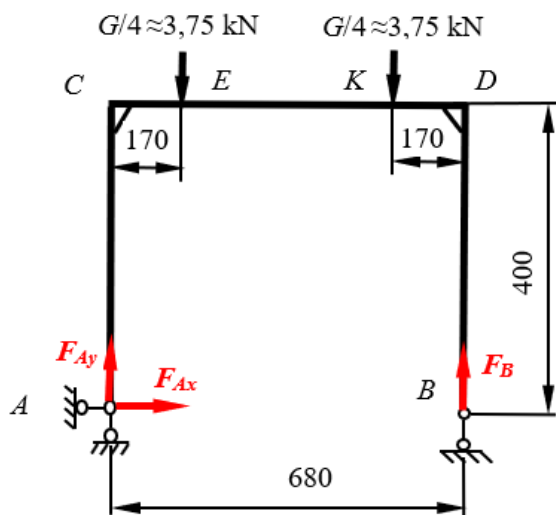
Võrreldes elektrimootori kinnituse koormusega, mis on  $G=15$  kN on siduri kinnituse koormus  $G_1=0,9$  kN väike (16 korda väiksem), seepärast võib seda mitte arvestada.

Siis on lihtsustatud arvestuskeem tuleb (Joonis 4.12a)



Joonis 4.12a Lihtsustatud staatikaga määratav tasapinnaline raam

Tugevusarvutuseks määrame tugede reaktsioonid  $F_{AY}$ ,  $F_{AX}$ ,  $F_B$  (Joonis 4.13)



Joonis 4.13 Arvutuskeem toereaktsioonide määrmiseks

Reaktsiooni leidmiseks koostame tasakaalu võrrandid (Joonis 4,13).

Saame, et

$$F_{AX} = 0,$$

Reaktsioonid  $F_{AY}$ ,  $F_B$ , arvestades, et vertikaalkoormus on tugede suhtes sümmeetriline, tulevad

$$F_{AY} = F_B = \left(\frac{G}{4} + \frac{G}{4}\right)/2 = \frac{G}{4} = \frac{15}{4} = 3,75 \text{ kN} \quad (5)$$

Koostame sisejõude epüürid:

$N$  - pikijõud,

$Q$  – põikjõud,

$M$  – paindemoment,

1. Pikijõudude määramine  $N$  (Joonis 4.12)

Arvutuskeemilt (Joonis 4.12) näeme, et toed AC ja BD töötavad kokkusurumisele,

$$N_{AC} = -F_{Ay} = -3,5 \text{ kN}$$

$$N_{BD} = -F_B = -3,75 \text{ kN}$$

Horisontaalne varras CD töötab ainult paindele, seega pikisuunaline jõud  $N_{CD} = 0$

2 Põikjõudude  $Q$  ja paindemomentide  $M$  määramine

Nende määramiseks kasutame lõike meetodit:

Sellest järeldub, et  $Q$  põikjõud on võrdne lõike ühel pool paiknevate kõigi väliste jõudude projektsiooni summaga teljele, mis on risti vaadeldava lõikega.

Paindemoment  $M$  on võrdne lõike ühel pool paiknevate kõigi väliste jõudude momentide summaga antud lõike suhtes.

Määrame nende väärtused iga lõigu äärepunktides (lõigetes).

piirkond AC

$$(\cdot) A \quad Q=0 = \text{const piirkonnas AC}$$

$$M=F_{ay} \cdot 0=0$$

$$(\cdot) C \quad Q=0$$

$$M=F_{Ay} \cdot 0 \quad M=0$$

piirkond CE

$$(\cdot) C \text{ (enne)} \quad Q=F_{Ay}=3,75 \text{ kN -const piirkonnas CE}$$

PS! Aktsepteeritud, et kellaosuti suunas liikudes on  $Q$  positiivne.

$$M=0$$

$$(\cdot) E \text{ (enne)} \quad Q=F_{Ay}=3,75 \text{ kN}$$

$$M=F_{Ay} \cdot CE=3,75 \cdot 0,17 \approx 0,64 \text{ kNm} \Rightarrow \quad (6)$$

PS! On aktsepteeritud, et alumised kiud on venitatud kumerusega alla suunas, loeme seda positiivseks.

piirkond EK

$$(\cdot) E \text{ (pärast)} \quad Q=F_{Ay} - G/4=3,75-3,75=0 \text{ const piirkonnas EK} \quad (7)$$

$$M \approx 0,64 \text{ kNm}$$

(·)  $K(\text{enne}) \quad Q=0$   
 $M=F_{AY} \cdot (CK-G/4) \cdot EK=3,75 \cdot (0,68-0,17) \cdot 0,34=0,65 \text{ kNm} \quad (8)$

piirkond  $KD$

(·)  $K(\text{pärast}) \quad Q=F_{AY}-G/4-G/4=3,75-3,75=-3,75 \text{ kN} = \text{const piirkonnas } KD \quad (9)$   
 $M \approx 0,64 \text{ kNm}$

(·)  $D(\text{enne}) \quad Q=-3,75 \text{ kN}$   
 $M=F_{AY} \cdot CD-G/4 \cdot ED-G/4 \cdot KD=3,75 \cdot 0,85-3,75 \cdot 0,68-3,75 \cdot 0,17=0 \text{ kN} \quad (10)$

Kontroll

piirkond  $BD$  (liigume paremalt)

(·)  $B \quad Q=0 = \text{const piirkonnas } BD$

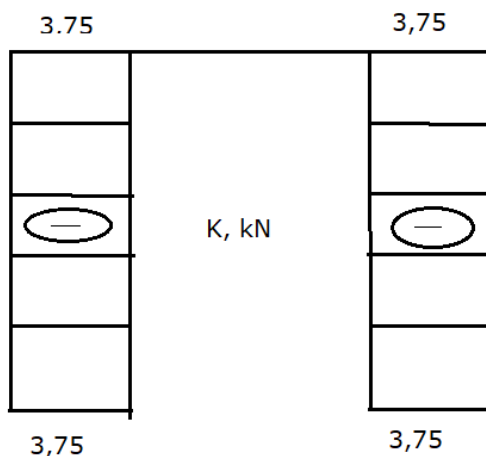
$$M=F_B \cdot 0=0$$

(·)  $D \quad M=F_B \cdot 0=0$

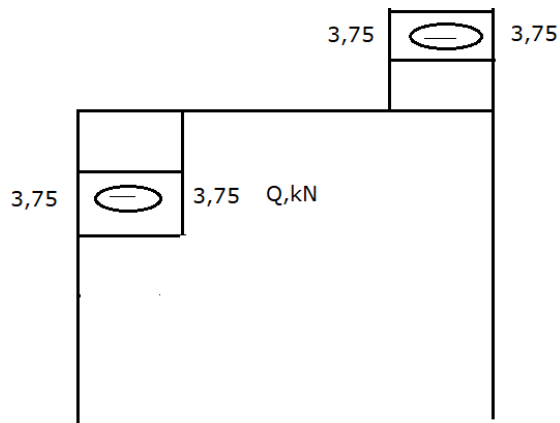
Paindemomendi (lõike) väärtus langeb kokku paindemomendi väärtusega, kui liikusime vasakult.

