



JARKKO SANTAMAA

Sahauspöytä särmäyssahalle

KONE- JA TUOTANTOTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA
2014

| | | |
|--|-------------------------------------|------------------------------|
| Tekijä(t) Sukunimi, Etunimi Santamaa Jarkko | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Päivämäärä Marraskuu 2021 |
| | Sivumäärä 43 | Julkaisun kieli Suomi |
| Julkaisun nimi Sahauspöytä särmäyssahalle | | |
| Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikka | | |
| <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella asiakkaan valitsemaalle sahalle sahauspöytä ja siihen liittyvien komponenttien paikoitus ja niiden mitoittaminen. Työhön liittyi myös rakenteiden lujuusmittaukset, sekä mahdollisen pintakäsittelyn analysointi.</p> <p>Työn tarkoituksena oli mahdollisuus hyödyntää olemassa olevia sahan komponentteja niin, että saatiin aikaiseksi toimiva kokonaisuus, jossa oli suunnittelussa huomioitu riittävän lujat rakenteet ja komponenttien oikeanlainen mitoitus.</p> <p>Tavoitteena oli aikaansaada sahauspöytä, jossa sahausnopeutta voidaan säätää taajuusmuuttajakäyttöisellä kierukka- tai hammasvaihdemoottorilla. Sahauspöydässä sahatavaran kiinnitys tapahtuisi paineilmatoimisella sylinterillä.</p> <p>Sahauspöytä on mallinnettu Solidworks 3D ohjelmalla, jota on myös hyödynnetty sahauspöydän lujuustarkastelussa, sekä valmistuksessa tarvittavien piirustusten luomiseen.</p> <p>Kyseistä opinnäytetyön tulosta voivat hyödyntää kaikki pientä sahatoimintaa harjoittavat henkilöt/yritykset.</p> | | |
| Asiasanat Särmäyssaha, rakenneteräs, Solidworks3D, | | |

| | | |
|--|--|------------------------------------|
| Author(s) Last name, First name Santamaa Jarkko | Type of Publication Bachelor's thesis | Date November 2021 |
| | Number of pages 43 | Language of publication: Finish |
| Title of publication Sawing table for edging saw | | |
| Degree program Mechanical and Production Engineering | | |
| <p>The aim of this thesis was to design a saw table and related components for the sawmill chosen by the customer and to dimension them. The work also involved structural strength measurements, as well as analysis of possible surface treatment.</p> <p>The purpose of the work was to make it possible to utilize the existing sawmill components so that a functional whole was created, in which the design considered sufficiently strong structures and the correct dimensioning of the components.</p> <p>The aim was to provide a saw table, in which the sawing speed can be adjusted with a frequency converter-driven helical-or gearmotor. At the sawing table, the sawn timber would be fixed with a pneumatic cylinder.</p> <p>The saw table has been modeled with Solidworks 3D software, which has also been used to examine the strength of the saw table, as well as to create the drawings needed during manufacture.</p> <p>This result of the thesis can be utilized by all persons / companies engaged in small sawmill operations.</p> | | |
| <u>Key words</u> Edging saw, Structural steel, Solidworks3D | | |

ALKUSANAT

Aivan alkuun haluan kiittää Satakunnan ammattikorkeakoulun lehtoria Jussi Törmälää, jota ilman tätä opinnäytetyötä olisi tuskin koskaan edes aloitettu. Otin Jussiin yhteyttä keväällä 2021 ja kerroin ongelmastani opinnäytetyön aiheen suhteen. Yhteydenotostani ei ehtinyt kulua kuin viikko, kun Jussi jo otti yhteyttä, että hänellä olisi mahdollinen aihe opinnäytetyölleni. Jussin kehotuksesta otin yhteyttä Pentti Korvalaan, tämän opinnäytetyön toimeksiantajaan.

Suurimmat kiitokseni menevät kuitenkin Penttille, joka alusta asti oli hyvin tiiviisti mukana projektin kaikissa vaiheissa. Pentillä oli tarkoituksena rakentaa toimiva särmäyssirkkeli Kullaan tilalleen Kankaanpäähän. Tilalla toimi jo entuudestaan kenttä-sirkkeli, jonka tueksi haluttiin rakentaa särmäyssirkkeli, jolloin tilalla pystyttäisiin hyödyntämään tehokkaammin tilan metsistä saatavaa puutavaraa. Särmäyssirkkelin avulla jalostusastetta saataisiin nostettua ja sitä kautta puutavaralle parempi kate. Särmäyssirkkelin suunnitteluun Pentti toivoi avukseen jonkun insinööriopiskelijan, joka voisi hyödyntää projektia opinnoissaan. Pentti on mies, joka on valmis uhraamaan aikaansa ja näkemään vaivaa auttaessaan uusia insinöörin alkuja pääsemään kohti tavoitteitaan. Alusta asti Pentistä huokui innostus auttaa ja olla aktiivisesti mukana.

