

KLAPIKONEEN SYÖTTÖPÖYDÄN KEHITYSTYÖ



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäki, kone- ja tuotantotekniikka

Kevät, 2018

Tuomas Mikkola

Kone- ja tuotantotekniikka
Riihimäki

Tekijä Tuomas Mikkola **Vuosi** 2018

Työn nimi Klapikoneen syöttöpöydän kehitystyö

Työn ohjaaja Esa Murtola

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena oli klapikoneen syöttöpöydän tuotekehitys. Syöttöpöydän kehitys lähti liikkeelle tarpeesta kehittää työn tilaajan polttopuiden valmistusprosessia. Tarkoitusta varten tässä työssä pyritään kehittämään käsityötä vaativan rankapöydän ja konevoimin puita siirtävän pöydän risteytys.

Työssä käydään aluksi läpi markkinoilta löytyviä kaupallisia tuotteita sekä tehdään patenttitutkimus nykyisten ratkaisujen kartoittamiseksi. Lisäksi tarkastellaan suunniteltavan laitteen turvallisuutta.

Syöttöpöydän rungon suunnittelun lisäksi työssä rakennetaan prototyyppi pöydän syöttölaitteesta. Alkuperäinen tarkoitus oli tuottaa valmistuspiirustukset tämän työn puitteissa, mutta käytettävissä olleen ajan rajallisuudesta johtuen tämän ei ollut mahdollista. Tämä työ antaa kuitenkin hyvän lähtökohdan projektin loppuun saattamiselle.

Avainsanat Klapikone, prototyyppi, tuotekehitys

Sivut 30 sivua

Mechanical Engineering and Production Technology
Riihimäki

| | | |
|-------------------|--|------------------|
| Author | Tuomas Mikkola | Year 2018 |
| Subject | Development of firewood processors feeding table | |
| Supervisor | Esa Murtola | |

ABSTRACT

The aim of this thesis works was to develop a feeding table for a firewood processor. The development of the feeding table evolved from the need to develop the manufacturing process for the commissioner of this thesis work. For this purpose, the aim of this work was to develop a crossover between a conventional table and a motorized table.

At the beginning of the work I went through commercial products found in the market and conducted a patent research to map the existing solutions. I also consider the safety of the equipment being designed.

In addition to designing the feeding table frame, a feeder prototype was built. The original purpose was to produce manufacturing drawings within this work but due to the limited time available, this was not possible. However, this work provided a good starting point for completing the project.

Keywords Firewood processor, product development, prototyping

Pages 30 pages

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| KÄSITELUETTELO..... | 1 |
| 1 JOHDANTO..... | 2 |
| 2 JAPA 600 -KLAPIKONE..... | 3 |
| 2.1 Rakenne ja toiminta | 3 |
| 3 MARKKINOILTA LÖYTYVÄT TUOTTEET..... | 5 |
| 3.1 Puunnostin | 5 |
| 3.2 Rankapöytä..... | 5 |
| 3.3 Hydrauliset puupöydät..... | 6 |
| 4 IMMATERIAALIOIKEUDET | 7 |
| 4.1 Yleistä immateriaalioikeuksista..... | 7 |
| 4.2 Patentti..... | 7 |
| 4.3 Hyödyllisyysmallisuoja..... | 7 |
| 4.4 Patenttitietokantatutkimus..... | 8 |
| 5 KONETURVALLISUUS | 11 |
| 5.1 Koneturvallisuus Suomessa ja Euroopan unionissa | 11 |
| 5.2 Riskienhallinta | 11 |
| 5.3 Suunniteltavaa konetta koskevat vaatimukset | 12 |
| 5.4 Riskien arviointi | 13 |
| 6 RUNGON SUUNNITTELU | 15 |
| 6.1 Alkuarvot suunnittelulle | 15 |
| 6.2 Suunnittelutyökalu | 16 |
| 6.3 Mallin rakentaminen | 17 |
| 6.4 Pöydän pitkittäisten palkkien mitoitus | 19 |
| 6.4.1 FEM-ohjelmiston testaus..... | 19 |
| 6.4.2 Pöydän palkin laskenta..... | 21 |
| 7 ANNOSTELIJAN PROTOTYYPPI..... | 23 |
| 8 HYDRAULIIKKA JA OHJAUSLOGIIKKA | 26 |
| 8.1 Hydrauliiikka..... | 26 |
| 8.2 Ohjauslogiikka | 26 |
| 9 YHTEENVETO..... | 28 |
| LÄHTEET | 29 |

KÄSITELUETTELO

FDM
Fused Deposition Modeling

PETG
Amorfinen polyesteri.

PLC
Programmable logic controller, ohjelmitava logiikka .

PRH
Patentti- ja rekisterihallitus.

1 JOHDANTO

Tämä työn tarkoituksena on suunnitella klapikoneelle syöttöpöytä Maatalousyhtymä Ari ja Hannu Mikkolan käyttöön. Yhtymä harjoittaa metsänhoitoa omistamallaan metsäpalstoilla ja osa kaadetusta puusta jalostetaan klapikoneella polttopuiksi. Tällä hetkellä klapien teossa ei ole käytössä mitään helpottavaa tasoa tai apuvälinettä runkojen käsittelyyn, eli rungot nostetaan käsin pinosta klapikoneeseen.

Markkinoilla on saatavissa valmiita syöttöpöytiä, mutta niiden korkea hinta houkuttelee etsimään halvempaa ratkaisua. Samalla saadaan tuote, joka on suunniteltu juuri yhtymän koneketjuun sopivaksi. Pöydän suunnittelussa on tarkoitus tutkia markkinoilla olevista pöydistä eroavaa ratkaisua, jossa puut liikkuvat kallistettavalla pöydällä painovoimaisesti kohti pyörivää annostelijaa, joka siirtää yhden puun kerrallaan syöttörullille. Koska klapikoneessa ei ole automaattista puun syöttöä, ei sitä myöskään toteuteta syöttöpöytään, vaan rungot siirretään käsin vetämällä klapikoneeseen. Pöytään jätetään kuitenkin mahdollisuus myöhemmin vaihtaa yksi rullista hydraulisesti pyörivään syöttörullaan.

Tämän työn kirjoittaja on opiskeluissaan painottanut koneensuunnitteluun ja -ohjaukseen liittyviä opintojaksoja. Päivätyö on mekaniikkasuunnittelua insinööritoimistossa ja vapaa-aikaan kuuluu erilaiset tekniikkaan liittyvät harrastukset sekä satunnainen osallistuminen työn tilaajan toimintaan.

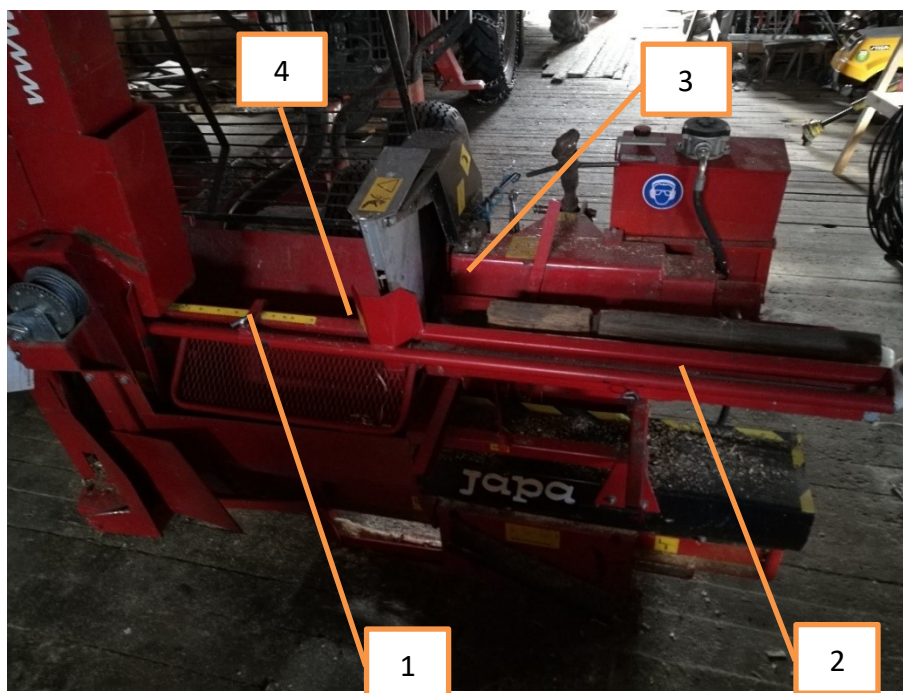
2 JAPA 600 -KLAPIKONE

Maatalousyhtymällä on käytössään Laitilan Rautarakenne Oy:n valmistama Japa 600 -klapikone. Tässä osassa tutustutaan koneen rakenteeseen, toimintaan ja teknisiin tietoihin.

2.1 Rakenne ja toiminta

Koneessa on pyörivään sirkkeliterään perustuva puun katkaisu ja hydraulisyliinterillä toimiva puun halkaisu. Valmiit klapit poistuvat koneesta purkukuljettimella esimerkiksi perävaunuun. Kone on traktorisovitteinen ja varustettu omalla hydraulikalla, joka saa käyttövoimansa traktorin ulosottoakselista. Ulosottoakseli pyörittää kulmavaihteen kautta akselia, jonka toisessa päässä on kolme hihnapyörää terän pyöritystä varten ja toisessa päässä hydraulipumppu. Ulosottoakselin pyöriessä suurinta sallittua pyörimisnopeuttaan 400 1/min pyörii katkaisuterä nopeudella 1500 1/min. (Laitilan Rautarakenne Oy 2003).

Kuvassa 1 on klapikone ja sen osia numeroituna alla olevaa toiminnan selitystä varten. Puun syöttö on käsikäyttöinen. Puu työnnetään ensin pituussuunnassa säädettävää pituusvastetta (1) päin ja tämän jälkeen puu työnnetään vaakasuunnassa liikkuvassa kolkassa (2) päin terää (3), joka suorittaa katkaisun. Katkaistu puu putoaa halkaisukouruun (4) ja pudotesaan käynnistää halkaisuliikkeen. Puun neljään osaan halkaiseva terä on säädettävissä korkeussuunnassa.



Kuva 1. Japa 600 -klapikone

Koneen teknisiä tietoja

| | |
|----------------------------------|----------|
| Paino: | 390 kg |
| Puun suurin halkaisija: | 300 mm |
| Katkaistavan puun suurin pituus: | 600 mm |
| Hydrauliikan tuotto: | 39 l/min |
| Hydrauliikan paine: | 20 MPa |
| Halkaisuvoima: | 40 kN |

3 MARKKINOILTA LÖYTYVÄT TUOTTEET

Markkinoilta löytyy klapikoneiden valmistajilta omia tuotteita puun siirtämiseen klapikoneille. Tuotteita löytyy melko laajasti aina yksinkertaisista nostimista polttopuu-urakointiin soveltuviin järeisiin kuljettimiin. Tässä osassa tehdään kartoitusta tarjolla olevista vaihtoehdoista.

3.1 Puunnostin

Puunnostin on klapikoneen lisälaitte, jolla saadaan yksi tai muutamia runkoja nostettua maasta koneen syöttötasolle. Nostovoiman tuottaa hydraulisyylinteri. Klapikoneiden valmistajien nostimet on tehty sopimaan valmistajan omiin klapikoneisiin. Hydraulisyylinterin käyttöä varten klapikoneeseen tulee hankkia lisäventtiili, joita löytyy myös lisävarusteena klapikoneisiin. Joihinkin puunnostimiin on saatavissa myös syöttörulla, joka toimii yhdessä klapikoneen syöttökuljettimen kanssa. **Virhe. Viitteen lähde ei löytnyt.** esittää Palax lifter -puunnostinta, joka on asennettavissa tiettyihin erikseen lueteltuihin Palax klapikoneisiin.



Kuva 2. Palax lifter -puunnostin (Ylistaron Terästäkomo Oy n.d.).

3.2 Rankapöytä

Rankapöytä on kevytrakenteinen teline, jonka päälle rangat voidaan siirtää koneellisesti. Kuvassa 3 on esimerkki tällaisesta pöydästä. Teline on kiinteästi kallistettu kohti syöttörullia. Vakiomalleissa syöttörullat eivät toimi koneellisesti, vaan runka vedetään käsin klapikoneelle. Lisävarusteena koneisiin on saatavissa hydraulimoottorilla pyöriviä syöttörullia.



Kuva 3. Japa 465 -rankateline (Laitilan Rautarakenne Oy n.d.).

3.3 Hydrauliset puupöydät

Hydraulisissa puun syöttöpöydissä käytetään useita erilaisia tapoja puun kuljettamiseksi syöttörullille. Valmistajien mallistoja tutkiessa selvisi, että käytetyin ratkaisu on ketjukuljetin. Ketjukuljettimessa hydraulimoottorin pyörittämät rullaketjut kuljettavat pöydällä olevia puita. Osa syöttöpöydistä on lisäksi varustettu laitteella, joka siirtää syöttörullille yhden rungon kerrallaan. Ketjukuljettimen etuna on mahdollisuus siirtää puita kumpaankin suuntaan. Kuvassa 4 on eräs näkemys ketjukuljettimesta.

Toinen yleisesti käytetty ratkaisu on porrasannostelija, jossa yleensä hydraulisyylinterit siirtävät puita yksi kerrallaan eteenpäin aina syöttörullille asti.



Kuva 4. Hakkifeed 471 ketjukuljetin (Maaselän Kone Oy n.d.).

4 IMMATERIAALIOIKEUDET

Patentit, hyödyllismallisuojat ja muut erilaiset keksintöjen suojausmenetelmät ovat sekä rajoittamassa että helpottamassa koneensuunnittelua. Tässä osassa tutustutaan immateriaalioikeuksiin sekä tehdään tutkimus patenttitietokantaan.

4.1 Yleistä immateriaalioikeuksista

Keksintö, henkisen työn tulos, on keksijänsä omaisuutta tietyin edellytyksin. Keksintöjä on mahdollisuus suojata määräaikaisella yksinoikeudella keksinnön kaupallisessa hyödyntämisessä. Vastineeksi tästä yksinoikeudesta keksijä julkistaa keksintönsä ja tällöin muiden ei tarvitse keksiä kyseistä keksintö uudestaan, vaan ajatusta voidaan työstää eteenpäin. (Oesch, Pihlajamaa & Sunila 2014.)

Suomessa patenttiasioita hoitava viranomainen on patentti- ja rekisterihallitus. Patentit kuuluvat patentit ja tavaramerkit -tulosalueeseen, jonne kuuluvat myös hyödyllisyysmallisuojat, integroidut piirimallit, sekä tavaramerkit ja mallioikeus. Lisäksi PRH:n vastuulle kuuluvat esimerkiksi kaupparekisteri sekä yhdistys- ja säätiöasiat. (Patentti- ja rekisterihallitus 2016.)

4.2 Patentti

Patentilla voidaan suojata merkittävästi uusi keksintö.

- Patentilla suojattavalla keksinnöllä tulee olla tekninen luonne, eli ratkaisu johonkin teknilliseen ongelmaan.
- Keksinnön pitää olla toisinnettavissa.
- Keksinnön on oltava teollisesti hyödynnettävissä.

Patentilla ei voida suojata tieteellisiä teorioita, matemaattisia menetelmiä, taidetta tai suunnitelmia, sääntöjä tai menetelmiä älyllistä toimintaa, pelejä tai liiketoimintaa varten. (Oesch ym. 2014.) Suomessa patentti voidaan pitää voimassa enintään 20 vuotta (Patentti- ja rekisterihallitus 2017).

4.3 Hyödyllisyysmallisuoja

Hyödyllisyysmallisuoja on patenttia kevyempi vaihtoehto ja siitä käytetäänkin nimitystä pikkupatentti. Hyödyllisyysmallissa ei vaadita samanlaista keksinnöllisyyttä, kuin patentissa. Hyödyllisyysmallin kohdalla ei myöskään suoriteta samanlaista tutkimusta, kuin patentin kohdalla, eli hyödyllisyysmallisuojan hakijan tulee itse selvittää keksinnön uutuus

ennen hakemusta. Hyödyllisyysmallisuojan voimassaoloaikana kuka tahansa voi vaatia suojan mitätöintiä, mikäli keksintö ei oikeasti ole uusi.

Hyödyllisyysmallin pisin voimassaoloaika on lyhyempi, kuin patentilla, mutta tarjoaa samanlaisen yksinoikeuden keksinnön hyödyntämiseen. Suomessa hyödyllisyysmallisuojan pisin mahdollinen voimassaoloaika on 10 vuotta. Patenttihakemuksen voi muuntaa hakuvaiheessa hyödyllisyysmallisuojarahakemukseksi, mutta ei toisinpäin. (Oesch ym. 2014; Patentti ja rekisterihallitus 2017).

4.4 Patenttietokantatutkimus

Vaikka laitteen kaupallinen valmistus ei ole suunnitelmassa, 3.2.2018 on tehty tutkimus Patentti- ja rekisterihallituksen PatInfo tietokantaan, joka sisältää tiedot suomalaisista patenttihakemuksista, hyödyllisyysmallihakemuksista sekä lisäsujarahakemuksista vuodesta 1970 alkaen (Patentti- ja rekisterihallitus 2016). Tietokanta on patentti- ja rekisterihallituksen maksuton palvelu. Taulukkoon 1 on koottu tietokannasta löytyneet polttopuun valistukseen käytettävien koneiden tiedot. Taulukon jälkeen löytyy selitykset tila -sarakkeen numerokoodeille.

Taulukko 1. Polttopuukoneita ja niiden lisälaitteita koskevia patenteja sekä hyödyllisyysmallisuoja

| Hakemus- numero | Pat.nro / Rek.nro / Tod.nro | Nimitys | Tila |
|--------------------|-----------------------------------|---|------|
| 20080448 | 124872 | Puunkäsittelylaite | 1 |
| 20125790 | 126314 | Klapikone | 1 |
| 20125862 | 126059 | Menetelmä ja laite klapikoneessa | 1 |
| 20136174 | 125244 | Pilkekone | 1 |
| 20145123 | 125359 | Pilkekone | 1 |
| 20145317 | 125593 | Pilkekone | 1 |
| 20145354 | 125487 | Polttopuukone kiristettävällä teräketjulla | 1 |
| U20164171 | 11459 | Klapikone | 2 |
| U20154162 | 11042 | PILKEKONEEN SYÖTTÖPÖYDÄN ANNOSTELULAITE | 2 |
| U20080292 | 8199 | Polttopuukone | 2 |
| U20110167 | 9356 | Polttopuukone | 2 |
| U20120058 | 9705 | Polttopuukone | 2 |
| U20120086 | 9735 | Siirtolaite | 2 |
| U20080165 | 8166 | Pilkekoneen katkaisulaite | 2 |
| U20080292 | 8199 | Polttopuukone | 2 |
| U20090231 | 8446 | Pilkekone | 2 |
| U20100137 | 8762 | Pilkekone | 2 |
| U20144150 | 10704 | Pilkekoneen ohjauspiiri | 2 |
| U20144211 | 10771 | Pilkekoneen hydraulinen ohjausjärjestely | 2 |
| U20144212 | 10772 | Pilkekoneen hydraulinen ohjausjärjestely | 2 |
| U20154162 | 11042 | PILKEKONEEN SYÖTTÖPÖYDÄN ANNOSTELULAITE | 2 |
| U20164062 | 11275 | Pilkekoneen hihnakuljetin | 2 |
| U20164234 | 11598 | PILKEKONEEN RUNKORAKENNE | 2 |
| 20000109 | 111447 | Pilkekone | 3 |
| 20001486 | 112617 | Järjestely pilkekoneessa | 3 |
| 20001487 | 109889 | Järjestely pilkekoneessa | 3 |
| 20021758 | 116615 | Pilkekone | 3 |
| 20060551 | 122942 | Laite polttopuun valmistamiseksi | 3 |
| 20080377 | 122949 | Pilkekone | 3 |
| 20105533 | 123041 | Lisälaite klapikonetta varten | 3 |
| 20105536 | 122681 | Poistokuljetin klapikonetta varten ja klapikone | 3 |
| U20120003 | 9667 | Syöttöpöytäjärjestelmä | 4 |
| U20050112 | 6762 | Laite polttopuun valmistamiseksi | 4 |
| U20030135 | 5864 | Syöttölaite | 4 |
| U20090286 | 8627 | Pilkekone | 4 |
| U930104 | 874 | Hydraulitoiminen klapikone | 5 |
| U20070221 | 7740 | Puunkäsittelylaite | 5 |
| U950405 | 2253 | Pilkekone | 5 |
| U20020401 | 5646 | Pilkekoneen hydraulitoiminen katkaisulaite | 5 |
| U20030327 | 6080 | Pilkekone | 5 |
| 20165217 | | PILKEKONE | 6 |
| 20165769 | 127171 | PILKEKONE | 7 |
| U20080166 | 8302 | Pilkekoneen kolakuljetin | 8 |

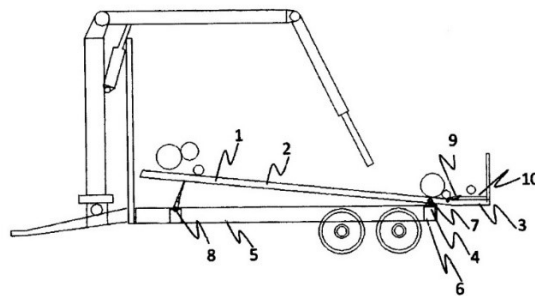
Tila-sarakkeen selitykset:

- 1 = Patentti myönnetty
- 2 = Hyödyllisyysmalli rekisteröity
- 3 = Hakemus jäänyt silleensä / Patentti rauennut
- 4 = Rauennut (hyödyllisyysmalli)
- 5 = Lakannut (hyödyllisyysmalli)
- 6 = Tekninen tutkimus
- 7 = Patentti (väiteaika)
- 8 = Mitätöity

Polttopuukoneisiin liittyvin patenttien varsin suuri määrä hieman yllätti. Koneiden valmistajista Agromatic Oy on ollut erityisen aktiivinen keksintöjensä suojaamisessa. Tutkimuksessa löytyi tämän työn kannalta muutamia kiinnostavia patenteja tai hyödyllisyysmallisuoja, muun muassa voimassa oleva patentti 126059 Menetelmä ja laite klapikoneessa, voimassa oleva hyödyllisyysmallisuoja 11042 Pilkekoneen syöttöpöydän annostelulaite sekä rauennut hyödyllisyysmallisuoja 9667 Syöttöpöytäjärjestelmä.

Tutkimuksen mukaan suunniteltavan laitteen idea ei riko mitään voimassa olevaa suomalaista patenttia tai hyödyllisyysmallisuoja. Tutkimus ei ole täydellinen. Myyntiin laitetta suunniteltaessa pitäisi tutkia lisäksi ainakin eurooppalainen patenttitietokanta.

Rauennut hyödyllisyysmallisuoja 9667 muistuttaa hieman suunniteltua laitetta, mutta on tarkoitettu perävaunun lisälaitteeksi. Eroavaisuus löytyy myös puun annostelijan toteutuksesta. **Virhe. Viitteen lähde ei löydynt.** on hyödyllisyysmallisuojarahakemukseen liitetty kuva, jossa kuvataan keksintöä ja sen yksityiskohtia.



Kuva 5. Hyödyllisyysmallisuojan 9667 hakemuksessa julkaistu kuva keksinnön ideasta. (Eerola, P. 2012.)

5 KONETURVALLISUUS

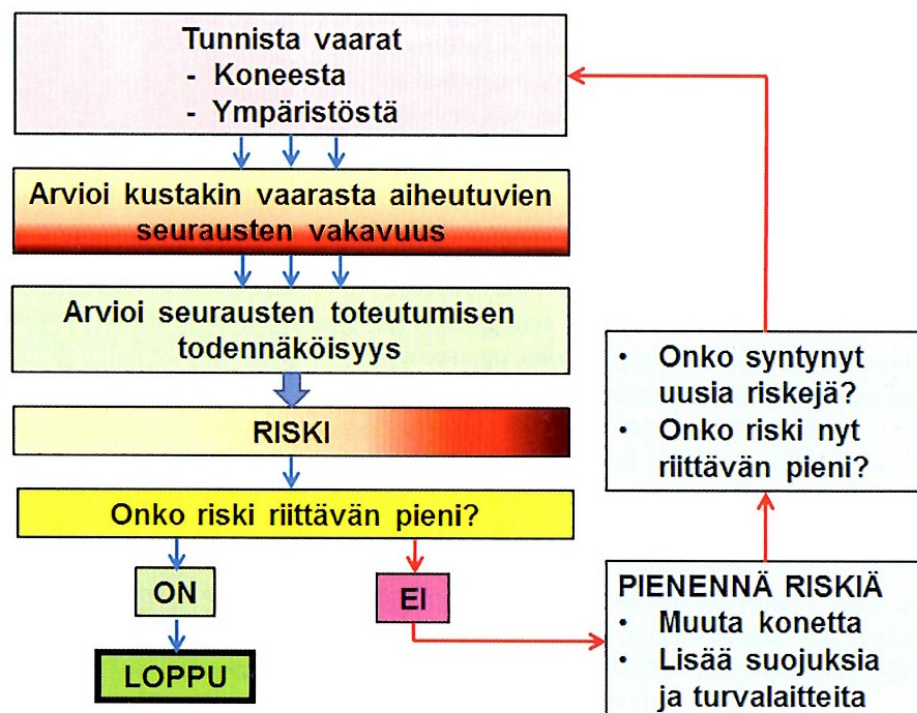
Tässä työssä suunniteltavaa laitetta ei ole tarkoitus valmistaa kaupallisesti, mutta siitä huolimatta koneensuunnittelussa tulisi aina ottaa turvallisuusnäkökohdat huomioon. Tässä osassa tutustutaan lainsäädännöllisiin vaatimuksiin koneensuunnittelussa yleisesti sekä tässä työssä suunniteltavaa laitetta koskien.

5.1 Koneturvallisuus Suomessa ja Euroopan unionissa

Lainsäädännöllisesti ylimmät koneturvallisuutta säätelevät lait ovat laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (1016/2004), eli nk. konelaki sekä työturvallisuuslaki (738/2002). Nämä lait ovat kuitenkin melko yleispiirteisiä ja tarkemmin asioita sääntelevät erilaiset asetukset, sekä valtioneuvoston ja ministeriöiden päätökset. (Siirilä 2008).

5.2 Riskienhallinta

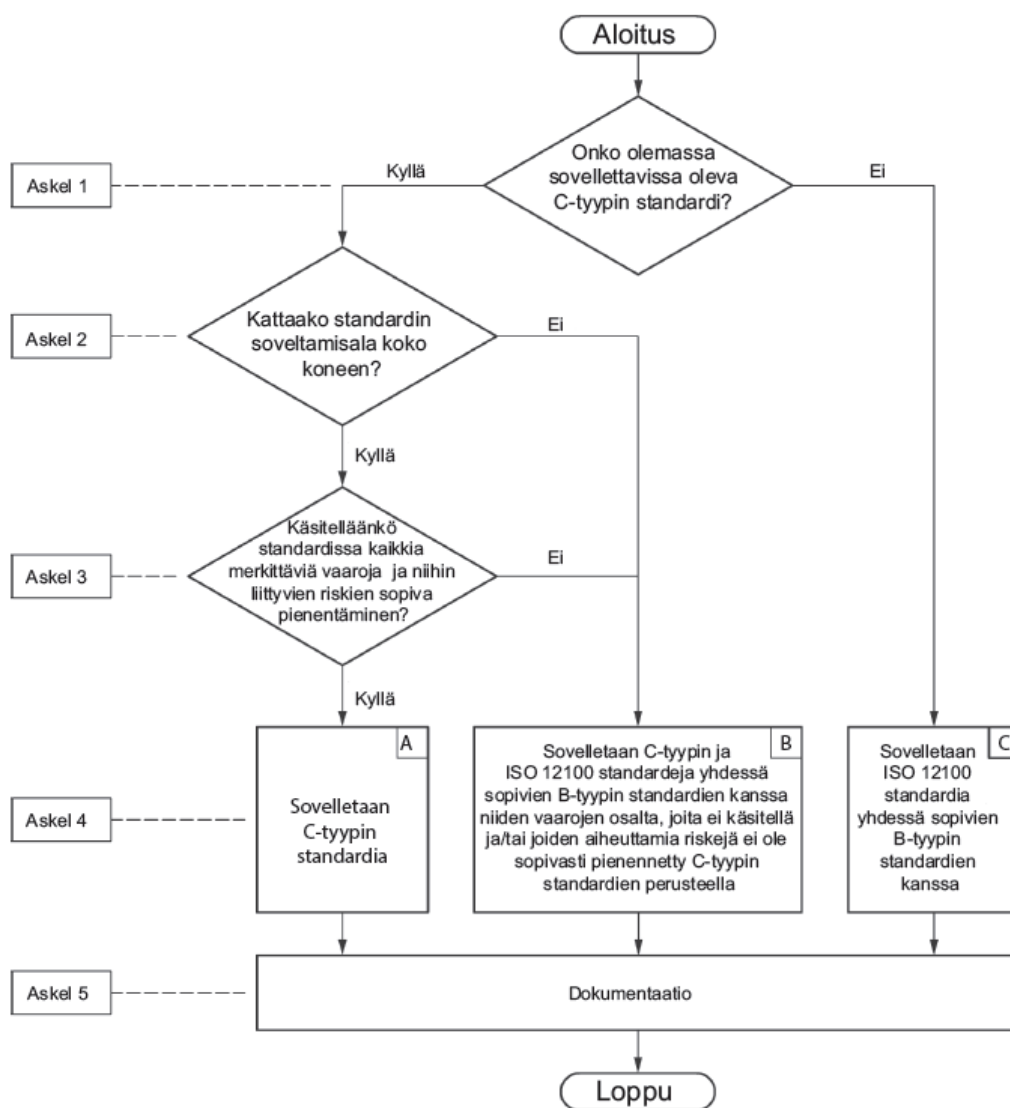
Koneasetus edellyttää koneen suunnittelijaa ja valmistajaa tekemään koneesta riskiarvion. Arvion avulla määritetään terveys- ja turvallisuusvaatimukset ja tämän jälkeen suunnittelussa ja rakentamisessa tulee ottaa huomioon arvioinnin tulokset. (Siirilä & Tytykoski 2016, 162.) Alla olevassa kuvassa on kuvattuna menettelytapa riskien arviointiin.



Kuva 6. Riskien arvioinnin ja hallinnan yleinen menettelytapa (Siirilä & Tytykoski 2016, 164).

Koneturvallisuuden riskien hallintaa ja arviointi käsitellään A-tyyppin standardissa SFS-EN ISO 12100. Standardia täydentää standardi SFS-ISO/TR 14121-2, joka antaa käytännön opastusta ja esimerkkejä riskien arvioinnista. Kyseisessä standardissa kerrotaan valmistautumisesta riskien arviointiin, riskien arviointi prosessista, riskin suuruuden ja merkityksen arvioinnista ja riskien pienentämisestä sekä annetaan opastava käytännön esimerkki riskien arvioinnin ja pienentämisen käytännön soveltamisesta. (SFS-ISO/TR 14121-2 2013.)

5.3 Suunniteltavaa konetta koskevat vaatimukset



Kuva 7. Suositeltavat askeleet standardin ISO 12100 ja olemassa olevien B-tyyppin ja C-tyyppin standardien järjestelmän käytännölliseen soveltamiseen (ISO/TR 22100-1:fi/2015, 12).

Yllä olevassa kuvassa 7 on kuvattuna prosessikaavio konetta koskevien standardien valitsemiseksi. Suunniteltavalle laitteelle ei ole olemassa omaa C-tyyppin standardia, joten suunnittelussa on tukeuduttava ensisijaisesti A-tyyppin standardiin SFS-EN ISO 12100. Lisäksi on tunnistettava ja valittava B-tyyppin standardeista suunniteltavaa laitetta koskevat standardit.

Laitetta koskevia B-tyyppin standardeja:

- SFS-EN ISO 4413 Hydraulinen tehonsiirto. Järjestelmiä sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset.
- SFS-EN 1037 + A1 Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen.

Turvallisuutta tukevia vinkkejä voi hakea lisää suunniteltavaa laitetta muistuttavien muiden laitteiden standardeissa. Tätä työtä varten on tutustuttu seuraaviin standardeihin ja niissä esiteltyihin turvallisuusvaatimuksiin:

- SFS-EN 1853:2017 Agricultural machinery. Trailers. Safety.
- SFS-EN 1570-1:2011 + A1:2014 Nostopöytiä koskevat turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Nostopöydät, joilla on enintään kaksi kiinteää pysähdystasoa.

5.4 Riskien arviointi

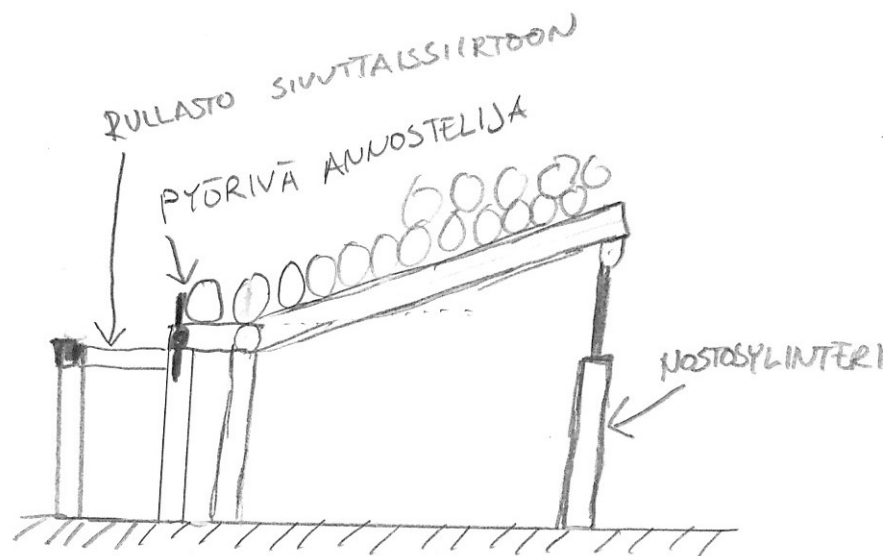
Koneelle suoritettiin ennen suunnittelun varsinaista aloittamista riskien arviointi soveltaen asiasta annettua ohjeistusta. Taulukossa 2 on luetteloituna tunnistetut riskit ja riskejä vähentävät toimenpiteet.

Taulukko 2. Riskien tunnistaminen, arviointi ja riskejä vähentävät toimenpiteet.

| Tunnistettu riski | Riskejä vähentävät toimenpiteet |
|--|--|
| Hydrauliikan korkeapaineinen ja kuuma öljy. | Letkujen sijaan käytetään putkitusta, kun se on mahdollista. Letkun ympärille suojasukka estämään paineisen öljyn aiheuttamia vaaroja. |
| Paineen poistuminen sylinteriltä ja siitä johtuva taakan hallitsematon putoaminen | <p>Varmistava ratkaisu, joka estää hallitsemattoman putoamisen.</p> <p>Traktorin perävaunuja koskeva standardi SFS-EN 1853:2017 tarjoaa ratkaisuksi sylinteriin asennettavaa letkurikkoventtiiliä. Letkurikkoventtiili saattaa kuitenkin aiheuttaa laitteeseen toimintahäiriöitä (Nysand 2007, 20.) Kuitenkin satunnaisia häiriöitä aiheuttava letkurikkoventtiili on parempi vaihtoehto, kuin vapaasti putoava pöytä.</p> |
| Kallistetulla tasolla alas vierivät puut aiheuttavat kolhiintumis- ja puristumisvaaran sivullisille. | <p>Laitteen aitaaminen ei tule kyseeseen, tämä riski pitää vain hyväksyä. Riskiä voidaan pienentää ohjeistuksella, jossa pöytä neuvotaan täyttämään tasaisesti, jolloin väliin ei voi edes päästä.</p> <p>Käyttäjän puristumisvaaraa voidaan vähentää pöydän kallistuksen pakkokäytöllä.</p> |
| Pyörivä akseli ja siihen liitettyt annostelijat voivat tarttua esimerkiksi vaatteisiin | Reunojen lähellä akseli suojataan ja annostelijat sijoitetaan mahdollisimman kauas reunasta |
| Koneen odottamaton käynnistyminen huollettaessa ja koneen lähistöllä oleskeltaessa | <p>Alustavissa suunnitelmissa pöydän kallistus toimii käsin pakko-ohjattuna ja annostelija tekee määrätyn pyörähdyksen, kun käyttäjä painaa nappia.</p> <p>Varmin tapa estää odottamaton käynnistyminen on energiansyötön katkaisu, eli traktorin ulosottoakselin pysäyttäminen, jolloin myös itse klapiakseli sammuu.</p> |
| Puristuminen pöytää laskettaessa | Pöydän ja maanpinnan väli on yli 1m, ihmisen puristuminen tähän väliin on epätodennäköistä. Jalkojen ja pöydän väliin jäävä puristumisvaara voidaan hallita välin suojaamisella mekaanisella suojuksella. |

6 RUNGON SUUNNITTELU

6.1 Alkuarvot suunnittelulle



Kuva 8. Ensimmäinen hahmotelma laitteesta.

Virhe. Viitteen lähde ei löytnyt. on ensimmäinen, suuntaa antava käsin piirretty luonnos laitteesta. Kuva oli mukana aineistossa, jolla esittelin tämän opinnäytetyön aiheen työni ohjaajalle. Sivukuvannossa mittasuhteet ei ole oikein, vaan kuva on tarkoitettua ainoastaan kertomaan laitteen toiminnasta.

Laitteen oikeaa mitoitus ohjaa pöydällä käsiteltävä tavara, eli puun rungot. Suurin mahdollinen rungon halkaisija on 300 mm, joka tulee klapikoneen ominaisuuksista. Leveyden määrittää rankojen pituus, joka on 3-4 m. Noin 6 m pituudella saadaan raaka-aine hyödynnettyä maksimaalisesti. Muototerästen normaali myyntipituus on 6 m.

Näillä alkuarvoilla voidaan suorittaa likimääräinen arviointi tarvittavasta kuormankantokyvystä. Pöydällä olevan puutavaran tilavuus ja tästä johdettu massa voidaan määrittää pinomittausmenetelmällä (Kiviniemi, M. 2006).

Oletetaan, että pöydällä on maksimiläpimittaista (300 mm) rankoja vierekkäin kiinni toisissaan. Rangat ovat pituudeltaan 4 m ja pinon pituus on 6 m. Tästä saadaan kehystilavuus $7,20 \text{ m}^3$. Pinon kiintotilavuusprosentti, joka on pinon kiintotilavuuden ja kehystilavuuden välinen suhde määritetään taulukoiden avulla. Taulukoista valitaan mitattavaa pinoa kuvaavat luokitukset keskiläpimitasta, karsinnasta ja oksaisuudesta, mutkaisuudesta sekä ladonnasta. Luokituksista määräytyy vaikutusarvoluku, jotka on

määritetty erikseen havu- ja lehtipuulle. Vaikutusarvoluvut lasketaan yhteen ja lisätään taulukosta haettuun keskimääräiseen tilavuusprosenttiin.

Koska tässä tapauksessa halutaan määrittää pöydän maksimikuormitusta, valitaan taulukoista mieluummin hieman liian hyvä luokitus.

| | |
|--|-----------------|
| Keskiläpimitta: Luokka 25 cm ja yli, lehtipuu. | Vaikutusluku +9 |
| Karsinta ja oksaisuus: Luokka I, lehtipuu. | Vaikutusluku +1 |
| Mutkaisuus: Luokka I, lehtipuu. | Vaikutusluku +2 |
| Ladonta: Luokka I, lehtipuu. | Vaikutusluku +1 |

Keskimääräinen kiintotilavuusprosentti, joka on 52 %, löytyy pituusluokasta 3,51-4,5 m, lehtipuu. Yhteenlaskettu kiintotilavuusprosentti tälle tapaukselle on siis $52+9+1+2+1=65$ %. 65 % kehystilavuudesta $7,20 \text{ m}^3$ on pinon kiintotilavuus $4,68 \text{ kiinto-m}^3$. (Kiviniemi, M. 2006.) Painavin ja yleisin raaka-aine on koivuranka, jonka tuoretiheys vaihtelee, mutta laskennassa voidaan käyttää arvoa $945 \text{ kg/kiinto-m}^3$ (Marjomaa & Uurtamo 1997). Tällöin pinon painoksi saadaan 4422 kg . Koska puuta pinotaan myös päällekkäin, pitää käyttää varmuuskerrointa, Varmuuskerroin 2 on hieman liikaa. Kertoimella $1,75$ sallittu kuormitus saa arvon $7738,5 \text{ kg}$, jonka pyöristettyä arvoa 7750 kg voitaneen käyttää laskennassa vaadittavana kuormankantokykyinä.

Päämitat:

- Pituus 6 m
- Leveys 4 m
- Korkeus 1,5 m
- Kuorma 7750 kg

6.2 Suunnittelutyökalu

Suunnittelutyökaluksi valitsin PTC Creo 2.0 ohjelmiston. Sama ohjelmisto on käytössä myös HAMK:n Riihimäen toimipisteellä. Käytän samaa ohjelmaa myös työelämässä yhtenä ohjelmistona ja olen huomannut, että Creo:sta on tullut minulle miellyttävän ohjelmisto käyttölogiikalta ja toiminnoltaan, joten valinta oli melko helppo tehdä.

Lisäksi 3D-tulostettavien kappaleiden mallinnuksessa ja FEM-laskennassa käytin Autodesk Fusion 360 -ohjelmistoa. Fusion 360 melko uusi tuote, jonka lisenssi on harrastajille ja pienyrityksille ilmainen. 29.4.2018 tarkastettuna lisenssiehtojen pienyrityksyyden raja on 100000 USD liikevaihto vuodessa. Kyseinen ohjelmisto on osin ilmaiseksi ohjelmistoksi hyvin laaja, sisältäen mallinnuksen lisäksi muun muassa FEM ja CAM osiot. Syy, miksi en tehnyt koko projektia Fusion 360 ohjelmistolla on hitsausmerkkien puuttuminen piirustusmodulista.

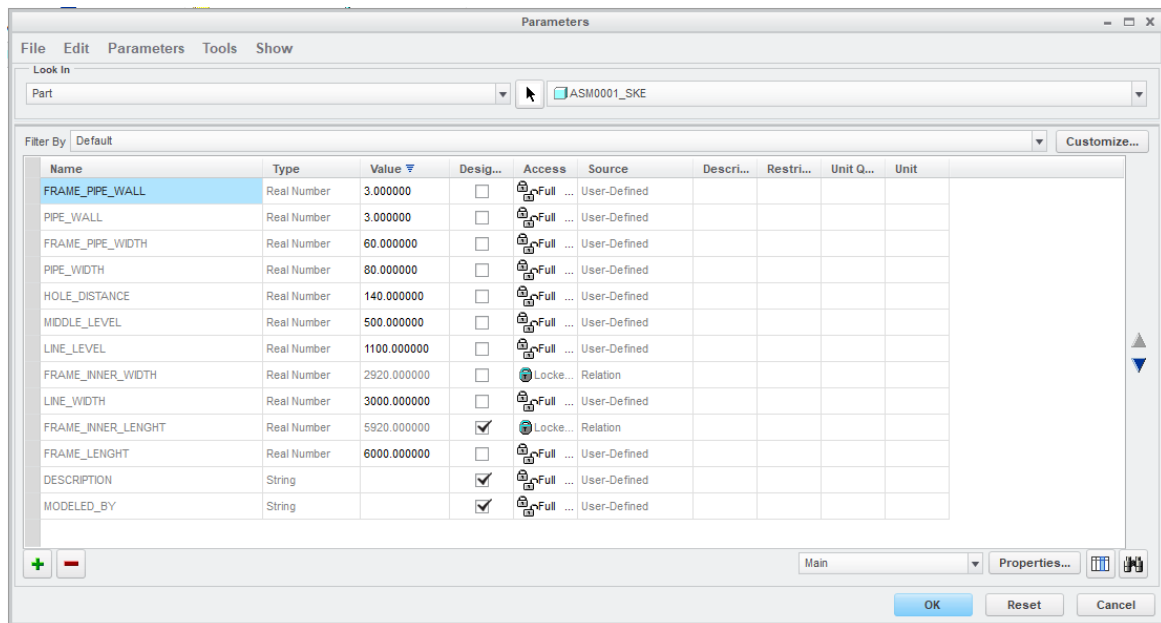
6.3 Mallin rakentaminen

Mallin rakentamiseen on olemassa muutamia erilaisia lähestymistapoja. Bottom-up menetelmässä kokoonpanoon tulevat osat mallinnetaan ensin erillisinä kappaleina. Tämän jälkeen luodaan kokoonpano, johon mallinnetut osat tuodaan yksi kerrallaan ja kokoonpanossa osien välille luodaan rajoitteita, joilla osan paikka kokoonpanossa määritetään.

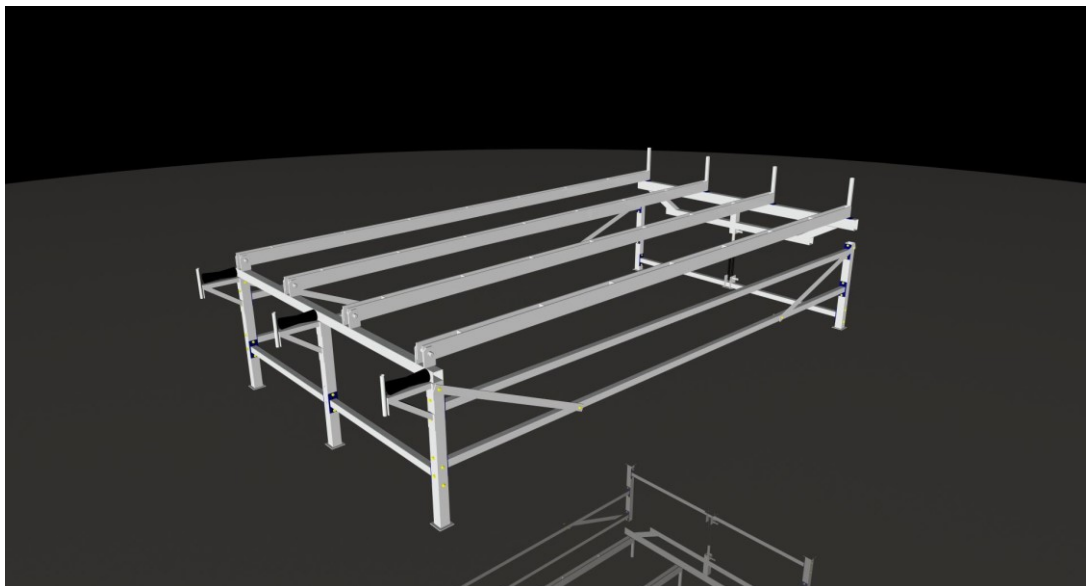
Top-down menetelmässä luodaan ensimmäisenä kokoonpano, jonka sisällä osat luodaan. Valitsin omaksi lähestymistavaksi top-down menetelmän ja lisäksi sovelsin Creo:n skeleton-mallinnustekniikkaa. Skeleton mallinnuksessa kokoonpanoon ensimmäisenä osana luodaan skeleton, luuranko, joka sisältää kokoonpanon ohjaamisessa tarvittavat aputasot, akselit, pisteet ja koordinaatistot. Kokoonpanon osat kiinnitetään skeletoniin, jolloin osat eivät ole toisiinsa sidoksissa. Opiskelijalisenssistä johtuen käytössä ei ollut isojen mallien rakennuksessa hyödyllistä Advanced Assembly Extension lisäosaa

Helppoa muunneltavuutta silmällä pitäen päädyin rakentamaan mallista parametriseen. Tällöin muutamia perusmittoja muuttamalla saan mallin muokkautumaan helposti uusiin mittoihin sopivaksi. Parametrisesti ohjautuvan mallin rakentaminen on hieman työläämpää, kuin ”tyhmä” mallin rakentaminen, mutta mahdollisten muutosten tekeminen parametrisesti ohjautuvaan malliin on huomattavasti helpompaa. Käytin myös Top-down menetelmää ja ohjaus skeletonia. Ostokomponentit mallinsin erillisinä osina.

Mallia rakentaessa joutuu tekemään tiettyjä oletuksia lopputuotteesta. Tässä tapauksessa jalkojen ja poikittaisten palkkien poikkileikkaukseksi valitsin neliön muotoisen putkipalkin. Jalkojen ja poikittaisten palkkien poikkileikkauksen mitat on määritelty parametreilla. Oletusprofiilit mallissa ovat jalat RHS 80x80x3 ja poikittaiset palkit RHS 60x60x3. Helppoa valmistettavuutta silmällä pitäen pyrin löytämään valmiita osia, kun vain mahdollista. Esimerkiksi kallistuvan pöydän saranatapeiksi valitsin traktorin vetovarsien tapit, joilla työkone kiinnitetään traktorin nostolaitteisiin. Samoin saranoiden levyiksi löytyi valmiit hitsattavat työkonekiinnikkeet, joiden hinta on niin edullinen, että itse ei kannata ryhtyä valmistamaan kyseisiä osia.



Kuva 9. Mallin skeletonin ohjausparametreja

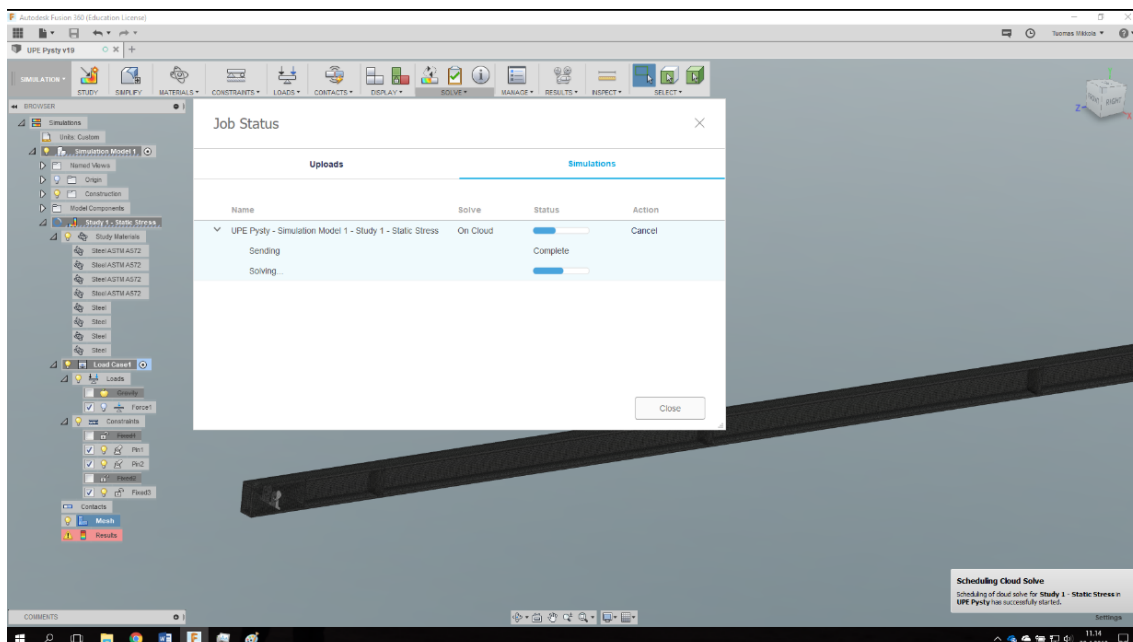


Kuva 10. Runko, pöytä kallistettuna

6.4 Pöydän pitkittäisten palkkien mitoitus

6.4.1 FEM-ohjelmiston testaus

Kovimmalle rasitukselle pöydässä joutuvat rungon pitkät pitkittäiset palkit, joiden päällä rungot ovat. Palkkien mitoitukseen käytin apuna Fusion 360 -ohjelmistoa ja siihen sisäänrakennettua FEM-osiota. Tähän ratkaisuun päädyin, koska käyttämässäni Creo paketissa ei ole mukana simulointi lisäosaa. Alla kuvakaappaus Fusion 360 -ohjelmiston simulointitilasta.



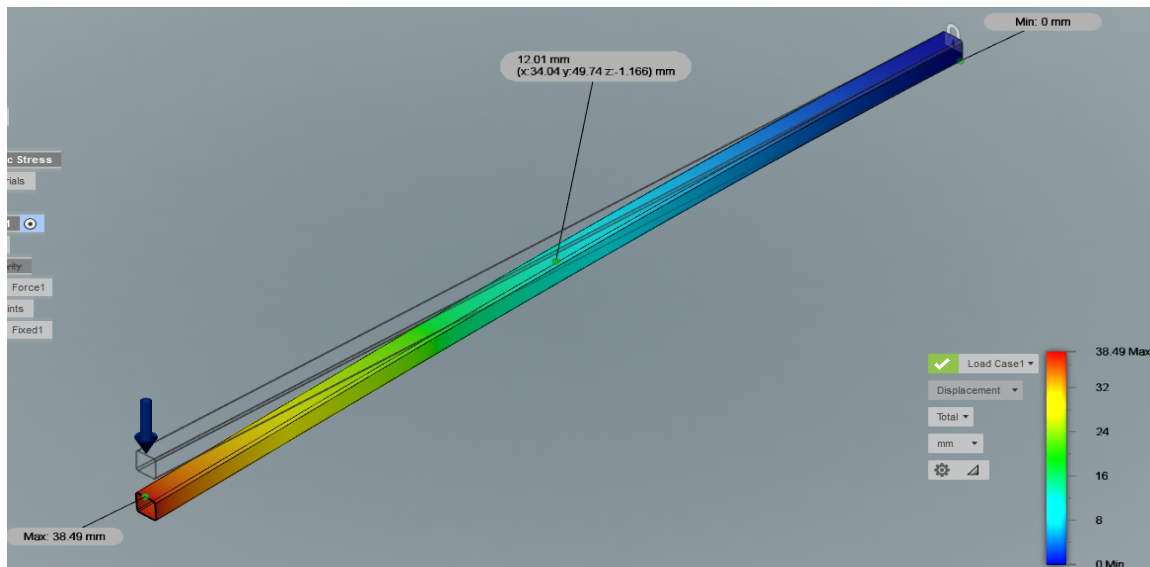
Kuva 11. Fusion 360 ohjelmiston simulointitila

Fusion 360 simulointi en ole käyttänyt ennen tätä projektia, joten aluksi loin muutamia yksinkertaisia harjoitussimulointeja, joiden tuloksia vertasin käsin laskettuihin arvoihin. Varsinkin oikeiden tukireaktioiden määrittely osoittautui asiaksi, joka vaati hieman harjoittelua.

Ensimmäisenä tapauksena simuloin mielivaltaisesti määritetyn ulokepalkin taipumaa. Arvoiksi valitsin pituus $l=4000$ mm ja kuormana $F=1000$ N alaspäin suuntautuva palkin vapaaseen päähän sijoitettu pistemäinen voima.

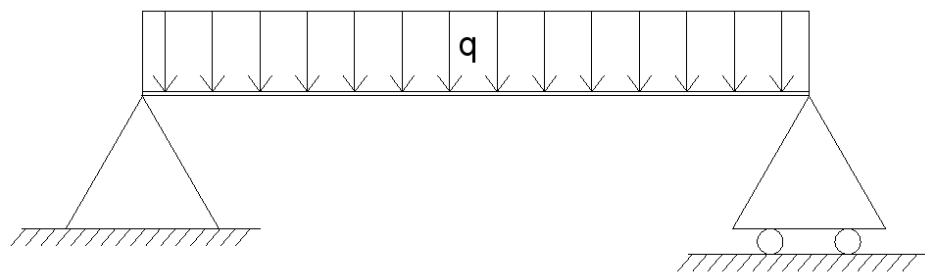
$$f = F \cdot l^3 / 3 \cdot E \cdot I \quad (1)$$

Kaavaan 1 sijoittamalla palkin pään taipumaksi saadaan 38,4 mm. Simuloitu tulos 38,5 mm, joten simulaatio vastaa hyvin käsin laskettua arvoa. Kuvassa 12 ruutukaappaus ulokepalkin simulaatiosta.



Kuva 12. Ulokepalkin taivutus

Ulokepalkin jälkeen simuloitiin kaksitukisen palkin taivutuksen. Arvoina mielivaltaisesti valittu pituus $l=4000$ mm ja kuormituksena $q=2000$ N tasaisesti koko palkin pituudelle jakautunut voima. Kuva palkin tuennasta ja kuormituksesta alla kuvassa 13. Palkin laskettu suurin taipuma kaavaan 2 sijoittamalla on 3,0 mm. Simuloitu suurin taipuma on sama 3,0 mm.



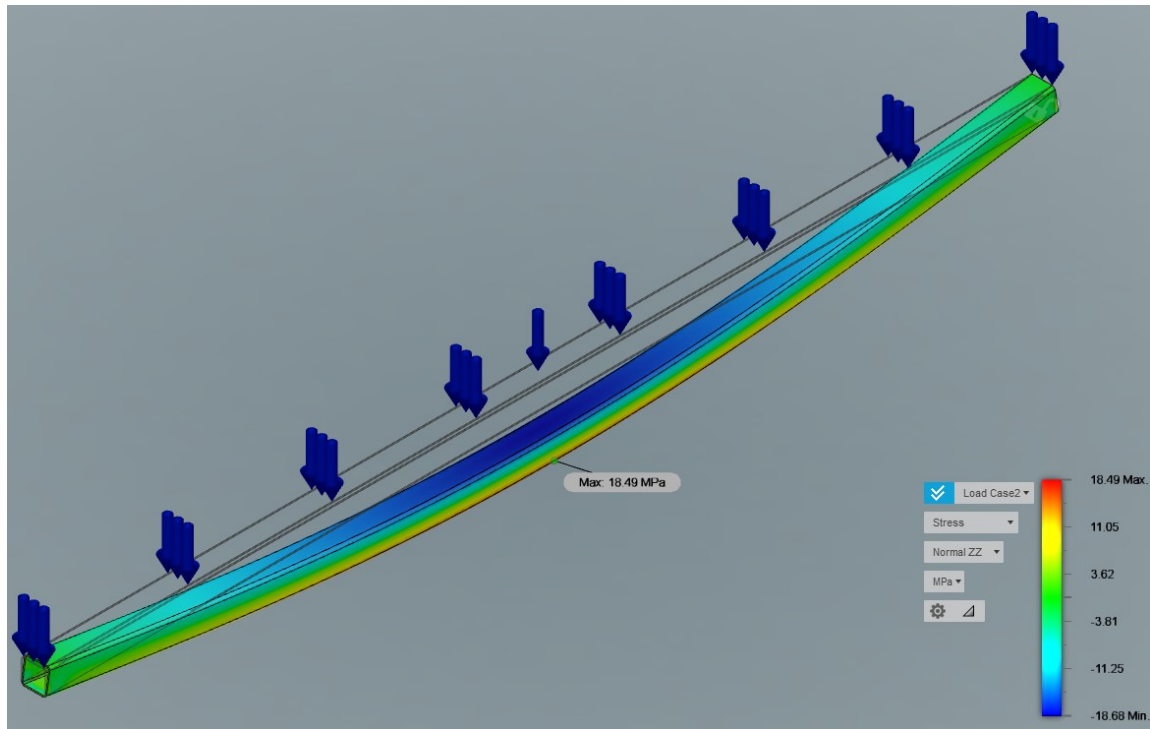
Kuva 13. Kaksitukinen palkki, kuormitus ja tuet

$$f_m = 5 \cdot q \cdot l^4 / 384 \cdot E \cdot I \quad (2)$$

$$M_{MAX} = q \cdot l^2 / 8 \quad (3)$$

$$\sigma_{MAX} = |M|_{MAX} / W \quad (4)$$

Myös laskettu suurin normaalijännitys $\sigma_{\text{MAX LASKETTU}} = 19,1 \text{ MPa}$ on linjassa simulaation suurimman normaalijännityksen $\sigma_{\text{MAX FEM}} = 18,5 \text{ MPa}$ kanssa. Alla kuvakaappaus simulaatiosta, suurin jännitys näkyy keskellä palkkia.



Kuva 14. Kaksitukisen palkin taivutus

6.4.2 Pöydän palkin laskenta

Tämän jälkeen siirryin iteroimaan erilaisia palkkivaihtoehtoja pöytään. Tarkoituksena on löytää mahdollisimman kevyt profiili. Teräksen hinta on riippuvainen profiilin painosta. Mitä kevyempää profiilia voidaan käyttää, sitä halvemmalla pääsee. Asiaa havainnollistaa alla oleva taulukko 3, johon hintatiedot on haettu 29.4.2018 taloon.com rautakaupan verkkosivustolta.

Taulukko 3. Taulukko teräksen kilohinnasta

| Profiili | Hinta [€ / tanko] | Paino [kg/m] | Tangon pituus [m] | Hinta [€ / kg] |
|--------------|-------------------|--------------|-------------------|----------------|
| IPE100 | 165 | 8,10 | 12 | 1,70 |
| RHS100x100x5 | 155 | 14,2 | 6 | 1,82 |
| UNP100 | 105 | 10,6 | 6 | 1,65 |
| HEA240 | 1289 | 60,3 | 12 | 1,78 |

Tavoiteltavaksi varmuuskertoimeksi palkille määritin 1,5 ja materiaaliksi rakenneteräs S355. Tällöin $\sigma_{\text{SALLITTU}} = 355 \text{ MPa} / 1,5 = 237 \text{ MPa}$.

$$\sigma_{\text{MAX}} \leq \sigma_{\text{SALLITTU}} \quad (5)$$

Palkin kuormitusta varten olen edellä määrittänyt pöydän suurimman sallitun kuorman 7750 kg. Palkkeja pöydässä on yhteensä neljä kappaletta. Tällöin yhteen palkkiin kohdistuu neljäsosa kokonaiskuormituksesta, eli palkkiin kohdistuu tasaisesti jakautunut 19 kN voima. Tästä kaavoilla kolme ja neljä laskin palkilta vaadittavan taivutusvastuksen $W = 60,21 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$. Tämän jälkeen valitsin materiaalitaulukoista pienimmän metripainon omaavan profiilin, jonka taivutusvastus on suurempi tai yhtä suuri kuin laskettu. Tukireaktiot ja voiman oletan samalaiseksi tapaukseksi, kuin kuvassa 13. Tässä tapauksessa profiiliksi valikoitui IPE140. Kyseisen palkin profiilin taivutusvastus on $77,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, joten varmuuskerroin kasvaa.

Kun haluttua rakennetta halutaan simuloida, on aluksi rakenne mallinnettava ohjelmiston mallinnustilassa. Tämän jälkeen malli on suoraan käytettävissä myös simulointitilassa. Ensimmäisen simuloinnin jälkeen lisäsin rakenteeseen vielä palkin sylinteripäähän uumajäykisteet tasaamaan paikallisia jännityksiä ja totesin käsin lasketun ja simuloidun rakenteen vastaavan toisiaan.



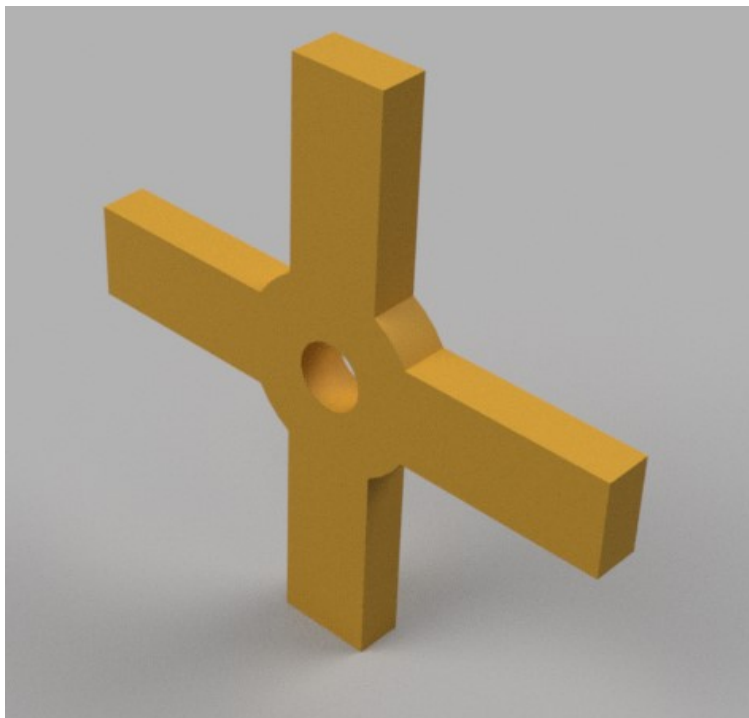
Kuva 15. IPE140 taivutus

7 ANNOSTELIJAN PROTOTYYPPI

Puut erotteleva ja yksitellen syöttörullille siirtävä annostelija on laitteen kriittisin osa, jonka toiminta pitää varmistaa ennen täysikokoisen laitteen valmistamista. Prototyypin päätin valmistaa 3D-tulostamalla pienen mallin, jolloin voi testata useampaa erilaista vaihtoehtoa syöttimeksi. 3D-tulostaminen on nopea ja edullinen tapa valmistaa erilaisia pienoismalleja ja prototyyppejä testaustarkoituksiin. Valitsin tuotekehitysfilosofiaksi nimenomaan tavan, jossa tehdään nopeasti karkea malli, jolla toimintaa voi testata. Tällöin aikaa ei mene hukkaan, mikäli malli ei toimikaan ja toisaalta vapautunutta aikaa voi käyttää useampien mallien kokeiluun

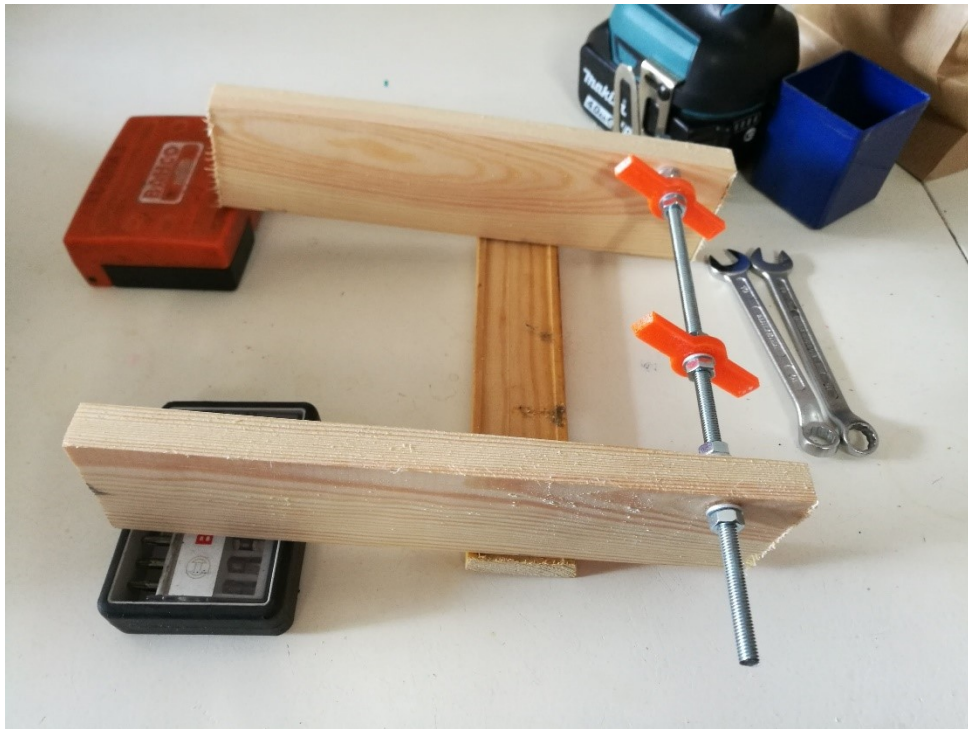
Osan tulostin omalla, rakennussarjasta kootulla FDA-tekniikkaa käyttävällä tulostimella. FDA-tulostin on niin kutsuttu lankakone, eli materiaali on pyöreää lankaa. Tulostuspää sulattaa ja pursottaa materiaalia kerroksittain. Tulostusalustana toimii lasilevy. Materiaalina prototyypin tulosteissa on PETG-muovi.

Tulostettavat kappaleet mallinnettiin Fusion 360 -ohjelmistolla. Syötinkiekkosta tein kaksi-, kolmi- ja nelilapaiset versiot. Alla kuvassa 16 nelilapainen malli.



Kuva 16. Syöttökiekkon nelilapainen malli.

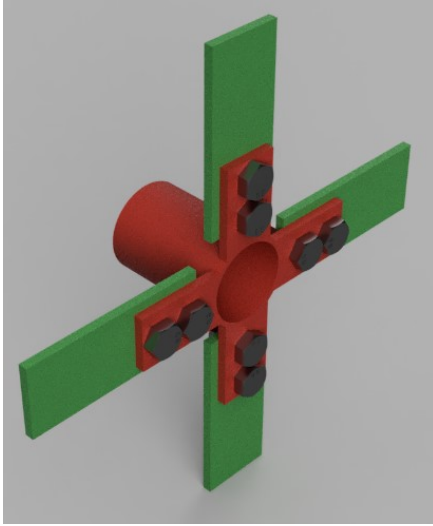
Tulostetuista kappaleista, laudasta muotoon leikatuista kappaleista, kierretangosta, muttereista, prikoista ja ruuveista kokosin varsinaiset koekappaleet. Kaksilapaisen mallin koottu prototyyppi alla olevassa kuvassa.



Kuva 17. Kaksilapaisen syöttölaitteen prototyyppi.

Prototyypin testien perusteella parhaaksi osoittautui nelilapainen malli. Vaakasuorissa ketjussyöttöpöydissä käytettävä kaksilapainen malli ei toimi tässä laitteessa käytettävällä kallistettavalla pöydällä. Syöttimen kääntyessä pöydällä oleva kasa pääsee vapaasti valumaan liian pitkälle. Kolmilapaisessa mallissa taas syöttävä lapa kääntyy liian pitkälle, mikäli rullille siirrettävä runko ei ehdi välistä pois rullille saakka ja aiheuttaa syöttimen juumiutumisen.

Lavan pituus tulee suunnitella säädettäväksi. Sopiva rakenne voisi olla esimerkiksi kuvan 18 kaltainen pulttiliitoksella koottava malli. Mikäli pöydällä on kovin eripaksuisia runkoja, syöttimen ominaisuutena tulee olemaan useamman ohuen rungon syöttäminen kerrallaan. Tämä ei kuitenkaan ole liian suuri haitta, koska klappikoneella pystyy katkaisemaan ja halkaisemaan useamman ohuen rangan samalla kertaa.



Kuva 18. Hahmotelma syöttimen lapojen kiinnityksestä.

8 HYDRAULIIKKA JA OHJAUSLOGIIKKA

Hydrauliikan ja ohjauslogiikan tarkemman suunnittelun rajaan tämän työn ulkopuolelle, mutta tässä osassa kuvaan alustavan suunnitelman.

8.1 Hydrauliikka

Hydrauliikan komponenteista pumppu ja säiliö sijaitsevat klapikoneessa. Valmistajan ilmoittamat arvot pumpulle ovat paine 20 MPa ja tuotto 39 l/min. Syöttöpöydän liittämiseksi klapikoneen hydrauliikan paine- ja paluulinjaan tulee lisätä T-haara, jonka vapaaseen ulostuloon kiinnitetään pikaliitin. Näin toimien klapikonetta voidaan käyttää aivan normaalisti muualla, kuin syöttöpöydän yhteydessä. Syöttöpöytää käytettäessä kytketään vain syöttöpöydän letkut klapikoneen pikaliittimiin.

Pöydän kallistuksen hoitaa hydraulisylinteri. Sylinteriksi valitsin yhden yksitoimisen sylinterin. Päädyin käyttämään yhtä sylinteri kahden sijasta, koska yksi isompi sylinteri tulee kahta pienempää edullisemmaksi. Kahden sylinterin käyttö edellyttäisi myös virranjakuventtiilin asentamista, jotta sylinterit nousisivat samassa tahdissa. Valitun sylinterin isku on 300 mm, sylinterin varren halkaisija 50 mm ja tehollinen halkaisija, joka työntää sylinteriä 60 mm.

$$P = F/A \quad (6)$$

$$Q = v \cdot A \quad (7)$$

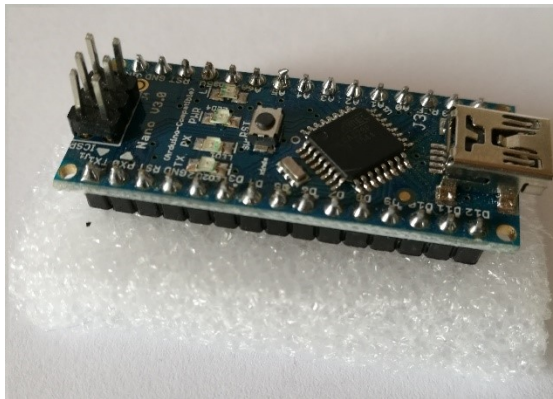
Kaavoista 6 ja 7 saadaan laskettua sylinteri työntövoimaksi 56,5 kN ja liikenopeudeksi 0,23 m/s. Sylinteriä ohjataan käsikäyttöisellä 3/2 suuntaventtiilillä.

Annostelijaa pyörittää hydraulimoottori. Kallistetulla pöydällä oleva puupino nojaa annostelijan lapaan, joten valittavassa moottorissa on oltava jarru, joka ehkäisee annostelijan vapaan pyörimisen. Moottoria ohjataan magneettiventtiileillä, joita puolestaan ohjaa ohjelmitava logiikka.

8.2 Ohjauslogiikka

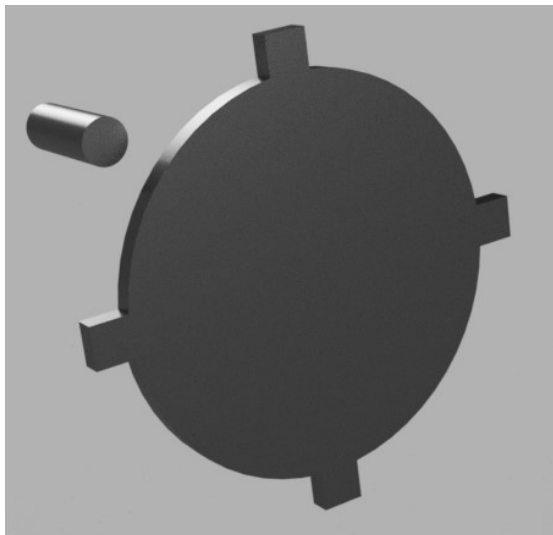
Annostelijan on tarkoitus toimia puoliautomaattisesti. Klapikoneen käyttäjä voi nappia painamalla pyöryttää annostelijaa yhden portaan eteenpäin. Ohjauksen logiikan valintaan on suuri määrä erilaisia vaihtoehtoja. Teollisuudessa yleinen PLC Siemens Logo!8 olisi ominaisuuksiltaan erinomainen vaihtoehto. Tässä työssä suunniteltava laite on kuitenkin tarkoitus olla mahdollisimman edullinen. Vaihtoehto teolliselle logikalle on harrastajapiireissä suosittu Arduino kehitysalustan käyttäminen. Alla olevassa

kuvassa on Arduino Nano. Laitteelle riittävä Arduino Nano ja neljän releen lisäkortti maksavat yhteensä noin 10€, kun taas edellä mainitun Siemens Logo!8:n aloituspakkaus maksaa noin 200€.



Kuva 19. Arduino nano.

Arduinon ohjaamalla releillä voidaan ohjata hydrauliiikan magneettiventtiileitä, joilla annostelijan hydraulimoottoria ohjataan. Ohjaustieto saadaan induktiiviselta anturilta, joka lukee annostelijan akseliin kiinnitettyä lovetta levyä. Asetelma näkyy alla olevassa havainnekuvassa.



Kuva 20. Esimerkki anturista ja levystä, jota anturi lukee. Kuvassa lieriömainen esine on anturi. Levyn pyöriessä uloke kulkee anturin ohitse ja muuttaa anturin tilatietoa.

9 YHTEENVETO

Tämän työn tekeminen on ollut mielenkiintoinen projekti, jossa olen saanut viedä itse kehiteltyä ideaa eteenpäin.

Eryteisesti haluan nostaa esille 3D-tulostettujen osien käytön prototyypin rakentamisessa. 3D-tulostus mahdollistaa melko monimutkaistenkin kappaleiden valmistuksen lyhyessä ajassa. Tässä työssä kappaleet olivat yksinkertaisia, mutta pidemmälle vietyinä prototyypin testauksessa olisi voinut tulostaa valitusta vaihtoehdosta vielä erilaisia versioita ja kehittää geometriaa eteenpäin. Uskon käyttäväni 3D-tulostusta jatkossakin tuotekehityksessä nopeiden prototyyppien valmistukseen.

Työssä havaitsin myös Fusion 360 -ohjelmiston FEM-moduulin käyttökelpoisuuden. Fusion 360 on erittäin varteenotettava vaihtoehto aloittelevalle yrittäjällä 3D-mallinnusohjelmistoksi.

Tämä työ antaa hyvän lähtökohdan laitteen suunnittelun jatkamiselle ja käytettävissä olleen ajan puitteissa täyttää kohtuullisesti etukäteen suunnitellun tuotoksen. Tarkoitus oli, että työn valmistuessa olisi valmiit piirustukset, mutta syöttimen ja sen moottorin suunnittelun viivästyminen siirtävät valmistuskuvien tekemisen tämän työn ulkopuolelle.

LÄHTEET

FI 9667. 2012. *Syöttöpöytäjärjestelmä*. Eerola, Pekka Tapani. U20120003, 3.1.2012. Julkaistu 30.5.2012.

ISO/TR 22100-1:fi (2015). Koneturvallisuus. Suhteet standardiin ISO 12100. Osa 1: Miten B-tyyppin ja C-tyyppin standardit liittyvät standardiin ISO 12100. Haettu 11.2.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

Kiviniemi, M. (2006). *Puukauppa – valmistelu, sopimus ja puutavaran mitaus*. Helsinki: Metsäkustannus.

Laitilan Rautarakenne Oy (2003). *Japa klapikoneet, käyttäjän käsikirja*.

Laitilan Rautarakenne Oy (n.d.). *Japa 465 -rankateline*. Haettu 20.1.2018 osoitteesta <https://japa.fi/fi/tuote/ja465>

Maaselän Kone Oy (n.d.). *Hakkifeed 471 syöttöpöytä*. Haettu 3.2.2018 osoitteesta <https://hakkipilke.fi/fi/content/hakkifeed-471>

Marjomaa, J. ja Uurtamo, K. (1997). *Puutavaran tilavuuspainon määrittäminen*. Metsätehon raportti 7. Helsinki: Metsäteho.

Nysand, M. (2007). *MTT:n selvityksiä 138. Letkurikkoventtiilit maatalouskoneissa*. Haettu 11.2.2018 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-094-8>

Oesch, R., Pihlajamaa, H. ja Sunila, S. (2014). *Patenttioikeus*. 3., uudistettu painos. Helsinki: Alma Talent.

Patentti- ja rekisterihallitus. (2017). *Hyödyllisyysmalliopus*.

Patentti- ja rekisterihallitus (2016). *Organisaatio ja tehtävät*. Haettu 3.2.2018 osoitteesta https://www.prh.fi/fi/tietoa_prhsta/organisaatio_ja_tehtavat.html

Patentti- ja rekisterihallitus. (2017). *Patenttiopus*.

Patentti- ja rekisterihallitus (2016). *PatInfo*. Haettu 20.1.2018 osoitteesta https://www.prh.fi/fi/patentit/palvelut_ja_tietokannat/maksuttomat_tietokannat/patinfo.html

SFS-EN 1037 + A1 (2008). Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen. Haettu 11.2.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 1853 (2017). *Agricultural machinery. Trailers. Safety*. Haettu 11.2.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

SFS-EN ISO 12100 (2010). *Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskien arviointi ja riskin pienentäminen*. Haettu 4.2.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

SFS-ISO/TR 14121-2 (2013). *Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä*. Haettu 4.2.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

Siirilä, T. (2008). *Koneturvallisuus. EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. 2. uudistettu painos*. Helsinki: Inspecta.

Siirilä, T. (2009). *Koneturvallisuus. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. 2. uudistettu painos*. Helsinki: Inspecta.

Siirilä, T. ja Tytykoski, K. (2016). *Koneturvallisuuden käsikirja. 2. painos*. Helsinki: Inspecta.

Tickoo, S. (2011). *Creo Parametric 1.0 for designers*. Schererville, IN: CADCIM Technologies.

Valtanen, E. (2005). *Tekniikan taulukkirja. 13. painos*. Jyväskylä: Genesis-kirjat.

Ylistaron Terästäkomo Oy (n.d.). *Palax lifter*. Haettu 20.1.2018 osoitteesta <https://www.palax.fi/fi/tuotteet/palax-lifter>