Arvestades, et ülemiste horisontaalsete talade ristlõiked on nõrgendatud elektrimootori kinnitamiseks mõeldud poltühenduste aukudega, on karpterase ristlõike mõõtmeid võimalik suurendada kuni UPE 160mm, nagu juba tegelikuses tehtud.

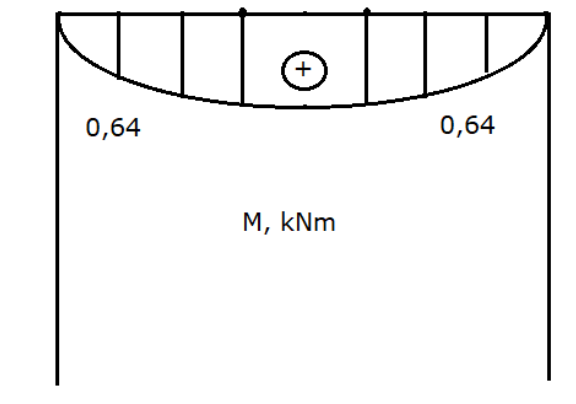
Leitud väärtuste abil koostame epüürid.



Joonis 4.14 epüür N



Joonis 4.15 epüür Q



Joonis 4.16 epüür M

Konstrueeritud epüüride alusel määrame lõike mõõdud.

$$\sigma_{max} = \frac{|M_{min}|}{W_{min}} \leq [\sigma], \quad (11)$$

kus  $W_{min}$  – telgvastupanumoment (tugevusmoment),

$$[\sigma] = \frac{R_{EH}}{S} - \text{lubatud pinge}, \quad (12)$$

kus  $R_{EH} = 235 \text{ MPa}$  [13] – voolavuspiir,

$$S = 1,5 \dots 2,5(3) - \text{varutegur [9], võtame, et } S = 3. \quad (13)$$

Siis lubatud pinge on

$$[\sigma] = \frac{235}{3} \approx 78 \text{ MPa}$$

$M_{max} = 0,64 \text{ kNm}$  – maksimaalne paindemoment (Joonis 4.16).

Siis vastavalt tugevustingimusele (vt. Valemit (12)), minumaalne telgvastupanumoment (tugevusmoment)  $W_{min}$  tuleb

$$w_{min} \geq \frac{|M_{max}|}{[\sigma]} \geq \frac{0,64 \cdot 10^3}{78 \cdot 10^6} = 0,0000082 \cdot 10^{-3} m^3 \geq 8,2 \text{ cm}^3, \quad (14)$$

Standardile vastab UPE120, arvestades, et meil on poltide jaoks, mille külge elektrimootor on kinnitatud, puuritud nõrgendavad avad, seega valime UPE160. See loob tugevusvaru.

Postid töötavad ainult survele, siis tugevustingimus on

$$\sigma_{max} = \frac{|N_{max}|}{A} \leq [\sigma] \quad (15)$$

$$[\sigma] = \frac{R_{EH}}{S} - \text{lubatud pinge}, \quad (16)$$

kus  $R_{EH} = 235 \text{ MPa}$  [13] – voolavuspiir,

$$S = 1,5 \dots 2,5(3) - \text{varutegur [9], võtame, et } S = 3. \quad (17)$$

Siis lubatud pinge on

$$[\sigma] = \frac{235}{3} \approx 78 \text{ MPa}$$

Kust posti ristlõike pindala  $A$  tuleb

$$A > \frac{|N_{max}|}{\sigma} > \frac{|-3,75 \cdot 10^3|}{78 \cdot 10^6} > 0,0000481 m^2 > 0,481 cm^2. \quad (19)$$



## **5 KOOSTAMISE TEHNOLOOGIA**

Ülemise paigaldusraami montaaži elemendid: (Joonis 5.6):

1 - pikisuunaline ülemine karpteras - 2 tk.

2 - põikisuunaline ülemine karpteras - 3tk

3 – ülemised vertikaalsed postid - 4tk

7 - poldid mootori kinnitamiseks - 4tk

8 - mutrid mootori kinnitamiseks - 4tk

9 - vibratsiooniseib - 4tk

10 - poldid tsentreerimiseks - 4tk

Alumise paigaldusraami monteerimiselemendid:

4 - alumised vertikaalsed postid 4 - tk

5 - pikinurgik - 2tk

6 - ristnurgik - 2tk

Raami kokkupanek ja keevitamine:

Avad elementidesse 1.5 on tehudi jooniste alusel.

Ülemise raami 1,2,3 elemendid on paigutatud ja jaotatud keevituslaual vastavalt joonisele ja kokku keevitatud poolautomaatse keevitamise teel.

Alumise raami 4,5,6 elemendid on paigutatud ja jaotatud keevituslaual vastavalt joonisele ja kokku keevitatud poolautomaatse keevitamise teel.

Seejärel pandi raami ülemine ja alumine osa kokku.

Seejärel kutsuti kvaliteedikontrolli osakond, tehti mõõtmete kontroll, vormistati vastuvõtutuakt ja saadeti värvimisele.

Siduri kinnitus:

Siduri kinnitus on lõigatud plasma lõikamismasinal. Puurmasinaga puuriti avad poltide jaoks. Teostati montaaž ja keevitamine. Kutsuti ka kvaliteedikontrolli osakond, viidi läbi mõõtmete kontroll, vormistati vastuvõtutunnistus ja saadeti värvimisele.

### **5.1 Sagedusmuundur.**

Sagedusmuundur on mõeldud mootori võlli pöörlemiskiiruse sujuvaks reguleerimiseks, muutes elektrimootori mähiste toitepinge sagedust.

Antud juhul on mootor võimsusega 250 kW, toitepingega 690 V ja nimivooluga 253A. Valime kataloogist ABB sagedusmuunduri. Tehniliste parameetrite poolest sobib sagedusmuundur ACS 880-07-0271A-7. Muundurikapp 07, nimivooluga 271A ja lubatud toitepingega 700V. [14]

## 6 MAJANDUSOSA

Lõputöö selles osas näidatakse projekti maksumust. On arvestatud raami valmistamiseks vajalike materjalide ostukulusid, tööjõukulusid (projekteerimine, raami kokkupanek- keevitamine, paigaldamine, betoneerimine, ühendamine ja kasutuselevõtt), kiirendava elektrimootori ja elektromagnetilisesiduri hinda (vt tabel 1, 2, 3). Töötasu arvutatakse eelnevalt arvutatud normide alusel. Edasi koostatakse hinnapakkumine ettevõtte kirjaplangil (vt tabel 2.3) ja saadetakse Tellijale. Pärast seda, kui Tellija on pakkumise kinnitanud, töödeldakse tellimust. Programmis "IFS" avatakse tellimus ja selle detaili valmistamise etapp edastatakse. Tellimuse number ja lepingu number sisestatakse programmi. Samuti sisestatakse kogu selle tellimusega seotud vajalik teabe. Materjali tellimine toimub ka selle programmi kaudu.