SISÄLLYS

| | |
|------------------------------------|----|
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 SAHATEOLLISUUS..... | 8 |
| 2.1 Sahojen historia suomessa..... | 8 |
| 2.1.1 Vesisahat 1530–1860..... | 8 |
| 2.1.2 Höyrysaat 1860–1920..... | 9 |
| 2.1.3 Sähkösaat 1920-..... | 9 |
| 2.2 Piensahateollisuus | 10 |
| 3 MATERIAALIN VALINTA | 11 |
| 3.1 Myötölujuus | 12 |
| 3.2 Kovuus | 13 |
| 3.2.1 Vickersin kovuuskoe | 13 |
| 3.2.2 Rockwellin kovuuskoe..... | 14 |
| 3.2.3 Brinellin kovuuskoe..... | 15 |
| 3.3 Hitsattavuus..... | 16 |
| 4 MATERIAALIT | 17 |
| 4.1 Ruostumaton teräs..... | 17 |
| 4.2 Rakenneteräs | 17 |
| 5 RUNKORAKENNE | 19 |
| 6 LUJUUSTARKASTELU..... | 22 |
| 6.1 Jännitykset..... | 24 |
| 6.2 Taipumat | 26 |
| 7 KAPPALEEN ASETUS | 27 |
| 8 KAPPALEEN KIINNITYS | 29 |
| 9 AUTOMAATTISAHANUS | 31 |
| 10 PIIRUSTUKSET | 34 |
| 11 PINTAKÄSITTELY | 36 |
| 11.1 Maalaus | 38 |
| 11.1.1 Märkämaalau..... | 38 |
| 11.1.2 Jauhemaalau | 39 |
| 11.2 Sinkitys..... | 40 |
| 11.2.1 Sähkösinkitys..... | 40 |
| 11.2.2 Kuumasinkitys | 41 |
| 12 YHTEENVETO | 43 |
| LÄHTEET | |

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa puoliautomaattinen särmäyssahapöytä, joka vastaisi piensahojen tarpeisiin. Särmäyssahapöytään suunniteltiin kappaleiden kiinnityksen tapahtuvan sähköhydraulisesti tai pneumaattisesti. Tässä tapauksessa päädyttiin pneumaattiseen vaihtoehtoon, koska toimeksiantajalla oli jo valmiit laitteistot pneumatiikkaa varten. Kappaleen siirto, toisin sanoen sahalaitteen siirto, tulisi tapahtumaan taajuusmuuttaja käyttöisen hammas- tai kierukkavaihdemoottorin avulla. Työn toimeksiantajalla oli toiveena, että suunniteltavalla sahalla voitaisiin työstää sahatavarakappaleita, joiden paksuus olisi maksimissaan 100 mm. Sahauspöydän pituudeksi päätettiin 9000 mm, jolloin sillä olisi mahdollista työstää jopa 7000 mm pitkää puutavaraa. Leveydeksi pöydälle arveltiin riittävän 1000 mm, joka projektin edetessä osoittautuikin aivan riittäväksi.

Tämä opinnäytetyö oli rajattu koskemaan ainoastaan sahauspöytää ja siihen kuuluvia komponentteja, eikä työssä otettu kantaa itse sahauslaitteeseen muulta osin, kuin sahakelkan suunnittelussa. Sahauslaitteiston hankinnasta ja taajuusmuuttajien automaatio suunnittelusta vastasi toimeksiantaja. Opinnäytetyössä ei myöskään otettu kantaa pneumatiikkalaitteistoon, vaan tarkasteltiin ainoastaan pöytään tarvittavia komponentteja, joiden valinnassa otettiin huomioon jo olemassa oleva laitteisto. Työssä keskityttiin tarkastelemaan sahauspöydän materiaalivalintaa, rungon kestävyyttä, sahatavaran kiinnitystä sekä kuljetusta.

2 SAHATEOLLISUUS

2.1 Sahojen historia suomessa

Sahojen historiaa tutkittaessa on mielekästä jakaa historiakäyrä kolmeen aikakauteen sen mukaan, millä eri energialähteillä sahoja käytettiin. Energialähteitä olivat vesi, höyry ja sähkö.

2.1.1 Vesisahat 1530–1860

Ensimmäiset vesisahasta kertovat merkinnät ovat vuodelta 1533. Saha sijaitsi Hali-kossa, Varsinais-Suomessa. Vuoteen 1559 mennessä oli uusia sahalaitoksia syntynyt jo 15 kappaletta. Sahalaitokset sijaitsivat Viipurin, Porin, Hämeenlinnan ja Helsingin seuduilla. Sahojen sijainnilla oli jo sahojen alkuaikoina suuri merkitys, koska tieverkostoa ei ollut, jonka vuoksi tukkien kuljettaminen pitkiä matkoja hevosilla oli vaikeaa. Sahat sijoitettiin vesistöjen varsille, joissa oli saatavilla sahojen tarvitsemaa energiaa, eli koskivoimaa. Vesistöt olivat sahojen sijainnin kannalta tärkeitä, ei pelkästään sahojen tarvitseman energian vuoksi, vaan myöskin puutavaran kuljettamisen vuoksi, koska tukit saatiin sahoille pääsääntöisesti uittamalla jokia ja järviä pitkin, sekä valmis sahatavara saatiin uittettua vientisatamiin lastattaviksi maailman markkinoille. (Paloheimo, 2000, 79; Sipi, 2006, 9; Voutilainen ym. 2018, 15–16.)

Ensimmäiset sahat rakennettiin lähes kokonaan puusta. Kosken vesi johdettiin vaakasuoraan siipirattaaseen, jonka akselista liike siirrettiin epäkeskon ja kiertokangen avulla teräkehään. Alkuun teräkehässä ei ollut kuin yksi terä ja sen paksuus oli noin 10 mm. Terät olivat paksuja, käsin taottuja ja karkea pintaisia, kunnes 1700 luvun alussa suomessa yleistyivät hollantilaisien kehittämät ohuet terät, ns. hienoterät. Samaan aikaan yleistyivät myös vaihteistoiden käyttöönotto, joka mahdollisti yhdessä ohuempien terien kanssa useampien terien käytön teräkehällä. Hienoteriä voitiin yhdellä kehällä käyttää jopa 10–12 kappaletta, jolla saatiin nostettua sahakoneiden tehoa huomattavasti. Seuraavat suuret kehitysaskleet tapahtuivat vuonna 1777, kun englantilainen Miller keksi pyörösahan, sekä 1800 luvun alussa, kun englantilainen William Newberry keksi vannesahan. (Sipi, 2006, 9–10.)

