

Juho Räsänen

# Kiekkoseulan modulointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööriytyö

5.4.2016

Tekijä Otsikko	Juho Räsänen Kiekkoseulan modulointi
Sivumäärä Aika	24 sivua + 11 liitettä 5.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Tuotepäällikkö Markku Kaljunen Lehtori Pekka Salonen
<p>Tämän insinööriyön tilaajana oli Andritz Oy, joka toimittaa asiakkaille erilaisia puunkäsittelylaitoksia ja niiden osa-alueita. Työn tavoitteena oli luoda suunnittelijoille tietokanta olemassa olevista kiekkoseulan rakennekuvista, jotta suunnittelutyö nopeutuisi ja mahdolliset korjaukset tehtäisiin aina samoihin kuviin.</p> <p>Työn aikana tehtiin tietokanta vanhoista kuvista. Tietokannan suunnittelussa keskityttiin siihen, että käytettiin mahdollisimman paljon valmiiksi suunniteltuja kuvia ja että tietokanta olisi mahdollisimman yksinkertaista käyttää. Lisäksi suunniteltiin uusi leveämpi kiekkoseulamalli ja laskettiin sen akselien kestävyys, suunniteltiin uusi laakeripesien kiinnitystapa ja pohdittiin uuden leveämmän kiekkoseulamallin lohkotusmahdollisuuksia erikoiskuljetusten välttämiseksi.</p> <p>Tuloksena saatiin rakennekuville valintataulukko, josta saadaan lähtöarvot valitsemalla oikeat rakennekuvat tulevaan projektiin. Leveämpi malli päätettiin kuljettaa yhtenä kappaletena erikoiskuljetuksena, mikä vähentää suunnittelutyötä ja asennustyötä paikanpäällä.</p>	
Avainsanat	Kiekkoseula, akseli, tietokanta

Author Title	Juho Räsänen Disc Screen Modulation
Number of Pages Date	24 pages + 11 appendices 5 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environment Engineering
Instructors	Markku Kaljunen, Product Manager Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Andritz Oy which delivers pulp and paper processing plants or their parts. The purpose of this Bachelor's thesis was to create a data base of the existing technical drawings of disc screen in order to speed up the designing process and to create a base for the possible future alterations.</p> <p>A data base was created as a part of the process. The main goal in designing the data base was that it would contain finished or almost finished technical drawings and it would be simple to use. In addition, a new wider disc screen model was designed and the permanence of the shafts was calculated. Furthermore a way to divide the wider model into blocks for delivery purposes was discussed so that Andritz Oy would not have to pay for special delivery every time. A new way to mount bearing housings on the cover was designed as well.</p> <p>As a result, a selection tablet was made for technical drawings, where designers can obtain the right drawings for their future projects by selecting the required output values. It was decided that the wider model will be transported as one piece with special delivery. It was discovered that this reduces designing work at the office and also installation work at the project site.</p>	
Keywords	Disc screen, shaft, data base

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoite	1
2	Andritz Oy	2
3	Kiekkoseula	3
3.1	Kiekkoseulan toimintaperiaate ja käyttötarkoitus	3
3.2	Kiekkoseulan rakenne	5
3.2.1	Pääkomponentit	5
3.2.2	Kiekkokoakselin rakenne ja kokoonpano	6
3.2.3	Umpiakselin rakenne ja kokoonpano	8
3.2.4	Laakeripesät	9
3.2.5	Voiteluainejärjestelmä	9
3.3	Alite- ja ylitesuppilo	11
3.4	Turvalaitteet	13
4	Leveämpi malli	13
4.1	Tarve	13
4.2	Lujuuslaskenta	14
4.3	Tulokset	16
4.4	Kuljetus	17
5	Laakeripesät	18
6	Modulointi	20
6.1	Lähtökohdat	20
6.2	Tulokset	21
7	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

## Liitteet

Liite 1. Kiekkoakseli B = 1860 IFO 52

Liite 2. Kiekkoakseli B = 2500 IFO 52

Liite 3. Kiekkoakseli B = 2500 D = 120 IFO 10 puristetut kiekot

Liite 4. Umpiakseli B = 2500

Liite 5. Laakeripesien rakennekuvat

## Lyhenteet

FAT	Fatigue limit, hitsiliitoksen väsymisluokka, joka määrittää miten paljon rasitusta liitos kestää ennen murtumista.
IFO	Interface opening, kahden lomittaisen kiekon välinen etäisyys millimetreissä akselien välissä.
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung Aktiengesellschaft, toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) ja toiminnanohjausjärjestelmien markkinajohtaja.
S-N -käyrä	Graafinen esitys väsymisen riippuvuudesta rasitukseen, tunnetaan myös Wöhlerin käyränä.

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Andritz Oy, joka toimittaa paperin ja biomassan käsitteilylaitoksia. Työn tavoitteena on valmiiden kiekoseulan rakennekuvien kerääminen yhteen tietokantaan, jotta saataisiin luotua suunnittelijoille selkeä paketti, josta lähteä suunnittelemaan uusia laitoksia.

Työssä keskitytään Andritz Oy:n yleisimmin käytettyihin kiekoseulan leveyksiin, akselimääriin, rakoväleihin ja syöttötapoihin. Tutkitaan myös mahdollisen uuden leveämmän kiekoseulamallin suunnittelemista ja sen kuljetusmahdollisuuksia. Leveämmässä mallissa pääpaino on akselien lujuuslaskennassa.

Tällä hetkellä suunnittelijat ottavat joka kerta mallipohjat eri projekteista, jolloin virheet jotka on korjattu jossakin projektissa, saattavat silti esiintyä tulevissa projekteissa, koska virheitä ei korjata systemaattisesti samoihin kuviin. Suunnittelutyössä menee paljon aikaa hukkaan samojen virheiden korjaamisessa useaan kertaan, kun se voitaisiin tehdä kerralla kuntoon. Esimerkiksi eri projekteissa on käytetty erilaisia akselin halkaisijan mittoja, kun kaikki akselit voitaisiin tehdä samalla halkaisijalla.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on koota jokaiselle Andritz Oy:n yleisimmin käytetyn kiekoseulan variaatiolle oikeat rakennekuvat yhteen paikkaan, josta voidaan valita oikeilla lähtöarvoilla kuhunkin projektiin sopivat rakennekuvat, joista suunnittelu voi alkaa. Kaikkien tulevien projektien lähtökuvat olisivat samat ja mahdolliset korjaukset tehtäisiin aina samoihin kuviin, jotta virheet eivät toistuisi seuraavissa projekteissa. Tämä helpottaa suunnittelijoiden työtä sekä vähentää projekteihin käytettyä työaikaa.

Tarkoitus on myös tutkia millaisiin lohkoihin mahdollinen leveämpi kiekoseulamalli tulisi jakaa, jos sen osiin jakaminen on tarpeellista, jotta sen kuljettaminen on mahdollista. Leveämmän mallin akselien kestävydestä tehdään lujuuslaskelmat ja pääte-

tään millaista akselityyppiä käytetään. Leveästä mallista kerätään rakennekuvat samaan paikkaan jo olemassa olevien kiekko-seulamallien kanssa.

Vanhoissa laakeripesissä on ollut ongelmia kiinnityksen pysyvyyden kanssa. Leveämmän mallin suunnittelun yhteydessä pyritään löytämään ratkaisu laakeripesien kiinnitystapaan. Tehdään uusista ratkaisuista rakennekuvat.

Variaatiot kerätään Excelliin yksinkertaiseksi malliksi, josta saadaan lähtöarvot valitsemalla oikeiden rakennekuvien piirustusnumerot käyttöön. Piirustusnumerolla voidaan hakea rakennekuvat Andritz Oy:n tietokannasta.

## **2 Andritz Oy**

Andritz Oy on vuonna 1852 Itävallassa perustettu konepajateollisuuden yritys. Sen perusti Josef Körösi Andritzin kaupunginosassa Grazissa, josta yritys sai nimensä. Alun perin se toimi rautavalimona, mutta laajeni pian tuottamaan muun muassa pumppuja, vesiturbiineja, höyrykattiloita sekä siltoja. [1.]

Yrityksen pääkonttori sijaitsee Grazissa, Itävallassa. Maailmanlaajuisesti Andritz Oy työllistää noin 25 000 henkilöä ja se toimii noin 250 eri työmaalla. Vuonna 2014 yhtiön liikevaihto oli 5,86 miljardia euroa [2, s. 2]. Andritz konserni on jakaantunut neljään päätoimialaan, Andritz Hydroon joka keskittyy vesivoimaan, Andritz Pulp and Paperiin joka keskittyy paperiteollisuuteen ja biovoimalaitoksiin, Andritz Metalsiin joka keskittyy terästeollisuuteen sekä Andritz Separationiin, joka keskittyy kiinteiden aineiden ja nesteiden erottelutekniikkaan. [3.]

Andritz on sitoutunut ympäristönsuojeluun ja luonnonvarojen säännöstelyyn. Ydinprosessin standardoinnin ansiosta kaikki yhtiön ympäri maailmaa asiakkaille toimittamat laitteet täyttävät korkeimmatkin ympäristöstandardit. Kokonaisympäristöstä 45 % tulee laitteista ja prosessiteknologiasta, jotka tuottavat energiansa uusiutuvista energialähteistä. Tärkeimpiä näistä ovat sähkömekaaniset laitteet vesivoimalaitoksille ja järjestelmät, joilla paperiteollisuus saa energiaa biomassasta. [4.]

Yhtiön kasvu perustuu suurelta osin tutkimus- ja kehitystyöhön. Noin 1 000 ihmistä työskentelee maailmanlaajuisesti kehitystyön parissa. Yhtiöllä on noin 5 700 patenttia

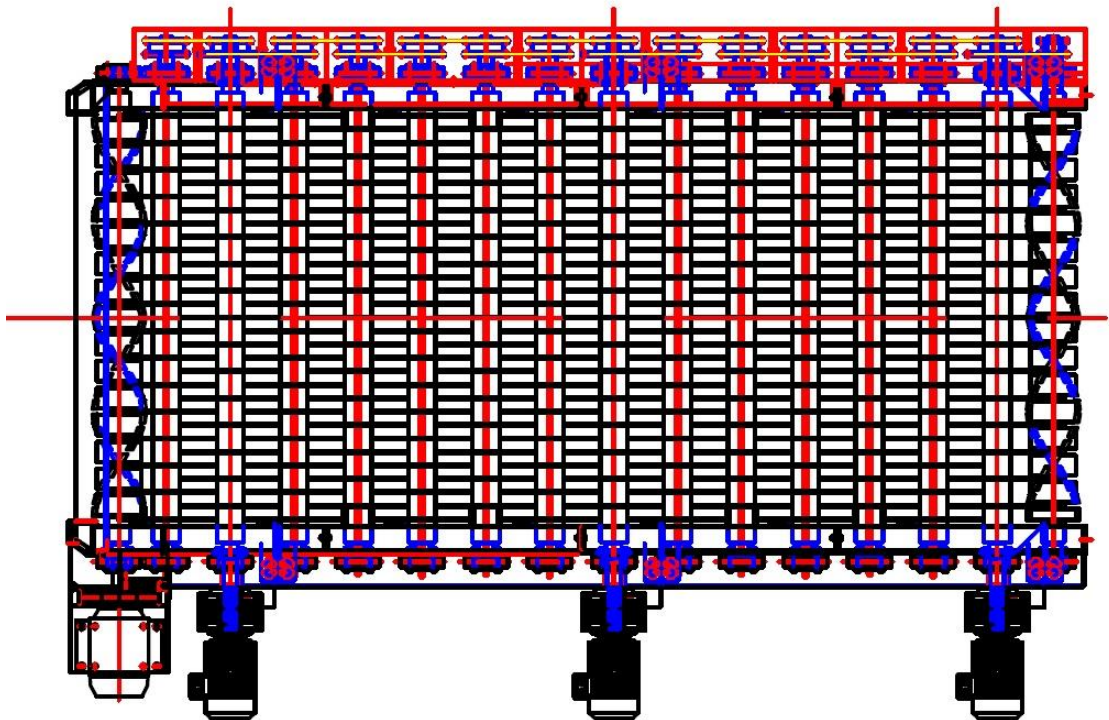


ja patenttihakemusta, sekä 1 100 patentoitua ja rekisteröityä tuotetta. Yhtiön pääkehityskohteita ovat parantaa ympäristönsuojelua, vähentää polttoaineiden kulutusta koneissa ja voimaloissa, sekä pidentää niiden käyttöikää. [5.]

### 3 Kiekkoseula

#### 3.1 Kiekkoseulan toimintaperiaate ja käyttötarkoitus

Kiekkoseula on suunniteltu olemaan osa raaka-aineiden erotteluun käytettyä suurempaa kokonaisuutta. Se erottelee raaka-aineesta liian suuret ainesosat pois. Moottori pyörittää ensimmäistä kiekkoakselia, loput akselit on yhdistetty ensimmäiseen akseliin ketjuvälityksillä. Seulaan työnnetään toisesta päästä raaka-ainetta sisään ja pyörivät akselit, joissa kiekot ovat kiinni, erottelevat raaka-aineen siten, että sopivan kokoiset polttoaineen osat putoavat kiekkojen välistä alitesuppiloon. [6, s. 40.]



Kuva 1. Kiekkoseulan yläprofiili.

On kaksi erilaista ratkaisua, joilla raaka-ainetta syötetään kiekkoaseulaan. Ensimmäinen ratkaisu on hihnakuljetin, jolla tavara tuodaan hihnalla kiekkoaseulan päästä sisään. Andritz toimittaa asiakkaille kiekkoaseuloja joissa hihnakuljetin on mukana tai joissa sitä ei ole mukana ja sen toimittaa joku muu. Umpiakseli levittää eroteltavan polttoaineen tasaisesti kiekkoaseulaan. Toisessa mallissa raaka-aine syötetään kiekkoaseulaan suppi-losyötöllä seulan yläpuolelta.

Ylisuuret raaka-aineosat taas kulkeutuvat akselien päällä kiekkoaseulan perässä ole-vaan ylitesuppiloon. Ylitesuppilosta ne kulkeutuvat murskaimeen. Jos raaka-ainetta kertyy liikaa kiekkoaseulaan, laite pysäyttää itsensä automaattisesti. Kiekkoaseula on yleensä vaakatasossa, mutta jos ylitesuppiloon kulkeutuu raaka-ainetta, jonka olisi pi-tänyt pudota alitesuppiloon, voidaan kiekkoaseulan kulma nostaa enintään kymmeneen asteeseen. [6, s. 40.]

Akseleita kiekkoaseulassa on eri määriä, riippuen käyttökapasiteetista. Akseleissa on kiinni kiekkoja, ja ne ovat peräkkäisissä akseleissa limittäin. Akseleissa voi olla kahden-laisia kiekkoja, joiden käyttö valitaan sen mukaan, mitä raaka-ainetta kiekkoaseulaan on tarkoitus ajaa. Akseleiden kiekkovälejä muuttamalla voidaan vaikuttaa halutun raaka-aineen kokoon, joka vaikuttaa suoraan raaka-aineen käyttöominaisuuksiin. Akseleiden lukumäärällä vaikutetaan siihen, millaista käyttökapasiteettia kiekkoaseulalla voidaan ajaa. Yleinen käyttökapasiteetti vaihtelee 1 000...4 000 m<sup>3</sup>/h.

Kiekkoaseulaa on tarkoitus käyttää seuraaville materiaaleille:

- biomassa
- hake
- turve
- kuori
- yhteiskuntajäte.

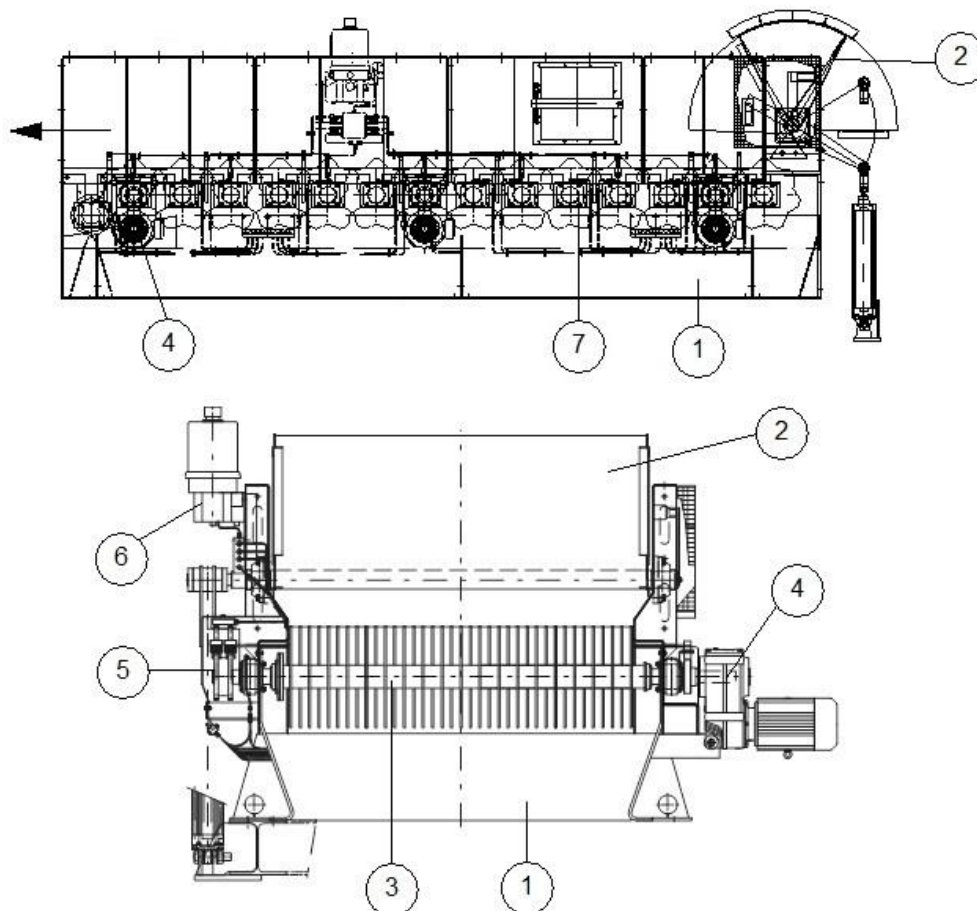
Myös muiden materiaalien erottelu on mahdollista, mutta materiaalien sopivuus täytyy hyväksyttää Andritz Oy:n edustajalla. [6, s. 40 - 41.]

## 3.2 Kiekkoseulan rakenne

### 3.2.1 Pääkomponentit

Kiekkoseulan suunnittelu aloitetaan pääkomponenteista ja siitä millaiseen tarpeeseen seulan tulee vastata. Tulee huomioida millaisella kapasiteetilla laitteella on tarkoitus erotella ja mitä raaka-ainetta laitteeseen syötetään. Pääkomponentteihin kuuluvat sellaiset laitteen osat, jotka vaikuttavat oleellisesti laitteen toimintaan ja turvallisuuteen.

Kuvasta 2 nähdään kiekkoseulan poikkileikkaus ja sivuprofiili. Sivuprofiilissa näkyy akselien lukumäärä, raaka-aineen syöttösuunta ja vaihdemoottorien sijoituspaikat. Poikkileikkauksesta nähdään, että kehikon sisäpuolelle ei jää muuta kuin kiekkoakselit. Kaikki muu on ulkopuolella huoltoa varten ja toimivuuden parantamiseksi.



Kuva 2. Kiekkoseulan pääkomponentit [6, s. 35].

Kuvassa 2 on esitetty kiekkoaseulan pääkomponentit, jotka ovat seuraavat:

1. *Kehikko* suojaa kiekkoaseulan koneistoa ja estää henkilökunnan joutumisen vaara-alueelle. Kehikko on varustettu huoltoluukuilla.
2. *Jakeluportti* syöttää raaka-aineen kiekkoaseulaan.
3. *Kiekkoakselit* erottelevat syötetystä raaka-aineesta ylisuuret ainesosat pois.
4. *Vaihdemoottori* pyörittää ensimmäistä akselia.
5. *Ketjuvälitys* välittää vaihdemoottorilta saadun pyörimisliikkeen muille akseleille.
6. *Voiteluainejärjestelmä* huolehtii koneiston voitelemisesta.
7. *Laakeripesässä* sijaitsevat kiekkoakselien laakerit ja se suojaa laakereita liikaantumiselta ja vaurioitumiselta.

Em. komponentit ovat edellytys kiekkoaseulan toiminnalle ja turvalliselle käytölle. [6, s. 35 - 36.]

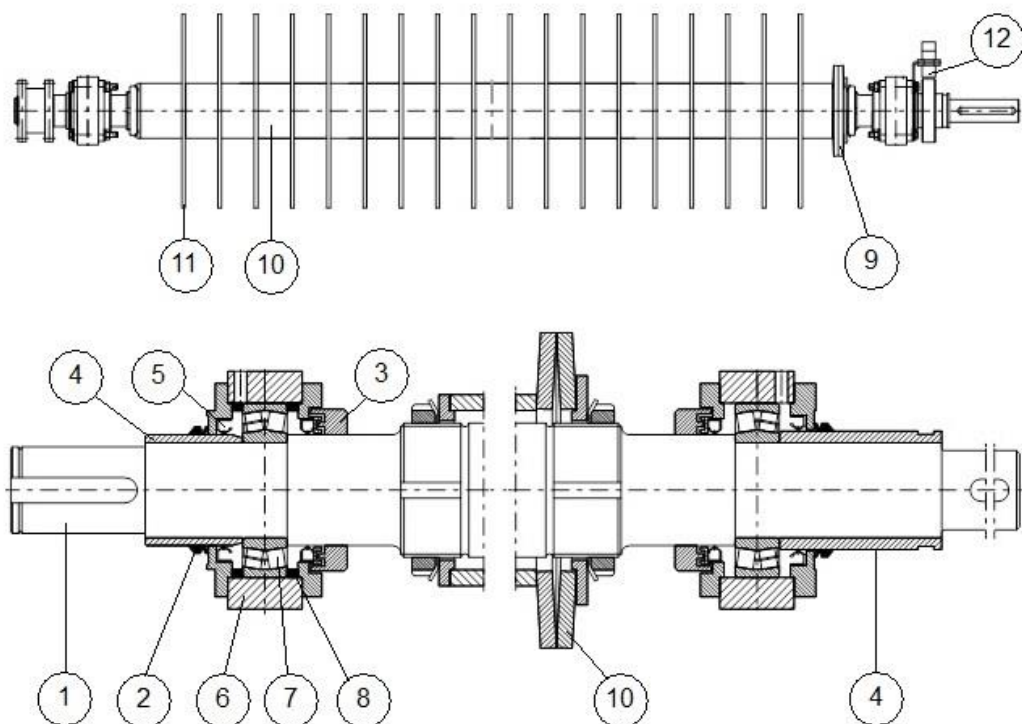
### 3.2.2 Kiekkoakselin rakenne ja kokoonpano

Kiekkoakseleissa (kuva 3) voi olla kiinni kahdenlaisia kiekkoja, riippuen siitä mitä raaka-ainetta sillä on tarkoitus seuloa. Hakkeelle käytetään kuusikulmaisia kiekkoja ja kuorelle käytetään piparkakun muotoisia kiekkoja, joissa on seitsemän sakaraa. Kiekot puristetaan akseliin kiinni lautasjousilla ja niiden etäisyys määritellään etäisyysrenkailla, joilla saadaan haluttuun käyttötarkoitukseen sopiva rakoväli. Kiekot voidaan myös hitsata suoraan akseliin kiinni, vaikka hitsaaminen heikentää akselin kestävyyttä. [6, s. 37.]

Kiekot hitsataan akseliin kiinni, kun IFO (Interface opening, eli kahden lomittaisen kiekon välinen etäisyys millimetreissä akselien välissä) on tarpeeksi suuri, jolloin hitsaajalla on tarpeeksi tilaa ja hitsaamisen voi suorittaa inhimillisissä olosuhteissa. Kaikki IFO 42 ja sitä suuremmat hitsataan. Sitä pienemmät puristetaan lautasjousilla akseliin kiinni.

Kuvassa 3 on esitetty kiekkoakselin kokoonpano ja komponentit:

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1. akseli             | 7. laakerointi     |
| 2. huulitiiviste      | 8. ohjausrenkas    |
| 3. labyrinttitiiviste | 9. lautasjousi     |
| 4. asennusholkki      | 10. etäisyysrenkas |
| 5. akselitiiviste     | 11. kiekko         |
| 6. laakeripesä        | 12. nopeusmittari. |



Kuva 3. Kiekkoakselin kokoonpano [6, s. 37].

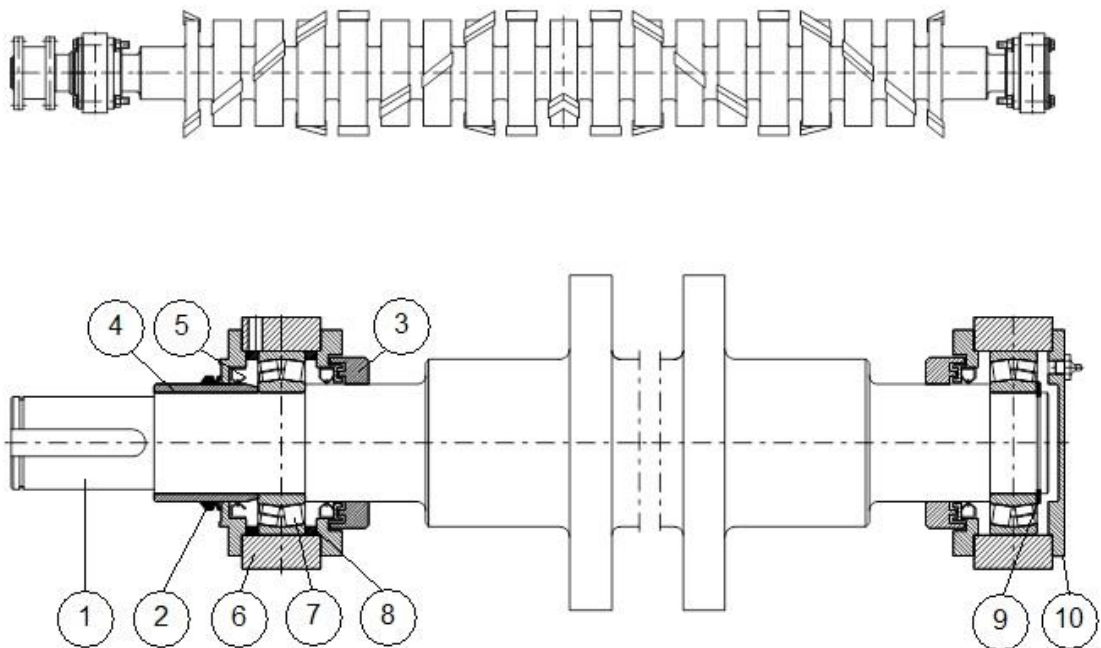
Kiekkoakselien määrä kiekkoseulassa vaihtelee yleisesti 6, 10 ja 14 akselin välillä. [6, s. 37.]

### 3.2.3 Umpiakselin rakenne ja kokoonpano

Umpiakselin (kuva 4) tehtävä on levittää raaka-aine kiekkoakseleille, ja pitää kiekkoseulan päädyt puhtaina, jotta raaka-ainetta ei mene syöttöpuolella eikä ylitesuppilon puolella akselien väliin, jolloin laite jumiutuu. Umpiakseli on valmistettu kokonaisesta kappaleesta koneistamalla. [6, s. 38.]

Kuvassa 4 on esitelty umpiakselin kokoonpano ja komponentit:

- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| 1. akseli             | 6. laakeripesä  |
| 2. huulitiiviste      | 7. laakerointi  |
| 3. labyrinttitiiviste | 8. ohjausrenkas |
| 4. asennusholkki      | 9. sokkarengas  |
| 5. akselitiiviste     | 10. päätysuoja  |



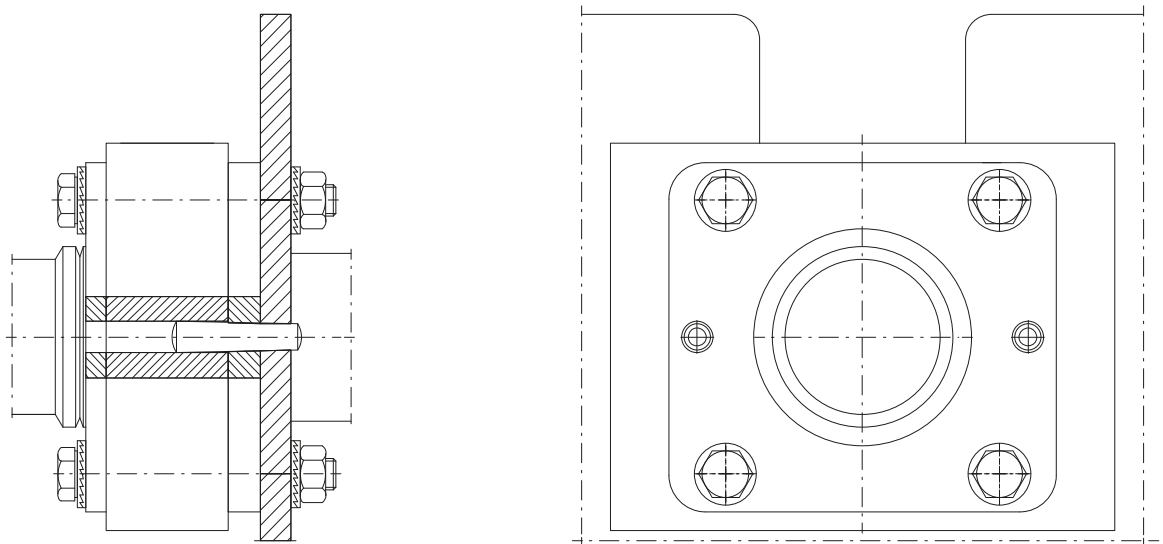
Kuva 4. Umpiakselin kokoonpano [6, s. 38].

Umpiakseleita on jokaisessa kiekkoseulassa kaksi, syöttöpuolella yksi ja ylitesuppilon puolella yksi. [6, s. 38.]

### 3.2.4 Laakeripesät

Kiekkoseulassa on neljä erityyppistä laakeripesää. Erilaisia laakeripesiä tarvitaan eri akseleille. Umpiakselissa on omanlaisensa laakeripesä, koska se valmistetaan kaapeammasta tangosta kuin kiekkoakselit. Kiekkoakselit vaativat kolme erilaista laakeripesää, yksi käytölliselle akselille, yksi käytöttömille akseleille ja yksi kiekkoaseulan toisella puolella oleville ketjuvälityksillä toisissaan kiinni oleville kiekkoakseleille.

Laakeripesät lukitaan välilevyyn, jotta akselit pysyvät paikallaan. Käytössä akselit eivät ole pysyneet paikoillaan jos niitä ei ole pultattu tiukasti kiinni välilevyyn. Lukituksella ehkäistään myös lian ja hakkeen pääseminen koneistoon. [6, s. 39.]



Kuva 5. Laakeripesän lukitus [6, s. 39].

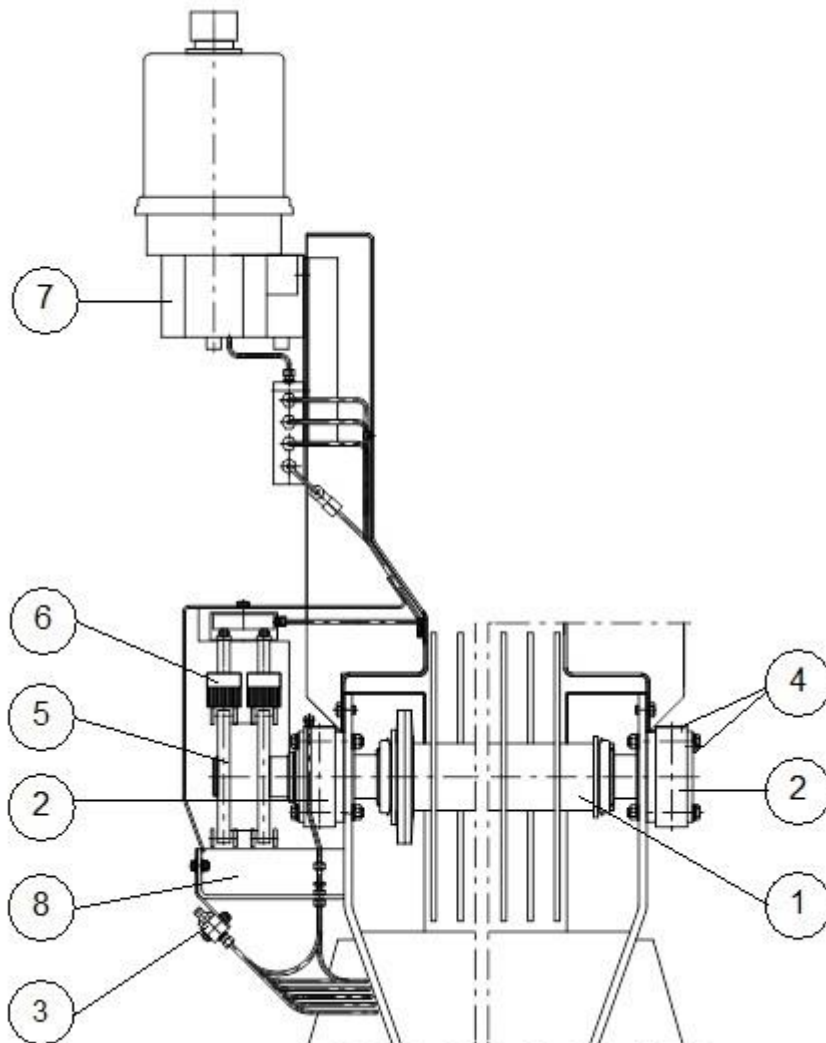
Kuvassa 5 on esitetty miten laakeripesä lukitaan nykyisissä malleissa välilevyyn kiinni. [6, s. 39.]

### 3.2.5 Voiteluainejärjestelmä

Voiteluainejärjestelmä (kuva 6) pitää laitteen akselit, laakerit ja muut liikkuvat osat rasvattuina. Tämä vähentää kitkaa osien välillä, mikä puolestaan nostaa niiden käyttöikä, vähentää laitteen energian tarvetta ja parantaa sen toimintavarmuutta. Voiteluainejärjestelmän tehtäviin kuuluvat myös epäpuhtauksien kuljettaminen suodattimelle. [6, s. 60.]

Kuvassa 6 on esitetty tyypillinen voiteluainejärjestelmä ja sen pääkomponentit:

- |   |  |
|---|--|
| 1. kiekkoakselisovitus                    | 5. ketjuvälitys                        |
| 2. laakeripesä                            | 6. voiteluharjakset                    |
| 3. rasvanipat ketjuvälitysten laakereille | 7. voiteluainepumppu ketjuvälitykselle |
| 4. laakereiden rasvanipat                 | 8. tippa-astia.                        |



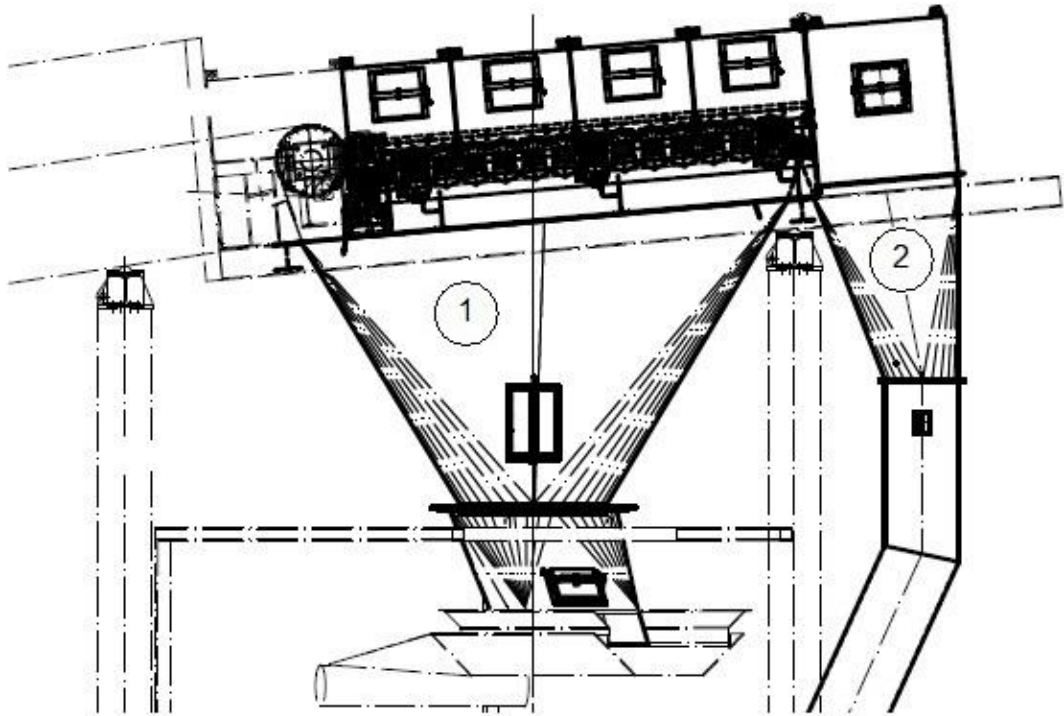
Kuva 6. Tyypillinen voiteluainejärjestelmä. [6, s. 60.]

Ilman toimivaa voiteluainejärjestelmää kiekkoaseula ei voi toimia. [6, s. 60.]



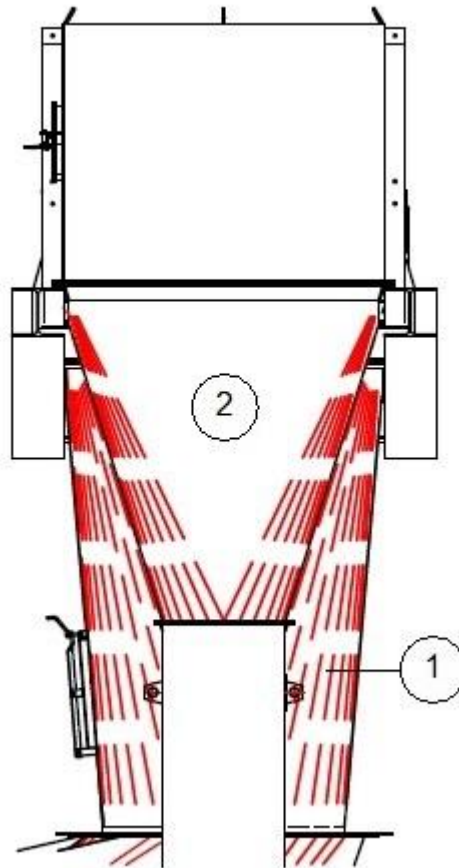
### 3.3 Alite- ja ylitesuppilo

Kuvissa 7 ja 8 on alitesuppilo esitetty numerolla 1 ja ylitesuppilo numerolla 2. Alitesuppiloon tippuu halutun kokoinen raaka-aine ja ylitesuppiloon putoavat ylisuuret raaka-aineen osat. [7.]



Kuva 7. Alite- ja ylitesuppilon sivuprofiili.

Kuvassa 7 on kiekkoaseula asennettu hieman viistoon, koska ylitesuppiloon kulkeutui ylisuurten aineiden lisäksi myös halutun kokoista polttoainetta. Alitesuppiloon on asennettu huoltoluukku mahdollisten tukosten varalle. [7.]



Kuva 8. Alite- ja ylitesuppilon etuprofiili.

Alite- ja ylitesuppilossa ei saa olla liian suuria kulmia, jotta raaka-aineen osat eivät tuki niitä. Nykyisissä laitteissa suppilot ovat symmetrisiä, mutta ne voitaisiin muuttaa toispuoleisiksi, jotta ne eivät menisi tukkoon. Jos suppilo menee tukkoon, täytyy koko kiekoseula pysäyttää. [7.]

### 3.4 Turvalaitteet

Kiekkoseulan turvalaitteet ovat joko sähköisiä tai mekaanisia suoja ylikuormitusta ja muita häiriöitä vastaan. Ylikuormitusta vastaan sähköiset ja mekaaniset turvalaitteet voivat toimia yhdessä, mutta yleisesti ne toimivat erillään. Mekaaniset turvalaitteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään, mekaanisiin, hydrostaattisiin ja pneumaattisiin turvalaitteisiin. [6, s. 29.]

Kiekkoseulan turvalaitteet ehkäisevät seuraavanlaisia laitevikoja:

- Estävät laitteen eri osien väärän käynnistymisjärjestyksen.
- Estävät laitteen käynnistymisen viallisena ja takaavat turvalliset työskentelyolosuhteet.
- Pysäyttävät koneiston, jos siihen tulee vikaa kesken käynnin.
- Estävät laitteen ylikuormittumisen.

Turvalaitteiden tarkoitus on ehkäistä ja minimoida riskien ja onnettomuuksien syntymistä, joista voi syntyä henkilö- tai laitevahinkoja. [6, s. 29.]

## 4 Leveämpi malli

### 4.1 Tarve

Asiakkaat vaativat ja haluavat suurempia malleja, jotta he voisivat kasvattaa tuotantokapasiteettiaan. Yhdellä leveämmällä mallilla voitaisiin korvata kaksi kapeampaa mallia, mikä vähentäisi muita kustannuksia, kun kaikkia laitteita ei tarvittaisi kahta kappaletta. Leveämmän mallin tarve tulee kilpailukyvyn säilyttämisestä ja asiakkaiden tarpeisiin vastaamisesta.

## 4.2 Lujuuslaskenta

Akselin kestävyys ja käyttöikä täytyy laskea, jotta voidaan olla varmoja, että valittu akselityyppi kestävä käytössä. Lujuuslaskennassa keskityttiin 2 500 mm leveän akselin halkaisijan määrittämiseen ja siihen miten paljon se kestävä painoa, eli akselikiekkaja käytössä.

Lujuuslaskennat tehtiin 1 860 mm ja 2 500 mm pitkille akseleille. Akselien halkaisija vaihteli 100 - 120 mm:n välillä. Lujuuslaskennat tehtiin erilaisilla IFO- arvoilla, joita muuttamalla suuremmasta pienemmäksi akselin kuormitus kasvaa. Kun IFO muuttuu tarpeeksi pieneksi, ei kiekkoja voi enää hitsata kiinni akseliin, vaan tilannetta täytyy tarkastella myös puristusliitostilanteissa. Joissakin tapauksissa akselikiekkojen väliin täytyy lisätä lisäkiekot, eli levennyskiekot, jotka lisäävät akselin painoa ja siihen kohdistuvaa rasitusta entisestään. Nämäkin tapaukset oli huomioitava lujuuslaskennassa.

Liitteessä 1 on laskettu 1 860 mm leveän akselin käyttöikä, kun akselin halkaisija on 120 mm ja akselikiekot on hitsattu kiinni akseliin ja siihen on asennettu levennyskiekot akselikiekkojen molemmille puolille. Viivakuormaan vaikuttavat oleellisesti akselin ja kiekkojen paino ja akselin pituus. Viivakuormasta saadaan suoraan laskettua akselin keskelle kohdistuva maksimijännitys. Taivutusvastukseen vaikuttaa akselin halkaisija. Taivutusvastuksella ja akselin keskelle kohdistuvalla maksimijännityksellä saadaan laskettua akseliin kohdistuva kokonaisjännitys. Jännitysheilahdus on pyörivälle akselille kokonaisjännitys kerrottuna kahdella. [8.]

Akselin heikoin kohta on hitsiliitoksessa. Yleisenä ohjeena pidetään että akseliin ei saa hitsata, sillä siitä se murtuu. Erilaisille hitsiliitoksille on olemassa valmiit väsymisluokat. Pyöreälle akselille saadaan väsymisluokka FAT 71 [9, s. 72]. Väsymisluokka hitsiliitoksille tarkoittaa sitä, että miten paljon rasitusta se kestävä ennen murtumista. Väsymisluokan avulla voidaan laskea hitsiliitoksen katkeamispiste. S-N -käyrän avulla voidaan laskea akselin kestoikä, joka tässä tapauksessa on  $8,542 \cdot 10^4$  vuotta, mikä tarkoittaa käytännössä ääretöntä käyttöikää. S-N -käyrä on graafinen esitys väsymisen riippuvuudesta rasituksesta. [8.]

Liitteessä 2 on laskettu 2 500 mm leveän akselin käyttöikä, kun akselin halkaisija on 120 mm ja akselikiekot on hitsattu kiinni akseliin. Tässä tapauksessa akseliin ei ole

asennettu levennyskiekkoja. Tämän johdosta akselin kokonaispaino on pienempi kuin edellisessä tapauksessa, vaikka akseli onkin 640 mm pidempi. Akselin käyttöiäksi tulee tästä syystä huomattavasti pidempi aika.

Liitteessä 3 on laskettu 2 500 mm leveän akselin käyttöikä, kun akselin halkaisija on 120 mm, eikä kiekkoja ole hitsattu kiinni akseliin, vaan ne on puristettu siihen lautasjousilla. Koska akselissa on lovet kiekkojen kohdalla, on käyttöiän määrittäminen äärimmäisen hankalaa, eikä se onnistu kovin tarkasti. Tämän johdosta laskentaa on yksinkertaistettu huomioimalla keskijännitys ja laskemalla akselille Goodmanin varmuuskerroin äärettömälle käyttöiälle. Goodmanin varmuuskerroin on vain arvio, mutta se antaa hyvin todellisuutta vastaavia tuloksia. Akselissa jännitysheilahdus on veto- ja puristuspuolella yhtä suuri, minkä johdosta keskijännitys on nolla ja amplitudi on yhtä suuri kuin puristus- tai vetojännitys. Kun Goodmanin varmuuskerroin on enemmän kuin yksi, kappaleella on käytännössä ääretön käyttöikä. [10.]

Laskenta täytyy suorittaa myös umpiakselille. Umpiakselissa ei ole hitsiliitoksia ja sen halkaisija on aina 100 mm. Liitteessä 4 on laskettu umpiakselin varmuuskerroin äärettömälle käytölle.

### 4.3 Tulokset

Tuloksista haluttiin löytää sellaiset akselin ja kiekkojen yhdistelmät, joilla on ääretön käyttöikä. Taulukossa 1 on esitetty halkaisijaltaan 100 mm:n akselit. Äärettömän käyttöiän omaavat akselit on esitetty valkoisella pohjalla ja punaisella pohjalla sellaiset akselit, jotka eivät kestä käytössä.

Taulukko 1. Halkaisijaltaan 100 mm olevien akselien kestävyys vuosissa ja varmuuskertoimet.

Akselin halkaisija [mm]	Pituus [mm]	IFO [mm]	Paino [kg]	Hitsatut kiekot	Puristetut kiekot	Lisäkiekot	Kestävyys [vuosi]	Varmuuskerroin [x > 1 OK]
100	1860	65	396	x		x	206900	-
100	1860	52	678	x		x	3,195	-
100	2500	52	328	x			98901	
100	2500	42	725	x		x	0,134	-
100	2500	28	419		x		-	7,42
100	2500	28	419	(x)			453	-
100	2500	18	510		x		-	6,19
100	2500	18	510	(x)			6	-
100	2500	10	664		x		-	5,75

Taulukosta 1 nähdään, että jos akselissa on hitsatut akselikiekot ja lisäkiekot, niin 100 mm:n akseli ei kestä käytössä. Sulkeissa olevat rastit tarkoittavat sitä, että niin pienellä IFO:lla ei voida hitsata kiekkoja kiinni akseliin, mutta ne on silti laskettu vertailun vuoksi, jotta nähdään miten ne kestäisivät. Nämä antavat suuntaa, miten ne kestävät puristetuilla kiekkoilla. 100 mm:n akseli kestänee puristetuilla kiekkoilla IFO:een 10 asti. Koska 100 mm:n halkaisija ei kestä lisäkiekkoja, on kiekkoakselin halkaisijaksi valittava joku muu koko.

Taulukossa 2 on esitetty umpiakselin halkaisija, pituus, paino ja varmuuskerroin äärettömälle käytölle. Varmuuskertoimesta nähdään, että 100 mm halkaisijaltaan oleva umpiakseli kestänee, eikä sen halkaisijaa ole tarvetta suurentaa.

Taulukko 2. Umpiakselin varmuuskerroin.

Umpiakseli	Halkaisija [mm]	Pituus [mm]	Paino [kg]	Varmuuskerroin [x > 1 OK]
	100	2500	594	5,3

Taulukosta 3 nähdään, että halkaisijaltaan 120 mm:n akseli kestää jokaisen tapauksen. Akselien kestävyudeksi tulee niin monta vuotta, että käytännössä viimeistä tapausta lukuun ottamatta, akselit kestävät ääretöntä käyttöä. Tämän johdosta 2 500 mm leveään akselin halkaisijaksi valittiin 120 mm.

Taulukko 3. Halkaisijaltaan 120 mm olevien akselien kestävyudet vuosissa ja, varmuuskertoimet.

Akselin halkaisija [mm]	Pituus [mm]	IFO [mm]	Paino [kg]	Hitsatut kiekot	Puristetut kiekot	Lisäkiekot	Kestävyys [vuosi]	Varmuuskertoin [x > 1 OK]
120	1860	52	737	x		x	85420	-
120	1860	18	634	(x)		x	2255000	-
120	1860	18	634		x	x	-	11,12
120	2500	52	404	x			200000000	-
120	2500	52	757	x		x	105,7	-
120	2500	42	773	x		x	157	-
120	2500	28	495		x		-	11,01
120	2500	28	495	(x)			2000000	-
120	2500	18	586		x		-	9,3
120	2500	18	586	(x)			46498	-
120	2500	10	740		x		-	7,37
120	2500	10	740	(x)			275	-

#### 4.4 Kuljetus

Leveämmän mallin kuljettamisessa pohdittiin vaihtoehtoja, joissa se jaettaisiin lohkoihin, jotta välttyttäisiin erikoiskuljetuksilta. Mahdollisia vaihtoehtoja oli, että kiekkoseula jaettaisiin neljän akselin lohkoihin, jolloin kolmella erilaisella lohkovaihtoehdolla pystyttäisiin tekemään kaikki yleisimmin toimitetut variaatiot, 8- 12- ja 16-akseliset kiekkoseulat. Toisena vaihtoehtona oli, että 12-akselinen kiekkoseula jaettaisiin kahteen kuuden akselin osaan, 8-akselinen valmistettaisiin yhtenä osana ja 16-akseliseen lisättäisiin yksi neljän akselin lohko väliin. [7.]

Lohkojen väliin jäävien akseleiden yhteen ketjuttaminen on ongelma, sillä toleranssit ketjuissa ja rattaissa ovat todella pienet. Lohkoihin tulisi lisätä poikkipalkki kuljetusten ajaksi tai pitäisi suunnitella kuljetusalustat erikokoisille lohkoille. Kiekkoseulat päädyttiin valmistamaan yhtenä lohkona ja kuljettamaan erikoiskuljetuksina työmaille. [7.]

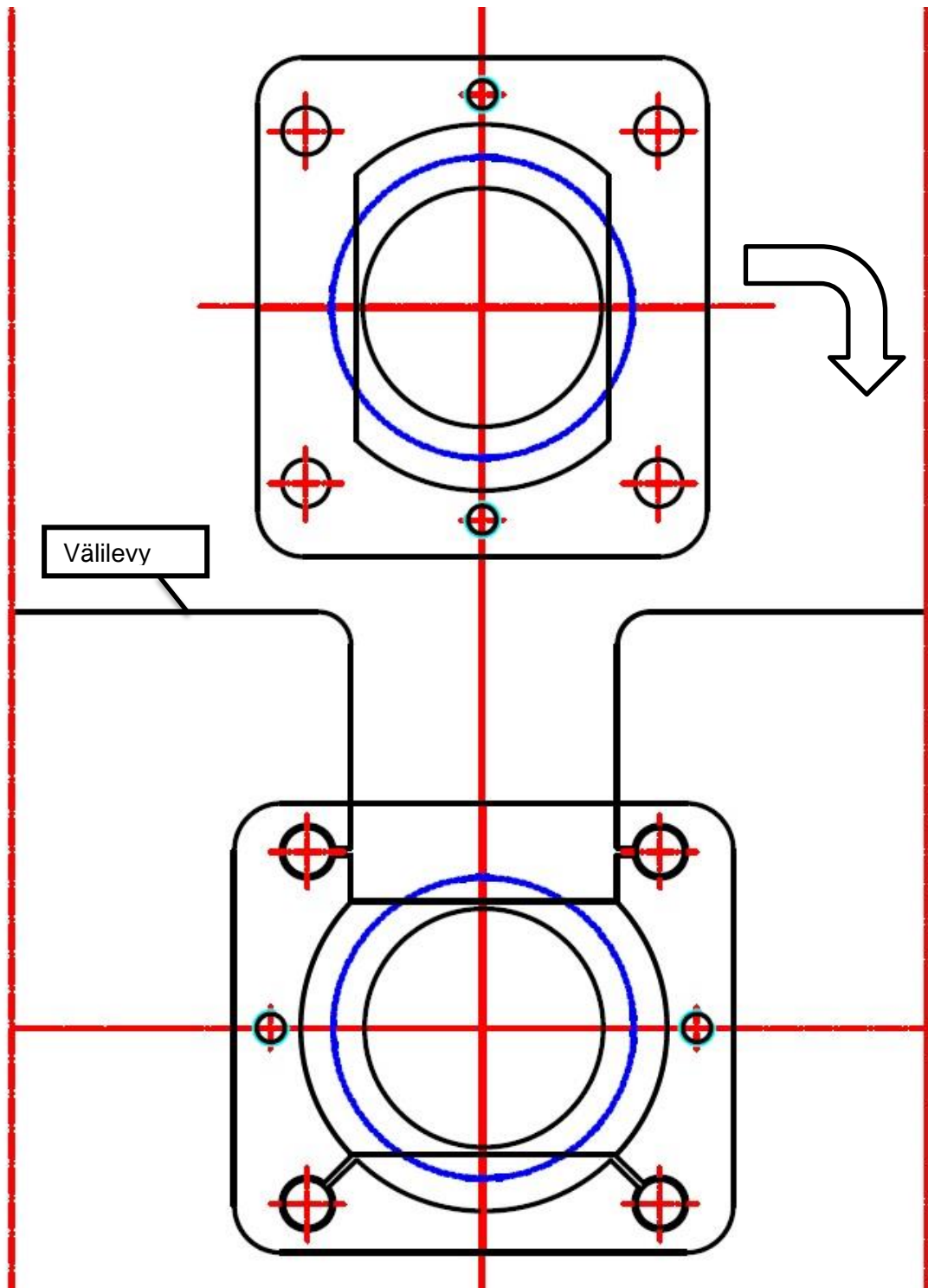
## 5 Laakeripesät

Vanhoissa laakeripesissä oli ongelmana, että ne eivät pysyneet kiinni väliseinässä. Akselin pyörimisliike on löysännyt neljällä pultilla kiinni olevia laakeripesiä, niin että akselit ovat päässeet putoamaan pois paikoiltaan. Joihinkin malleihin on asennettu ylimääräiset kiinnitysreiät, joiden ansiosta ne ovat alkaneet pysyä kiinni. Nyt laakeripesät oli tarkoitus yhtenäistää siten, että sama kiinnitysmalli olisi kaikissa kiekkoisissa. [7.]

Uusi laakeripesä suunniteltiin siten että, se lasketaan pystyasennossa asennusreiästä sisään, tämän jälkeen pesää käännetään 90°, jolloin kiinnitysreiät osuvat kohdilleen ja se voidaan pultata kiinni välilevyyn. Koska laakeripesä on leveämpi kuin asennusreikä, se lukittuu paikoilleen todella tiiviisti, eikä se pääse heilumaan akselin pyörimisliikkeen johdosta. [7.]

Laakeripesän nurkassa olevista rei'istä se kiinnitetään pulteilla välilevyyn. Keskellä sivuilla olevista rei'istä laakeripesä pultataan kokoon. Laakeripesien suunnittelemiseen ja piirtämiseen käytettiin Autocadia.





Kuva 9. Laakeripesä kuvattuna etuprofiilista asennusasennosta ja käännettynä lukitusasentoon.

Kuvasta 9 nähdään, että laakeripesä ei ole symmetrinen, ja että kääntämällä sitä  $90^\circ$ , se nousee pois asennusreiästä. Liitteestä 5 löytyvät järjestyksessä käytölliselle akselille, umpiakselille, käytöttömälle akselille ja ketjuvälitykselliselle akselille tarkoitetut laakeripesien kuvat, sekä laakeripesä kuvattuna yläprofiilista.

## 6 Modulointi

### 6.1 Lähtökohdat

Moduloinnin lähtökohtana oli kerätä erilaiset kiekko-seulavaihtoehdot yhteen Excel-  
taulukkoon, josta suunnittelija voi valita projektiin sopivan kiekko-seulan lähtökohdak-  
seen. Valittua kiekko-seulaa voi käyttää sellaisenaan tai muokkaamalla lähinnä projek-  
tiin sopivaa kiekko-seulan kuvaa. Näin voidaan lyhentää suunnitteluun käytettyä aikaa,  
kun projektia ei tarvitse lähteä suunnittelemaan nollasta. Valitaan vain sopiva projekti,  
tehdaskokoonpano, kiekko-seulan akselikokoonpano, voiteluainejärjestelmä, vaihde-  
moottori, nopeudensäädin ja nostokuvat.

Erilaisia vaihtoehtoja, joista kuvia lähdetään valitsemaan, on suuri määrä. Ensin vali-  
taan joko kuoriekko-seula tai hakekiekko-seula. Tämän jälkeen valitaan kiekko-seulan  
leveys, joista tässä työssä on keskitytty kahteen yleisimpään leveyteen ja uuteen le-  
veämpään malliin. Tässä työssä keskitytään kolmeen erilaiseen akselivaihtoehtoon.  
Akseleita voi kiekko-seulassa olla 8, 12 tai 16. Näillä tiedoilla voidaan valita projektiku-  
va, kiekko-seulan pääkuva, akselikokoonpanokuva, voiteluainejärjestelmäkuvat ja nos-  
tokuvat.

Akseleita valittaessa tulee huomioida leveys, lukumäärä, seulottava materiaali ja akse-  
leissa olevien kiekkojen IFO. Tässä työssä keskitytään kymmeneen yleisimmin käytet-  
tyyn IFOon. Erilaisia akselivaihtoehtoja tulee näillä reunaehdoilla 180.

Yksi valittava leveys kiekko-seulaan on uusi 2 500 mm leveä malli, jota ei ole vielä  
suunniteltu, joten todellinen kuvien määrä laskee kahteen kolmasosaan, kunnes le-  
veämpiä malleja on suunniteltu, ja akselivaihtoehtojen lukumäärä laskee 120:een. Kun  
uusien kuvien suunnitteluun, tai vanhojen korjataan, on taulukkoa tarkoitus päivittää sitä  
mukaa.

Andritz Oy käyttää tiedostojen tallentamiseen ja jakamiseen Matrix-nimistä järjestel-  
mää, jonne kaikki joilla on oikeudet voivat lisätä tiedostoja ja josta he voivat ladata tie-  
dostoja. Valmis taulukointi on tarkoitus lisätä Matrixiin, jotta se on kaikkien suunnitteli-  
joiden käytössä, ja mahdolliset tulevat korjaukset ja lisäykset saadaan suoraan kaikki-  
en käyttöön.

## 6.2 Tulokset

Tuloksena syntyi 18 taulukkoa, joihin on kerätty Andritzin tietokannasta kaikki valmiina olevat kuvat. Tuloksista on jätetty pois kaikki ennen vuotta 2010 tehdyt kuvat, jotta kuvissa ei olisi suuria virheitä. Vanhoissa kuvissa seulat on suunniteltu eri tavalla ja ne eivät tästä syystä ole käyttökelpoisia, tai niiden korjaaminen olisi liian työlästä.

Taulukossa 4 on esitetty 1 460 mm leveän (taulukossa B merkitsee leveyttä millimetreissä), 8-akselisen hakekiekkoseulan rakennekuvat. Taulukko on jaettu neljään lokeeseen, joista ensimmäisessä on nimi, toisessa IFO, kolmannessa piirustusnumero ja neljännessä lokerossa on mahdolliset kommentit. Taulukko on tehty englannin kielellä, koska sitä täytyy pystyä käyttämään muuallakin kuin Suomessa.

Taulukko 4. Esimerkki taulukosta johon jo olemassa olevia kuvia on kerätty.

Disc screen / chips / b = 1460 / 8 shafts			
Name	IFO	Drawing number	Comments
Project		132614919	Äänenkoski
Factory assembly		203176856	Strap feed
Factory assembly		203188257	Strap feed with overrun device
Factory assembly			Funnel feed
Shaft assembly	10		
Shaft assembly	18		
Shaft assembly	32	203021613	Designed for pellet
Shaft assembly	42		
Shaft assembly	52	202916947	Noth star
Shaft assembly	65		
Shaft assembly	75		
Shaft assembly	82	203176858	
Shaft assembly	100		
Shaft assembly	112		
Lubrication pipes		203178928	
Chain lubrication unit		203179058	
Sectioning and lifting		203182147	

Jotta suunnittelijat eivät joutuisi etsimään oikeita piirustuksia monien taulukoiden joukosta, tehtiin yksi valintataulukko. Valintataulukko antaa lähtöarvot syöttämällä piirustuksille oikeat SAP-numerot, joilla ne voidaan hakea Andritzin tietokannasta. SAP on toiminnanohjausjärjestelmä, jolla voi hakea tiedostoja Andritzin omasta tietokannasta.

Taulukossa 5 on esitetty kaikki mahdolliset valinnat, joita lähtöarvoiksi voidaan syöttää. Ensin valitaan materiaalityyppi jota kiekoseulalla aiotaan käsitellä. Toiseksi valitaan syöttötapa. Tämän jälkeen valitaan kiekoseulan leveys, akselimäärä ja IFO. Omina valintoinaan ovat vielä vaihdemoottorivaihtoehdot ja nopeudensäätimet. Vaihdemoottorivaihtoehtoja on kaksi erilaista ja nopeudensäätimiä kolme erilaista.

Taulukko 5. Valintataulukko.

Selections	
Type selection	Chips
Feed selection	Strap feed
Width selection	1460
Shaft selection	12
IFO selection	52
Drive machinery selection	Disc shaft drive machinery
Speed switch selection	XSA-V12801

Taulukossa 6 on esitetty SAP-numerot kuville, jotka lähtötiedot syöttämällä Excel haakee, ja numeroiden vieressä on mahdolliset kuviin liittyvät kommentit, jotka suunnittelijoiden on hyvä tietää. Ensimmäiseksi taulukko antaa projektikuvan ja tehdaskokoonpanon. Tämän jälkeen tulee akselikokoonpano, voiteluaineputkien kuva ja ketjuöljyjärjestelmän kuva. Lopuksi esitetään vaihdemoottorin ja nopeudensäätimen kuvat.

Taulukko 6. SAP-numerot ja kommentit.

SAP numbers		Comments
Project assembly	Not currently available	-
Factory assembly	202601346	-
Shaft assembly	202601346	Shaft and factory assembly in the same drawing
Grease lubrication pipes	203047910	Bark drawing used for chips
Chain oil lubrication unit	203127511	Bark drawing used for chips
Sectioning and lifting	Not currently available	-
Drive machinery	203168755	-
Speed switch	131965454	-

Tulokset on esitetty yksinkertaisessa ja yleismaailmallisessa muodossa, jotta suunnittelijat missä tahansa päin maailmaa osaisivat käyttää sitä.

## 7 Yhteenveto

Työn ensisijaisena tavoitteena oli luoda kiekko-seulan rakennekuvista suunnittelijoiden käyttöön tietokanta ja hakemisto, josta voidaan hakea valmiit rakennekuvat, jotta suunnittelutyö nopeutuisi. Tavoitteeseen päästiin hyvin. Kaikki sopivat rakennekuvat saatiin kerättyä yhteen paikkaan ja onnistuttiin luomaan sellainen valintataulukko, josta ne on helppo hakea asettamalla halutut lähtöarvot. Taulukko antaa myös rakennekuvista kirjoitetut kommentit suoraan suunnittelijalle, jotta tämä tietää, onko kuvassa jotain tavallisuudesta poikkeavaa, tai muuta huomioitavaa. Jokainen suunnittelija voi lisätä uusia valmiita rakennekuvia, vanhoihin kuviin tehtyjä korjauksia ja kommentteja taulukkoon.

Toisena tavoitteena oli suunnitella ja laskea uuden leveämmän kiekko-seulamallin akselien kestävyyttä ja ratkaista leveämmän mallin kuljetusongelmat. Uusien akselien kestävyudet saatiin laskettua ja sopiva akselityyppi valittua leveämmälle mallille. Kuljetus päätettiin hoitaa erikoiskuljetuksena, jotta kiekko-seulaa ei tarvitsisi jakaa lohkoihin. Tämä säästää työtä suunnittelu- ja asennusvaiheessa.

Kolmantena tavoitteena oli suunnitella uusi parempi laakeripesä. Laakeripesissä oli ollut ongelmia niiden kiinnitysten pysyvyydessä. Uusi laakeripesämalli saatiin suunniteltua, se lukittuu paikoilleen, eikä näin ollen pääse irtoamaan kiinnityksistään.

Insinöörityö antoi hyvän käsityksen siitä, millaista on ison laitteen ja kokonaisuuden suunnittelutyö, ja miten siihen vaikuttavat sen pienemmän osa-alueet. Työn aikana hahmottuivat kiekko-seulat kokonaisuudessaan, mitä ne pitävät sisällään ja mitä asioita täytyy ottaa huomioon kun sellaista lähdetään suunnittelemaan ja tarjoamaan asiakkaalle.

## Lähteet

- 1 History. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.andritz.com/index/gr-about-us/gr-history.htm>>. Luettu 18.1.2016.
- 2 Annual report 2014. 2016. Verkkodokumentti. <<https://grzg.andritz.com/c/com2011/00/03/24/32470/1/1/0/420803910/gr-andritz-annual-report-2014-web-low-en.pdf>>. Luettu 19.1.2016.
- 3 About Andritz. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.andritz.com/index/gr-about-us.htm>>. Luettu 18.1.2016.
- 4 Environmental sustainability. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.andritz.com/index/gr-about-us/gr-sustainability/gr-environmental-sustainability.htm>>. Luettu 19.1.2016.
- 5 Research and development. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.andritz.com/index/gr-about-us/gr-research-and-development.htm>>. Luettu 19.1.2016.
- 6 Operating and Maintenance Instructions, Wood processing/Disc screen SCB10. 2014.
- 7 Kaljunen, M. 2016. Tuotepäällikkö, Andritz Oy, Lahti. Palaveri 17.2.2016.
- 8 Lyytikäinen, T. 2016. Tuoteinsinööri, Andritz Oy, Lahti. Palaveri 3.2.2016.
- 9 A. Hobbacher. 2013. International Institute of Welding, Recommendations for fatigue design of welded joints and components.
- 10 Lyytikäinen, T. 2016. Tuoteinsinööri, Andritz Oy, Lahti. Palaveri 16.2.2016.

## Kiekkokseli B = 1860 IFO 52

Akselin halkaisija  $D := 120\text{mm}$

Laakerien etäisyys  $L := 2182\text{mm}$

Akselin kuormitus  $M_{\text{tuplakiekot}} := 11.61\text{kg} \cdot 36$   $M_{\text{tuplakiekot}} = 418.17\text{kg}$

$M_{\text{kiekot}} := 7\text{kg} \cdot 18$   $M_{\text{kiekot}} = 126\text{kg}$

$M_{\text{akseli}} := \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot L \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$   $M_{\text{akseli}} = 193.72\text{kg}$

Viivakuorma  $q := \frac{g \cdot (M_{\text{tuplakiekot}} + M_{\text{kiekot}} + M_{\text{akseli}})}{L}$

$q = 3316.36 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Maksimijännitys keskellä akselia  $M_{\text{max}} := \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2$

$M_{\text{max}} = 1.974\text{kN} \cdot \text{m}$

Taivutusvastus 120mm akselille  $W := \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^3$

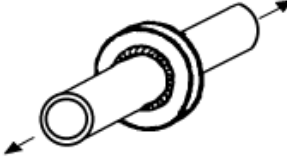
$W = 1.696 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$

Jännitys  $\sigma_{\text{max}} := \frac{M_{\text{max}}}{W} = 11.634\text{MPa}$

Jännitysheilahdus  $\Delta\sigma := 2 \cdot \sigma_{\text{max}} = 23.268\text{MPa}$

Kierrosnopeus  $n_{\text{rpm}} := 76$

Väsymisluokka jälkikäsittelmättömälle hitsiliitokselle on FAT 71

921		Circular hollow section with welded on disc, potential fatigue failure from toe in hollow section		
		K-butt weld, toe ground	90	32
		Fillet weld, toe ground	90	32
		Fillet welds, as welded	71	25

Väsymislukka

$$\Delta\sigma_C := 71 \cdot \text{MPa}$$

Heilahdustaajuuden väsymisraja

$$\Delta\sigma_D := \Delta\sigma_C \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^7}}$$

$$\Delta\sigma_D = 41.521 \text{MPa}$$

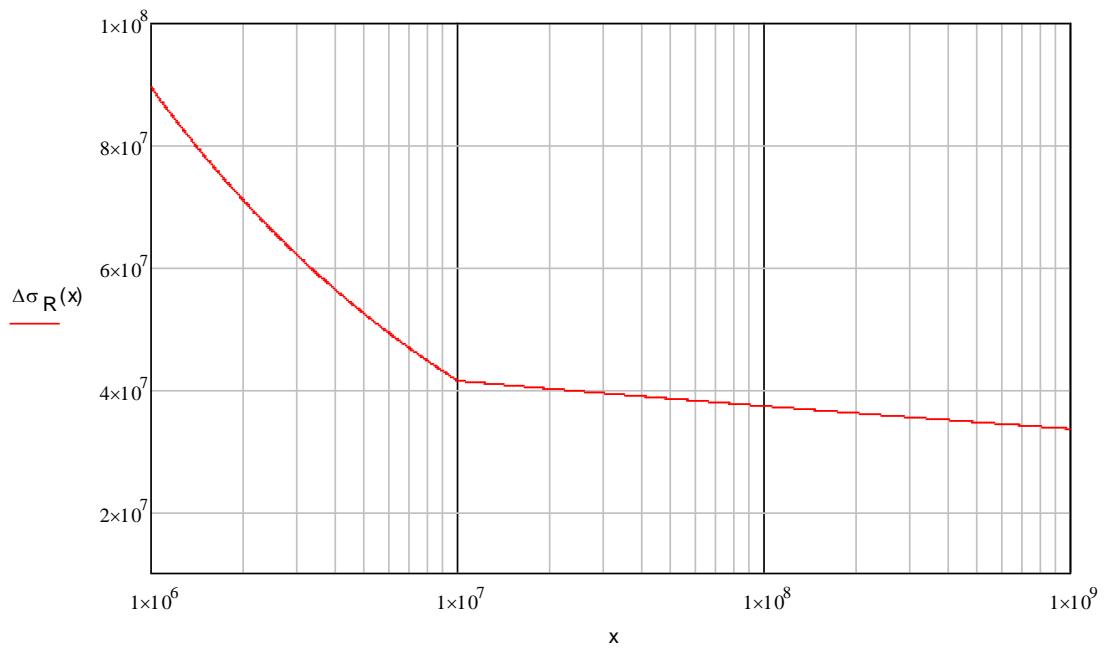
Katkeamispiste

$$\Delta\sigma_L := \Delta\sigma_D \cdot \sqrt[22]{\frac{22}{100}}$$

$$\Delta\sigma_L = 38.76 \text{MPa}$$

S-N käyrä

$$\Delta\sigma_R(x) := \begin{cases} \sqrt[3]{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{x}} & \text{if } x \leq 1 \cdot 10^7 \\ \sqrt[22]{\Delta\sigma_D^{22} \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot \frac{1}{x}} & \text{if } 1 \cdot 10^7 < x \end{cases}$$





Hitsin elinikä

$$n(x) := \begin{cases} \frac{(\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6)}{x^3} & \text{if } x \geq \Delta\sigma_D \\ \frac{(\Delta\sigma_D^{22} \cdot 1 \cdot 10^7)}{x^{22}} & \text{if } \Delta\sigma_D > x \end{cases}$$

$$n(\Delta\sigma) = 3.412 \times 10^{12}$$

Elinikä vuosissa

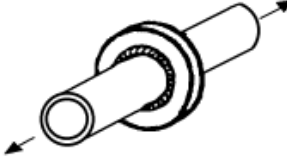
$$\text{vuodet} := \frac{n(\Delta\sigma)}{60 \cdot 24 \cdot 365 \cdot n_{\text{rpm}}}$$

$$\text{vuodet} = 8.542 \times 10^4$$

## Kiekkokseli B = 2500 IFO 52

Akselin halkaisija	$D := 120\text{mm}$	
Laakerien etäisyys	$L := 2822\text{mm}$	
Akselin kuormitus	$M_{\text{kiekko}} := 7\text{kg}$	
Kiekkojen lukumäärä	$n_{\text{kiekot}} := 22$	
Kiekkojen paino	$M_{\text{kiekot}} := M_{\text{kiekko}} \cdot n_{\text{kiekot}}$	$M_{\text{kiekot}} = 154\text{kg}$
	$M_{\text{akseli}} := \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot L \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$M_{\text{akseli}} = 250.54\text{kg}$
Viivakuorma	$q := \frac{g \cdot (M_{\text{kiekot}} + M_{\text{akseli}})}{L}$	
	$q = 1405.809 \frac{\text{N}}{\text{m}}$	
Maksimijännitys keskellä akselia	$M_{\text{max}} := \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2$	
	$M_{\text{max}} = 1.399\text{kN} \cdot \text{m}$	
Taivutusvastus akselille	$W := \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^3$	
	$W = 1.696 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$	
Jännitys	$\sigma_{\text{max}} := \frac{M_{\text{max}}}{W} = 8.249\text{MPa}$	
Jännitysheilahdus	$\Delta\sigma := 2 \cdot \sigma_{\text{max}} = 16.498\text{MPa}$	
Kierrosnopeus	$n_{\text{rpm}} := 7\text{€}$	

Väsymisluokka jälkikäsittelemättömälle hitsiliitokselle on FAT 71

921		Circular hollow section with welded on disc, potential fatigue failure from toe in hollow section		
		K-butt weld, toe ground	90	32
		Fillet weld, toe ground	90	32
		Fillet welds, as welded	71	25

Väsymislukka

$$\Delta\sigma_C := 71 \cdot \text{MPa}$$

Heilahdustaajuuden väsymisraja

$$\Delta\sigma_D := \Delta\sigma_C \cdot \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^7}}$$

$$\Delta\sigma_D = 41.521 \text{MPa}$$

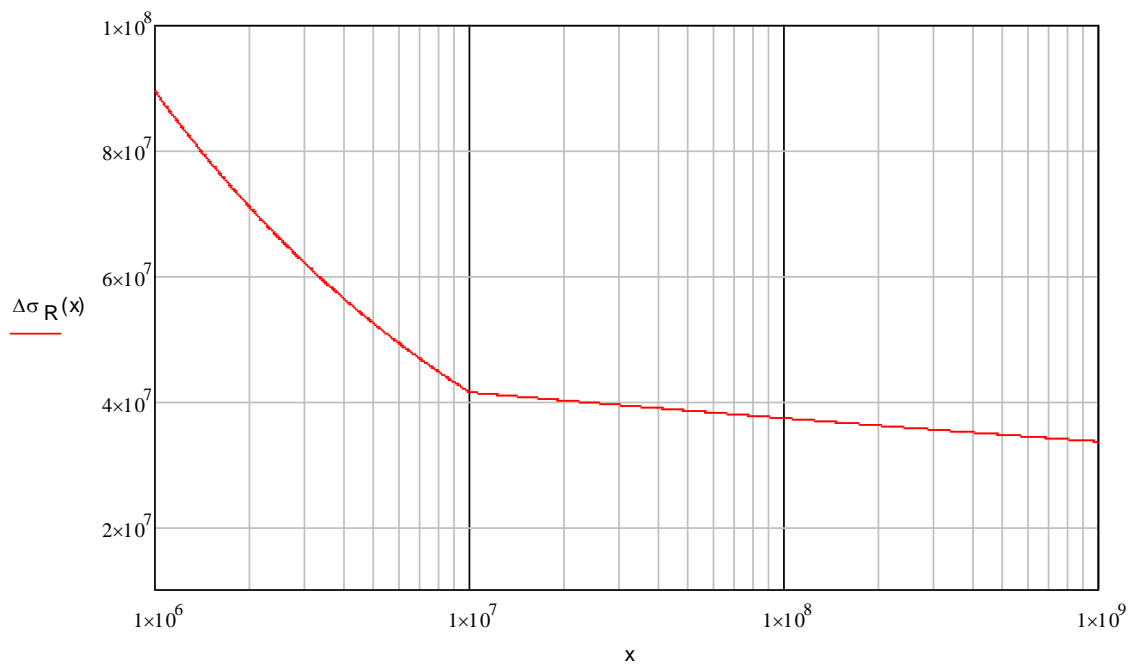
Katkeamispiste

$$\Delta\sigma_L := \Delta\sigma_D \cdot \sqrt[22]{\frac{22}{100}}$$

$$\Delta\sigma_L = 38.76 \text{MPa}$$

S-N käyrä

$$\Delta\sigma_R(x) := \begin{cases} \sqrt[3]{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{x}} & \text{if } x \leq 1 \cdot 10^7 \\ \sqrt[22]{\Delta\sigma_D^{22} \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot \frac{1}{x}} & \text{if } 1 \cdot 10^7 < x \end{cases}$$



Hitsin elinikä

$$n(x) := \begin{cases} \frac{(\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6)}{x^3} & \text{if } x \geq \Delta\sigma_D \\ \frac{(\Delta\sigma_D^{22} \cdot 1 \cdot 10^7)}{x^{22}} & \text{if } \Delta\sigma_D > x \end{cases}$$

$$n(\Delta\sigma) = 6.581 \times 10^{15}$$

Elinikä vuosissa

$$\text{vuodet} := \frac{n(\Delta\sigma)}{60 \cdot 24 \cdot 365 \cdot n_{\text{rpm}}}$$

$$\text{vuodet} = 2 \times 10^8$$

**Kiekkokoaksi B = 2500 D = 120 IFO 10 puristetut kiekot**

Puristusjännitys	$\sigma_{\min} := (-15.101 \text{ MPa})$	
Vetojännitys	$\sigma_{\max} := 15.10 \text{ MPa}$	
Amplitudi	$\sigma_a := \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$	$\sigma_a = 15.101 \text{ MPa}$
Keskijännitys	$\sigma_m := \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})$	$\sigma_m = 0 \text{ MPa}$

Rakenteen murtolujuus  $R_m := 460 \text{ MPa}$

Todennäköisyyskerroin:  $c_1 := 0.8$

Kuormitustyyppi:  $c_2 := 1$

Pintakerroin:  $c_3 := 0.8$

Kokokerroin:  $c_4 := 0.8$

Väsymislujuus

$$\sigma_w := 0.454 R_m + 8.4 \text{ MPa} \quad \sigma_w = 217.24 \text{ MPa}$$

Redusoitu väsymislujuus

$$\sigma_{w,\text{red}} := c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot \sigma_w \quad \sigma_{w,\text{red}} = 111.227 \text{ MPa}$$

GOODMAN varmuuskerroin

$$n_f := \left( \frac{\sigma_a}{\sigma_{w,\text{red}}} + \frac{\sigma_m}{R_m} \right)^{-1} \quad n_f = 7.37 \quad > 1, \text{ OK}$$

## Umpiakseli B = 2500

Puristusjännitys  $\sigma_{\min} := (-21 \cdot \text{MPa})$

Vetojännitys  $\sigma_{\max} := 21 \text{MPa}$

Amplitudi  $\sigma_a := \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$   $\sigma_a = 21 \cdot \text{MPa}$

Keskijännitys  $\sigma_m := \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})$   $\sigma_m = 0 \cdot \text{MPa}$

Rakenteen murtolujuus  $R_m := 460 \text{MPa}$

Todennäköisyyskerroin:  $c_1 := 0.8$

Kuormitustyyppi:  $c_2 := 1$

Pintakerroin:  $c_3 := 0.8$

Kokokerroin:  $c_4 := 0.8$

Väsymislujuus

$$\sigma_w := 0.454 R_m + 8.4 \text{MPa} \quad \sigma_w = 217.24 \text{MPa}$$

Redusoitu väsymislujuus

$$\sigma_{w,\text{red}} := c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot \sigma_w \quad \sigma_{w,\text{red}} = 111.227 \text{MPa}$$

GOODMAN varmuuskerroin

$$n_f := \left( \frac{\sigma_a}{\sigma_{w,\text{red}}} + \frac{\sigma_m}{R_m} \right)^{-1} \quad n_f = 5.3 \quad > 1, \text{OK}$$

## Laakeripesien rakennekuvat