Projekti maksumus tuli umbes 40 000 eurot. Ventilatsioonisüsteemi käivitamise katsete käigus saadi selle süsteemi töö positiivsed tulemused. käivitamisel ei olnud teistes süsteemides kokkujooksmisi. Tellija hindas testitulemusi kõrgelt ja sõlmis kuni 2023. aastani lepingu selle süsteemi tootmiseks ja paigaldamiseks koguses 3 tükki. Võib eeldada, et see projekt sobib tulevikus rakendamiseks.

Taabel 1 Materjalide loetelu [5]

№ Pos.	Materiali nimetus	Kogus, tk	Ед.изм	Arv, tk	hind, tk	Kokku hind EUR
1	Karpteras UPE 160mm S355J2	2	kg	1400	8,4	16,8
2	Karpteras UNP 100mm S235J2	3	kg	350	4,2	8,4
3	Nurk 80x80x8 S235JR	8	kg	400	3,1	24,8
4	Tsingitud polt M24x100	4	tk	-	1,5	6
5	Tsingitud polt M16x80	4	tk	-	1,1	4,4
6	Tsingitud seib M24 Zn	4	tk	-	0,1	0,4
7	Vibratsiooni seib M24 80x5	4	tk	-	4,2	16,8
8	Elektrood Omnia 3.2x450	3	kg	-	3,6	7,2
	Распиловка сборка, сварочные работы.	24	ч.ч		18,4	441,6
	<b>Kokku</b>					526,4

Tööde hinnapakkumine Enefit Solutions AS poolt:

Taabel 2 Tööjõukulud [5]

Nr1	Kirjeldus	Hind €
1.1	Kiirendussüsteemi ja ühendussõlmede projekteerimine.	1256,00
1.2	Juhtimiskapi kokkupanek sünkroonmootori kiirendamiseks ja käivitamiseks	1193,20
1.3	Kiirendava mootori kinnitusplatvormi valmistamine	1004,80
1.4	Kiirendusmootori platvormi paigaldamine ja mootori paigaldus, joondamine	2260,80
1.5	Sünkroonmootori võlli valmistamine ja vahetamine	2512,00
1.6	Mootori lahti monteerimine siduripooli paigaldus, tasakaalustamine	1256,00
1.7	Elektromagnetilise siduri kinnituse valmistamine ja paigaldus	973,40
1.8	Sünkroonmootori ergutusvoolukollektori paigaldamine ja kohandamine	879,20
1.9	Toitekaablite paigaldamine	628,60
	Seadistus ja käivitusega seotud tööd	753,60
	<b>Tööde maksumus:</b>	<b>12717,00</b>

Taabel 3 Materjalid [5]

Nr2	Nimetus	Ühik	Kogus	Hind,€	Maksumus, €
2.1	Sagedusmuundur ACS880 250 kW	kpl	1	15152,00	15152,00
2.2	Elektromagnetiline sidur EZA 630	tk	1	5000,00	5000,00
2.3	Kaablitooted H07 1G120m2, kaitsekõri	tk	150	24,1	3615,00
2.4	Kiirenduse juhtimiskapi automatiseerimine	tk	1	1240,00	1240,00
2.5	Muundur siduri juhtimiseks 110 V	kpl	1	720,00	720,00
2.6	Mootori ja siduripoolide kinnituste valmistamiseks mõeldud metall	kpl	1	780,00	280,00
2.7	Mootori võlli tühi- ja kuumtöötlus	kpl	1	680,00	680,00
2.8	Lisamaterjalid: otsikud, juhe .	kpl	1	180,00	180,00
	<b>Materjalid, kokku:</b>			<b>27367,00</b>	
	<b>Teostatavad tööd kokku:</b>			<b>12717,00</b>	
	<b>Summa kokku:</b>			<b>40084,00</b>	

## KOKKUVÕTE

Lõputöö teemaks valisin osalemise Estonia kaevanduse ventilatsioonisüsteemi kaasajastamise projektis. Kuna ventilatsioonisüsteemi sünkroonmootori käivitamisest tekkis elektrikatkestus vooluvõrgus. Lõputöö eesmärk on optimeerida Estonia kaevanduse ventilatsioonisüsteemi, et hõlbustada sünkroonmootori käivitamist. Enefit Solutions AS-i inseneride uurimistöö käigus otsustati elektromagnetilise siduri kaudu paigaldada täiendav kiirendusmootor.

Selle probleemi lahendamiseks määrati selles projektis töö autorile mitu ülesannet. Lõputöö põhiosas osales töö autor järgmistes töödes:

-elektromagnetilise siduri arvutamine ja valik, raami kinnituse arvutamine

-kiirendusmootori paigaldamiseks mõeldud raami arvutamine, valmistamine ja kokkupanek.

Lisaks tehnilistele ja tehnoloogilistele aspektidele kajastab see töö ka majanduslikku külge - projekti maksumuse kujunemist, aga ka ergutusmootori kinnituse valmistamise protsessi Enefit Solutions AS-is.

Arvutati ka töö maksumus, sealhulgas materjalide maksumus.

Projekti käigus omandas autor kogemusi projekti koostamisel, monteerimisel ja joonistega töötamisel ning projekti majandusarvestuste koostamisel.

Ventilatsioonisüsteemi käivitamise katsete käigus saadi selle süsteemi töö positiivsed tulemused. Käivitamisel ei olnud teistes süsteemides kokkujooksmisi. Klient hindas testitulemusi kõrgelt ja sõlmis kuni 2023. aastani lepingu kolme sellise süsteemi valmistamiseks ja paigaldamiseks.

## **SUMMARY**

As the topic of my thesis, I chose participation in the project for the modernization of the ventilation system of a mine in Estonia. Since when the synchronous motor of the ventilation system was started, a power failure occurred. The aim of the thesis is to optimize the ventilation system of the Estonia mine to facilitate the starting of a synchronous motor. In the course of research by the engineers of Enefit Solutions AS, it was decided to install an additional accelerating motor through an electromagnetic clutch.

To solve this problem in this project, a number of tasks were assigned to the author of the work. In the main part of the thesis, the author of the thesis participated in the following works:

- calculation and selection of an electromagnetic clutch, calculation of attachment to the frame
- and calculation, manufacture, and assembly of the frame for mounting the accelerating engine.

In addition to technical and technological aspects, this work also reflects the economic side - the formation of the cost of the project, as well as the entire process of manufacturing the mounting of the accelerating engine at Enefit Solutions AS.

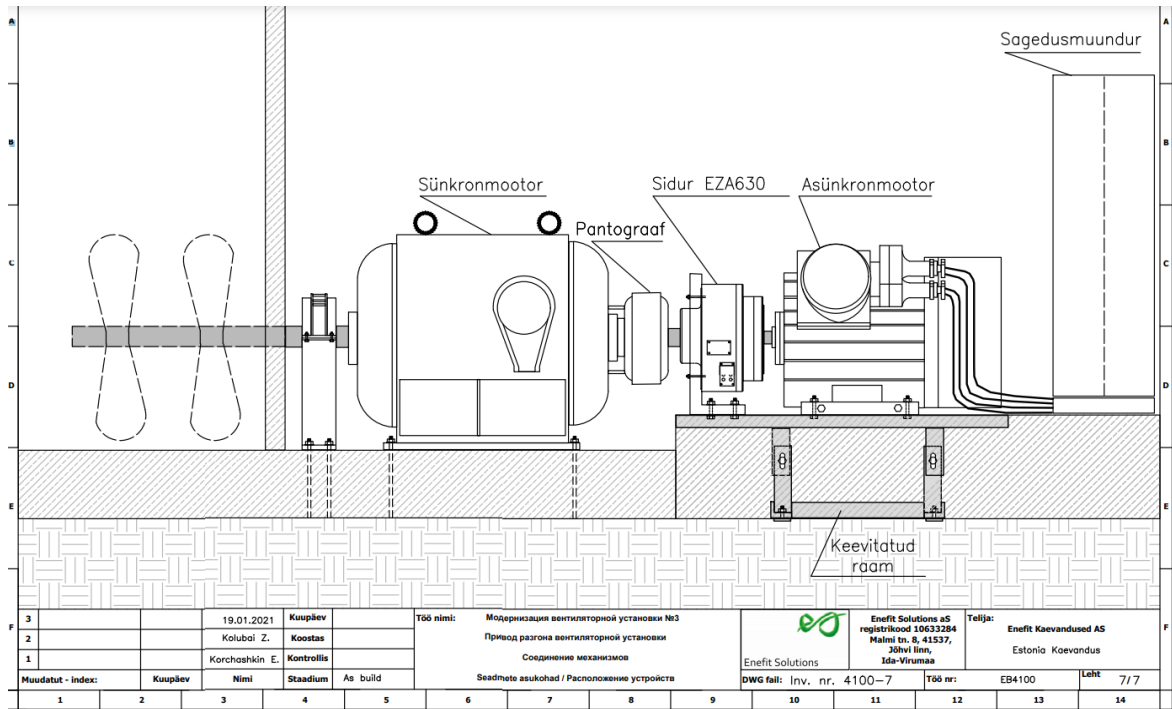
The cost of the work was also calculated, including the cost of materials.

Gained in the course of work on the project, the author gained experience in design, assembly, and work with drawings, and economic calculations of the project.

During the tests of the start-up of the ventilation system, positive results of the operation of this system were obtained. There were no crashes on other systems when starting the installation. The customer highly appreciated the test results and entered a contract for the manufacture and installation of this system in the amount of 3 pieces until 2023.