2.1.2 Höyrysahat 1860–1920

Ensimmäiset höyrysahat suomeen tulivat vuonna 1860, koska tätä ennen höyrysahojen käyttöönottoa rajoitti laki, joka kielsi niiden käyttämisen vedoten pelkoon metsien ehtymisestä. Suomen ensimmäinen höyrysaha valmistui vuonna 1860 Iin Kestilään, jonka perustamista voidaan pitää Suomen sahateollisuuden alkuna, koska siirryttäessä höyryvoimaan ei oltu enää riippuvaisia koskien virtauksista vaan töitä pystyttiin tekemään läpi vuoden. Seuraavan vuosikymmenen aikana suomeen rakennettiin useita uusia sahalaitoksia, lähinnä rannikkoseuduille, mutta myös sisämaan sahat yleistyivät. 1870 luvun suurimmat sahakeskittymät sijaitsivat Kotkassa ja Porissa. Kotkassa sijaitsi vuonna 1878 yhdeksän suomen 66:sta sahalaitoksesta. (Sipi, 2006, 10.)

Höyryvoimaa, jota saatiin sahojen yhteyteen rakennetuista voimalaitoksista, käytettiin sahan varsinaisten pääkoneiden esim. kehysahojen, että pyöröahojen sekä särmäysahojen pyörittämisen lisäksi myös tukinkuljettimissa. 1860 luvulla kehäsahojen syöttö oli jaksottaista ja iskuluku oli n. 100–150 iskua minuutissa, kun se 1800- ja 1900 lukujen vaihteessa oli kohonnut jo 200–240 iskuun minuutissa. Kun Karhulan konepaja vuonna 1905 alkoi valmistaa jatkuvasyöttöisiä kehäsahoja, saatiin iskuluku nostettua jopa 350 iskuun minuutissa. (Sipi, 2006, 10–11.)

2.1.3 Sähkösaat 1920-

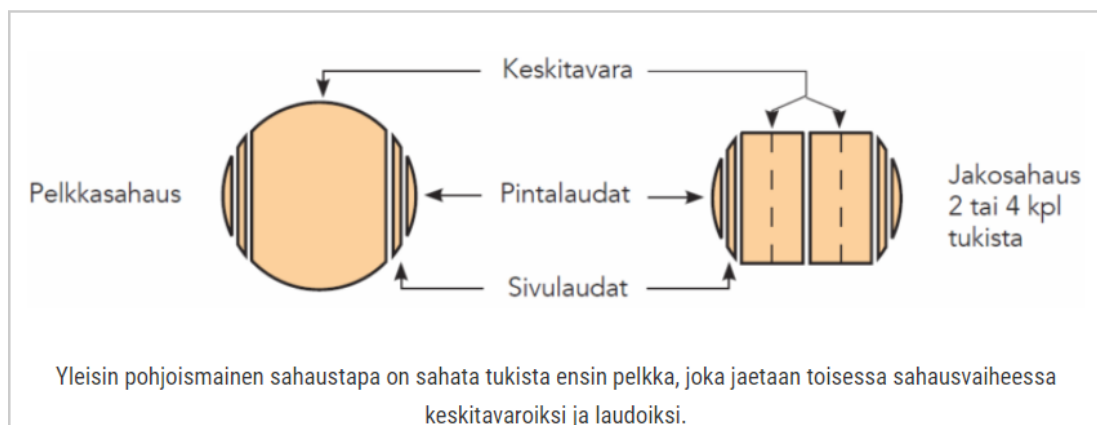
Saavuttaessa 1920 luvulle olivat sähkösaat vakiinnuttaneet asemansa suomen sahateollisuudessa. Sähköistyksen myötä on perinteisten sahojen tilalle tullut korkeatasoisia tehtaita, joiden automatiikka hoitaa suurimman osan työstä tehokkaasti ja tarkasti. Vuonna 1927 oli sahateollisuuden tuotanto noussut jo lähes 7 miljoonaan kuutiometriin, joka vastasi tuolloin lähes puolta suomen vientituloista.

Sähköistys on mahdollistanut raskaiden työvaiheiden keventämisen, tehon lisäämisen, tavaran kiertonopeuden kasvattamisen ja raaka-aineiden paremman taloudellisen hyötykäytön. Sähköistys on mahdollistanut kaikkien koneiden nopeuden kasvun sekä tuotannon keinokuivauksen. (Sipi, 2006, 11.)

2.2 Piensahateollisuus

Piensahayritykset ovat useimmiten yhden tai useamman henkilön omistamia ja ope-roimia tukkisirkkeleitä tai vannesahoja. Sahat voivat olla kiinteitä, tai niitä voidaan käyttää siirrettävinä. Näin toimien sahaus voidaan suorittaa esim. asiakkaan metsässä, jolloin tukkien kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset vähenevät. Piensahayritykset ovat hyvin joustavia ja tämä mahdollistaa erilaisten tarpeiden huomioimisen sahatava-
raa tuottaessa. Piensahojen kilpailuvalttina on mahdollisuus tuottaa yksilöllisempää puuraaka-ainetta, kuten esimerkiksi erikoismittoja, harvinaisia puulajeja ja erikoisem-
mat sahaustavat, erilaisten yhteistyökumppanien tarpeisiin. Piensahat tekevät yhteis-
työtä usein puusepänteollisuuden, veneenrakennusteollisuuden ja ovi- ja ikkunateolli-
suuden kanssa. Piensahojen vahvuutena ovat myös joustavat ja nopeat toimitusajat, ja
mahdollisuus käyttää asiakkaan omaa raaka-ainetta asiakkaan tarpeiden mukaan.
(Voutilainen ym. 2018, 115.)

