



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

**ESTONIA KAEVANDUSE RIKASTUSVABRIKU LINTKONVEIERITE  
AJAMI VÄLJAVAHETMINE**

REPLACING THE ESTONIAN MINE ENRICHMENT PLANT BELT CONVEYOR  
DRIVES

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Kaspar Adam Laht

Üliõpilaskood: 134818

Juhendaja: Leo Teder

Tallinn  
2017

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.  
Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.  
Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Leo Tederi juhendamisel

“.....” ..... 2017 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele

“.....” ..... 2017 a.

Juhendaja .....

allkiri

Lubatud kaitsmisele

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” ..... 2017 a.

..... allkiri

TTÜ inseneriteaduskond

## **BSc LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

2017. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Kaspar Adam Laht, 134818 MAHB

Õppekava: MAHB02/13 - Mehhatroonika

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Nooremteadur Leo Teder

Konsultant: Liina Are

### **LÕPUTÖÖ TEEMA:**

ESTONIA KAEVANDUSE RIKASTUSVABRIKU LINTKONVEIERITE AJAMI  
VÄLJAVAHETMINE

REPLACING THE ESTONIAN MINE ENRICHMENT PLANT BELT CONVEYOR DRIVES

<b>Nr</b>	<b>Ülesande kirjeldus</b>	<b>Täitmise tähtaeg</b>
<b>1.</b>	Konveieri tehnilise kirjelduse määramine	10.04.2017
<b>2.</b>	Konveieri mehaanilise osa komponentide määratlemine ning vajalike osade arvutamine	05.05.2017
<b>3.</b>	Elektri osa koostamine	12.05.2017
<b>4.</b>	Töö lõplik valmistamine, köitmine ja esitamine	25.05.2017

### **Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:**

Töö eesmärgiks on tutvuda projekti hankega ning sellele koostatavale projektiga, arvutada ja analüüsida väljapakutud lahendus ning kontrollida projekti vastavust nõuetele.

**Töö keel:** eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt: 15.05.2016

**Töö esitamise tähtaeg:** 25.05.2017

Üliõpilane Kaspar Adam Laht

Juhendaja Leo Teder

/allkiri/..... kuupäev.....

/allkiri/..... kuupäev.....

# SISUKORD

SISUKORD .....	4
EESSÖNA .....	5
SISSEJUHATUS .....	6
1. Konveieri tehniline kirjeldus .....	7
1.1 Konveieri skeem .....	7
1.2 Hankest tulenevad nõuded .....	9
2 MEHAANIKA OSA .....	10
2.1 Mootor .....	10
2.2 Reduktor .....	14
3 ELEKTRI OSA.....	18
3.1 Sujuvkäiviti .....	18
3.2 Liigvoolu kaitse ja ohutus.....	21
KOKKUVÕTE .....	23
KASUTATUD KIRJANDUS.....	25
LISA 1 Konveieri joonis .....	26
LISA 2 Konveieri joonis .....	27
Lisa 3 Elektriskeem .....	28

## **EESSÕNA**

Käesolev lõputöö valmis koostöös ENEFIT SOLUTIONS-iga, kes võitis Estonia kaevanduse rikastusvabriku lintkonveierite ajamite väljavahetamise hanke, mille koostatavale projekti põhjal on paralleelselt teostatud antud lõputöö. Enefit poolt konsulteeris Liina Are.

## SISSEJUHATUS

Antud bakalaureusetöö on kirjutatud paralleelselt samal ajal töös oleva projektiga, lõputöö analüüsib ja kontrollib väljapakutuid lahendusi ja kas need vastavad hanke, kui ka üldlevinud tehnilistele nõuetele. Estonia kaevanduse rikastusvabriku lintkonveieritele (547, 515, 881, 2015) kuulutati välja hange, seoses nende ekspluatatsiooni aja kätte jõudmisega.

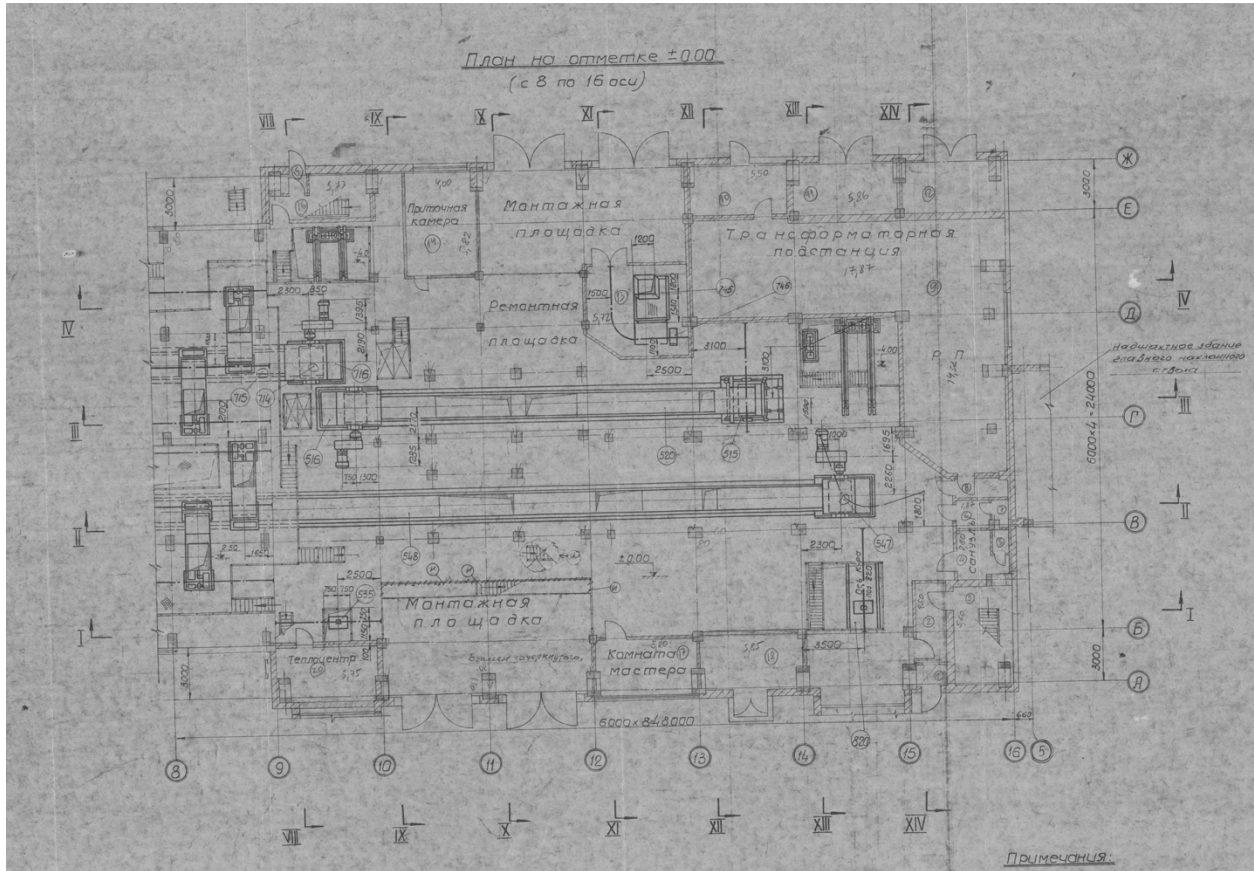
Antud töös vaadeldakse lähemalt lintkonveierit 515. Tutvutakse konveieril mehaanilise poolega, ning tehakse läbi konveierilindi arvutus, leidmaks lindi ringi vedamiseks vajaliku mootori võimsust, samuti kontrollitakse mehaanilise osa vastavust üldistele ette nähtud nõuetele.

Vaadatakse üle mootori sujuvkäivitus mehhanism, mis on lahendatud elektrilise sujuvkäiviti ja ka hüdrosiduri kasutamisega, mõlema komponendile leitakse vastav mudel ette antud tootja kataloogidest. Tutvutakse Elektri- ja automaatikasüsteemi projektiga, tutvutakse sujuvkäiviti tööpõhimõttega, ning selle võimalustega ilma lisaseadmeteta juhtida mootorit. Samuti leitakse vajalikud ohutustarvikud konveieri elektrikomponentide kaitseks ülepinge ja faasikõikumiste vastu.

# 1. KONVEIERI TEHNILINE KIRJELDUS

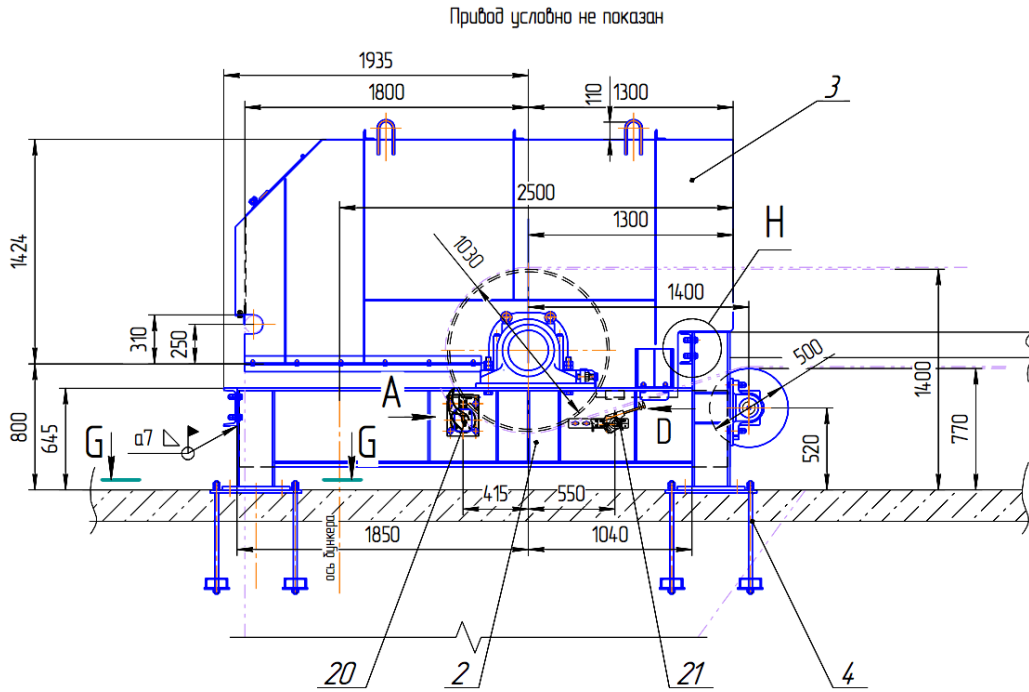
## 1.1 Konveieri skeem

Tegemist on kuni 30 meetrise, 1972. aastal ehitatud konveieriga, ettenähtud põlevkivi teisaldamiseks rikastusvabrikus sees.

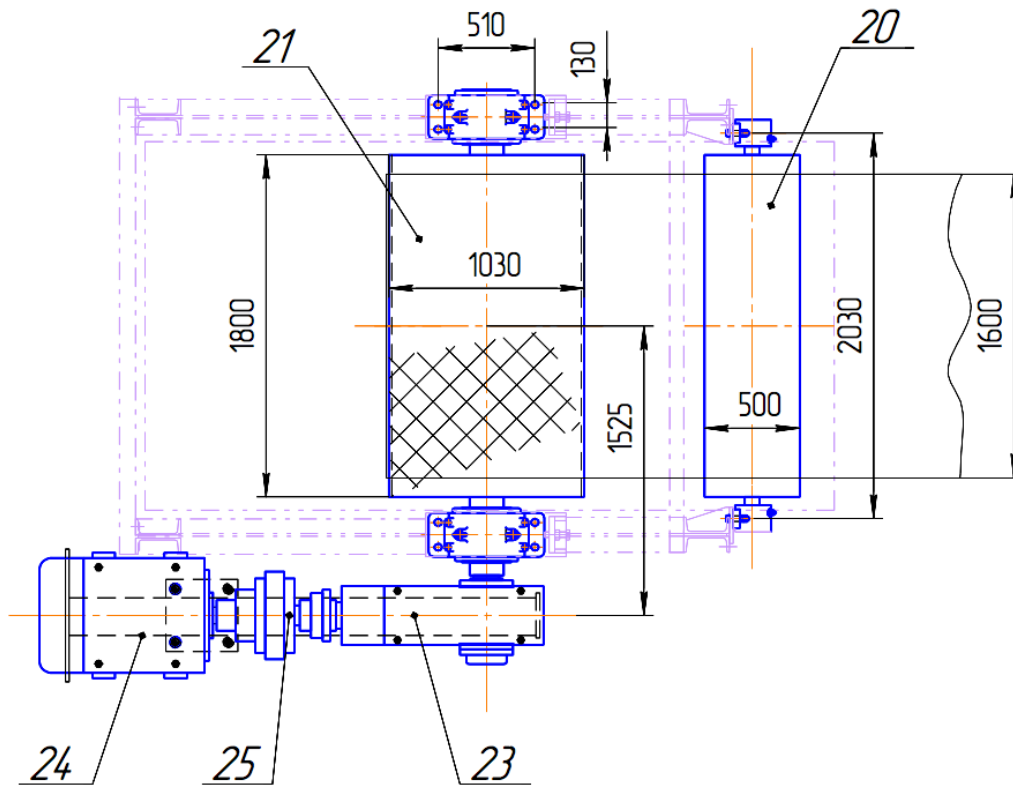


Sele 1.1 Rikastusvabriku plaan

Konveieri veotrumlite läbimõõt on 1000 mm kummikeraamiline vooderusega 15 mm ja kangaspõhimikul 1600 mm laiuse ja kuumvulkaniseeritud jätkuga lindinga. Veotrumlitel ja kallustrumlitel völli ja trumli korpus ühendatud koonuspuksiga (BIKON), mitte keevitatud.



Sele 1.2 Konveieri ajamisesektsiooni külgvaade (LISA 1)



Sele 1.3 Konveieri ajamisüsteemi pealtvaade (LISA 2)



## 1.2 Hankest tulenevad nõuded

### Konveieri eksplutatsiooni tingimused:

- Eeldatav tööaeg: 20 tundi ööpäevas, kuni 300päeva aastas
- Õhutemperatuur: +5...+30 °C
- Suhteline õhuniiskus: kuni 98%,
- Põlevkivitolmu: kuni 5 mg/m<sup>3</sup>,
- Puistekaal: 1,1...1,5 t/m<sup>3</sup>
- Materjali tükkide suurus: 0...300 mm
- Tootlikkus: 2500 t/h

### Nõuded mehaanikaosadele:

- Ajam peab tagama konveieri sujuva käivituse (ka koormatult)
- Ajam peab tagama etteantud tootlikuse
- Ajam varustada hüdroxiduriga
- Reduktori ülekande arv,  $i=25,152$ ,
- On vaja kasutada pöördemomendi viitega edastavst hüdroidurit
- Ajamil kasutada raam-balansiiril mootorreduktorit
- Veotrumli läbimõõt 1000 mm kummikeraamiline vooderdusega 15 mm
- Konveierlindi üks jätk on kuumvulkaniseeritud

### Nõuded elektriosale:

- Sujuvkäivitina kasutada ABB sujuvkäivitit, mis on toote nimistust ühe astme võrra suuremad, kui on minimaalselt ettenähtud võimsusele

### Seadmekilp peab tagama järgmise funktsionaalsuse:

- Mootori kaitse liigvoolude eest.
- Ajami mootori sujuvkäivituse.
- Mootori, hüdroxiduri ja veotrumli laagrite kaitse ülekuumenemise eest.
- Avariinupp juhtpaneelil. [1]

## 2 MEHAANIKA OSA

Tellija poolt on hankes ette antud mootor, reduktor ja ka sujuvkäiviti, kuid lõputöö jaoks kontrollitakse ajami, reduktori ja sujuvkäiviti omavahelistsobivust ning vastavust hanke nõuetele.

### 2.1 Mootor

Vana mootor asendatakse tellija poolt pakutud mootoriga SIEMENS 1LE1503-3AB03-4AC4

Tegemist on on valmis täisvalu korpusega ning enese jahutusega asünkroonmootoriga.

Nimipinge 400V, voolutugevusega 191A, võimsusega 110kW ja kaaluga 760 kg. [2]



Sele 2.1 Mootor SIEMENS 1LE1503-3AB03-4AC4

Kuna tegemist pole uue konveieri projekteerimisega ning pole vaja mootori võimsuse jaoks täielikult kõiki lindist tulenevaid jõude, siis need on võetud eelmise projekti põhjal.

Mootori võimsuse valem:

$$P = F \cdot v / (1000 \cdot \eta) \quad [3] \quad (2.1)$$

kus P - arvutuslik mootori võimsus, W,

F - konveierlindi vastu jõud, N,

v - konveierlindi kiirus, 2,3m/s, [4]

$\eta$  - elektrimootori kasutegur, 0,95. [2]

Konveierlindi vastujõu valem:

$$F = F_H + F_N + F_{St} + F_S \quad (2.2)$$

kus  $F_H$  - lindi liikumise takistus, N,  
 $F_N$  - lindi lokaalsed takistused, N,  
 $F_{St}$  - lindi tõusust tulenev takistus, N,  
 $F_S$  - eri takistused, N.

Konveieri kogu vastujõu arvutamiseks tuleb leida kõik takistusjõud eraldi:

Lindi liikumise takistusjõud:

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [m_R + m_G + 2m_L] \quad (2.3)$$

kus  $f$  - sisehõõrdumise koefitsient, 0,03,  
 $L$  - lindi pikkus, 30m,  
 $g$  - raskuskiirendus,  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,  
 $m_R$  - ülemiste rullikute pöörlevate osade mass, ~20kg,[4]  
 $m_G$  - alumiste rullikute pöörlevate osade mass, ~10kg,[4]  
 $m_L$  - lindi lineaarkoormus, kg/m.

Leiame lindile mõjuva lineaarkoormuse:

$$m_L = (Q \cdot \rho_p) / (3600 \cdot v) \quad (2.4)$$

kus  $Q$  - tootlikkus, 2500 t/h,  
 $\rho_p$  - puistekaal,  $1500 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $v$  - lindi kiirus, 2,3m/s

$$m_L = (2500 \cdot 1500) / (3600 \cdot 2,3) = 452,9 \text{ kg/m}$$

Lindi lineaarkoormus valemi 2.4 järgi:

$$F_H = 0,03 \cdot 30 \cdot 9,81 \cdot (20 + 10 + 452,9) = 4263,5 \text{ N}$$

Lokaalsete takistusjõudude arvutamine:

$$F_N = F_a + F_f + F_l + F_t \quad (2.5)$$

kus  $F_a$  - koorma kiirendus takistus, N,

$F_f$  - laadimisala renni takistus, ~3000N,[4]

$F_l$  - rullikute ja lindi vaheline takistus, ~250N,[4]

$F_t$  - rullikute veere takistus, ~250N. [4]

Koorma kiirenduse takistuse valem:

$$F_a = (v \cdot Q \cdot \rho_p \cdot p_a) / 3600 \quad (2.6)$$

kus  $p_a$  - koorma kiirenduse tegus, 0,3125.[4]

$$F_a = (2,3 \cdot 2500 \cdot 1500 \cdot 0,3125) / 3600 = 748,7\text{N}$$

Lokaalsete takistusjõudude arvutamine valemi 2.5 järgi:

$$F_N = 748,7 + 3000\text{N} + 250\text{N} + 250\text{N} = 4248,7\text{N}$$

Lindi tõusust tulenev takistus:

$$F_{St} = H \cdot g \cdot m_L \quad (2.7)$$

kus  $H$  - tõusu erinevus, 0m.

$$F_{St} = 0 \cdot 9,81 \cdot 452,9 = 0\text{N}$$

Eri takistused:

$$F_S = F_e + F_g + F_r \quad (2.8)$$

kus  $F_e$  - tsentreerimis takistus, 200N, [4]

$F_g$  - liuge hõõrdetegur lindil, 11000N, [4]

$F_r$  - lindipuhastite takistus, 2500N. [4]

$$F_S = 200 + 11000 + 2500 = 13700\text{N}$$

Valemi 2.2 abil leiame kogu konveierlindi vastujõu:

$$F = 4263,5 + 4248,7 + 0 + 13700 = 22212,2 \text{ N}$$

Ning leiame vajaliku mootori võimsuse vastavalt vastujõule valemi 2.1 abil:

$$P = 22212,2 \cdot 2,3 / (1000 \cdot 0,95) = 53,8 \text{ kW}$$

Arvutatud võimsus, mis on vajalik lindi ringivedamiseks tuli väiksem, kui hankes ettenähtud mootori väljundvõimsus, leiame kui suur on valitud mootori varutegur arvutatud vajaliku võimsuse suhtes.

Mootori võimsuse varutegur:

$$K = \frac{P_{\sigma}}{P}$$

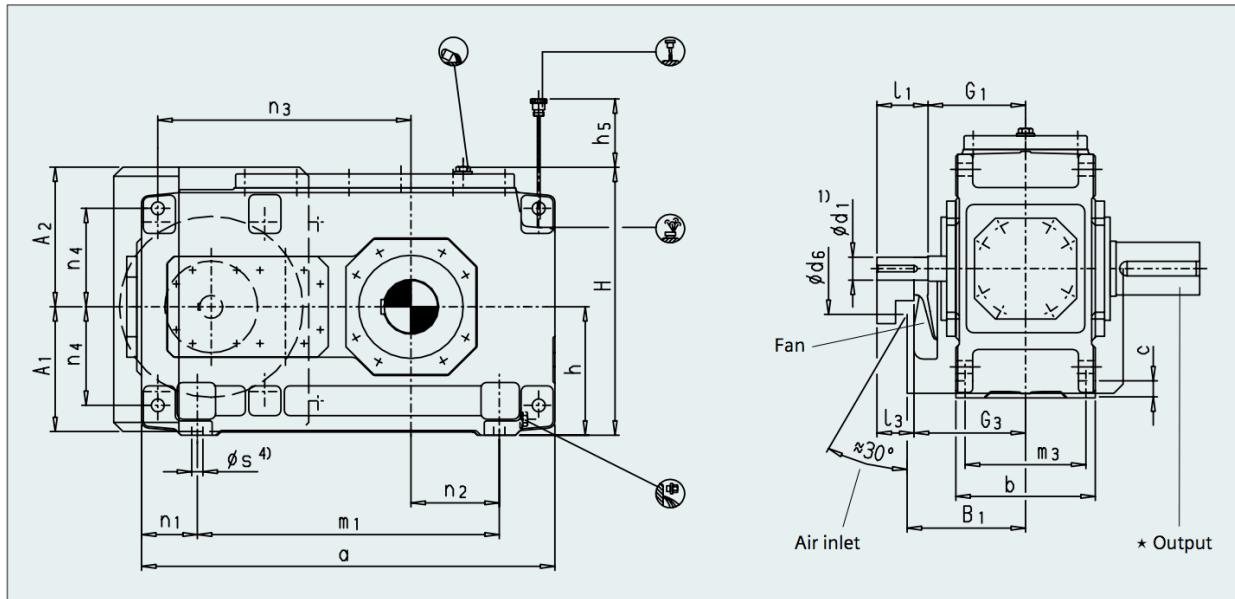
kus  $P_{\sigma}$  - mootori võimsus kataloogist, kW. (2.7)

$$K = \frac{110}{53,8} = 2,0$$

Leitud varutegur on rohkem kui piisav, mehaanilise poole pealt on konveieri veotrumli telgedele nõutud varutegur vahemikus  $[S] = 1,3 \dots 2,1$  [5], ning põhinedes standardile DIN 22101:2011-12, mis näeb ette, et konveieri käivitamisel ei tohi lindi tõmbejõud ületada  $p_{A,max} \leq 1,7$ , siis võib järeldada, et mootor võimsusega 110kW on enam kui piisav selle konveieri jaoks. Kuid arvestades, et konveier on projekteeritud 1972. aastal, kui tootmistäpsus ning nõutavad nõuded ei olnud nii täpsed, kui tänapäeval, mis tähendab, et konveieri osade tolerantsid ja takistustegurid võivad olla teatud määral suuremad, kui tänapäeval käsiraamatutes ja kataloogides antud parameetrid. Kuid arvutustest võib järeldada, et isegi kui konveieri osad, mis on projekteeritud ja paigaldatud algselt, siis varutegur on selle võrra suurem, ning valitud mootor vastab konveieri nõuetele.

## 2.2 Reduktor

Ette on nähtud reduktori vahetus, milleks on valitud Siemensi pakutav FLENDER B3HH08. [6]



Sele 2.2 Reduktor FLENDER B3HH08

Tegemist on kolmeastmelise, paralleelselt asetsevate silinderrataste, õhkjahtuse, õdenestelg reduktoriga, mis on spetsiaalselt siemensi poolt mõeldud konveierite, või muude raskete tööde jaoks.

Andmed reduktori arvutamise jaoks:

Reduktori nõutav tööaeg: 20 tundi ööpäevas

Ülekande arv:  $i=25,152$

Mootori võimsus: 110kW

Töökeskkonna temperatuur: kuni  $30^\circ\text{C}$

Nominal Ratios																			
		12.5	14	16	18	20	22.4	25	28	31.5	35.5	40	45	50	56	63	71	80	90
Gear Unit Size	5	158.1	146.1	138.0	131.3	121.9	108.5	96.5	87.1	77.7	68.3	61.6	53.6	48.2	42.9	37.5	32.2	-	-
		67.7	66.6	64.9	63.2	61.1	60.6	58.2	57.0	54.5	51.7	45.2	44.1	44.4	41.1	39.7	37.8	-	-
		158.4	154.0	148.5	144.3	138.7	136.7	129.6	125.0	118.6	111.2	96.1	93.7	92.7	85.9	82.5	78.4	-	-
	6	-	-	158.1	146.1	138.0	132.7	130.0	116.6	103.2	91.1	81.7	71.0	64.3	57.6	50.9	45.6	36.2	32.2
		-	-	74.4	72.6	70.5	68.9	67.1	67.0	64.1	62.3	59.5	56.0	49.4	48.5	48.2	44.6	42.9	40.9
		-	-	169.6	164.7	158.9	154.5	148.6	146.9	139.0	133.9	126.8	118.7	103.2	100.6	99.6	91.7	88.3	84.0
	7	285.4	272.0	260.0	245.2	227.8	203.7	182.2	163.5	146.1	127.3	115.2	99.2	91.1	81.7	71.0	57.6	-	-
		102.8	101.4	97.7	95.3	92.3	90.0	88.7	85.9	82.7	79.3	69.8	68.1	68.1	63.7	61.8	59.0	-	-
		250.2	242.3	231.7	224.9	216.0	209.0	202.6	191.9	182.5	173.1	150.3	145.3	143.2	133.3	128.9	122.9	-	-
	8	-	-	282.7	268.0	262.6	247.9	227.8	205.0	182.2	159.5	144.7	124.6	113.9	101.8	91.1	79.1	69.7	59.0
		-	-	111.8	108.8	104.7	102.8	100.9	99.7	97.6	93.7	89.9	85.9	76.2	74.8	74.1	68.9	66.7	63.7
		-	-	263.7	257.1	244.8	238.1	228.3	222.3	215.7	204.8	194.3	183.7	160.3	155.7	153.2	142.2	137.5	130.8
9	470.3	442.2	408.7	394.0	375.2	335.0	300.2	269.3	239.9	210.4	190.3	164.8	150.1	134.0	119.3	99.2	-	-	
	128.0	127.7	126.4	124.0	120.5	118.9	116.6	114.0	111.0	106.7	100.5	93.0	93.0	86.8	84.2	79.1	-	-	
	335.8	327.5	321.5	311.6	299.8	293.5	280.6	267.6	255.5	242.9	226.1	207.0	202.3	188.0	181.6	170.0	-	-	
10	-	-	469.0	435.5	412.7	392.6	368.5	331.0	294.8	257.3	233.2	202.3	183.6	164.8	147.4	128.6	115.2	100.5	
	-	-	138.2	129.2	134.3	125.8	124.4	122.3	121.7	117.5	113.1	108.3	103.3	96.5	95.1	88.4	85.6	80.5	
	-	-	352.3	326.0	336.9	310.3	300.0	295.1	281.7	267.5	256.5	241.6	227.5	208.8	203.3	188.8	182.5	171.1	
11	881.7	850.9	789.3	720.9	667.3	596.3	533.3	481.1	427.5	373.9	337.7	293.5	266.7	239.9	213.1	175.5	-	-	
	151.2	157.2	153.3	154.6	151.0	147.9	147.1	146.5	143.4	140.8	134.7	124.9	128.5	119.1	115.8	107.6	-	-	
	505.7	502.4	480.8	473.3	454.8	434.2	412.3	397.2	378.1	363.4	341.8	314.4	311.4	283.9	273.0	253.7	-	-	
12	-	-	873.7	809.4	763.8	710.2	649.9	584.2	519.9	454.3	411.4	356.4	324.3	292.1	260.0	226.5	202.3	175.5	
	-	-	167.9	173.5	166.8	172.1	174.9	176.9	173.0	168.8	162.5	158.3	154.5	145.1	145.3	133.9	128.4	120.2	
	-	-	546.3	550.9	516.3	520.6	503.7	487.8	461.2	440.2	415.7	400.4	377.6	349.3	342.6	311.7	300.4	279.3	

Sele 2.3 Redukti B3HH tüübi valiku tabel

Ülekande arv on juba ette antud,  $i=25,152$ , peame leidma ainult nominaalvõimsuse valemiga:

$$P_N \geq P \cdot f_1 \quad (2.8)$$

kus  $P_N$  - reduktori nominaalvõimsus, kW,

$P$  - mootori võimsus, 110 kW,

$f_1$  - koormusklassi indeks, 1,3. [6]

$$P_N = 110 \cdot 1,3 = 143 \text{ kW}$$

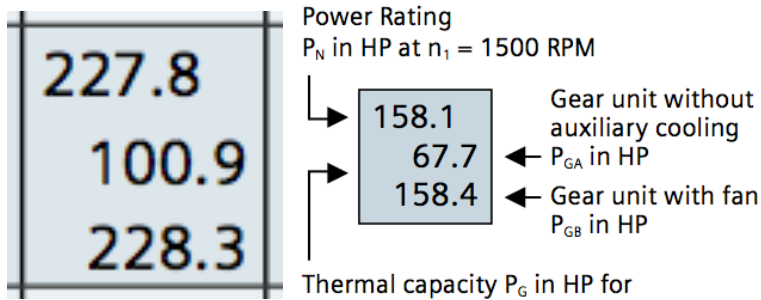
kuna tabelis on võimsused hobujõududes, arvutame nominaalvõimsusse hobujõududesse:

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W} [8]$$

$$110000/746=147,5 \text{ hp}$$

$$143000/746=191,7 \text{ hp}$$

Kataloogist valitakse ülekande arvu ja nominaalvõimsuse järgi reduktori tüüp, milleks on 8.



Sele 2.4 Valitud tüüp 8 reduktori andmed

Tuleb arvutada, kas piisab loomuliku jahutusest või on vaja lisada ventilaator.

Reduktori soojusmahtuvuse valem:

$$P_G = P_{GA} \cdot f_4 \quad (2.9)$$

kus  $P_G$  - reduktori soojusmahtuvus, hp,

$P_{GA}$  - loomuliku jahutusega reduktori soojusmatuvus, 100,9 hp,

$f_4$  - soojus faktor, 0,88.[6]

$$100,9 \cdot 0,88 = 88,8 \text{ hp}$$

Võrdleme, kas loomuliku jahutuse soojusmahtuvusest piisab reduktori võimsuse jaoks:

$$P_G = 88,8 < P = 147,5$$

Loomuliku jahutusega reduktorist ei piisa, sellise võimsuse jaoks, arvutame ventileeritava reduktori soojusmahtuvuse valemiga:

$$P_G = P_{GB} \cdot f_4 \quad (2.10)$$

kus  $P_{GB}$  - ventileeritava jahutusega reduktori soojusmatuvus, 228,3 hp,

$$228,3 \cdot 0,88 = 200,9 \text{ hp}$$

Võrdleme, kas ventileeritava jahutuse soojusmahtuvusest piisab reduktori võimsuse jaoks:

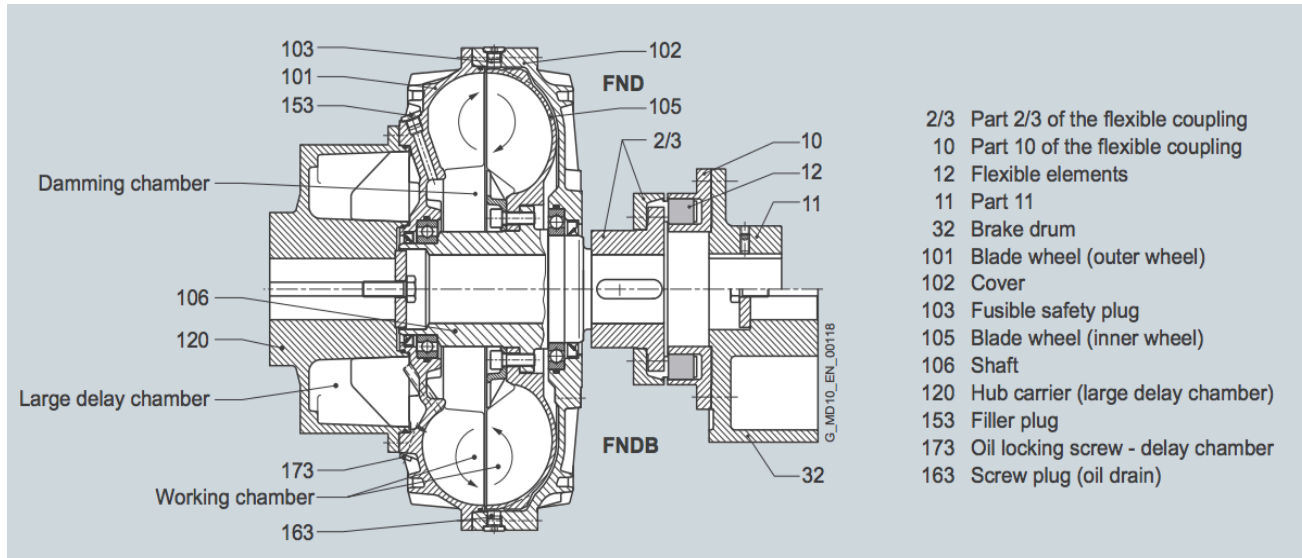
$$P_G = 200 < P = 147,5$$

Ventileeritava jahutusega reduktor sobib vastava mootori võimsuse juures.



Samuti pakutakse koos reduktoriga lisaks hüdroidurit, mille paigaldus on samuti hanke nõuetes sees.

Redukti külge saab tellida nõutud hüdroiduri, FLUDEX FND 490 [7]



### Sele 2.3 Hüdroidur FLUDEX FND

Antud hüdroiduril ei ole sisse- ja väljaminev völl mehaaniliselt ühendatud, ning käivitamisel kui ka seiskamisel libiseb sidur vastavalt valitud siduri karakteristikutele ja aitab ajamil käivituda sujuvalt. [7]

Valitud mootori pöörlemissagedus on 1488 1/min ja võimsusega 110 kW. [2]

Valime kataloogist vastava hüdroiduri tüübi.

#### FG, FV and FN series

Speed in rpm	600	740	890	980	1180	1350	1470	1600	1770	2000	2300	2600	2950	3550	
Rated output $P_N$ in kW															Size
4	7.5	12	16	26	38	48	61	85	110	140	170	220	290		<b>370</b>
7.5	15	23	30	48	70	90	115	140	175	220	280	340			<b>425</b>
15	30	45	58	95	140	180	210	245	300	380	480				<b>490</b>
28	55	85	110	180	255	300	350	420	525	660					<b>565</b>
55	110	170	220	350	450	520	600	730	900						<b>655</b>
110	210	330	440	600	760	870	1010	1220							<b>755</b>
240	440	700	810	1130	1440	1660									<b>887</b>
480	880	1400	1600	2000	2350	2500									<b>887D<sup>1)</sup></b>

### Sele 2.4 Hüdroiduri FND tüübi valiku tabel

Antud mootorile sobib FND 490 hüdroidur, mis vastab ka hankes nõutud hüdroidurile.

### 3 ELEKTRI OSA

Konveierile tuleb lisada etteantud sujuvkäiviti, mootor tuleb kaitsta liigvoolude eest. Lisatakse mootori, hüdrosiduri ja veotrumli laagritele termoanturid, et kaitsta ülekuumenemise eest. Ajamite juhtimine toimub läbi sujuvkäivitite.

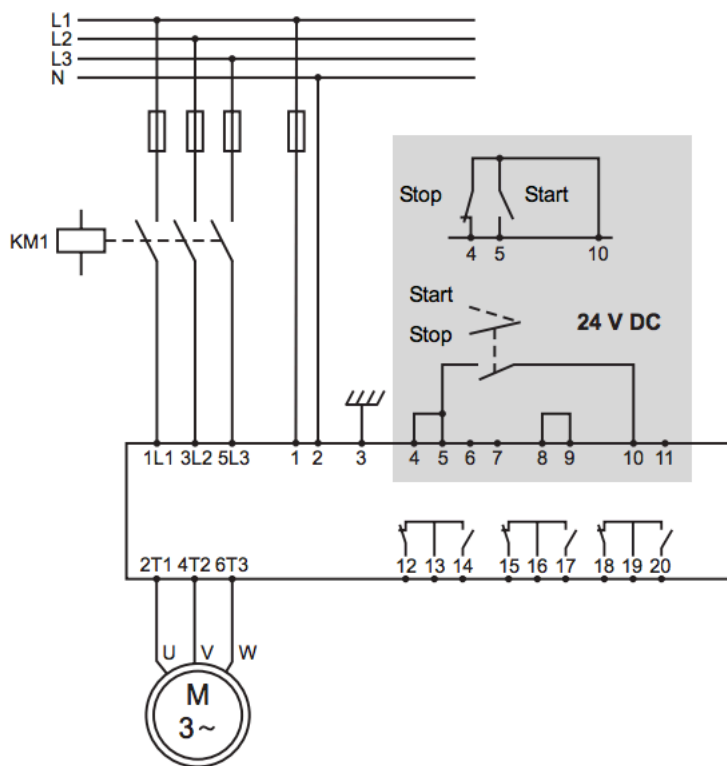
#### 3.1 Sujuvkäiviti

Hankes on nõutud, et ajami käivitamiseks kasutatakse sujuvkäiviti ABB PST(B) 250-600-70 [1].

Tegemist on sujuvkäivitiga, mis paigaldatakse konveieri juhtpaneelile, millele on sisseehitatud "by-pass" kontaktor, kuid antud mudelil on olemas lisa terminal, kui tekib vajadus suurema kontaktori jaoks, ning tänu seadmesse sisseehitatud 24 V DC toiteplokkile, on sujuvkäiviti ilma välise toite vajatuseta. [9]



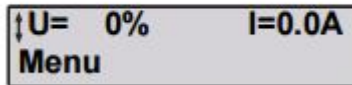
Sele 3.1 Sujuvkäiviti ABB PST 250-600-70



Sele 3.2 Sujukäiviti toite 24 V DC ühendamine

Sujukäiviti tüübiks tuleb valida ühe astme võrra suurema ettenähtud võimsusega mootori oma. ABB andmelehel [10] leiame, et 110 kW mootori jaoks sobiks PST 210 seeria, kuid nõutud on astme võrra suurem, ehk PST 250 seeria, 400V toitepinge juhul saab valituks PST 250-600-70 millel on sisseehitatud AC-3 by-pass kontaktor.

Kuna konveierid töötavad kuni 20 tundi ööpäevas, konstantse kiirusega, siis mootoril pole vahel eraldi kontrolleri, vaid seda juhitakse ainult sujuvkäiviti abil. HMI ekraani abil sisestatakse sujuvkäiviti menüüsse mootori andmed.



Sele 3.3 Sujuvkäiviti ekraan

Sujuvkäiviti menüüsse peab lisama:

- Mootori maksimum voolutugevuse
- Ülekoormuse klassi
- Esialgse volupinge
- Saavutatava volupinge
- Sujuvkäivitus aja.

Sujuvkäiviti tööle rakendamisel tõstab sujuvkäiviti ette antud ajaga volupinge soovitud väärtuseni, ning kuvab ekraanil hetke voolutugevust ning hetkelise pinge protsendi lõppväärtusest. Kui soovitud volupinge on saavutatud, siis lülitub sisse by-pass kontaktor, ning toide juhitakse seda mööda mootoris, mis on efektiivsem ja pikendab sujuvkäiviti enda tööiga.

## 3.2 Liigvoolu kaitse ja ohutus

Et kaitsta mootorit liigpinge eest, lisatakse juhtpaneeli kappi, elektriskeemi liigpinge piirikud, milles pinge tõusul üle rakendumispinge, tekib elektriline lahendus, piirikud koosnevad ühest või mitmest jadamisi ühendatud sädemikust, Õhksädemiku läbilöök tekitab elektriahelas lühise, mis lülitab kaitsmed välja.[11]



SPBT12-280/3

Sele 3.4 Liigpingepiirik EATON SPBT12-280/3

Tegemist on kolmefaasilise piirikuga, maksimum tööpingega 950V ning läbipõlemisel impulssvooluga 12,5 kA.[12]

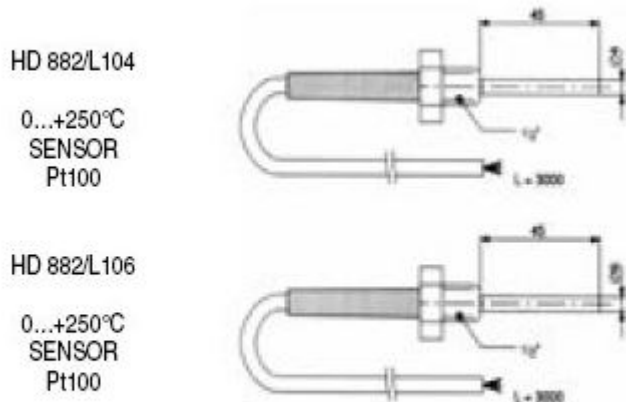
Samuti on lisatud faasikontrolli relee, et kaitsta mootorit vale faasijärgnevuse, faaside katkemise või faasipingete ebasümeetria eest. Iga faasi ja neutraali vahel ühendatakse üks relee ja nende releede kontaktid juhivad kontaktori mähist. Kui ühes faasis langeb pinge piisavalt madalale või kaob hoopis siis kaob kontaktori mähisel toide ja kontaktor lülitab mootori välja. [13]



Sele 3.5 Faasikontrolli relee EATON

Faasikontrolli relee valitakse sama tootja oma, mis liigpingepiirik, ning kuni 500V pingetaluvusega, ilma lisatoidet vajava EMR4-F500-2. [14]

Et kaitsta konveierit ülekuumenemise eest, paigaldatakse veotrumli, laagrite ja hüdrosiduri juurde termoandurid. Konveieri töötemperatuur on +5...+30 °C, siis sobib meile anduriks Delta Ohmi andur Pt100, mille töötemperatuur on +0...+250 °C[15]



Sele 3.6 Termoandur Delta Ohm Pt100

Juhtpaneelile lisatakse aviriide või probleemide tekkimise puhuks avariinupp. Hädaolukorras vajutades sellele nupule lülitub välja relee mis lülitab omakorda välja kaitsmed ning kogu konveier peatub. Konveieri töö taastamiseks tuleb vabastada avariinupp seda keerates, ning sisse lülitada kaitsmed, mille järel saab konveieri ABB softstarteri pealt konveier käivitada.



Sele 3.7 Avariinupp AUSPICIOUS [16]

## KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö teema arenes välja Enefit Solutionsi nüüdseks töös olevast projektist, kus tuli Estonia kaevanduse rikastusvabriku lintkonveieril paigaldada uus ajam, ning selle juurde vajalikud reduktor, hüdroksidur ning sujuvkäiviti ja ülejäänud elektriskeem. Eesmärgiks oli tutvuda hankest tulenevalt projekti nõuetega, projekteeritavate seadmetele teha vajalikud arvutused, valitud komponentide analüüsimine ning kontrollida projekti vastavust hankest tulenevatele nõuetele. Ülikooli poolseks juhendajaks oli Leo Teder, Enefiti poolt konsulteeris Liina Are

Lõputöös tutvuti Estonia kaevanduse rikastusvabrikus paikneva konveieriga, millele paigaldatavale ajamile tehti ajami valiku jaoks vajalik arvutus, kus leiti minimaalne võimsus, mida läheb vaja, et konveierlindile mõjuvad vastujõud ületada, et konveier hakkaks tööle. Kuna konveieri osade kohta ei leidunud andmeid, siis puudu olevad väärtused võeti sarnase konveieri projekti arvutustest.

Arvutatud teoreetilise võimsuse abil leiti hankes ettenähtud mootori võimsuse varutegur, mis oli piisavalt suur, et kui arvesse võtta ülejäänud konveieri vahetamata osade kulumisest ja vanemate osade väiksemast tootmistäpsusest tulenevad suuremad takistused, võib öelda, et projektis valitud ajam vastab konveieri nõuetele.

Mootori juurde tuli leida reduktor, ette oli nähtud Siemensi reduktor, mille vastavust valitud mootorile analüüsiti, ning leiti, et loomuliku jahutusega reduktorist ei piisa, vaid tuleb hoopis valida lisa ventilaatoriga reduktor sellise mootori ja keskkonna juures.

Lisaks nõuti reduktori ja mootori vahele hüdroksidurit, mis leevendaks jõude mootorile konveieri tööle rakendamisel, antud reduktorile sai valitud sama tootja poolt pakutav hüdroksidur, mis juba tehases lisatakse reduktorile.

Elektri poole pealt tutvuti sujuvkäivititega, antud projektis kasutatav sujuvkäiviti on varustatud sisemise toiteploki, ning puudub vajadus välise toite jaoks. Sujuvkäiviti abiga on ka lahendatud ajami käima ja seisma panemine, kasutatakse sujuvkäiviti enda seadeid ja HMI ekraani nuppe. Elektriahelasse lisati nõutud liigpinge piirikud, faasikontrolli releed, temperatuurandurid ja avariide jaoks ohutuslülitid.

Kokkuvõtteks tutvuti konveieri nõuetega, leiti ja arvutati vajalikud komponendid, ning ainuke ebakõla valitud komponentide või hanke nõute vahel, oli leitud võimsuse juures reduktorile jahutuseks vajaminev lisa ventilaator.

## SUMMARY

This Bachelor's thesis developed from the project of Enefit Solutions what is now in work, which was replacing the old Estonian mine enrichment plant belt conveyor drive with new one, with corresponding reductor, hydrodynamic fluid couplings and all needed electrical work. The purpose was to learn procurement related requirements, necessary calculations for designed drive, analysing chosen components and to check if the technical data meets procurement requirements. Thesis was written under guidance of Leo Teder and consulted by Liina Are from Enefit.

In the thesis Estonian mine enrichment plant belt conveyor was examined, which to be fitted drive was calculated, where minimal force was found, which is needed to overcome the pulling force against drivebelt to start the conveyor. Due to the fact, that all data needed for calculations were missing, then missing forces was taken from similar conveyor project.

With calculated theoretical power input and predetermined motor power, the power reserve factor was calculated, which was high enough, to overcome additional forces, that come from worn and unreplaced parts of conveyor, so the predetermined motor is qualified enough to suit the conveyor.

Also to the motor, suitable reductor for given motor parameters was chosen, and in the process it was found that extra ventilator is needed to cool down reductor provided by Siemens.

Furthermore hydraulic coupling was needed to relief forces between motor and reductor when starting the conveyor, hydraulic coupling also from Siemens was chosen, due to opportunity to be pre-fitted at factory.

On electrical side, softstarters were studied, and softstarter used in ongoing project, is equipped with internal power suppli, without need of external power for softstarter. Starting and stoping is settled with using softstarter settings and HMI display with buttons. Electrical circuit was fitted with surge arrestors, phase control relays, thermal sensors and safety switches.

Overall requirements for conveyors were studied, calculations for choosing components were made, and only mismatch with chosen parts was that at that motor power, reductor needs additional ventilator for cooling.



## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Enefit Kaevandused AS Estonia kaevanduse lintkonveierite ajamite vahetuse hange
2. Siemensi mootor: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/1LE1503-3AB03-4AC4>
3. Phoenix Conveyor Belts Design Fundamentals:  
[https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/52524/mod\\_folder/content/0/Phoenix%20conveyor%20belts%20design%20fundamentals.pdf?forcedownload=1](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/52524/mod_folder/content/0/Phoenix%20conveyor%20belts%20design%20fundamentals.pdf?forcedownload=1)
4. Metsä Fibre OY, Äänikoski conveyor inertia calculations.
5. Metoodiline juhend projekti koostamiseks:  
<http://innomet.ttu.ee/oppetoo/Tooteprojekt/Tooteprojekt%20MES0130%20juhend%202011.pdf>
6. Reduktor FLENDER B3HH08: [https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/gear-motors-couplings/gear-units/Documents/926-10%20SIE%20Mechanical%20Drives%20Catalog\\_6%2014%2011\\_LoRes.pdf](https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/gear-motors-couplings/gear-units/Documents/926-10%20SIE%20Mechanical%20Drives%20Catalog_6%2014%2011_LoRes.pdf)
7. Hüdrosidur FLUDEX FND 490: <http://www.furnitureindustrialipierucci.com/1/upload/fludex.pdf>
8. Handbook of Electric Power Calculations Third Edition, H. Wayne Beatty, McGraw Hill 2001, ISBN 0-07-136298-3
9. Sujuvkäiviti ABB PST(B) 250-600-70:  
[http://www.abb.com/product/seitp329/61d9629c18047a24c1256d960020aebf/pis\\_ABB1SFA894013R7000.aspx?tabKey=2](http://www.abb.com/product/seitp329/61d9629c18047a24c1256d960020aebf/pis_ABB1SFA894013R7000.aspx?tabKey=2)
10. ABB sujuvkäiviti andmeleht:  
<https://library.e.abb.com/public/ed709ee87e93c744c1257c2e0037c6d3/1SFC132005C0201.pdf>
11. Liigpingekaitsmed:  
[http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/4\\_Liigpingekaitse.pdf](http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/4_Liigpingekaitse.pdf)
12. Liigpingepiirik EATON:  
[http://www.tme.eu/en/Document/5bf5310b0c31b97a55a1947a34c7ad0f/mv\\_ua\\_en.pdf](http://www.tme.eu/en/Document/5bf5310b0c31b97a55a1947a34c7ad0f/mv_ua_en.pdf)
13. Faasikontrolli rele: [https://et.wikipedia.org/wiki/Faasikontrolli\\_relee](https://et.wikipedia.org/wiki/Faasikontrolli_relee)
14. Faasikontrolli rele EATON:  
[http://www.moeller.net/en/products\\_solutions/motor\\_applications/control/measuring\\_relay/phase\\_sequence\\_relay.jsp](http://www.moeller.net/en/products_solutions/motor_applications/control/measuring_relay/phase_sequence_relay.jsp)
15. Termoandur Delta ohm:  
[http://www.ronex.ee/Tootekataloog/Pt100,\\_Pt1000\\_terminandurid/pt100\\_toostus\\_andur\\_0\\_250c\\_delta\\_ohm\\_\\_hd882\\_l104\\_brhd882\\_l106](http://www.ronex.ee/Tootekataloog/Pt100,_Pt1000_terminandurid/pt100_toostus_andur_0_250c_delta_ohm__hd882_l104_brhd882_l106)
16. Avariilüliti AUSPICIOUS: [https://www.lemona.ee/?page=item&i\\_id=84541](https://www.lemona.ee/?page=item&i_id=84541)

# LISA 1 KONVEIERI JOONIS