# LISAD

## LISA 1 Seadmete asukohad [5]

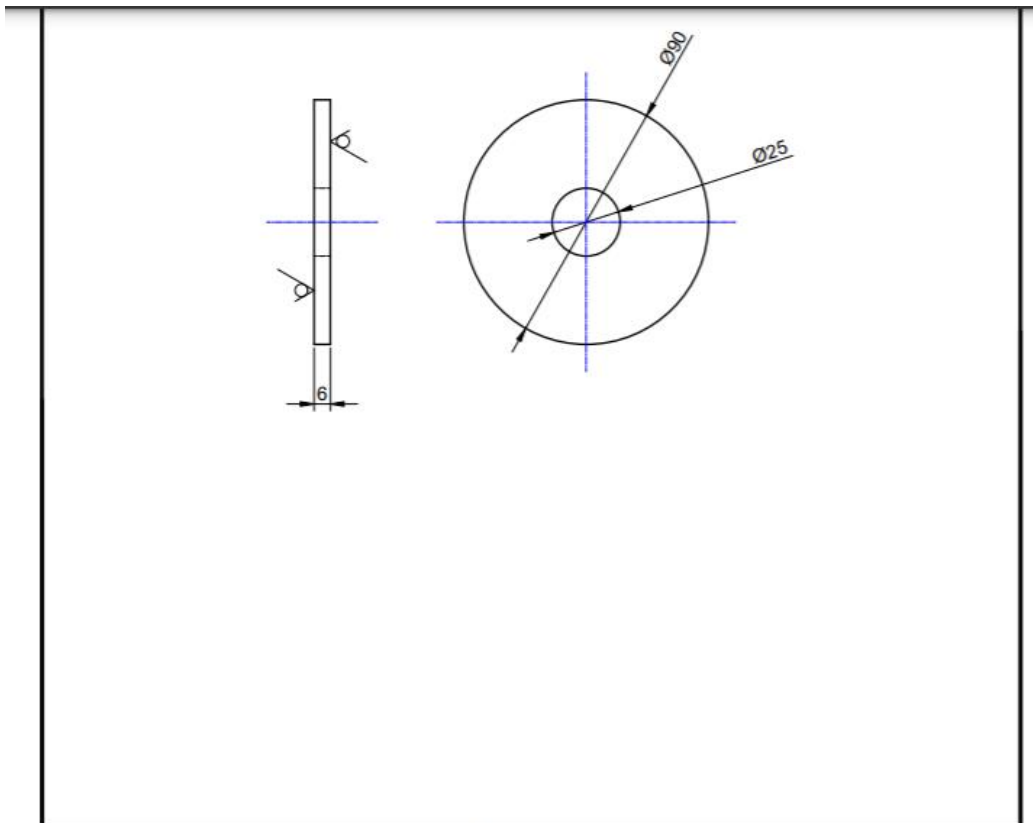




LISA 2 Spetsifikatsioon, Mootori kinnitusraam

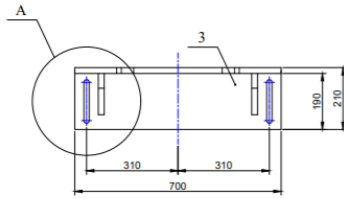
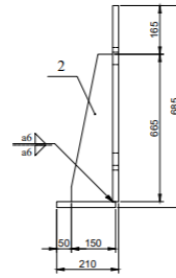
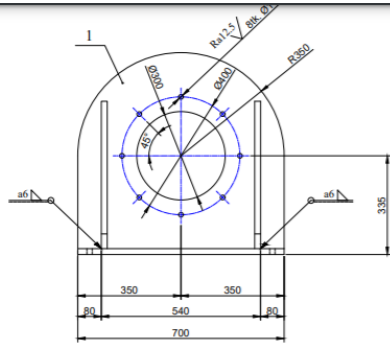
14			Mutter	M14-8 DIN934	8	0.20kg
13			Polt	M14x70-8.8 DIN933	4	0.39kg
12			Polt	M16x45-8.8 DIN933	4	0.38kg
11			Seib	A 25 DIN125	4	0.13kg
10	A4	MK-10.00.01	Seib Ø90x25x6	St.20 GOST14637	1	0.28 kg
9			Polt	M24x70-8.8 DIN933	4	1.34kg
8			Seib	A 17 DIN125	16	0.18kg
7			Mutter	M16-8 DIN934	8	0.30kg
6			Polt	M16x55-8.8 DIN933	4	0.44kg
5			Mutter	M24-8 DIN934	12	1.47kg
4			Keermestatud naast	M24x250 DIN976	4	2.78kg
3	A3	MK-10.30.00	Alumine osa. Raam		1	66.9kg
2	A3	MK-10.20.00	Ülemine osa. Raam		1	78.2kg
1	A3	MK-10.10.00	Fiksaator		1	91.33kg
Osa	Formaat	Joonis	Nimetus	Tähistus	Hulk	Märkus
				Materjal: S235JR, St.20		Mass: 244.5kg
Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021			<b>Mootori kinnitusraam</b> Koostejoonis Kuulub lõputöösse. Rühm EDJR84			
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021						
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>			Leht 1/1	Joonis: MK-10.00.00 Spetsifikatsioon	Formaat A4	

LISA 3 Joonis, Seib

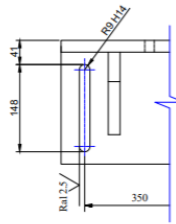


	Pinnakaredus: Ra25	Näitamata piirhälbed: ISO13920 BF, ISO2768 mK	Materjal: St.20 GOST14637	Möötkava: 1:2
				Mass: 0.28kg
Konstruktor:	Zoja Kolubai 15-05-2021		<b>Seib Ø90x25x6</b> Koostejoonis Kuulub lõputöösse. Rühm EDJR84	
Juhataja:	Gennadi Arjasov 15-05-2021			
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>			Leht 1/1	Joonis: MK-10.00.01

# LISA 4 Joonis, Fiksaator




## SÕLMA (1:5)

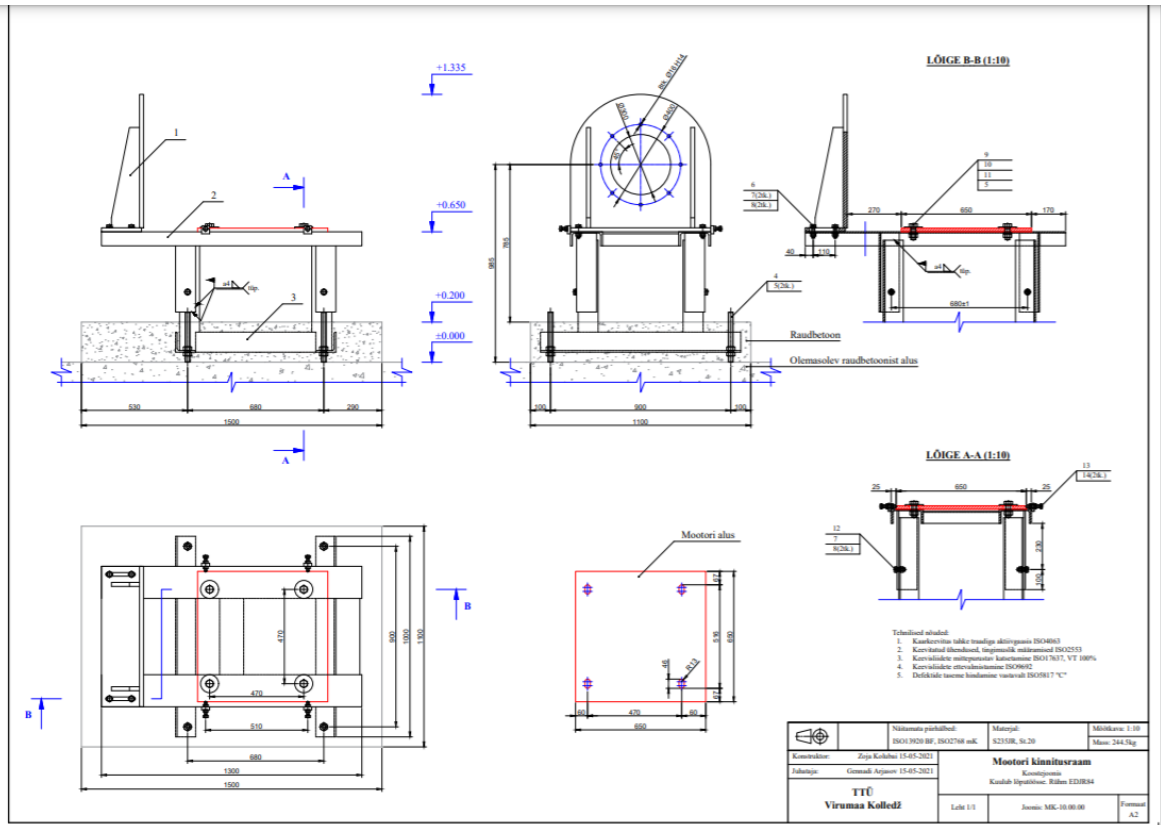


### Tehnilised nõuded:

1. Kaarkeevitus tahke traadiga aktiivgaasis ISO4063
2. Keevitatud ühendused, tingimuslik määramised ISO2553
3. Keevisliidete mittepurustav katsumine ISO17637, VT 100%
4. Keevisliidete ettevalmistamine ISO9692
5. Defektide taseme hindamine vastavalt ISO5817 "C"

	Nitamispiirhõlbed:	Materjal:	Möötkava: 1:10
	ISO13920 BF, ISO2768 mK	St.20	Mass: 91.33kg
Konstruktor:	Zoja Kolubai 15-05-2021	<b>Fiksaator</b>	
Juhataja:	Gernadi Arjasov 15-05-2021	Kootsejoonis	
<b>TTÜ</b>		Kunlub lõpetõõsse. Rühm EDJR84	
<b>Virumaa Kolledž</b>		Leht 1/1	Formaat A3
		Joonis: MK-10.10.00	

# LISA 5 Joonis, Mootori kinnitusraam





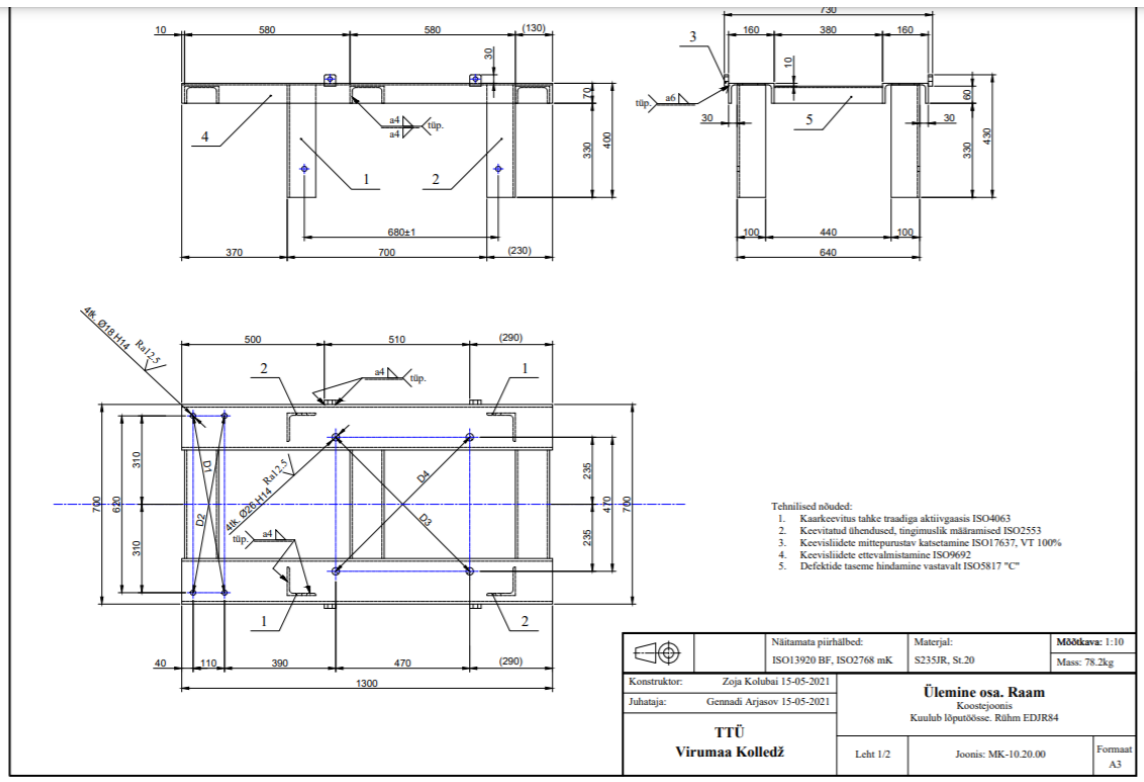
LISA 7 Spetsifikatsioon, Ülemine osa, Raam

5			Tala UPE120, L=380mm	S235JR EN10025	3	13.8kg
4			Tala UPE160, L=1300mm	S235JR EN10025	2	44.2kg
3	A4	MK-10.20.03	Leht t=15	St.20 GOST14637	4	0.64kg
2	A4	MK-10.20.02	Nurk L100x100x8	S235JR EN10025	2	9.8kg
1	A4	MK-10.20.01	Nurk L100x100x8	S235JR EN10025	2	9.8kg
Osa	Formaat	Joonis	Nimetus	Tähistus	Hulk	Märkus
				Materjal: S235JR, St.20		Mass: 78.2kg
Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021			<b>Ülemine osa. Raam</b> Koostejoonis Kuulub lõputöösse. Rühm EDJR84			
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021						
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>			Leht 1/1	Joonis: MK-10.20.00 Spetsifikatsioon	Formaat A4	

LISA 8 Spetsifikatsioon, Ülemine osa, Raam

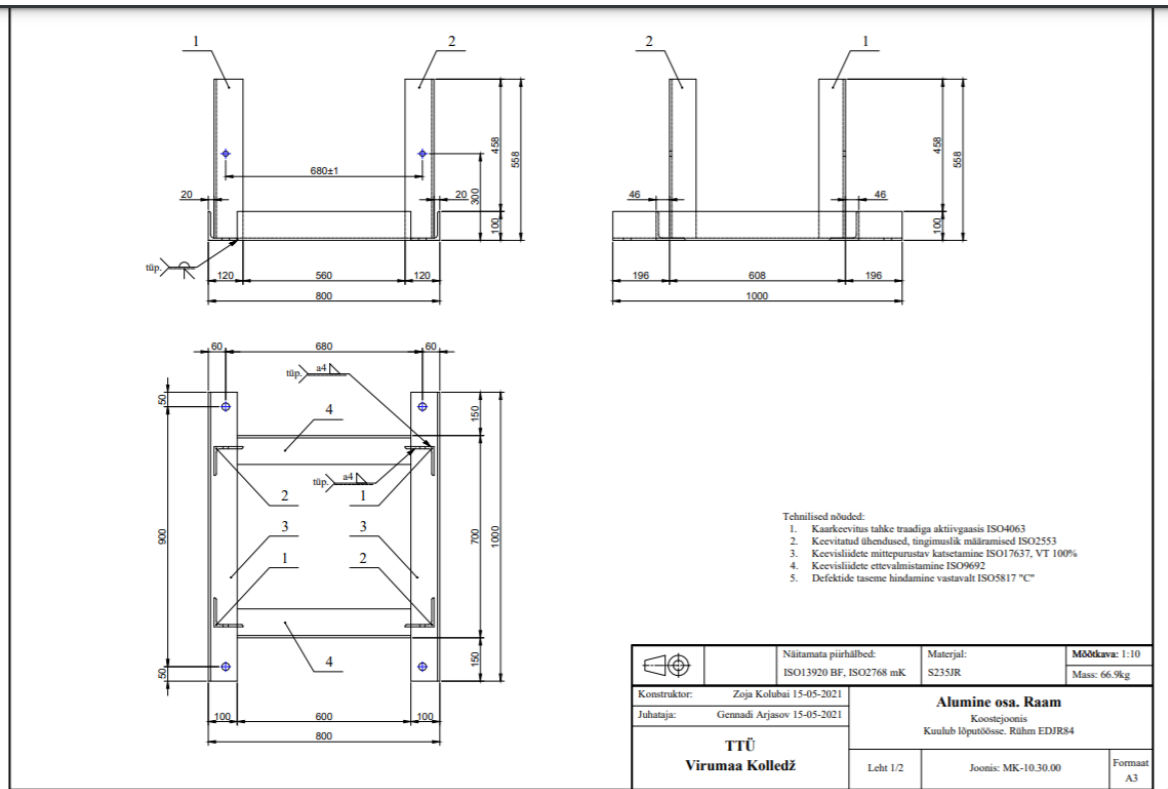
4			Nurk L100x100x8, L=600mm	S235JR EN10025	2	14.9kg
3	A4	MK-10.20.03	Nurk L100x100x8	S235JR EN10025	2	24.8kg
2	A4	MK-10.20.02	Nurk L100x100x8	S235JR EN10025	2	13.6kg
1	A4	MK-10.20.01	Nurk L100x100x8	S235JR EN10025	2	13.6kg
Osa	Formaat	Joonis	Nimetus	Tähistus	Hulk	Märkus
				Materjal: S235JR		Mass: 66.9kg
Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021			<p align="center"><b>Ülemine osa. Raam</b> Koostejoonis Kuulub lõputõösse. Rühm EDJR84</p>			
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021						
<p align="center"><b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b></p>			Leht 1/1	Joonis: MK-10.30.00 Spetsifikatsioon	Formaat A4	

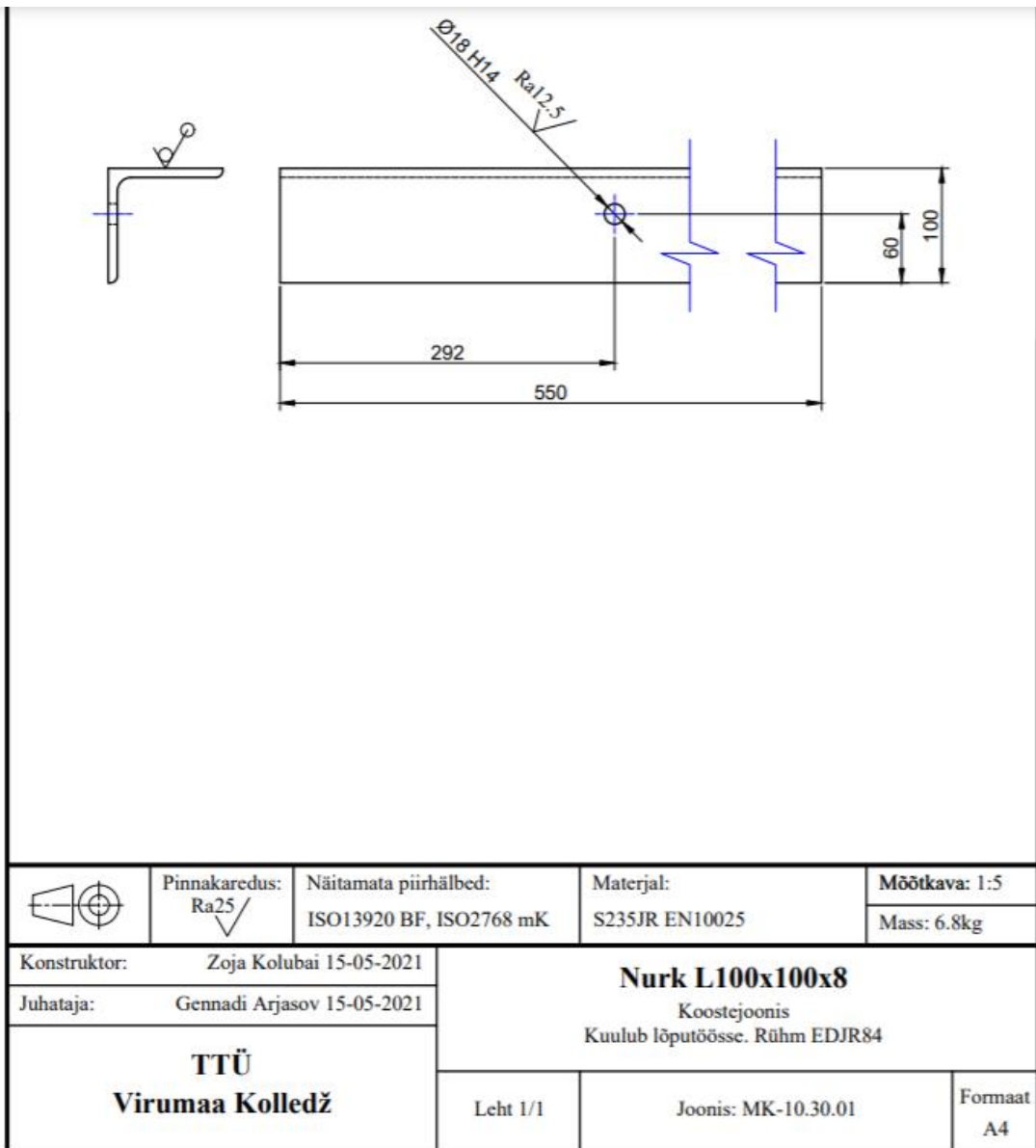
# LISA 9 Joonis, Ülemine osa, Raam



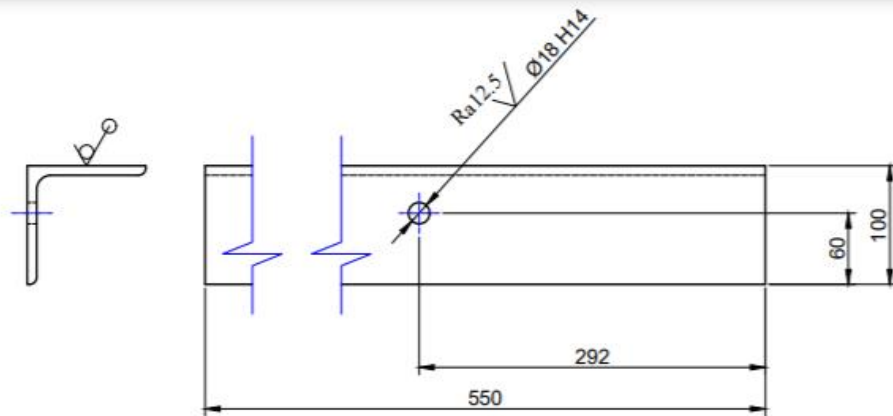



LISA 10 Joonis, Alumine osa, Raam



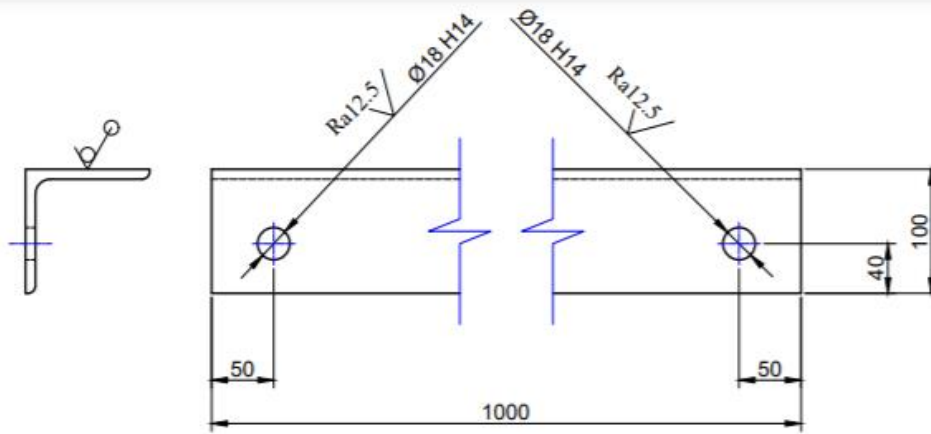



LISA 12 Joonis, Nurk



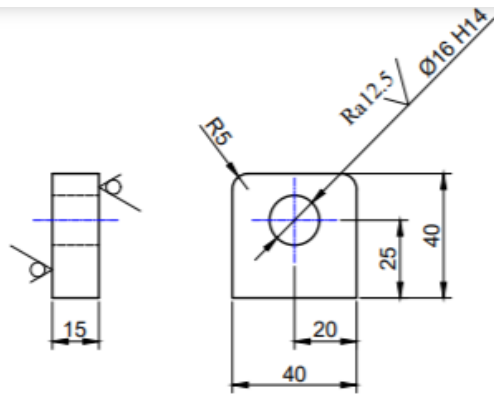
	Pinnakaredus: Ra25	Näitamata piirhälbed: ISO13920 BF, ISO2768 mK	Materjal: S235JR EN10025	Möötkava: 1:5
				Mass: 6.8kg
Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021	<b>Nurk L100x100x8</b> Koostejoonis Kuulub lõputöösse. Rühm EDJR84			
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021				
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>	Leht 1/1	Joonis: MK-10.30.02	Formaat A4	

LISA 13 Joonis, Nurk

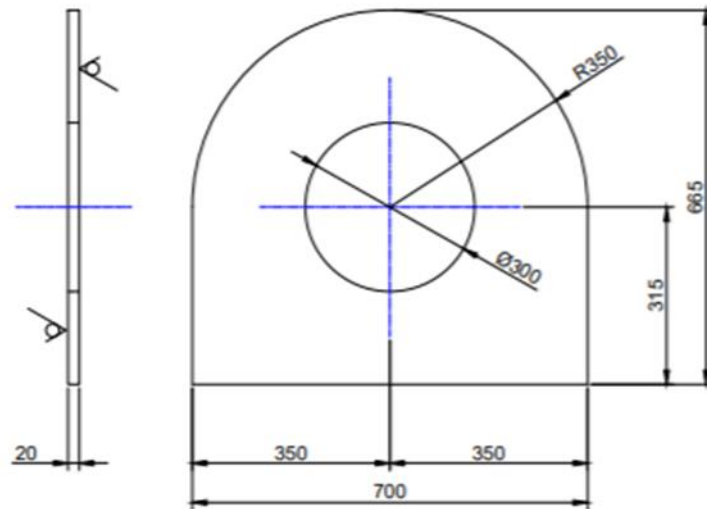



	Pinnakaredus: Ra25	Näitamata piirhälbed: ISO13920 BF, ISO2768 mK	Materjal: S235JR EN10025	Möötkava: 1:5
				Mass: 12.4kg
Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021	<b>Nurk L100x100x8</b> Koostejoonis Kuulub lõputõsse. Rühm EDJR84			
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021				
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>		Leht 1/1	Joonis: MK-10.30.03	Formaat A4

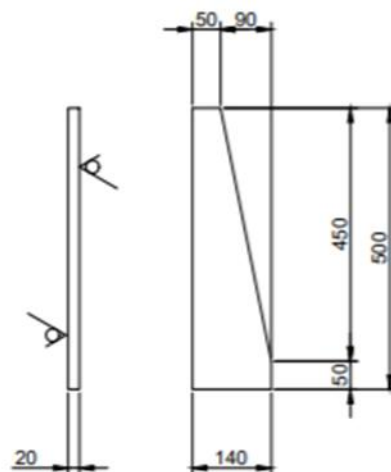
LISA 14 Joonis, Leht




	Pinnakaredus: Ra25	Näitamata piirhälbed: ISO13920 BF, ISO2768 mK	Materjal: St.20 GOST14637	Mõõtkava: 1:2 Mass:0.16kg
	Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021	<b>Leht t=15</b> Koostejoonis Kuulub lõputöösse. Rühm EDJR84		
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021				
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>		Leht 1/1	Joonis: MK-10.20.03	Formaat A4



	Pinnakaredus: Ra25	Näitamata piirhälbed: ISO13920 BF, ISO2768 mK	Materjal: St.20 GOST14637	Möötkava: 1:10
				Mass: 53.73kg
Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021	<b>Leht t=20</b> Koostejoonis Kuulub lõputöösse. Rühm EDJR.84			
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021				
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>	Leht 1/1	Joonis: MK-10.10.01	Formaat A4	



	Pinnakaredus: Ra25	Näitamata piirhälbed: ISO13920 BF, ISO2768 mK	Materjal: St.20 GOST14637	Möödkava: 1:10
				Mass: 7.81kg
Konstruktor: Zoja Kolubai 15-05-2021	<b>Leht t=20</b> Koostejoonis Kuulub lõputöösse. Rühm EDJR84			
Juhataja: Gennadi Arjasov 15-05-2021				
<b>TTÜ</b> <b>Virumaa Kolledž</b>	Leht 1/1	Joonis: MK-10.10.02	Formaat A4	

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. EE siseveeb Eesti Energia [WWW] (25.04.2021)
2. . EE siseveeb Eesti Energia [WWW] (15.04.2021)
3. Способы плавного пуска электродвигателя переменного тока [WWW]  
<http://www.freepatent.ru/patents/2422977> (11.04.2021)
4. Sidurite kataloog [WWW] <http://linkor-pro.ru/goods/clutches/elmagnet/claw/eza/eza-630> (15.04.2021)
5. Eelarve vorm, materjalide koondandmiku loetelu, pakkumuse vorm, korraldused (müügikorra lisa, mis asub ettevõttes L-ketas)
6. Elektromagnetiline sidur [WWW]  
<http://www.pohony.cz/cs/spojky/katalog/elektromagneticke-zubove-spojky-8/elektromagneticka-zubova-spojka-eza-ezb-9> (15.04.2021)
7. Siduri arvutamine [WWW] <http://www.detalmach.ru/primer7.htm> (10.04.2021)
8. [WWW](15.04.2021)[http://www.tuulissuonrautavarasto.fi/index.php?page=shop.product\\_details&product\\_id=268&category\\_id=79&option=com\\_virtuemart&Itemid=90](http://www.tuulissuonrautavarasto.fi/index.php?page=shop.product_details&product_id=268&category_id=79&option=com_virtuemart&Itemid=90)
9. Jürgenson. Tugevusõpetus. Tln., Valgustus, 1985
10. Uued euroopa standardsed u-kanalid (u-profiil) [WWW]  
<http://www.b2bmetal.eu/upe-european-standard-u-channels-u-profile-with-parallel-flanges--upe-steel-beam-specifications-dimensions-properties>  
(15.04.2021)
11. I.Timko. Ehitusstaatika.Tln.,Valgus, 1975
12. R.Räämet. Ehitusmehaanika I., Tln., Eesti Riiklik Kirjandus, 1964.
13. EN 10025-2 S235JR: Euroopa standard [WWW]  
<https://www.haihaopiping.com/en-10025-2-s235jr-european-standard-for-hot-rolled-structural-steel.html> (11.04.2021)
14. Üksikasjalik teave: ACS880-07-0271A-7 [WWW]  
<https://new.abb.com/products/ru/ACS880-07-0271A-7> (11.04.2021)