Piensahojen valttina on tarkka, monipuolinen ja yksilöllinen tuotanto, jonka vuoksi sahatavaaraa saadaan yhdestä tukista huomattavasti enemmän kuin suurilla sahakonser-
neilla. Yksilöllisessä sahausessa puun erilaatuiset osat voidaan käyttää tehokkaam-
min hyödyksi, jolloin käyttösuhdeluku havusahatavaralle on piensahoilla 1,9 tai jopa
sitäkin pienempi, kun vastaava luku suurissa sahakonserneissa on 2,2. Käyttösuhde-
luku tarkoittaa sitä, että montako kuutiota tukkia on käytetty yhden kuution sahatava-
ramäärään. Saha-asetteen tarkka ja ammattimainen suunnittelu voi saada käyttösuhde-
luvun hyvinkin pieneksi. Saha-asetteella tarkoitetaan sitä, mitä eri sahatavarakokoja
tukista saadaan (kuva 1.).



Kuva 1. Saha-asete (Sahateollisuuskirjan www-sivut 2021)

Saha-asetteesta käy ilmi keskitavaran eli sydäntavaran täydellinen koko (paksuus ja leveys), mutta reunoista saatavien lautojen kohdalla ilmenee vain laudan paksuus. Sydäntavaralla tarkoitetaan tukin keskiosasta saatavia täyssärmäisiä sahuita. Pintalautojen mitallistaminen tapahtuu särmämällä. Särmäyksellä tarkoitetaan sitä, että lauta-aihiosta poistetaan vajaat särmät joko kokonaan tai osittain. Käsinsärmäyksessä särmääjä asettaa aihion särmäyspöydälle, määrittää visuaalisesti aihion laadun ja lautaleveyttä vastaavan vasteasennon. (Sipi, 2006, 88–90; Voutilainen ym. 2018, 117–120.)

3 MATERIAALIN VALINTA

Koneenvalmistuksen pääraaka-aine materiaaleina käytetään teräksiä ja valurautoja, mutta myös yleisesti käytetyt materiaalit ovat alumiini ja kupari.

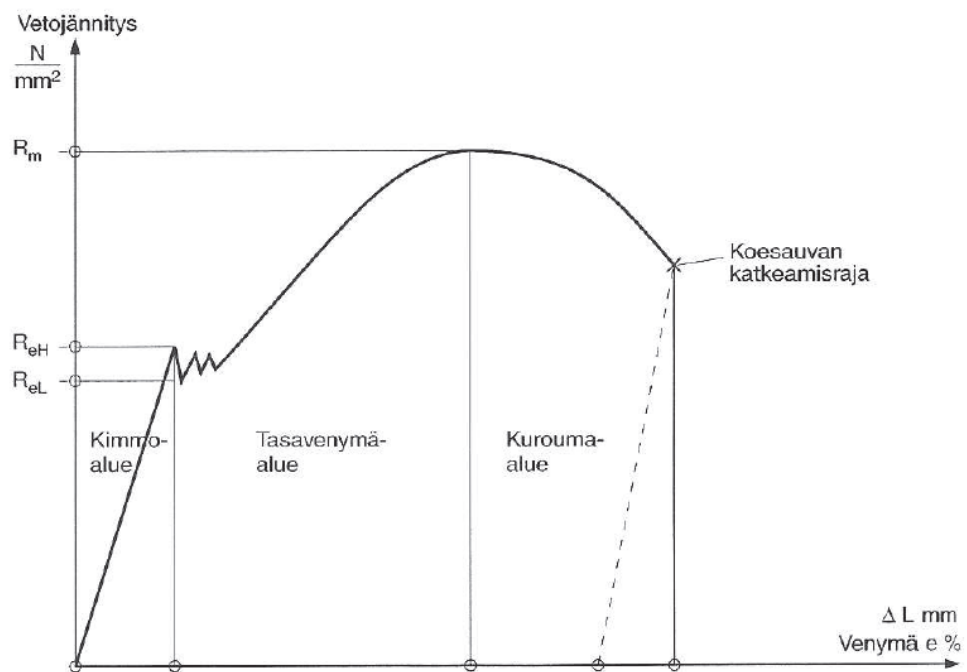
Tuotteen valmistuksen kannalta on tärkeää valita materiaali sen mukaan, että tuote täyttäisi sille asetetut vaatimukset. Materiaalin valinnassa on keskeistä huomioida mikä on tuotteen käyttötarkoitus, onko tuotteella jotain erityisvaatimuksia ja mitkä ominaisuudet ovat suotavia mutta ei välttämättömiä. Tuotteen vaatimusten kannalta tulee kartoittaa tuotteen käyttötarkoitus ja käyttöympäristö, tekninen toimivuus, viranomasimääräykset ja hinta. Hintaa vertailtaessa on keskeistä selvittää materiaalin hankintakustannus, materiaalihävikki, logistiikan kustannukset sekä valmistuskustannukset.

Materiaalia valitessa on huomioitava tuotteen koko ja muoto, sekä valmistettava määrä. Materiaalin mekaaniset ominaisuudet ja soveltuvuus valmistustekniikan kannalta on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa. (Sorsa, 2015, 16.)

Metalleilta voidaan vaatia seuraavia ominaisuuksia kuten lujuus, kovuus, kimmoisuus, sitkeys, lastuttavuus ja hitsattavuus. Näitä ominaisuuksia tutkitaan mm. veto-, iskusitkeys- ja väsytykokeiden avulla. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin tarkastelemaan valittavan materiaalin lujuutta, kovuutta ja hitsattavuutta.

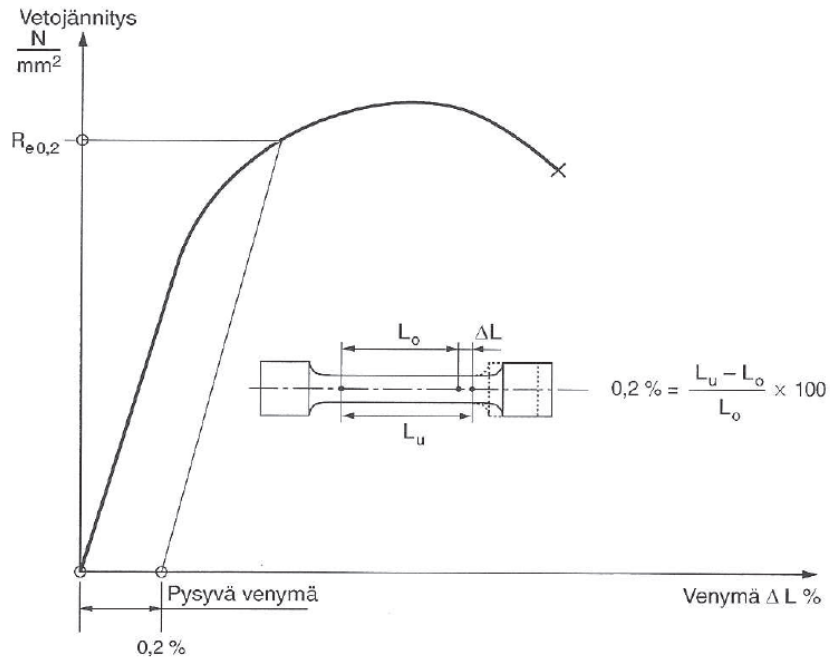
3.1 Myötölujuus

Teräksen mekaanisista ominaisuuksista tärkein vetokokeella määritettävistä lujuusominaisuuksista on myötölujuus (R_e). Myötölujuudella tarkoitetaan sitä jännitystä, jolla vetokokeessa sauvassa alkaa tapahtua merkittävää plastista muodonmuutosta (Kuva 2.). Myötörajalalla (R_{eL}) tarkoitetaan alempaa myötörajaa ja myötörajalalla (R_{eH}) tarkoitetaan ylempää myötörajaa, jota pidetään kimmoalueen päättymisrajana. Kimmoalueeksi kutsutaan sitä aluetta, jossa kuormituksesta ei aiheudu pysyviä muodonmuutoksia. Myötölujuutta käytetään yleensä suunnittelussa perustana, kun määritetään teräkselle laskentalujuuksia. Teräksen nimen perässä oleva numeroyhdistelmä kertoo teräksen myötörajan esim. S355, jossa myötöraja $R_{eL} = 355 \text{ N/mm}^2$. (Lepola & Makkonen 2009, 44–46.)



Kuva 2. Jännitys-venymäpiirros (Lepola & Makkonen 2009, 46.)

Kaikilla metalleilla ei selkeää myötörajaa esiinny ja tällöin lujuuslaskennassa käytetään 0,2-venymärajaa, joka ilmoittaa sen vetojännityksen suuruuden, joka aiheuttaa koesauvaan 0,2 % pysyvän venymän (Kuva 3.). (Lepola & Makkonen 2009, 47.)



Kuva 3. 0,2 venymäraja (Lepola & Makkonen 2009, 47.)

3.2 Kovuus

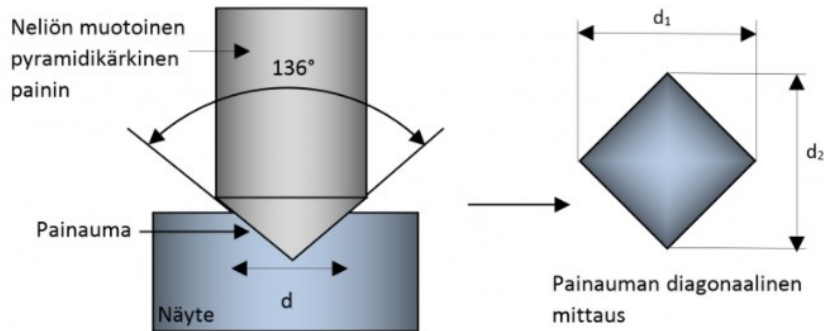
Kovuuden määritelmänä pidetään sitä, kuinka hyvin materiaali vastustaa siihen tunkeutuvaa esinettä, naarmuntumista, kulumista ja leikkaamista. Kovuuskokeilla tutkitaan metallien kovuutta. Kovuuskokeessa aineen pintaan painetaan määrättyllä voimalla, koetyypistä riippuen, joko kuula-, kartio- tai pyramidipainin. Aineen kovuus määritetään siitä, kuinka suuren painauman kuormitus aineen pintaan aiheuttaa.

Materiaalin kovuus ei ole oikeastaan materiaaliominaisuus, vaan se riippuu eri tekijöistä, kuten vetomurtolujuudesta, iskusitkeysarvoista, kimmo-ominaisuuksista ja sitkeydestä. Yleisimmät standardisoidut mittausmenetelmät ovat Vickersin, Rockwellin ja Brinellin kovuuskokeet. (Materiakituksen www-sivut 2021; Sorsa, 2015, 56.)

3.2.1 Vickersin kovuuskoe

Vickersin kovuuskoe on usein muita kovuuskokeita helpompi, koska tässä laskentamenetelmät eivät ole riippuvaisia painimen koosta ja samalla painimella voidaan tutkia useita eri materiaaleja. Vickersin kokeessa neliöpohjainen timanttipyramidi painike

painetaan aineen pintaan 10–15 sekunnin ajan tietyllä voimalla ja mitataan syntyneet painauman halkaisijat (Kuva 4.).



Kuva 4. Vickersin kovuuskoe (Materiakeskuksen www-sivut 2021)

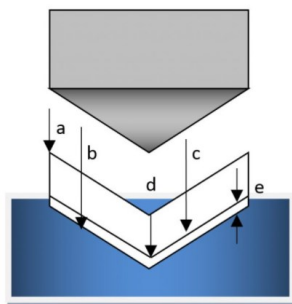
Vickersin kovuuden (HV) yhtälönä on:

$$HV = ,0102 * \frac{F2 * \sin (136^\circ / 2)}{d^2}, \text{ missä } d = \text{painauman halkaisija ja } F = \text{koevoima}$$

(Materiakeskuksen www-sivut 2021)

3.2.2 Rockwellin kovuuskoe

Rockwellin kovuuskokeessa käytetään kahta eri menetelmää. Rockwell B menetelmässä materiaalin pintaan painetaan teräskuulalla ja Rockwell C menetelmässä painetaan timanttikärjellä. Menetelmässä valitulla painimella painetaan materiaalin pintaan kahdessa vaiheessa (Kuva 5.), jonka jälkeen mitataan painauman syvyys. Kovuusarvot esitetään A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T alueilla, jotka määrittyvät käytetyn painimen ja testikuorman mukaan. (Materiakeskuksen www-sivut 2021)



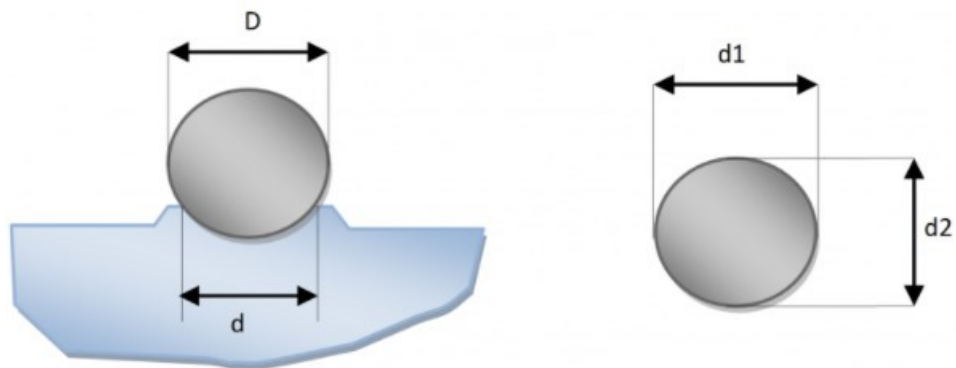
Kuva. Painauman syvyys a) esikuorman vaikuttaessa, b) esi- ja lisakuorman vaikuttaessa ja c) lisakuorman poistamisen jälkeen, d) Painauman lopullinen syvyys ja e) Kimmoinen palautuminen

Kuva 5. Rockwellin kovuuskoe (Materiakeskuksen www-sivut 2021)

3.2.3 Brinellin kovuuskoe

Brinellin kovuusmittausta käytetään yleisesti pehmeän teräksen ja valuraudan kovuuksien määrittämiseen. Nykyisin käytössä on vain kovametallipallo (HBW), kun aiemmin käytettiin myös teräskuulaa (HB tai HBS). Brinellin kovuusmittauksessa kovametallipallo painetaan tietyllä voimalla, yleensä 3000 kp, tutkittavan materiaalin pintaan, jonka jälkeen mitataan kappaleeseen syntyneen painauman halkaisija (Kuva 6.). Brinellin kovuus lasketaan jakamalla käytetty voima (N) painauman pinta-alalla (mm^2) seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{HBW} = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$
, jossa F = kuormitusvoima (N), D = pallon halkaisija millimetreissä, $d = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$ ja 0,102 on kerroin, joka muuttaa kilopondit (kp) Newtoniksi (N). (Materiakeskuksen www-sivut 2021; Lepola & Makkonen, 2009, 52.)



Kuva 6. Brinellin kovuuskoe (Materiakeskuksen www-sivut 2021)

3.3 Hitsattavuus

Hitsaus on yksi teräksen keskeisimmistä ominaisuuksista rakenteiden mitoituksen ja valmistuksen kannalta. Hitsattavuuteen vaikuttavat monet tekijät kuten esimerkiksi materiaalin kemiallinen koostumus, rakenne, aineen paksuus ja hitsauslämpötila. Hitsauksessa metallikappaleet liitetään yhteen kuumentamalla ne sulaksi ja liitosten sauma täytetään useimmiten hitsausaineella. Sekoittumisasteeksi kutsutaan sitä, kuinka suuri osuus perusainetta on sulanut hitsausaineen sekaan, jonka vuoksi perusaineen vaikutus hitsin koostumukseen on huomattava. Sekoittumisasteeseen vaikuttavat käytettävä hitsausmenetelmä ja railonmuoto.

Yleisesti voidaan sanoa, että teräs on hitsattavuudeltaan hyvää, kun hitsiliitos voidaan valmistaa ilman erityistoimia, kuten esilämmitystä ja lämpökäsittelyjä. Erityistoimenpiteitä ei yleensä tarvita, jos teräksen hiilipitoisuus on alle 0,25 %, aineenvahvuus alle 25 millimetriä ja myötölujuusluokka on alle 350 N/mm². Hitsattavuus vaikuttaa suurelta osin teräsrakenteen taloudelliseen konepajavalmistukseen väljempien hitsausmenetelmien ja halvempien seosaineiden vuoksi. (Hitsaajan opas: Rautaruukin teräs, 1,11 & 14.)

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena käyttää mahdollisimman helposti saatavilla olevia valmiita putkipalkkeja, joiden mekaaniset ominaisuudet vastaisivat pöydälle asetettuja vaatimuksia. Vaatimuksina oli helppo hitsattavuus, koska hitsattavia saumoja oli runsaasti, riittävä myötölujuus ja mahdollisimman suuri murtolujuus sekä riittävä kovuus. Vaihtoehtoina työssä käytettäviksi materiaaleiksi olivat ruostumaton teräs ja rakenne-teräs.

4 MATERIAALIT

4.1 Ruostumaton teräs

Ruostumattomat teräkset ovat rautaseoksia, jotka sisältävät vähintään 10,5 % kromia, joka muodostaa hapen vaikutuksesta teräksen pintaan ohuen oksidikalvon, jolloin sen korroosionkestävyys paranee huomattavasti, sekä enintään 1,2 % hiiltä.

Mikrorakenteensa puolesta ruostumattomat teräkset jaotellaan neljään pääryhmään, joita ovat austeniittiset, ferriittiset, austeniittis-ferriittiset (duplex-teräs) ja martensiittiset.

Austeniittiset ruostumattomat teräkset ovat yleisin teräsluokka ja sitä käytetään yleisesti rakenneteräkseenä. Austeniittiset ruostumattomat teräkset sisältävät raudan ja kromin lisäksi nikkeliä. Nikkelin lisäyksellä saadaan austeniittinen ruostumaton teräs pysymään myös huoneenlämmössä austeniittisena ja se lisää myös teräksen sitkeyttä ja korroosion kestävyyttä. Tunnetuimpia austeniittisiä ruostumattomia teräksiä ovat EN 1.4301 (AISI 304) ja EN 1.4436 (AISI 316). (Sorsa, 2015, 139–141.)

Austeniittisen ruostumattoman teräksen lämpölaajenemiskerroin n. $16 \cdot 10^{-6}$ 1/K, joka aiheuttaa hitsauksessa suurempia jännityksiä ja vetelyjä. Austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsattavuus on kuitenkin hyvää verrattuna muihin ruostumattomiin teräksiin. Ongelmana hitsauksessa voi esiintyä kuumahalkeilua, jota pystytään välttämään pienellä lämmöntuonnilla 10–20 kJ/cm, matalalla palkojen välisellä lämpötilalla 100–150°C sekä oikealla hitsin mitoituksella, jossa palon leveys-syvyyssuhde 1,5–2. (Sorsa, 2015, 141.)

Austeniittisen ruostumattoman teräksen murtolujuus on luokkaa 650 MPa, kovuus on 200 HB ja myötöraja on n. 250MPa. (Sorsa, 2015, 141.)

4.2 Rakenneteräs

Rakenneteräkset ovat seostamattomia tai niukasti seostettuja teräksiä ja ne ovat kenties maailman käytetyin yksittäinen materiaalityyppi. Rakenneterästen hiilipitoisuus on

noin 0,12–0,2 %. Rakenneteräs on hyvin yleisesti käytetty materiaali juuri koneiden ja laitteiden rungoissa. Eurooppalainen standardi EN10025 rakenneteräksille on julkaistu vuonna 2004.

Yleisimmät rakenneteräkset ovat seostamattomat rakenneteräkset esim. S235JRG2 ja S355J2H, sekä hienoraeteräkset esim. S355N ja S355NL.

Yleisten rakenneterästen hitsattavuus on hyvä kaikilla hitsausmenetelmillä, mutta hiilen osuuden kasvaessa lisääntyy teräksen karkenevuus, joka voi johtaa kovan ja hauraan martensiitin syntyyn hitsissä tai perusaineessa. Karkenevuudelle on olemassa International Institute of Weldingin kehittämä kaava, jolla pystytään laskemaan hiilielivalentti (CEV) arvo. Hiilielivalentti arvolla voidaan karkeasti arvioida hitsattavuutta. Seostamattomille teräksille useimmiten käytetty kaava on:

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} (\%)$$

$CE_{IIW} < 0,40$ % Hyvä hitsattavuus, $0,40-0,45$ % hyvä hitsattavuus niukkavetyisillä lisäaineilla ja $CE_{IIW} > 0,45$ % tarvitaan esikuumennusta. (Sorsa, 2015, 107–114.)

Yleisten rakenneterästen murtolujuus vaihtelee välillä $360-680 \text{ N/mm}^2$, kovuus on luokkaa 100–200 HB ja myötöraja 235–460.

Tutkittuamme ja vertailtuamme eri materiaaleja todettiin rakenneteräksen olevan paras vaihtoehto. Rakenneteräs S355J2H on yleisesti käytetty teräs putkipalkkien valmistuksessa ja opinnäytetyössä oli tarkoitus käyttää mahdollisimman yleisiä ja edullisia putkipalkkeja. Rakenneteräksestä valmistettavien putkipalkkien saanti ja monipuolisuus verrattuna ruostumattomasta teräksestä valmistettuihin oli huomattavasti parempi. Vertailtaessa ruostumattomasta teräksestä ja rakenneteräksestä valmistettujen putkipalkkien hintoja, todettiin rakenneteräksestä valmistettujen putkipalkkien tulevan huomattavasti edullisemmaksi, pintakäsittely tarpeesta huolimatta.

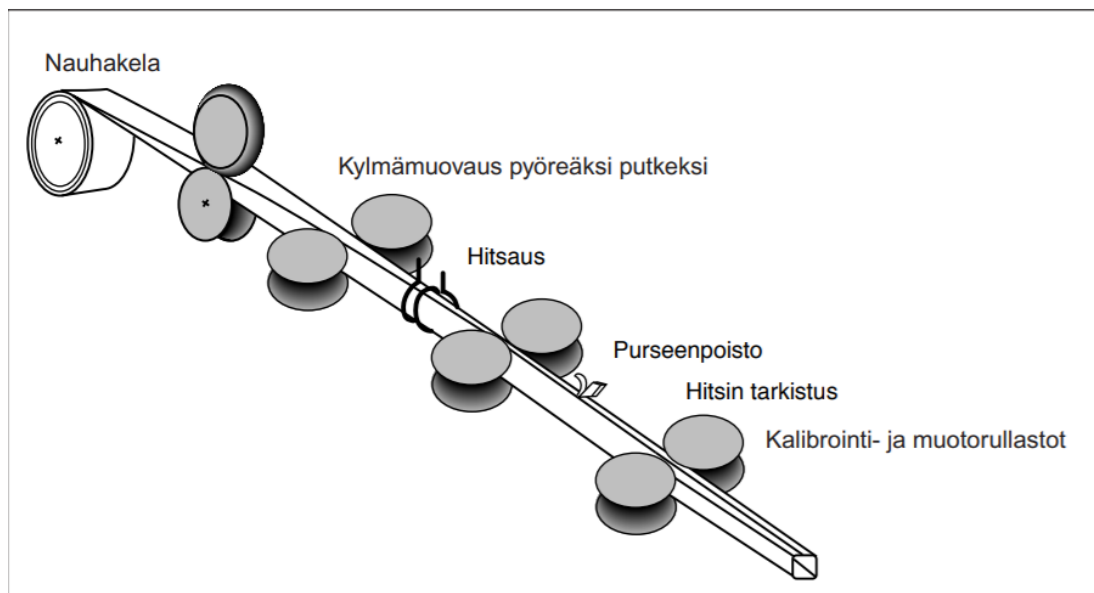
5 RUNKORAKENNE

Sahapöydän runkorakenne oli opinnäytetyön alusta saakka hyvin selvä. Toimeksiantajan toiveena oli, että pöydän runkorakenne olisi mahdollista valmistaa mahdollisimman suurelta osin rakenneputkista, joiden saatavuus ja hinta-laatusuhde on hyvä.

Rakenneputket voivat olla muodoltaan pyöreitä, suorakaiteen muotoisia ja neliöitä.

Rakenneputket voidaan jakaa mittojen ja toleranssien mukaan ohutseinä- ja ainesputkiin ja putkipalkkeihin. Tässä opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään putkipalkkeja.

Putkipalkit voivat olla joko pituussaumahitsattuja- tai saumattomia putkia. Saumattomien putkipalkkien valmistuksessa kuumamuovaustilaan kuumennettu valanne tai tanko lävistetään, jonka jälkeen se jatkojalostetaan valsaamalla, pursottamalla tai vetämällä tuurnan yli putkeksi. Pituussaumahitsatut putket valmistetaan siten, että kylmä- tai kuumavalssatut levyt muovataan haluttuun muotoon, jonka jälkeen reunat hitsataan yhteen (Kuva 7.). Suomessa valmistetut putkipalkit ovat pääsääntöisesti kylmävalssattuja pituussaumahitsattuja.



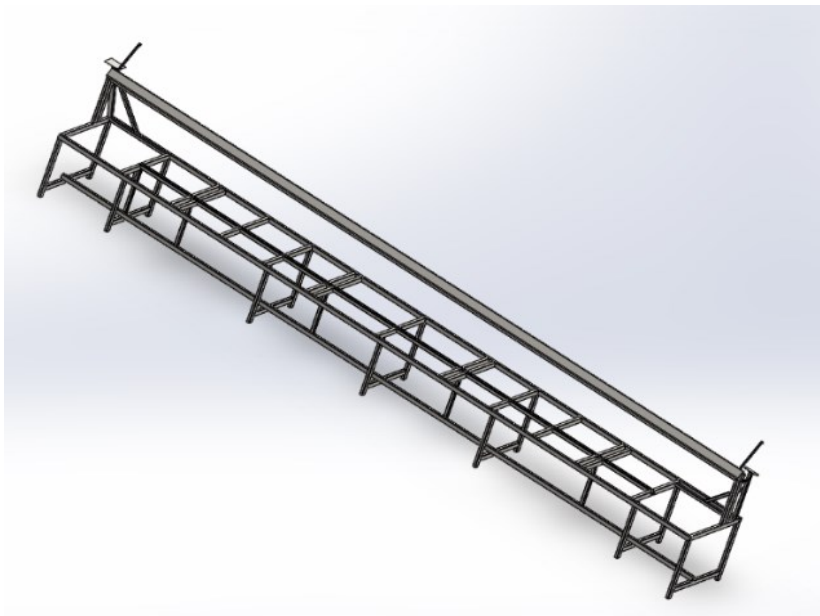
Kuva 7. Pituussaumahitsatun putkipalkin valmistus. (SSAB EN 1993-käsikirja)

Putkipalkkeja on saatavilla useilla eri seinämävahvuuksilla, 2 millimetristä aina 20 millimetriin. