



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Välimäki

# KETJUKOLAKULJETTIMEN SUUNNITTELU

JL Metals Oy

Tekniikka  
2018

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö tehtiin JL Metals Oy:n toimeksiannosta keväällä 2018. Haluan kiittää JL Metals Oy:tä mielenkiintoisesta työn aiheesta sekä suunnittelun tuesta tähän opinnäytetyöhön.

Kiitokset kuuluvat myös Lapua-keijut Oy:lle ketjun sekä ketjupyörän suunnittelun tuesta sekä tarvittavien dokumenttien toimittamisesta opinnäytetyöhön.

Kiitän kaikkia läheisiäni, ystäviäni sekä työkavereitani kannustuksesta ja tuesta opintojeni aikana.

Vaasassa 12.5.2018  
Mikko Välimäki

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikko Välimäki
Opinnäytetyön nimi	Ketjukolakuljettimen suunnittelu
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	36 + 4 liitettä
Ohjaaja	Jari Lehtiö

---

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ketjukolakuljetin JL Metals Oy:lle. Ketjukolakuljetin tulee osaksi JL Metals Oy:n lämpölaitoksen tuhkanpoistojärjestelmää. Tuhka-astiat sijaitsevat lämpölaitoksen sisällä. Astioiden tyhjennys tapahtuu käsin, joka on hyvin työläs prosessi. Jatkossa ruuvikuljettimien olisi tarkoitus purkaa tuhkat tässä opinnäytetyössä suunniteltuun ketjukolakuljettimeen. Ketjukolakuljettimen on tarkoitus viedä tuhkat yhteen tuhka-astiaan. Ketjukolakuljetin tulee sijaitsemaan lämpölaitoksen ulkopuolella, joten jatkossa tuhka-astia voidaan tyhjentää esimerkiksi trukin avulla.

Ketjukolakuljettimen suunnittelussa mallinnettiin kaikki osat sekä komponentit. Suunnittelussa myös mitoitettiin akselien halkaisija, laakerien elinikä sekä alustava vaihdemoottorin tarve. Lämpölaitoksen toimiessa maksimiteholla kattila tuottaa tuhkaa  $0.1 \text{ m}^3$  vuorokaudessa. Kuljetin suunniteltiin saavuttamaan tämä kapasiteetti.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin suunnitelma ja kokoonpanomalli ketjukolakuljettimesta. Ketjukolakuljettimen tarkoitus on parantaa sekä tukea lämpölaitoksen nykyistä tuhkanpoistoprosessia.

## ABSTRACT

Author	Mikko Välimäki
Title	Chain Conveyor desing
Year	2018
Language	Finnish
Pages	36 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Jari Lehtiö

---

The purpose of this thesis was to design a chain conveyor for JL Metals Ltd. The chain conveyor will be part of the ash removing system at the heating plant at JL Metals. The ash containers are located inside heating plant and they are emptied manually, which is very time-consuming. The plan is that in future screw conveyors unload ashes onto the chain conveyor designed in this thesis. The chain conveyor will be carry the ashes to one ash container only. The chain conveyor is going to be located outside the heating plant, so in future the ash container can be emptied by a forklift, for example.

All the parts and components were modelled in the design of the chain conveyor. Axle diameters, lifetime of the bearings and a need for a gear motor have been dimensioned and calculated in the design. When the heating plant is working at the maximum capacity, the boiler will produce 0.1 m<sup>3</sup> of ash in 24 hours. The conveyor was designed to meet this capacity.

The outcome of this thesis is the design and assembly model of the chain conveyor. The chain conveyor is meant to improve and support the current ash removing process at the heating plant.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	JL METALS OY .....	9
3	KULJETIN TYYPPEJÄ.....	10
	3.1 Ruuvikuljetin.....	11
	3.2 Hihnakuuljetin.....	13
	3.3 Ketjukolakuljetin.....	14
4	LÄMPÖLAIKOKSEN TUHKANPOISTOJÄRJESTELMÄ.....	16
	4.1 Nykyinen tuhkanpoistoprosessi .....	16
	4.2 Tuhkanpoistojärjestelmä tulevaisuudessa.....	16
5	KETJUKOLAKULJETTIMEN SUUNNITTELU.....	17
	5.1 Turvallisuus.....	17
	5.2 Mitoitus .....	18
	5.2.1 Ketjuvoima.....	19
	5.2.2 Akselin mitoitus .....	20
	5.2.3 Vaihdemoottori .....	22
	5.2.4 Laakeri.....	24
	5.3 Kuljetinketju ja ketjupyörät .....	26
	5.4 Kuljettimen runko .....	28
	5.5 Taittopää .....	29
	5.6 Vetopää .....	31
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	34
	LÄHTEET.....	36

## LIITTEET

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Ruuvi.....	11
<b>Kuva 2.</b> Putkirunkoinen ruuvikuljetin. ....	12
<b>Kuva 3.</b> Koururunkoinen ruuvikuljetin. ....	12
<b>Kuva 4.</b> Hihnakuiljetin leikkaus. ....	13
<b>Kuva 5.</b> Hihnakuiljetin. ....	14
<b>Kuva 6.</b> Ketjukolakuljetin. ....	15
<b>Kuva 7.</b> Tarkistusluukku. ....	18
<b>Kuva 8.</b> SFS 2636 kiilauran mitoitus taulukko. /6/ .....	22
<b>Kuva 9.</b> Käyttökerrointaulukko. /7/ .....	24
<b>Kuva 10.</b> Akselin leikkauskuva. ....	26
<b>Kuva 11.</b> Ketju ja kolat.....	27
<b>Kuva 12.</b> Ketjupyörä. ....	28
<b>Kuva 13.</b> Runko.....	29
<b>Kuva 14.</b> Taittopää. ....	30
<b>Kuva 15.</b> Pyörintävahti.....	31
<b>Kuva 16.</b> Vetopää. ....	32
<b>Kuva 17.</b> Rotaatiopintakytin.....	33
<b>Taulukko 1.</b> Käyttöominaisuudet.....	10

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Ketjuvoiman laskenta

**LIITE 2.** Akselin halkaisijan mitoitus (Söderbergin laskentamenetelmä)

**LIITE 3.** Alustavan vaihdemoottorin valinta

**LIITE 4.** Laakerin elinikä (laakeri FY 40 FM)

## 1 JOHDANTO

JL Metals Oy:n omassa biolämpölaitoksessa toimii 1,3 MW arinakattila, jonka pääpolttoaineena käytetään haketta ja turvetta. Biolämpölaitoksen käydessä täydellä teholla, kattila tuottaa tuhkaa vuorokaudessa 0.1 m<sup>3</sup>. Biolämpölaitosta hyödynnetään JL Metals Oy:n toimisto- ja tuotantotilojen lämmityksen ylläpitämiseen. Biolämpölaitoksessa on tarkoitus parantaa tuhkanpoistojärjestelmää.

Tämänhetkinen tuhkanpoisto tapahtuu ruuvikuljettimilla siten, että arinakattilan sisältä tuhka poistuu kahdella arinasta sekä yhdellä lentotuhkasta poistavalla ruuvikuljettimella. Jokainen ruuvikuljetin kuljettaa tuhkat omaan tuhka-astiaan.

Jatkossa jokaisen ruuvikuljettimen olisi tarkoitus purkaa tuhkat tässä opinnäytetyössä suunniteltuun ketjukolakuljettimeen, joka puolestaan purkaa tuhkat yhteen tuhka-astiaan. Ketjukolakuljettimen on tarkoitus parantaa vanhaa tuhkanpoistojärjestelmää.

Ketjukolakuljettimen osien ja komponenttien suunnittelussa huomioitiin JL Metals Oy:n oma konekanta. Lisäksi kuljettimen valmistuksen työmenetelmät huomioitiin siten, että kuljetin valmistettaisiin mahdollisimman pitkälle omassa konepajassa. Tästä kuitenkin pois lukien koneistetut osat, kuljetinketju sekä ketjupyörät, joiden hankinta tapahtuu alihankinta verkoston kautta.

Työssä mitoitettiin aluksi akselit ja laakerit sekä alustava vaihdemoottorin tarve suunnittelun tueksi ja toimivan kuljettimen aikaansaamiseksi. Tämän jälkeen suunniteltiin ja mallinnettiin ketjukolakuljetin kaikkine osineen ja komponentteineen Siemens NX -suunnitteluohjelmalla.



## 2 JL METALS OY

JL Metals Oy on Kuortaneella toimiva metallialan yritys, joka on perustettu vuonna 1997. Nykyään yritys työllistää noin 50 työntekijää. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2017 7.6 miljoonaa euroa.

Yrityksen tuotteisiin kuuluvat siilot ja säiliöt sekä varastointi, että tuotanto käyttöön. Yritys valmistaa myös materiaalin käsittelyjärjestelmiä, kuten kuljettimia ja siirtojärjestelmiä. JL Metals Oy toimittaa JL Bio -tavaramerkin alla lämpölaitoskokonaisuuksia aina lupa-asioista, rakentamisen ja asennuksen kautta käyttöönottoon sekä lämpövoimalaitoksien ylläpitämiseen.

JL Metals Oy toimittaa tuotteensa yksittäisistä komponenteista aina kokonaiseen tehdaslaitos toimituksiin avaimet käteen -toimitettuna asiakkaan tarpeiden mukaan. Yrityksen toimialue koostuu pääasiassa elintarvike-, energia- ja prosessiteollisuudesta Suomessa sekä ulkomailla.

Yrityksen tuotantotila on 6000 m<sup>2</sup> ja tuotantotiloissa toimivat hallinostimet saavuttavat 10.5 metrin koukkukorkeuden. Tilat mahdollistavat sen, että yritys pystyy valmistamaan isojakin toimituksia valmiina asiakkailleen. Tästä syystä esimerkiksi isoillakin tuotteilla asennuksen läpimenoaika on minimaalinen asennuskohteessa.

Toimintaa yrityksessä ohjaa ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä. Hitsausprosessi konepajassa on merkittävässä roolissa tuotteiden valmistuksessa. Tämän takia laadunhallintajärjestelmää on täydennetty yrityksessä ISO 3834-2 -standardin mukaisilla vaatimuksilla. JL Metals Oy:n laadunhallintajärjestelmä on sertifioitu painelaitedirektiivin PED 97/23EY:n sekä Teräsrakenteiden EN 1090-2 -toteutusluokkien EXC1, EXC2 ja EXC3 mukaisesti, jonka ansiosta yritys pystyy toimimaan muun muassa näiden vaatimusten mukaisesti. /1/

### 3 KULJETIN TYYPPEJÄ

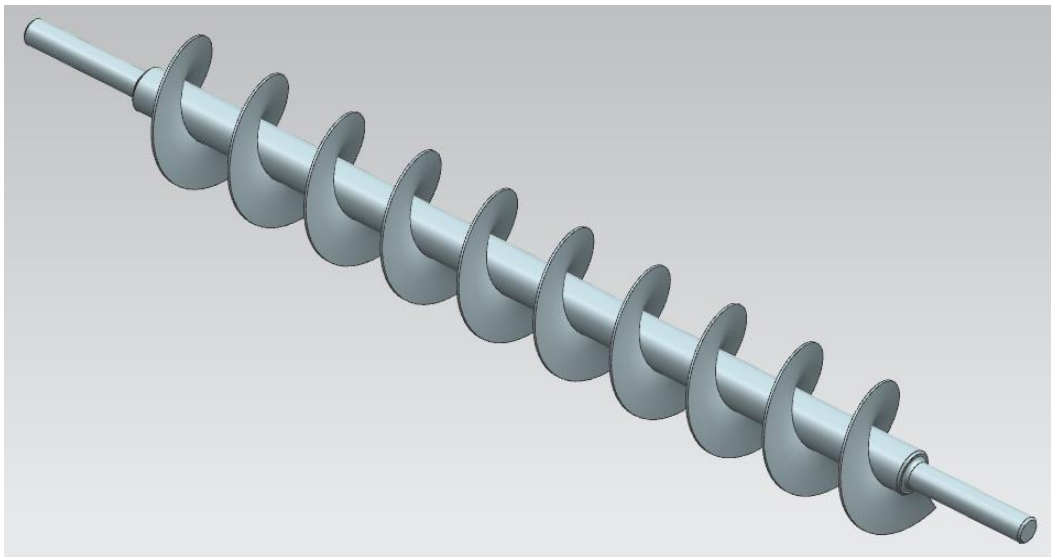
Materiaalin siirtoon tarkoitettuja laitteita ja kuljettimia on useita eri tyyppisiä, mutta yleisimpinä voidaan pitää ruuvi-, hihna- ja ketjukuljettimia, joita usein käytetään prosessiteollisuudessa kiinteän aineen siirtoon. Teollisuuden laitoksissa kuljetinmalli ja -tyyppi valitaan ja suunnitellaan prosessin ja kuljetettavan materiaalin mukaan. Yleisesti kuljettimet voidaan eritellä seuraavan taulukon 1 mukaisesti.

**Taulukko 1.** Käyttöominaisuudet.

<b>Kuljetinmalli</b>	<b>käyttö ominaisuudet</b>
Hihnakuljetin	- pitkät siirtomatkat  - suuri kuljetuskyky  - loiva maksimi nousukulma
Ketjukuljetin	- keskipitkät siirtomatka  - soveltuu mm. jyrkkiin nousukulmiin
ruuvikuljetin	- lyhyet siirtomatkat  - soveltuu mm. jyrkkiin nousukulmiin

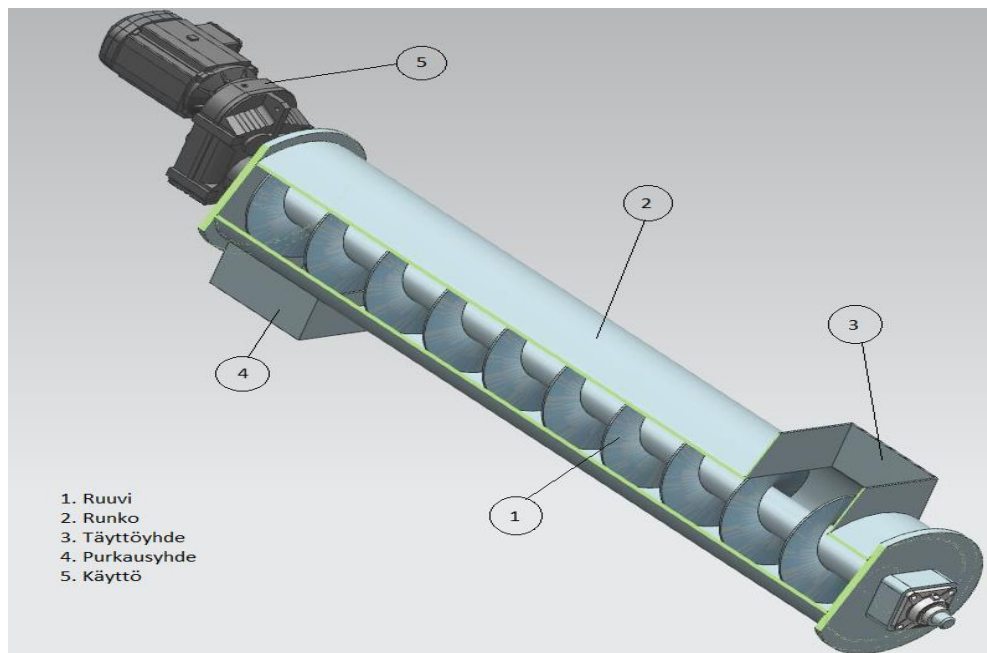
### 3.1 Ruuvikuljetin

Ruuvikuljetin on kuljetintyyppi, jolla materiaalin siirto tapahtuu pyörivässä akselissa olevan ruuvin avulla. Kuvassa 1 on esitetty ruuvi, jolla tuotetta siirretään kuljetin rungon sisällä.

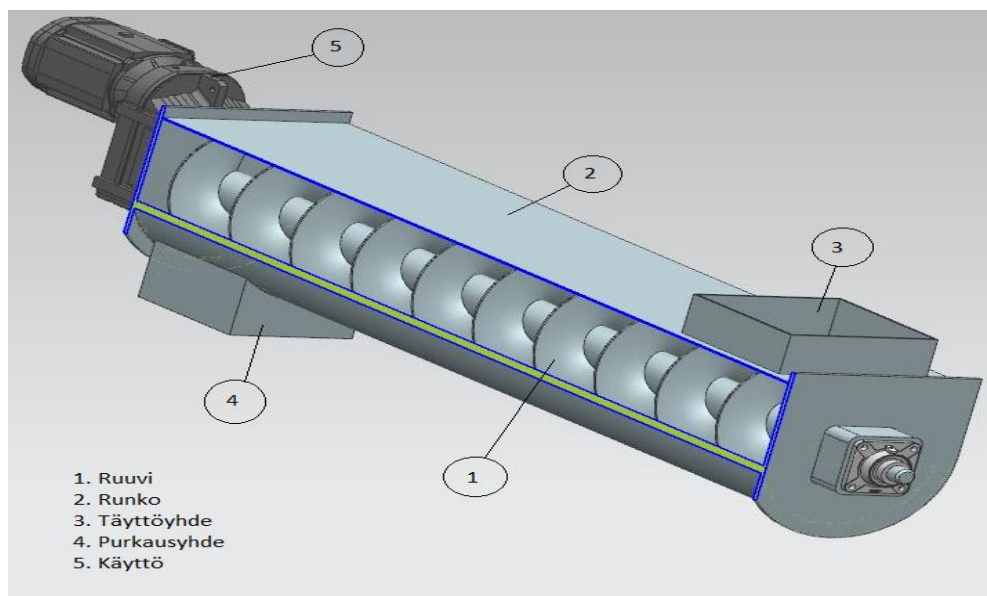


**Kuva 1.** Ruuvi.

Ruuvikuljettimen yleisimmin käytettyjä runkotyyppejä ovat kouru- ja putkirunko. Kuvassa 2 ja 3 esitetty havainnekuva eri runkotyypeistä.



**Kuva 2.** Putkirunkoinen ruuvikuljetin.



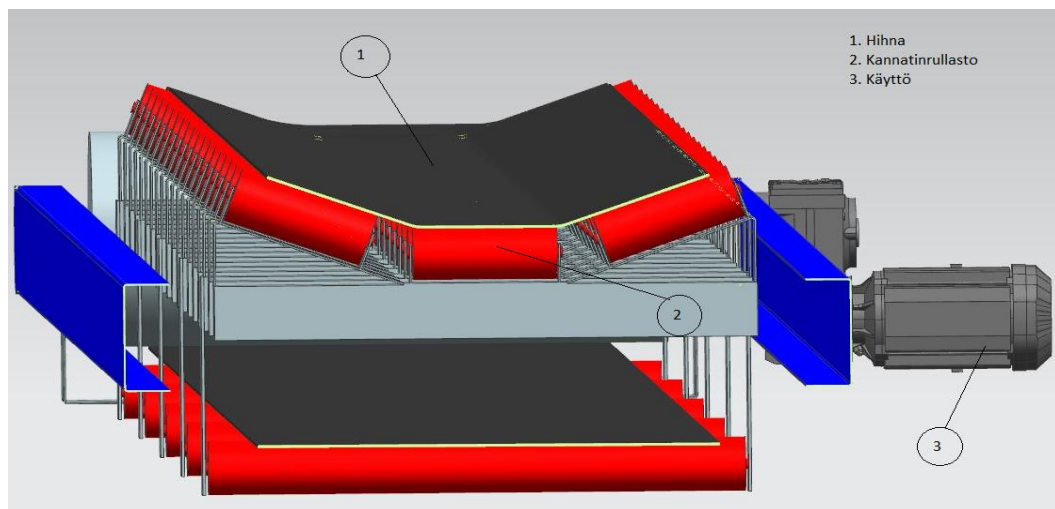
**Kuva 3.** Koururunkoinen ruuvikuljetin.

Ruuvikuljettimet soveltuvat niin rae- kuin jauhemaisten tuotteiden ja materiaalien siirtoon suljetun runkoratkaisun ansiosta. Yksinkertaisen rakenteen ansiosta ruuvikuljetin on lisäksi myös turvallinen sekä huolto- ja käyttäjäystävällinen ratkaisu teollisuuden eri materiaalien siirrossa.

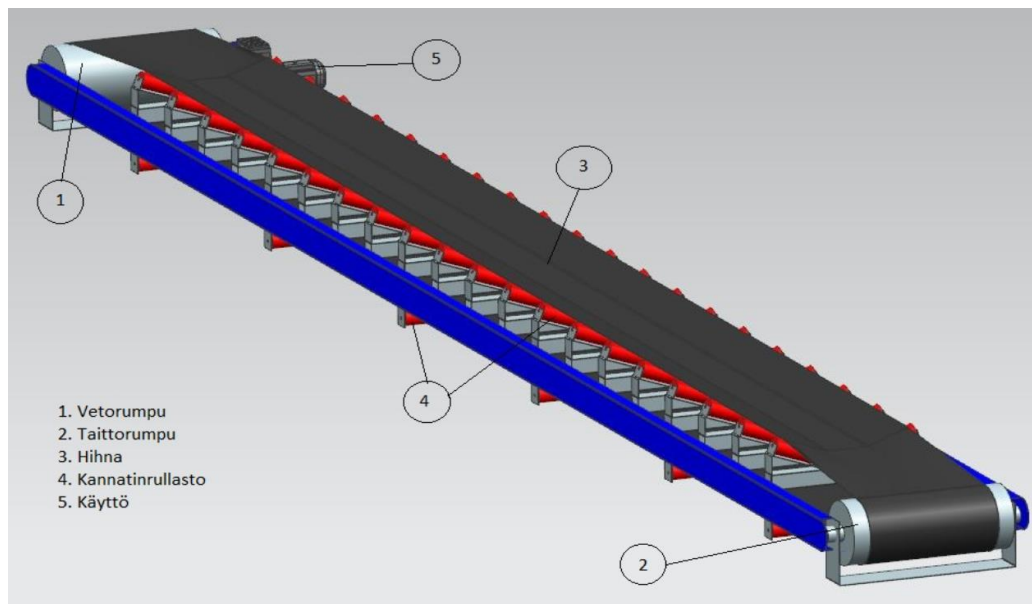
Ruuvikuljettimilla on useita eri soveltamisvaihtoehtoja pelkän materiaalin siirron lisäksi. Ruuvikuljetinta voidaan soveltaa esimerkiksi kahden tai useamman eri materiaalin sekoitukseen tai materiaalin annosteluun riippuen tuotantoprosessista.

### 3.2 Hihnakuuljetin

Hihnakuuljetimissa materiaalin siirto tapahtuu kuljettimessa olevan hihnan avulla. Hihnan liike toteutetaan pyörivien veto- ja taittorummuston avulla. Hihnakuuljetimet voivat olla taso- tai kouruhihnakuuljettimia, rakenteeltaan avonaisia tai kote-loituja. Kourumainen hihnan muoto syntyy kannatinrullaston asemoinnin avulla, kuten kuvassa 4 on esitetty. Kuvassa 5 on esitetty havainnekuva avonaisesta kouruhihnakuuljettimesta.



**Kuva 4.** Hihnakuuljetimen leikkaus.



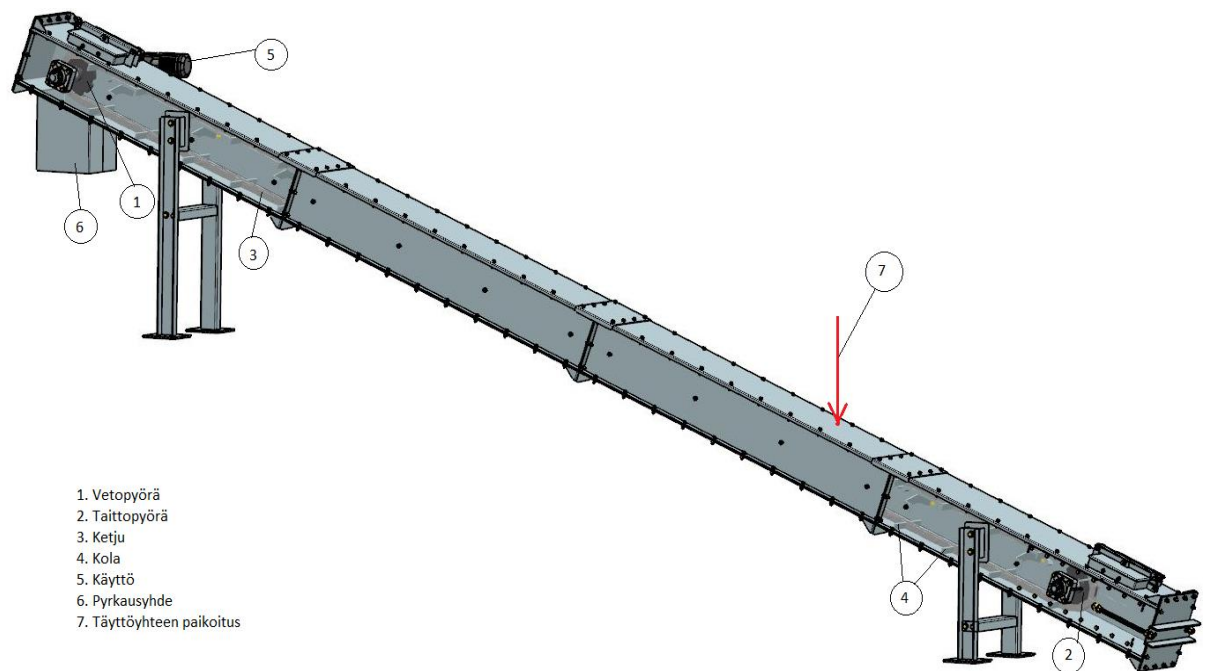
**Kuva 5.** Hihnakuuljetin.

Hihnakuuljettimet soveltuvat teollisuuden prosesseihin, joissa vaaditaan materiaaleille pitkiä siirtomatkoja sekä suurta siirtokapasiteettia, kuten esimerkiksi kaivos- ja energiateollisuudessa. Hihnakuuljettimet voivat olla jopa yli 100 metriä pitkiä. Hihnatyypit valitaan käyttökohteen mukaan mutta kumihihnat ovat hyvin yleisiä kuljettimissa käytettyjä hihnatyyppejä. Hihnakuuljettimet soveltuvat myös kovien ja isojen partikkelikoon omaaville tuotteille, kuten esimerkiksi kiviaineille. /2/

### 3.3 Ketjukolakuuljetin

Ketjukolakuuljettimissa materiaalin siirto saadaan aikaan kuljettimessa olevan ketjun sekä ketjussa olevien kolien avulla. Kuljettimen rakenne koostuu veto- ja taittopöyristä, rungosta sekä kuljetinketjusta. Kuljetinketjun liike saadaan aikaan vetopöyristä avulla. Taittopöyristä tehtävä on muuttaa ketjun suuntaa. Ketjukolakuuljettimissa voidaan käyttää joko yhtä tai useampaa rinnakkaista ketjua. Ketjulukumäärä määräytyy kapasiteetin tarpeen sekä prosessin mukaan.

Materiaali kuljettimelle syötetään kuljettimen veto- ja taittopään välissä olevaan täyttöyhteeseen. Kuljetin poistaa materiaalin purkausyhteestä, joka yleensä sijaitsee vetopäässä. Ketjukolakuuljettimissa voi olla useita täyttö- sekä purkausyhteitä. Kuvassa 6 on esitetty ketjukolakuuljettimen rakenne.



**Kuva 6.** Ketjukolakuuljetin.

Ketjukolakuuljettimet soveltuvat raemaisen materiaalin siirtoon. Suljetun runkoratkaisun ansiosta ketjukolakuuljettimet ovat pölytiivitä sekä turvallisia käyttäjälle.

## **4 LÄMPÖLAITOKSEN TUHKANPOISTOJÄRJESTELMÄ**

### **4.1 Nykyinen tuhkanpoistoprosessi**

Lämpölaitoksessa toimiva tuhkanpoistojärjestelmä on toteutettu tällä hetkellä kolmella ruuvikuljettimella. Ruuvikuljettimet poistavat tuhkaa arinakattilasta. Ruuvikuljettimet on suunniteltu poistamaan tuhkaa kattilan arinasta sekä lento-tuhkasta. Arinasta tuhka poistetaan kahdella- ja lentotuhkasta yhdellä ruuvikuljet-timella. Ruuvikuljettimet siirtävät tuhkat omiin tuhka-astioihin. Tuhka-astiat si-jaitsevat lämpölaitoksen sisällä ja astioiden tyhjäys tapahtuu käsin, jolloin tuhka-astioiden tyhjäys on hyvin työläs prosessi.

### **4.2 Tuhkanpoistojärjestelmä tulevaisuudessa**

Ennen työn aloitusta päätettiin, että jatkossa tuhkanpoisto tullaan toteuttamaan arinakattilasta olemassa olevien ruuvikuljettimien sekä prosessiin lisättävän ketju-kolakuljettimen avulla. Olemassa olevien ruuvikuljettimien on tarkoitus siirtää tuhka ketjukolakuljettimelle. Ketjukolakuljetin puolestaan siirtää tuhkan yhteen tuhka-astiaan. Ketjukolakuljetin tulee sijaitsemaan lämpölaitosrakennuksen ulko-puolella, joten jatkossa tuhka-astian tyhjäys voidaan toteuttaa esimerkiksi trukin avulla. Tästä syystä tuhka-astioita ei tarvitse jatkossa tyhjätä käsin.



## 5 KETJUKOLAKULJETTIMEN SUUNNITTELU

Ketjukulakuljettimen suunnittelussa huomioitiin JL Metals Oy:n konekanta sekä työmenetelmät mahdollistaen kuljettimen valmistus omassa konepajassa. JL Metals Oy:n kone kantaan kuuluu muun muassa automaattiplasmaleikkuri sekä särmäyspuristin. Tästä johtuen ketjukulakuljetin suunniteltiin mahdollisimman pitkälle levyosista.

Suunnittelun alussa tarkasteltiin turvallisuuskäsitteitä ja komponenttien mitoitusta ennen varsinaista kuljettimen mallintamista. Tämän jälkeen kuljetin mallinnettiin saatujen lähtötietojen perusteella.

Ketjukulakuljettimelle määräytyi suunnittelussa pituudeksi 7600 mm sekä 20 asteen nousukulma. Ketjukulakuljettimessä pituus jakautuu siten, että runko osalle pituudeksi tulee 4000 mm ja taitto- sekä vetopäälle 1800 mm.

Kuljetinjärjestelmiä suunniteltaessa tulee huomioida kahden tai useamman kuljettimen liitoskohdat siinä määrin, että tulisiko liitoskappaleet valmistaa vasta asennuksen yhteydessä. Tässä kuljetinjärjestelmässä ruuvikuljettimien ja ketjukulakuljettimen liitosyhteet valmistetaan asennuksen yhteydessä varmistaen kuljettimien yhteensopivuus. Tästä syystä ketjukulakuljettimen kanteen ei ole suunniteltu eikä paikoitettu täyttöyhteitä. /3/

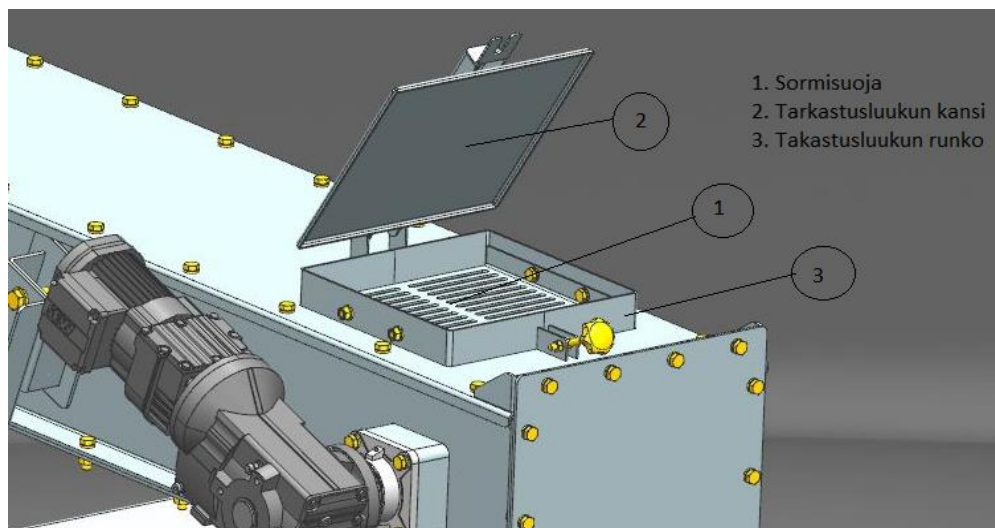
### 5.1 Turvallisuus

Käytön aikana ketjukulakuljettimen akseleissa, laakereissa ja ketjupyörissä tapahtuu tasaista pyörivää liikettä. Lisäksi ketjusta tulee suoraviivaista liikettä ja tärinää vaihdemoottorissa. Edellä mainitut asiat voivat aiheuttaa vaaratilanteen koneenkäyttäjälle laitteen käytön-, huollon- tai kunnossapidon aikana.

Ketjukulakuljettimen suljetusta runkoratkaisusta johtuen, ketjukulakuljettimen käyttäjä ei pysty asettamaan raajojaan vaaratilanteisiin, kuten esimerkiksi nieluihin. Oikein käytettynä ketjukulakuljetin on turvallinen käyttäjälleen.

Ketjukolakuuljetin tulee varustaa turvakytkimellä sekä nk. hätä-seis-painikkeella. Asettamalla turvakytkin 0-asentoon tehdään kuljettimen vaihdemoottori jännitteettömäksi. Tällä estetään kuljettimen odottamaton käynnistys korjaus- tai huoltotöissä. Odottamattoman tilanteen sattuessa hätä-seis-painikkeen avulla on tarkoitus sammuttaa kuljetin. /3/

Ketjukolakuuljettimen veto- sekä taittopään kansissa sijaitsee tarkistusluukut. Tarkistusluukuissa olevat kuvan 10 mukaiset sormisuojat mahdollistavat ketjukolakuuljettimen toiminnan tarkastukset käytönaikana. Sormisuojat estävät sormien tai muiden raajojen asettamisen liikkuviin ja pyöriviin osiin. /3/



**Kuva 7.** Tarkistusluukku.

## 5.2 Mitoitus

Ketjukolakuuljetinta suunniteltaessa määriteltiin laskennan avulla ketjulle syntyvä ketjuvoima, akselin halkaisija ja vaihdemoottorin alustava mitoitus sekä laakerien elinikä. Mitoituksen tuloksena pystyttiin valitsemaan komponentit ketjukolakuuljettimeen, kuten esimerkiksi laakerit sekä kuljetinketju. Akselin mitoituksessa saatiin selville pienin sallittu halkaisija.

### 5.2.1 Ketjuvoima

Kuljettimen käydessä syntyy voimia muun muassa siirrettävän materiaalin ja ketjun painoista sekä kitkoista. Näitä syntyy ketjun kuljettaessa siirrettävää materiaalia.

Ketjuvoima laskettiin ketjuvalmistaja Renoldin kuljettimien suunnitteluoppaan avulla. Ketjuvoimaan ei laskettu pienempiä häviöitä kuten esimerkiksi laakereista syntyviä kitkoja tai ketjun ja ketjupyörän välisiä kitkoja. Nämä otettiin laskennassa huomioon varmuuskertoimella  $n=2$ . Ketjuvoima laskettiin kaavan 1 mukaan.

/4/

$$C_p = 9.81 \cdot L \left( (W_c \cdot \mu_{s2}) + (W_m \cdot \mu_{sm}) \right) + P_B + X, \text{ jossa} \quad (1)$$

$C_p$  = Ketjuvoima

$L$  = Kuljettimen akseliväli

$W_c$  = Ketjun + kolien metripaino

$\mu_{s2}$  = Ketjun kitkakerroin

$W_m$  = Materiaalin metripaino

$\mu_m$  = Materiaalin kitkakerroin

$P_B$  = Syntyneet positiiviset voimat

$X$  = Tuotteen ja kuljettimen seinämästä syntyvät kitkavoimat

/4/

Lopullinen ketjuvoima kuljettimelle määräytyi kaavan 2 mukaan. Tästä todelliseksi ketjuvoimaksi tulee 1306,4 N. (LIITE 1)

$$C_{tod} = C_p \cdot n, \text{ jossa} \quad (2)$$

$C_{tod}$  = Todellinen ketjuvoima

$C_p$  = Ketjuvoima

$n$  = Varmuuskerroin

Ketjun kolakorkeus on 35 mm. Ketjuvoimaa laskiessa materiaalipatjan korkeudeksi valittiin 35 mm. Todellinen materiaalipatja käytön aikana on 10 mm. Tällä saavutettiin mitoituksessa mahdollinen kapasiteetin lisääminen ketjukolakuuljettimelle sekä voimien riittävyys.

### 5.2.2 Akselin mitoitus

Ketjukolakuuljettimissa ketjuvoimat välittyvät akselille ketjupyörien kautta, jolloin akseliin syntyy vääntö- ja taivutusmomentti. Vääntömomenttia laskiessa momenttivarreksi määräytyi ketjupyörän jakohalkaisijan säde ( $r_p$ ). Vääntömomentti laskettiin seuraavan kaavan 3 mukaan. Tästä vääntömomentiksi tulee 136.6 Nm

$$M_v = r_p \cdot C_{tod}, \text{ jossa} \quad (3)$$

$M_v$  = Vääntömomentti

$r_p$  = Ketjupyörän jakohalkaisijan säde

$C_{tod}$  = Todellinen ketjuvoima

Ketjuvoima tuottaa akselille taivutusta. Kaavan 4 mukaan taivutusmomentiksi tulee 150.6 Nm.

$$M_t = L_{lt} \cdot (C_{tod}/2), \text{ jossa} \quad (4)$$

$M_t$  = Taivutusmomentti

$L_{lt}$  = Laakerin ja Ketjupyöränpyörän välinen etäisyys

$C_{tod}$  = Todellinen ketjuvoima

Akselin halkaisijan mitoituksessa käytettiin Söderbergin laskentamenetelmää. Akseliin syntyvän taivutuksen sekä väännön yhteisvaikutuksesta akseli mitoitettiin Söderbergin vakioväännön ja vaihtuvan taivutuksen kaavalla 5. Akselin halkaisijaksi tuli 32 mm. /5/

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_{ft} \cdot M_t}{\sigma_{tw}}\right)^2 + \frac{M_v^2}{R_e^2}}}, \text{ Jossa} \quad (5)$$

$D$  = Akselin halkaisija

$n$  = Alustava varmuusluku

$K_{ft}$  = Lovenvaikutusluku

$M_t$  = Taivutusmomentti

$\sigma_{tw}$  = Materiaalin taivutusvaihtolujuus

$M_v$  = Vääntömomentti

$R_e$  = Materiaalin vetomyötöraja

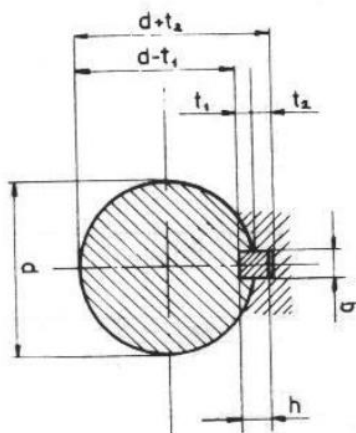
/5/

Liitteessä 2 esitetty akselin mitoitus. Akselimateriaalina laskennassa käytettiin yleistä rakenneterästä, S355:ta.

Akselin todelliseen halkaisijaan vaikuttavat myös siihen liitettävät komponentit, kuten vaihdemoottori, laakerit sekä ketjupyörien sovitehalkaisijat. Akseleihin liitettävät komponentit sekä niiden sovitehalkaisijat ovat laakerit 40 mm, ketjupyörä 50 mm sekä vaihdemoottori 35 mm.

Vaihdemoottori sekä ketjupyörät liitetään akseliin kiilaliitoksen avulla. Akseliin tulevat kiilaurat mitoitettiin kuvassa 11 olevan taulukon mukaan.

### Kiilauran mitoitus SFS 2636 mukaan



Akselin halk.		Kiilaura					
d		Leveys		Syvyys			Kork.
		b	Tol. PO	11	12	Tol.	h.
6	8	2	0,008	1,2	1		2
8	10	3	-0,031	1,8	1,4	+0,1	3
10	12	4	-0,012	2,5	1,8	0,0	4
12	17	5	-0,042	3	2,3		5
17	22	6	-0,042	3,5	2,8		6
22	30	8	-0,015	4	3,3		7
30	38	10	-0,051	5	3,3		8
38	44	12	-0,018	5	3,3		8
44	50	14	-0,061	5,5	3,8		9
50	58	16	-0,022	6	4,3	+0,2	10
58	65	18	-0,574	7	4,4	0,0	11
65	73	20	-0,022	7,5	4,9		12
75	85	22	-0,026	9	5,4		14
86	95	25	-0,083	9	5,4		14
95	110	28	-0,026	10	6,4		16
110	130	32	-0,026	11	7,4		18
130	150	36	-0,083	12	8,4	+0,3	20
150	170	40	-0,083	13	9,4	0,0	22

**Kuva 8.** SFS 2636 kiilauran mitoitus taulukko. /6/

### 5.2.3 Vaihde moottori

Arinakattilan käydessä täydellä teholla tuhkaa tulee vuorokaudessa n. 0.1 m<sup>3</sup>. Toiminnan kannalta ketjukolajuljettimen pitää pystyä siirtämään tämä tuhkamäärä. Halutun kapasiteetin saavuttamiseksi vaihde moottorin valinnalla on merkittävä osa. Vaihde moottorin tulee myös kyetä saavuttamaan kuljettimessa syntyneet voimat sekä siirrettävä kuljetinketjua oikealla halutulla nopeudella. Vaihde moottorin toisiomomentti täytyy olla suurempi, kuin akselissa vaikuttava vääntömomentti  $M_v$ .

Kuljettimen käydessä täydellä teholla ketjunopeudeksi tulee kaavalla 6 0,0004 m/s. (LIITE3)

$$V = \frac{P_s}{A_1}, \text{ jossa} \quad (6)$$

$V$  = Ketjunopeus

$P_s$  = Kapasiteetti sekunnissa

$A_1$  = Materiaalipatjan poikkipinta-ala

Kuljettimessa olevien kolien leveys on 300 mm, joten materiaalipatjan poikkipinta-ala laskettiin 10 mm korkealla sekä 300 mm leveällä materiaalipatjalla.

Ketjunopeus muutetaan ketjupyörän pyörimisnopeudeksi kaavalla 7. Tämä nopeus on myös vaihdemoottorin toisiopyörimisnopeus. Pyörimisnopeudeksi tuli 0,071 rpm. (LIITE3)

$$N_1 = \frac{V}{\pi \cdot r_p} \cdot 60, \text{ jossa} \quad (7)$$

$N_1$  = Vetopyörän pyörimisnopeus

$V$  = Ketjunopeus

$r_p$  = Taittopyörän jakohalkaisijan säde

Vaihdemoottorin valinnassa tulee huomioida myös käyttökerroin. ”Moottorin käynnistyessä (kiihtyessä) kiristyvät ensin kaikki mahdolliset ”tyhjät”, jonka jälkeen saavutetulla nopeudella ja moottorikohtaisella käynnistysmomentilla kuorma pyöräytetään liikkeelle. Mitä enemmän liikkeellelähtövoimaa tarvitaan moottorilta, sitä enemmän sitä välitetään vaihteen läpi kuormalle ja mitä useammin tämä tapahtuu, sitä vaativammalla käytöllä on vaihde.” Tämä otetaan huomioon käyttökertoimen avulla. /7/

Lämpölaitoksen toimiessa maksimikapasiteetilla arinakattila tuottaa tuhkaa ympäri vuorokauden. Tällöin tuhkakuljetin käy myös saman ajan. Kuljettimelle käynnistyksiä tuntia kohden tulee alle kymmenen. Käyttökertoimeksi tulee seuraavan kuvan 11 mukaan 1.2.

Iskukuormitusaste	FJ	Käyttöaika h/d	Käynnistyksiä / h			
			<10	10...100	100...200	> 200
I-tasainen	0...0,2	<8	0,8	1,0	1,2	1,3
		8...16	1,0	1,2	1,3	1,4
		16...24	1,2	1,3	1,4	1,5
II- kohtalaisia iskuja	0,2...3	<8	1,1	1,3	1,4	1,5
		8...16	1,3	1,4	1,5	1,7
		16...24	1,5	1,6	1,7	1,8
III- voimakkaita iskuja	3...10	<8	1,4	1,6	1,7	1,8
		8...16	1,6	1,7	1,8	2,0
		16...24	1,8	1,9	2,0	2,1

**Kuva 9.** Käyttökerrointaulukko. /7/

Alustava vaihdemoottorin valinta tehtiin SEW-Eurodrive:n Internet-sivuilla olevan tuotekonfiguraattorin avulla seuraavilla lähtötiedoilla: Vääntömomenti  $M_v$ , käyttökerroin sekä pyörimisnopeus  $N_l$ . Lähtötietojen perusteella lähin mahdollinen vaihdemoottori on tyyppiä KA39/TR17DR63S4. /8/. Maksimivääntömomenti tyypin vaihdemoottorilla on 250 Nm ja laskennan perusteella tullut vääntömomenti on 136,6 Nm.

Ketjukolakuljettimen käydessä yhtäjaksoisesti ketjupyörien pyörimisnopeus on 0.071 rpm. Valitussa vaihdemoottorissa toisiopyörimisnopeus on 3.8 rpm. Tällöin kuljettimelle tulee asettaa jaksottaisia käynnistyksiä, jolloin säästytään ylimääräiseltä kuljettimen käytöltä.

#### 5.2.4 Laakeri

Kuljettimen akseleiden päissä oleva laakerointi toteutetaan SKF FY40FM -tyyppisellä kuulalaakerilla. Kuulalaakereille laskettiin nimellinen kestoikä seuraavan kaavan 8 mukaisesti. Laakereille tulee ainoastaan säteiskuormia, joten aksiaali-kuormia ei tarvitse huomioida. Laskennassa kestoiksi tulee 103821 miljoonaa kierrosta.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p, \text{ jossa} \quad (8)$$



$L_{10}$  = Nimellinen kestoikä miljoonina kierroksina

$C$  = Dynaaminen kantavuusluku

$P$  = Säteiskuorma

$p$  = Eksponentti

Laakerin kestoikä muutettuna käyttötunneiksi kaavan 9 mukaisesti. Käyttötunteja laakerille tulee  $2.5 \cdot 10^{10}$  h.

$$L_{10}h = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P}\right)^p, \text{ jossa} \quad (9)$$

$L_{10}h$  = Kestoikä käyttötunteina

$n = N_1$  = Laakerin pyörimisnopeus

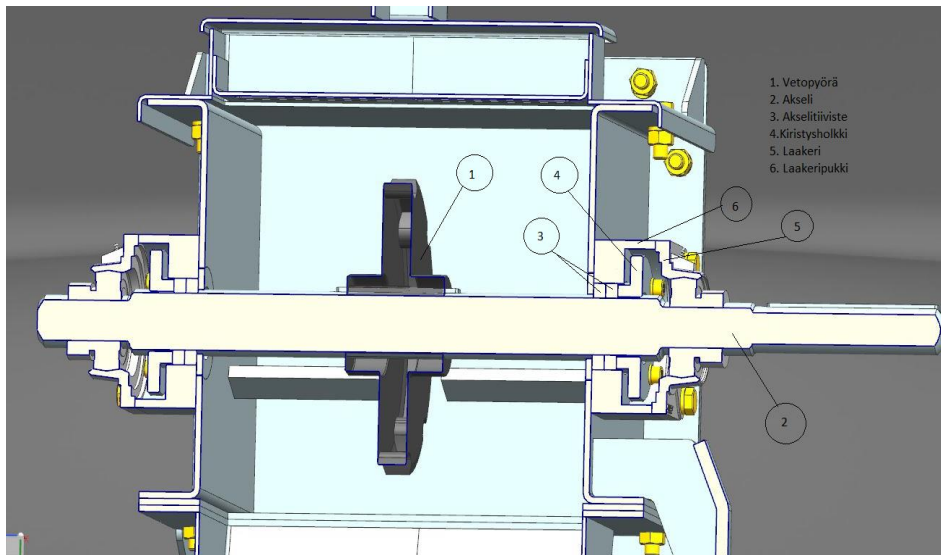
$C$  = Dynaaminen kantavuusluku

$P$  = Säteiskuorma

$p$  = Eksponentti

Kestoiän laskelmat eivät välttämättä kerro todellista laakerin kestoikää. Laakerin kestoikää heikentäviä tekijöitä ovat heikohko voitelu, epäpuhtaudet, laakereiden linjaus, kuormitus, lämpötila sekä värinat. /9/

Kuljettimen suunnittelussa, kuvan 10 mukaan aksiaalitiivisteiden avulla estetään tuhkan sekä muiden epäpuhtauksien pääsy laakereille. Aksiaalitiiviste puristetaan akselia vasten kiristysholkin avulla. Aksiaalitiivisteinä käytetään 10 mm vahvuista grafiittinauhatiivistettä. /10/



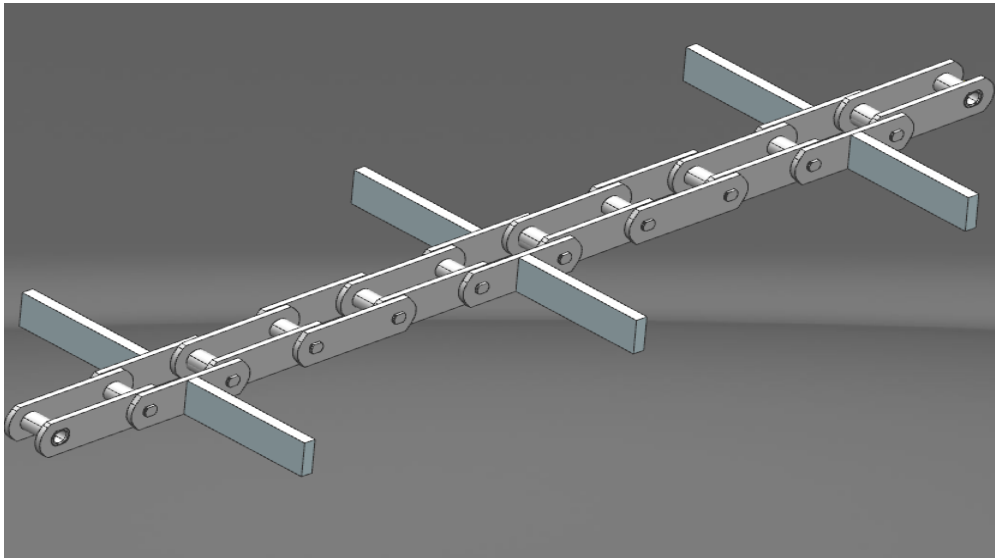
**Kuva 10.** Akselin leikkauskuva.

### 5.3 Kuljetinketju ja ketjupyörät

JL Metals Oy:n antaman lähtötiedon perusteella ketjupyörien jakohalkaisija tulisi olla noin 200 mm sekä kuljetin ketjussa olevien kolien jako noin 300 mm. Ketjun valintaan ei ollut rajoitteita. /3/

Ketjupyörien ja ketjun suunnittelu sekä valinta tehtiin yhteistyössä Lapualla sijaitsevan kuljetinketju valmistaja Lapua-ketjut Oy:n kanssa. Lapua-ketju Oy:llä on vuosikymmenten kokemus ketjujen valmistuksesta. Ketjukolakuljettimen suunnittelun tueksi Lapua-ketjut Oy toimitti ketjusta sekä ketjupyöristä mallitiedostot. Tähän ketjukolakuljetin sovellukseen valittiin Standardin SFS 2380 mukainen M80-A-80 -ketjutyypin. Tämä A-sarjan ketju on yleisesti käytetty ketjutyypin kuljettimissa, joilla on alhaiset nopeudet. Ketjutyypissä jako on 80 mm sekä murto-kuorma 80 KN. /11/

Ketjuun liitettävät kolat asennetaan hitsaamalla. Kolien valmistus sekä hitsausprosessi suoritetaan JL Metals Oy:n konepajassa. Kolajaoksi ketjutyypille suunniteltiin 320 mm. Tällöin kolat hitsataan joka viidennen ketjulenkin keskelle. Kuvassa 12 esitetty ketju sekä kolien asemointi.



**Kuva 11.** Ketju ja kolat.

Ketjupyöräksi valittiin napatyypiltään yksiosainen N1-8-50/M80-A-80 -tyypin ketjupyörä. Ketjupyörä soveltuu edellä mainitulle ketjutyyppille. /11/

Ketjupyörän valinnassa hammasluvun ei tulisi olla alle kahdeksan, koska kuljetimen nopeus määrittelee ketjupyörän hammasluvun siten, että mitä nopeampi kuljetin on, sitä suurempi hammasluku ketjupyörässä täytyy olla. Valitun ketjupyörän hammasluvuksi määräytyi kahdeksan sekä navan halkaisijaksi 50 mm. /11/

Ketjupyörän kiinnitystapoja akselille on eri vaihtoehtoja, kuten hitsaus, kiilaura sekä kiristysholkki. Ketjupyörän kiinnitystavaksi valittiin kiilaura, joka on yleinen pyörän kiinnitystapa. Kiilauraliitoksessa ketjupyörän pituussuuntainen liike akselissa estetään pidätinruuvien avulla. Ketjupyörän havainnekuva 12. /11/



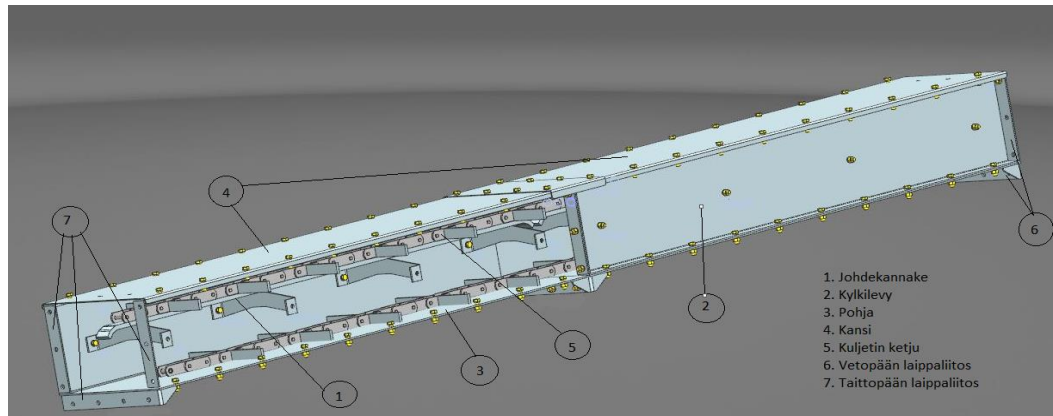
**Kuva 12.** Ketjupyörä.

#### **5.4 Kuljettimen runko**

Rungon pituus on 4000 mm. Valmistuksen ja kokoonpanon helpottamiseksi runko suunniteltiin kahdesta samanlaisesta osakokoonpanosta. Näin ollen yhden osakokoonpanon pituudeksi muodostui 2000 mm. Runko suunniteltiin pääsääntöisesti särmätyistä materiaaleiltaan S355 -levyosista. Kokoonpano toteutetaan hitsaamalla sekä pulttiliitoksin.

Rungon sisälle suunniteltiin paluuketjulle johdekannake ketjun roikkumisen estämiseksi. Johdekannake liitetään pulttiliitoksella rungon kylkilevyihin. Johdekanakkeita on myös veto- ja taittopäässä. Rungon osakokoonpanot liitetään toisiinsa pulttiliitoksin. Rungon toiseen päähän liitetään vetopää ja toiseen taittopää. Veto- ja taittopää liitetään runkoon myös pulttiliitoksella.

Kuvassa 13 on esitetty kokoonpano rungosta. Tässä kuvassa on yhdistetty kaksi osakokoonpanoa. Toisesta rungon osakokoonpanosta on poistettu yksi kylkilevy havainnollistamaan johdekannakkeen asemointi.

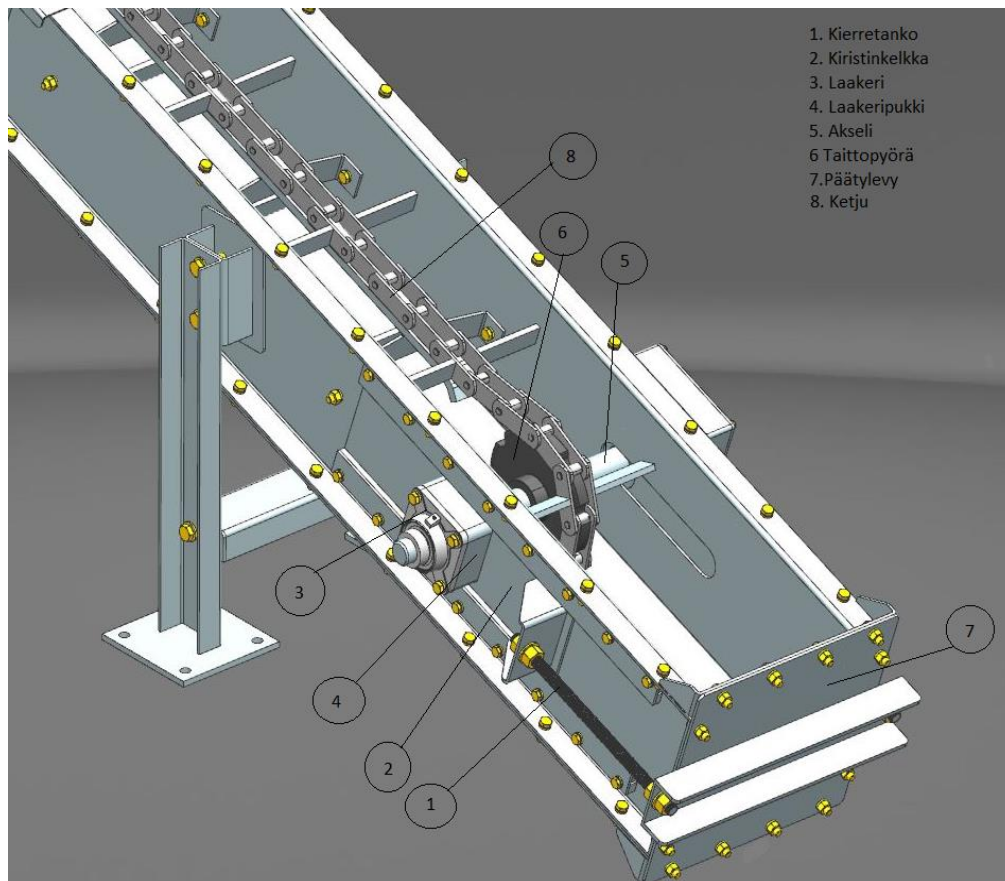


**Kuva 13.** Runko.

## 5.5 Taittopää

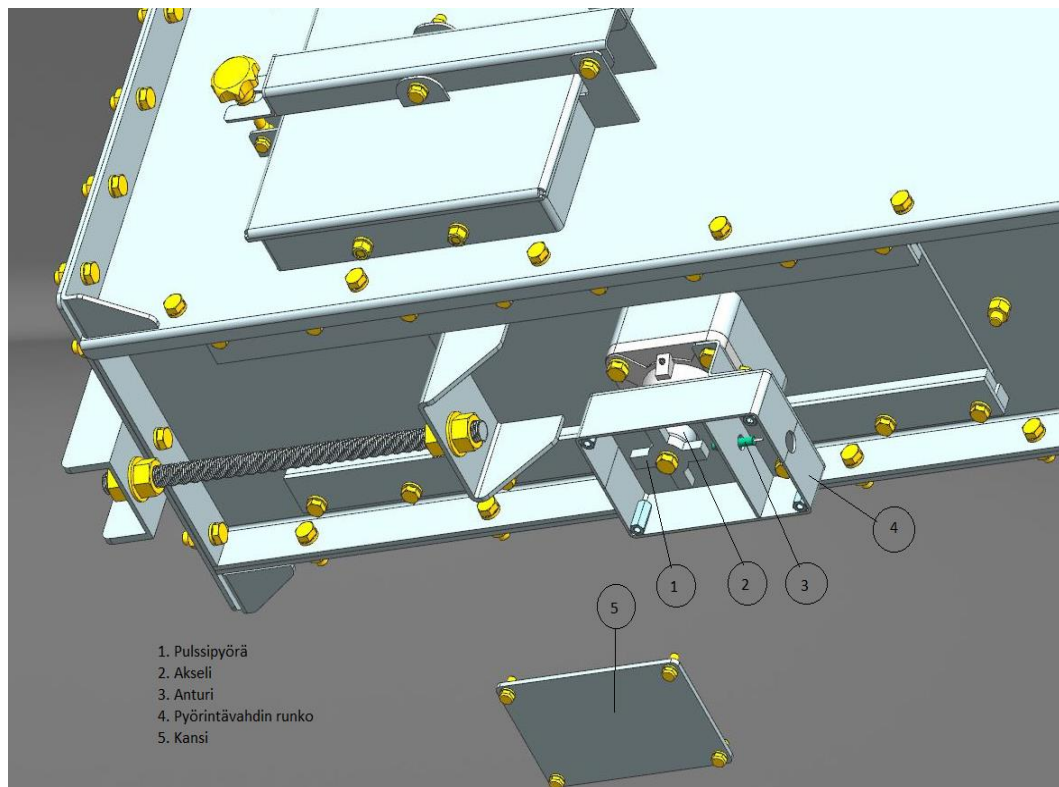
Taittopäähän suunniteltiin ketjun kiristysmekanismi, taittopään akseli, taittopyörä sekä pyörintävahti. Taittopään runko, ketjun kiristysmekanismi ja pyörintävahti sekä akseli suunniteltiin teräksestä S355.

Kuljetinta käytettäessä kuljetinketju venyy, jolloin ketjua tulee saada tarvittaessa kiristettyä. Ketjun kiristys tapahtuu kahden kierretangon avulla. Kierretangot sijaitsevat taittopään molemmilla puolilla. Laakerit, laakeripukit, taittopään akseli sekä taittopyörä ovat yhteydessä ainoastaan kiristinkelkkaan. Kierretankoja kiristämällä taittopään kylkilevyissä olevat kiristinkelkat liikkuvat, joten myös ketju kiristyy. Ketjunkiristysmekanismi esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14.** Taittopää.

Pyörintävahdin tehtävä on lähettää tietoa automaatiojärjestelmään siitä, että kuljetin toimii normaalisti. Taittopään akseli pyörii kuljetinketjun sekä taittopyörän avulla. Akselin päässä sijaitsee neljähampainen pulssipyörä. Pyörintävahdi sisältää induktiivisen anturin. Anturi mittaa pulsseja pulssipyörän avulla. Anturin tulee mitata pulsseja neljä kappaletta akselin pyöriessä yhden kierroksen. Kuljettimessa esimerkiksi ketjun katkeaminen aiheuttaa sen, että taittopyörä sekä akseli eivät pyöri. Tästä syystä myöskään pulssipyörä ei pyöri, joten anturi ei kykene saamaan tarvittavia pulsseja. Tällöin automaatiojärjestelmä katkaisee virran vaihdemoottorista estääkseen vetopään akselin ja vetopyörän pyörimisen. Tämä puolestaan säästää kuljetinta lisävaurioilta. Automaatiojärjestelmä lähettää tiedon kuljettimen käyttäjälle, mikäli anturi ei tunnista pulsseja. Kuvassa 15 on esitetty pyörintävahdin havainnekuva.

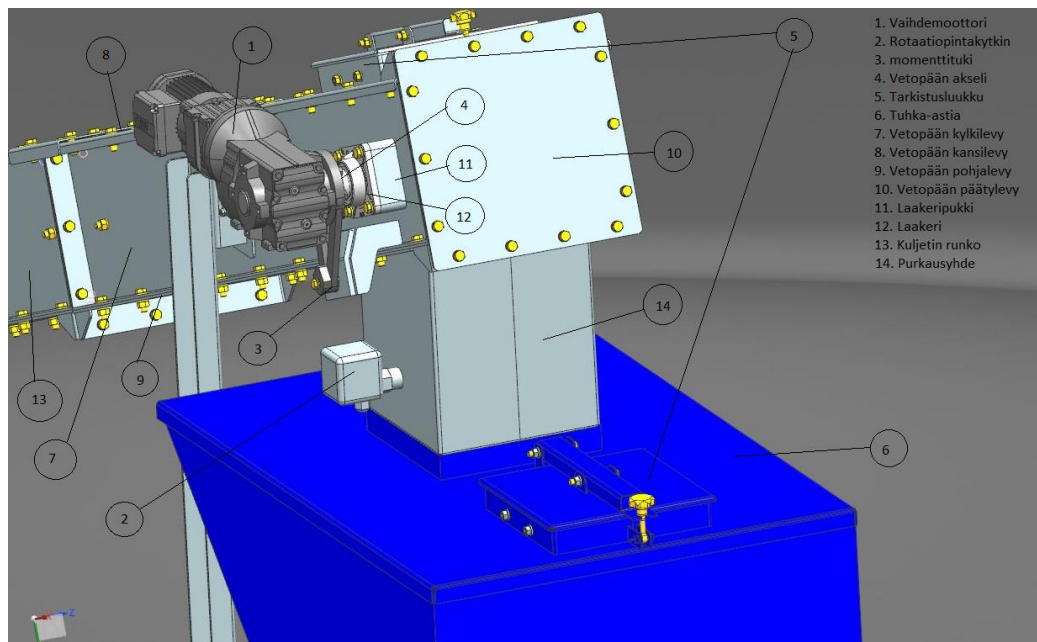


**Kuva 15.** Pyörintävahti.

## 5.6 Vetopää

Tässä ketjukolakuuljettimessa vetopää suunniteltiin niin, että vetopäässä sijaitsee vaihdemoottori, vetopyörä, vetopään akseli sekä purkausyhde. Purkausyhteeseen on sijoitettu pinnanmittaus anturi. Vetopään runko ja akseli on myös suunniteltu teräksestä S355. Kokoonpano toteutetaan hitsaamalla sekä pulttiliitoksin, kuten kuljettimen runko sekä taittopää. Kuvassa 16 on esitetty vetopään kokoonpanomalli

Vaihdemoottori on kiinnitetty vetopäähän akselin sekä momenttituen avulla, kuten kuvassa 16 on esitetty. Momenttituen tehtävä on pitää vaihde paikallaan käynnin aikana syntyvästä momentista.



**Kuva 16.** Vetopää.

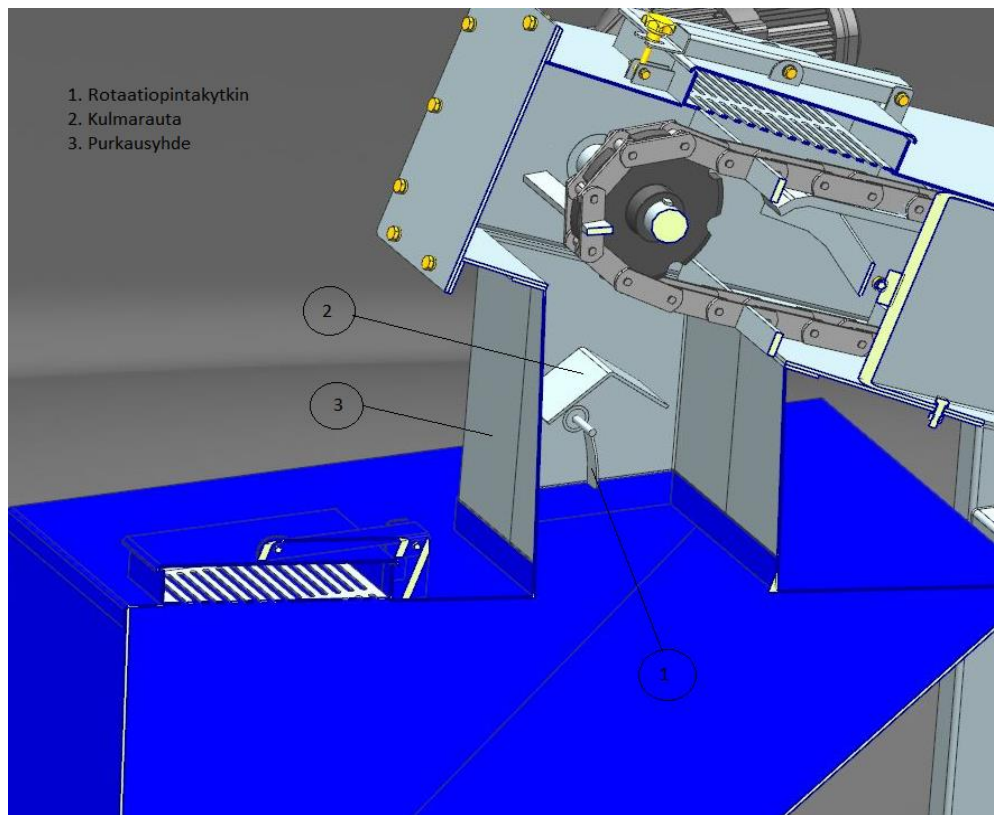
Purkausyhteeseen sijoitetun rotaatiopintakytkimen tehtävä on tarkkailla materiaalin pintaa estäen tuhka-astian ylitäyttö. Rotaatiopintakytkimen havaittaessa materiaalin pinnan, automaatiojärjestelmä sammuttaa kuljettimen estääkseen materiaalin pinnan nousemisen purkausyhteeseen ja sitä kautta vetopäähän, estäen tukoksen muodostumisen. Tällöin myös tuhka-astia on täynnä, joten tuhka-astian tyhjäys on ajankohtainen.

Rotaatiopintakytkin tunnistaa materiaalin pyörivän lavan avulla. Materiaalin osuessa lapaan rotaatiopintakytkimen moottori kytkeytyy pois päältä, jolloin lavan pyörimisliike pysähtyy ja ylitäyttö on havaittu. Rotaatiopintakytkimen lavan vapauduttua materiaalista, pintakytkimen moottori aktivoituu. Tällöin myös lapa alkaa uudelleen pyöriä. /12/

Materiaalivirta kulkee vetopäästä purkausyhteen kautta tuhka-astiaan. Rotaatiopintakytkin on asennettu purkausyhteen kylkeen. Tästä syystä materiaalivirta voi osua rotaatiopintakytkimen lapaan sekä aktivoida sen aiheuttaen turhia häiriöitä järjestelmässä. Tämä tilanne on estetty suunnittelemalla purkausyhteen sisälle lavan yläpuolelle olevan kulmaraudan avulla, jolloin materiaalivirta ei pääse osu-



maan lapaan. Kuvassa 17 esitetty rotaatiopintakytkimen asemointi purkausyhteeseen.



**Kuva 17.** Rotaatiopintakytkin.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli saada laskelmat sekä suunnitelma toimivasta ketjukolakuljettimesta lämpölaitoksen tuhkanpoistojärjestelmän tueksi.

Laskelmat sekä suunnitelma saatiin tehtyä aikataulussa. Työn rajaus ketjukolakuljettimen suunnitteluun oli selkeä. Kuljettimen suunnittelussa täytyi kuitenkin tuntea tietyissä määrin prosessikokonaisuus, joten tässä opinnäytetyössä jouduin tutustua ruuvikuljettimen toimintaperiaatteeseen.

Työssä ketjukolakuljetin mallinnettiin Siemens NX -suunnitteluohjelmalla. Ketjukolakuljettimen valmistus konepajassa vaatii valmistuspiirustukset, kuten levynleikkaus-, särmäys-, hitsauskokoontaminen-, koneistus- ja kuljettimen kokoonpanokuvat, joita tässä työssä ei käsitellä. Nämä tulee olla ennen kuin siirrytään konepajavalmistukseen. Vaihdemootorille tehtiin työssä alustava mitoitus, mutta mielestäni on syytä vielä varmistua asiasta olemalla yhteydessä ja keskustella vaihdemootoritoimittajan kanssa siitä, soveltuuko työssä valittu vaihdemoottori tähän tarkoitukseen tai olisiko vaihdemootoritoimittajalla muita ratkaisuja.

Vuosien työkokemukseni sekä suuri kiinnostukseni kuljettimien sekä kuljetinjärjestelmien valmistuksesta, kokoonpanosta, asennuksesta ja käyttöönotosta sekä kuljettimien korjaus- ja huoltotöistä antoi hyvän pohjan kuljettimen suunnitteluun. Tästä syystä oli todella mielenkiintoista myös suunnitella kuljetin ja todeta, miten kuljetin saa alkunsa.

Sain erittäin tärkeää kokemusta suunnitteluohjelman käytöstä, koska työ sisälsi suuren määrän mallinnettavia osia sekä komponentteja. Työn monipuolisuudesta johtuen, suunnitteluohjelmalla pääsi mallintamaan koneistettavia sekä ohutlevykappaleita.

Työn edetessä huomasin, kuinka tärkeää on suunnitella myös mallintamista, kuten esimerkiksi rajoitteiden käyttö kokoonpanovaiheessa sekä osakokoonpanojen sisältö ja rakenne jouhevan mallintamisprosessin aikaansaamiseksi. Mallintamisen alkuvaiheen kokemattomuus ja esimerkiksi vääränlaisten rajoitteiden käyttö olisi

estänyt myöhemmän vaiheen korjaustoimenpiteitä. Mallintamistyön edetessä sekä virheistä opittuna mallintaminen sujui loppua kohden kuitenkin sujuvammin.

## LÄHTEET

- /1/ JL Metals Oy internet sivut. Viitattu 10.1.2018. <http://www.jlmetals.fi/>
- /2/ Jakaja, hihnakuljettimet. Viitattu 10.1.2018.  
<http://www.jakaja.fi/index.php?p=Hihnakuljettimet>.
- /3/ Pasanen, O-P. 2018. Project manager. JL Metals Oy. Keskustelu. Viitattu 12.1.2018
- /4/ Renold, asennus, huolto & suunnitteluopas. Viitattu 14.1.2018.  
<http://www.renold.com/media/165388/Conveyor-Ins-Main-REN16-ENG-10-10.pdf>.
- /5/ Airila, M, P. 1995.Koneenosien suunnittelu. Helsinki. WSOY. Viitattu 17.1.2018
- /6/ Kari Kolehmainen, kiilauran mitoitus. Viitattu 1.2.2018.  
<https://www.karikolehmainen.com/651>.
- /7/ VEM-motors Finland, vaihteen käyttökertoimesta. Viitattu. 4.2.2018.  
<https://www.slideshare.net/vem-motors-finland/vaihteen-kyttkertoimesta-49032140>.
- /8/ SEW-eurodrive, tuotekonfiguraattori. Viitattu. 30.2.2018. [https://www.sew-eurodrive.fi/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=fi\\_FI&country=FI](https://www.sew-eurodrive.fi/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=fi_FI&country=FI).
- /9/ SKF, laakerien kunnossapito. Viitattu 2.3.2018.  
[http://www.skf.com/binary/123-290853/SKF-laakerien-kunnossapito---SKF-bearing-maintenance-handbook---10001\\_1-FI.pdf](http://www.skf.com/binary/123-290853/SKF-laakerien-kunnossapito---SKF-bearing-maintenance-handbook---10001_1-FI.pdf).
- /10/ Tiivistepalvelu, punosgrafiittinauhatiiviste. Viitattu 3.4.2018.  
<http://tiivistepalvelu.fi/1400r-punosgrafiittinauhatiiviste>.
- /11/ Ulvila, T. 2018. Product development and quality control manager. Lapua-ketjut oy. Keskustelu. Viitattu 19.3.2018.
- /12/ Hantor, rotaatiopintakytkimet. Viitattu 5.4.2018.  
<http://hantor.fi/tuotteet/pinta/mollet-df-rotaatiopintakytkimet>.

## Liite 1

Ketjuvoiman laskenta

Ketjuvoiman laskenta kaava:

$$C_p = 9.81 \cdot L((W_c \cdot \mu_{s2}) + (W_m \cdot \mu_{sm})) + P_B + X = 653n$$

Todellinen ketjuvoima:

$$C_{tod} = C_p \cdot n = 1306N$$

Lähtötiedot			
Tunnus:	Arvo:	yksikkö:	Selite:
L	7	m	Kuljettimen akseliväli
Wc1	4,5	kg/m	ketjun metripaino (M80A80 ketju. Kts. Taulukko1)
Wc2	3,3	kg/m	Kolien metripaino
Wc	7,8	kg/m	ketjun ja kolien metripaino
$\mu_{s1}$	-0,22		Kitkakerroin. Voitelematon (M80A80 ketju. Kts.Taulukko2) 20astetta
$\mu_{s2}$	0,46		Ketjun kitkakerroin nousukulmassa. Voitelematon (M80A80 ketju. Kts.Taulukko3)
$\mu_m$	0,5		Materiaalin kitkakerroin. Kuiva tuhka. (Kts.Taulukko4)
$\mu_{sm}$	1,117		Materiaalin kitkakerroin nousukulmassa. $(\mu_m \cdot \cos 20) + \sin 20$
PB	-117,8	N	Ketjun paluuvoima. $P_B = 9.81 \cdot W_c \cdot L \cdot \mu_{s1}$
$\rho$	609	kg/m <sup>3</sup>	Materiaalin tiheys
L1	0.3	m	Materiaalipatjan leveys
Am	0,315	m <sup>2</sup>	Materiaalipatjan pinta-ala metrin matkalla. $1 \cdot L_1$
Vm	0,011	m <sup>3</sup>	Materiaalipatjan tilavuus metrin matkalla. $A_m \cdot h$
Wm	6,7142	kg	Materiaalipatjan massa metrin matkalla
n	2		varmuuskerroin
H	0,035	m	Materiaalipatjan korkeus
G	0,05		Kerroin. Kuiva tuhka (Kts. Taulukko4)
X	9,64	N	Tuotteen ja kuljettimen seinämästä syntyvä kitkavoima. $2,25 \cdot 10^4 \cdot G \cdot L \cdot H^2$

Taulukko1 Kuljetinketjujen metripainot

7. Ohjeet | www.lapua-ketju | 99

**Kuljetinketjujen painot kg / m**

Ketju	Jako	ketjutyyppi						
		A	B	C		D	E	
				teräsruultin	muoviruultin		teräsruultin	muoviruultin
M 40	63	2,2	2,5	4,2	2,4	4,3	4,8	3
	80	2	2,2	3,6	2,2	3,7	4,2	2,8
	100	1,9	2,1	3,1	2	3,2	3,7	2,6
	125	1,8	1,9	2,8	1,9	2,9	3,4	2,5
M56	63	3,2	3,6	6,5	3,6	6,8	7,2	4,3
	80	2,9	3,3	5,5	3,3	5,8	6,2	3,9
	100	2,7	3	4,8	3	5	5,5	3,6
	125	2,6	2,8	4,2	2,8	4,4	4,9	3,4
M 80	80	4,5	5,2	9	5,1	9,5	10,3	6,4
	100	4,2	4,7	7,8	4,7	8,1	9,1	6
	125	3,9	4,3	6,8	4,3	7,1	8	5,5
	160	3,7	4	5,9	3,9	6,1	7,1	5,2
M 112	80	6,7	7,7	14	7,6	14,6	16	9,7
	100	6,1	6,9	11,9	6,8	12,4	14	8,9
	125	5,6	6,3	10,3	6,2	10,7	12,3	8,2
	160	5,2	5,8	8,9	5,7	9,2	10,9	7,7
M 160	100	9,5	10,9	18,7	10,4	19,4	19,7	13,1
	125	8,7	9,9	16,1	9,4	16,6	17,3	12
	160	8	8,9	13,8	8,6	14,2	16,1	11,1
	200	7,5	8,2	12,1	8	12,5	14,4	10,4
M 224	125	12,8	14,5	25,6		26,8		
	160	11,6	13	21,6		22,6		
	200	10,8	11,9	18,8		19,6		
	250	10,2	11	16,6		17,2		
M 315	160	17,8	19,9	33,2		35,1		
	200	16,4	18,1	28,8		30,3		
	250	15,4	16,7	25,2		26,4		
	315	14,5	15,5	22,3		23,2		
M 450	200	23,8	26,8	44,9		46,9		
	250	22,1	24,5	38,9		40,6		
	315	20,6	22,6	34		35,3		
	400	19,5	21	30		31		
M 630	250	34,2	38	57,4		60,8		
	315	31,7	34,7	50,1		52,8		
	400	29,6	32	44,1		46,3		
	500	28,1	30	39,7		41,4		

Taulukko2 Kitkakerroin

CHAIN REF	UTS (kN)	ROLLER DIA (mm)	LUBRICATION	CONVEYOR INCLINATION							
				0°	5°	10°	15°	20°	30°	40°	50°
BS13	13	25.4	R	0.13	0.04	-0.05	-0.13	-0.22	-0.39	-0.54	-0.68
			O	0.14	0.05	-0.04	-0.12	-0.21	-0.38	-0.54	-0.68
			N	0.16	0.07	-0.02	-0.10	-0.19	-0.36	-0.52	-0.66
BS20	20	25.4	R	0.15	0.06	-0.03	-0.11	-0.20	-0.37	-0.53	-0.67
			O	0.17	0.08	-0.01	-0.09	-0.18	-0.35	-0.51	-0.66
			N	0.19	0.10	0.01	-0.08	-0.16	-0.34	-0.50	-0.64
BS27/BS33	27/33	31.8	R	0.15	0.06	-0.03	-0.11	-0.20	-0.37	-0.53	-0.67
			O	0.18	0.09	0.00	-0.08	-0.17	-0.34	-0.50	-0.65
			N	0.20	0.11	0.02	-0.07	-0.15	-0.33	-0.49	-0.64
BS54/BS67	54/67	47.6	R	0.12	0.03	-0.06	-0.14	-0.23	-0.40	-0.55	-0.69
			O	0.14	0.05	-0.04	-0.12	-0.21	-0.38	-0.54	-0.68
			N	0.17	0.08	-0.01	-0.09	-0.18	-0.35	-0.51	-0.66
BS107/BS13	107/134	66.7	R	0.10	0.01	-0.08	-0.16	-0.25	-0.41	-0.57	-0.70
			O	0.13	0.04	-0.05	-0.13	-0.22	-0.39	-0.54	-0.68
			N	0.15	0.06	-0.03	-0.11	-0.20	-0.37	-0.53	-0.67
BS160/BS20	160/200	88.9	R	0.09	0.00	-0.09	-0.17	-0.26	-0.42	-0.57	-0.71
			O	0.11	0.02	-0.07	-0.15	-0.24	-0.40	-0.56	-0.70
			N	0.13	0.04	-0.05	-0.13	-0.22	-0.39	-0.54	-0.68
BS267	267	88.9	R	0.09	0.00	-0.09	-0.17	-0.26	-0.42	-0.57	-0.71
			O	0.11	0.02	-0.07	-0.15	-0.24	-0.40	-0.56	-0.70
			N	0.13	0.04	-0.05	-0.13	-0.22	-0.39	-0.54	-0.68
BS400	400	88.9	R	0.09	0.00	-0.09	-0.17	-0.26	-0.42	-0.57	-0.71
			O	0.11	0.02	-0.07	-0.15	-0.24	-0.40	-0.56	-0.70
			N	0.13	0.04	-0.05	-0.13	-0.22	-0.39	-0.54	-0.68
M40	40	36.0	R	0.11	0.02	-0.07	-0.15	-0.24	-0.40	-0.56	-0.70
			O	0.12	0.03	-0.06	-0.14	-0.23	-0.40	-0.55	-0.69
			N	0.14	0.05	-0.04	-0.12	-0.21	-0.38	-0.54	-0.68
M56	56	42.0	R	0.10	0.01	-0.08	-0.16	-0.25	-0.41	-0.57	-0.70
			O	0.12	0.03	-0.06	-0.14	-0.23	-0.40	-0.55	-0.69
			N	0.14	0.05	-0.04	-0.12	-0.21	-0.38	-0.54	-0.68
MCS6	56	50.0	R	0.10	0.01	-0.08	-0.16	-0.25	-0.41	-0.57	-0.70
			O	0.12	0.03	-0.06	-0.14	-0.23	-0.40	-0.55	-0.69
			N	0.14	0.05	-0.04	-0.12	-0.21	-0.38	-0.54	-0.68
M80	80	50.0	R	0.09	0.00	-0.09	-0.17	-0.26	-0.42	-0.57	-0.71
			O	0.11	0.02	-0.07	-0.15	-0.24	-0.40	-0.56	-0.70
			N	0.13	0.04	-0.05	-0.13	-0.22	-0.39	-0.54	-0.68

Taulukko3 Ketjun kitkakerroin

CHAIN REF	UTS (kN)	ROLLER DIA (mm)	LUBRICATION	CONVEYOR INCLINATION							
				0°	5°	10°	15°	20°	30°	40°	50°
BS13	13	25.4	R	0.13	0.22	0.30	0.38	0.46	0.61	0.74	0.85
			O	0.14	0.23	0.31	0.39	0.47	0.62	0.75	0.86
			N	0.16	0.25	0.33	0.41	0.49	0.64	0.77	0.87
BS20	20	25.4	R	0.15	0.24	0.32	0.40	0.48	0.63	0.76	0.86
			O	0.17	0.26	0.34	0.42	0.50	0.65	0.77	0.88
			N	0.19	0.28	0.36	0.44	0.52	0.66	0.79	0.89
BS27/BS33	27/33	31.8	R	0.15	0.24	0.32	0.40	0.48	0.63	0.76	0.86
			O	0.18	0.27	0.35	0.43	0.51	0.66	0.78	0.88
			N	0.20	0.29	0.37	0.45	0.53	0.67	0.80	0.89
BS54/BS67	54/67	47.6	R	0.12	0.21	0.29	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			O	0.14	0.23	0.31	0.39	0.47	0.62	0.75	0.86
			N	0.17	0.26	0.34	0.42	0.50	0.65	0.77	0.88
BS107/BS13	107/134	66.7	R	0.10	0.19	0.27	0.36	0.44	0.59	0.72	0.83
			O	0.13	0.22	0.30	0.38	0.46	0.61	0.74	0.85
			N	0.15	0.24	0.32	0.40	0.48	0.63	0.76	0.86
BS160/BS20	160/200	88.9	R	0.09	0.18	0.26	0.34	0.43	0.58	0.71	0.82
			O	0.11	0.20	0.28	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			N	0.13	0.22	0.30	0.38	0.46	0.61	0.74	0.85
BS267	267	88.9	R	0.09	0.18	0.26	0.34	0.43	0.58	0.71	0.82
			O	0.11	0.20	0.28	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			N	0.13	0.22	0.30	0.38	0.46	0.61	0.74	0.85
BS400	400	88.9	R	0.09	0.18	0.26	0.34	0.43	0.58	0.71	0.82
			O	0.11	0.20	0.28	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			N	0.13	0.22	0.30	0.38	0.46	0.61	0.74	0.85
M40	40	36.0	R	0.11	0.20	0.28	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			O	0.12	0.21	0.29	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			N	0.14	0.23	0.31	0.39	0.47	0.62	0.75	0.86
M56	56	42.0	R	0.10	0.19	0.27	0.36	0.44	0.59	0.72	0.83
			O	0.12	0.21	0.29	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			N	0.14	0.23	0.31	0.39	0.47	0.62	0.75	0.86
MCS6	56	50.0	R	0.10	0.19	0.27	0.36	0.44	0.59	0.72	0.83
			O	0.12	0.21	0.29	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			N	0.14	0.23	0.31	0.39	0.47	0.62	0.75	0.86
M80	80	50.0	R	0.09	0.18	0.26	0.34	0.43	0.58	0.71	0.82
			O	0.11	0.20	0.28	0.37	0.45	0.60	0.73	0.84
			N	0.13	0.22	0.30	0.38	0.46	0.61	0.74	0.85



**Taulukko4** Materiaalin kitkakerroin

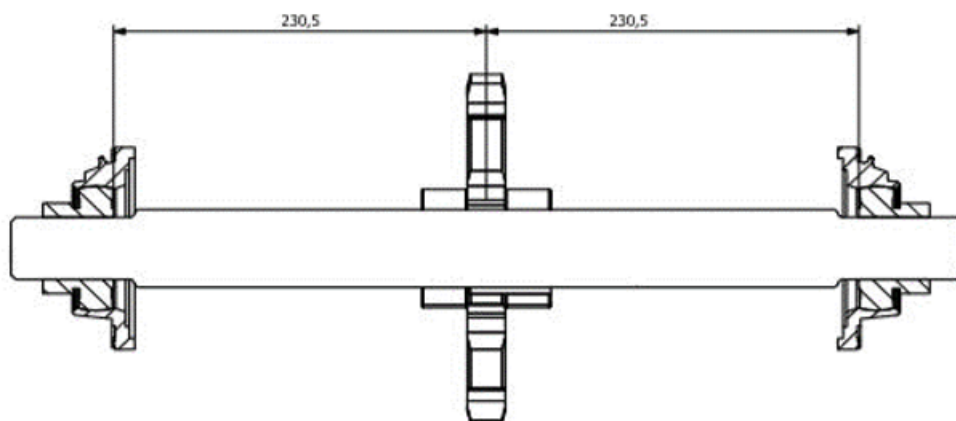
Material	Factor G (Side Friction)	$\mu\text{m}$
Ashes, dry, 13mm and under	0.05	0.50
Ashes, wet, 13mm and under	0.02	0.60
Ashes, wet, 75mm and under	0.02	0.60
Cement, Portland	0.09	0.70
Cement, clinker	0.08	0.70
Coal, Anthracite, nuts	0.04	0.50
Coal, Bituminous, slack, wet	0.03	0.70
Coke, sized 13mm	0.02	0.40
Coke, breeze, fine	0.03	0.70
Grain	0.05	0.40
Gravel, dry, screened	0.08	0.50
Lime, ground	0.04	0.40
Lime, pebble	0.07	0.50
Limestone, crushed	0.14	0.90
Sand, dry	0.13	0.60
Sand, damp	0.17	0.90
Sand, foundry, prepared	0.07	0.90
Sawdust	0.01	0.40
Stone, dust	0.09	0.50
Stone, lumps and fines	0.10	0.70
Soda ash (heavy)	0.09	0.62
Sodium carbonate	0.04	0.45
Wood, chips	0.01	0.40

## Liite2

## Akselin halkaisijan mitoitus (Söderbergin laskentamenetelmä)

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_{ft} \cdot M_t}{\sigma_{tw}}\right)^2 + \frac{M_v^2}{R_e^2}}} = 32 \text{ mm}$$


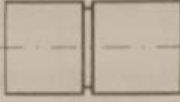
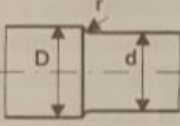
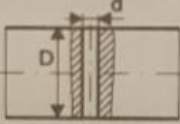
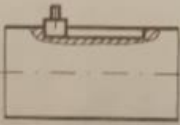
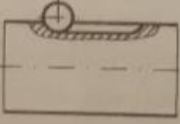
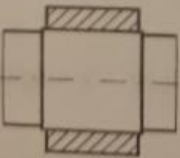
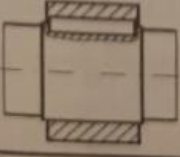
Lähtötiedot			
Tunnus:	Arvo:	Yksikkö:	Selite:
Llt	0,2305	m	Laakerin ja taittopyörän välinen etäisyys (Kuva1)
Ctod	1306,39	N	Todellinen ketjuvoima
rp	0,1045	m	Taittopyörän jakohalkaisijan säde
Mt	150,561	Nmm	Taivutusmomentti $M_c = L_{lt} \cdot (C_{tod}/2)$
Mv	136,518	Nmm	Vääntömomentti $M_v = r_p \cdot C_{tod}$
n	2		Alustava varmuusluku
Re	355	N/mm <sup>2</sup>	Materiaalin vetomyötöraja
$\sigma_{tw}$	260	MPa	Materiaalin taivutusvaihtolujuus (kuva2)
Kft	2,6		Lovenvaikutusluku (kuva3)



**Kuva1** Laakerin ja ketjupyörän välinen etäisyys

Teräksen tyyppi	Standardi	Lyhenne	Käyttösuositus (Katso myös tekstiä)	Esimerkki tuotenimestä (Imatra Steel)	Ohjeellisia lujuusarvoja (MPa) akselinaihion halkaisijan mukaan							Suht. kilo- hinta Φ50
					Murtolujuus $R_m$ (Imatra Steel)			Vetomyötöraja $R_e$ (1) (Imatra Steel)			$\sigma_{TW}$ (2)	
					Φ15	≥Φ40	≥Φ100	Φ15	≥Φ40	≥Φ100		
Yleinen rakenne- teräs	SFS-EN 10025	S355J0 -	Yleisin akseliteräs Kylmävedetty (alle 55 mm) tai sorvattu (55...120 mm) kirkas akseliteräs	520	490...630	490...630	490...630	380	380	350	>260	100
				550	550...750 (sorvattuna 490...630)	550...750 (sorvatt. 490...630)	490...630	500 (sorvatt. 380)	500 (sorvatt. 380)	350	>260	125
Nuoru- tusteräs (3)	SFS-EN 10083-1	25CrMo4	25...150 mm:n akselit	MoC 210 M	-	800...950	700...850	-	600	450	430	200
		42CrMo4	25...250 mm:n akselit	MoC 410 M	-	1000...1200	900...1100	-	750	650	520	200
		34CrNiMo6	100...250 mm:n akselit	MoCN 315 M	-	-	(900...1100)	-	-	(700)	540	245
		C45	Taotut akselit < 70 mm	4 M	-	650...800	630...780	-	430	370	370	150
Hiiletys- teräs (4)	SFS 506	21NiCrMo2	25...200 mm:n akselit	MoCN 206 M	(Φ11)	(Φ30)	(Φ63)	(Φ11)	(Φ30)	(Φ63)		
	SFS 510	20MnCr5	40...140 mm:n akselit	MC 212 M	980...1370	740...1030	640...880	640	490	390	580	185
	SFS 511	17CrNiMo6	80-150 mm:n akselit	MoCN 216	1080...1370	980...1280	780...1080	740	690	540	600	175
					1180...1430	1080...1330	980...1280	830	780	690	650	245

**Kuva2** materiaalin taivutusvaihtolujuus

Loven laatu	Loven muoto	Lovenvaikutusluku $K_f$	
		$K_{ft}$ (taivutukselle)	$K_{fv}$ (väännölle)
Pyöristetty rengasura		1,5...2	1,3...1,8
Pidätinrenkaan ura		2,5...3,5	2,5...3,5
Pyöristetty olake		$\approx 1,5$ kun $r/d = 0,1$ ja $d/D = 0,7$	$\approx 1,25$ kun $r/d = 0,1$ ja $d/D = 0,7$
Poikittaisporaus		1,4...1,8 kun $d/D = 0,14$	1,4...1,8 kun $d/D = 0,14$
Tappijyrsimellä tehty kiilanura *		2,6...3	$\approx 2,3$
Lieriöjyrsimellä tehty kiilanura *		2...2,5	2...2,5
Navan kutistusliitos		1,7...1,9	1,3...1,4
Navan kiilaliitos		2...2,4	1,5...1,6

\* Materiaalien ohella urien kulmapyöristyksillä on merkittävä vaikutus lovilukuihin.

**Kuva3** Lovenvaikutusluku

## Liite3

Alustavan vaihdemoottorin valinta

Ketjunopeus:

$$V = \frac{P_s}{A_1} = 0.00038 \text{ m/s}$$

Kettupyörän pyörimisnopeus/toisionopeus:

$$N_1 = \frac{V}{\pi \cdot r_p} \cdot 60 = 0.0705 \text{ rpm}$$

Lähtötiedot			
Tunnus:	Arvo:	Yksikkö:	Selite:
Mv	136,518	Nm	Vääntömomentti/toisimomentti
käyttökerroin	1,20		(tasainen, 24h, <10käynnistyksiä)
P	0,1	m3/vrk	Kapasiteetti vuorokaudessa
Ph	0,004166667	m3/h	Kapasiteetti tunnissa
Ps	1,15741E-06	m3/s	kapasiteetti sekunnissa
L	300	mm	ketjun leveys
h	10	mm	materiaalipatjan korkeus
A1	0,003	m2	materiaalipatjan poikkipinta-ala
rp	0,1045	m	Taittopyörän jakohalkaisijan säde

Mv todellinen                      250 N/m                      valitun vaihdemoottorin vääntömomentti (kuva1)  
 N2 todellinen                      3,8 rpm                      valitun vaihdemoottorin pyörimisnopeus (kuva1)

## Tuotetta koskevia tietoja



### tyyppimerkintä

KA39/TR17DR63S4

### Tuotetiedot

Moottorin nimellisa nopeus	[1/min] : 1380
Toisiopyörimisa nopeus	[1/min] : 3,8
Kokonaisväälityssuhde	: 365,00
Toisiomomentti	[Nm] : 250
Käyttökerroin SEW-FB	: 1,20
Asennusa sento	: M1-M2A (20°)
Pohja- ja pintamaalaus	: 7031 Blue Grey (20070310)
Pistokkeen/kytkentäkotelon asento	[°] : 180
Kaapelin sisäänvienti / pistokkeen asento	: X
Holkkiakseli	[mm] : 35
Sallittu toisiopoikittaisvoima kun n=1400	[N] : 7500
Voiteluainemäärä 1. vaihde	[Litraa] : 1,05
Voiteluainemäärä 2. vaihde	[Litraa] : 0,32
Moottoriteho	[kW] : 0,12
Päällekytkentäkesto	: S1-100%
Hyötysuhde (50/75/100 % Pn)	[%] : 55,6 / 61,9 / 63,8
CE-merkintä	: Kyllä
Moottorin jännite	[V] : 230/400
Kytkenäkaavio	: DT13
Taajuus	[Hz] : 50
Nimellisvirta	[A] : 0,68 / 0,39
Cos Phi	: 0,69
Lämpöluokka	: B
Moottorin koteloitu luokka	: IP55
Nettopaino	[Kg] : 25

#### Lisämallit

Koteloitu luokka IP 55 - vakio moottori

T- Väätömementtituki putkiakselimallissa sekä kiinnitysosat

**Kuva1** Alustavan vaihdemoottorin dokumentit

## Liite4

laakerin elinikä (laakeri FY 40 FM):

Nimellinen kestoikä:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 103821 \text{ miljoonaa kierrosta}$$

Käyttötunnit:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 * n} \left(\frac{C}{P}\right)^p = 24540582386h$$

Lähtötiedot			
Tunnus:	Arvo:	Yksikkö:	Selite:
C	30700	N	dynaaminen kantavuusluku (kuva1)
p	3		eksponentti. Kuulalaakereille 3
C <sub>tod</sub>	1306,39	N	Akselille syntyvä kuorma (ketjuvoima)
P=Fra	653,195	N	Yhdelle laakerille syntyvä säteiskuorma $C_{tod}/2$
N1	0,07051	rpm	laakerin pyörimisnopeus

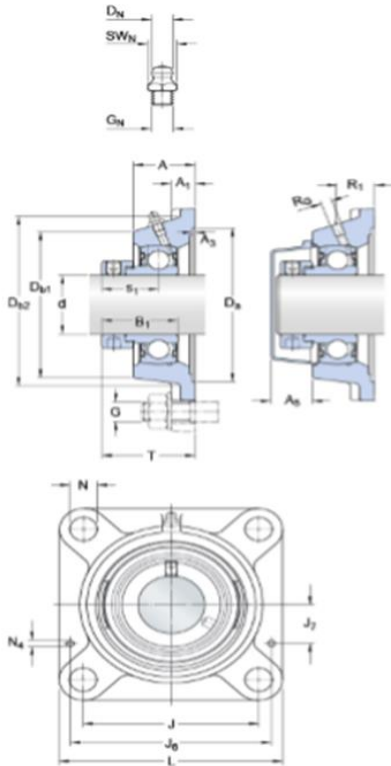


## FY 40 FM

Housing material

Cast iron

### Dimensions



d	40	mm	
A	38.5	mm	
A <sub>1</sub>	14	mm	
A <sub>3</sub>	H14	3.2	mm
A <sub>5</sub>	23.5	mm	
B <sub>1</sub>	43.7	mm	
D <sub>b</sub>	H11	115.9	mm
D <sub>b1</sub>	98	mm	
D <sub>b2</sub>	106	mm	
J	101.5	mm	
L	130	mm	
N	14	mm	
s <sub>1</sub>	33.2	mm	
T	57.2	mm	

#### Threaded hole

R <sub>G</sub>	1/4-28 UNF	
R <sub>1</sub>	25.5	mm

#### Grease fitting

D <sub>N</sub>	6.5	mm
SW <sub>N</sub>	7	mm
G <sub>N</sub>	1/4-28 SAE-LT	

#### Dowel pins

J <sub>6</sub>	118	mm
J <sub>7</sub>	34	mm
N <sub>4</sub>	4	mm

### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	30.7	kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	19	kN
Fatigue load limit	P <sub>u</sub>	0.8	kN
Limiting speed		4800	r/min
(with shaft tolerance h6)			

**Kuva1** Laakeridokumentaatio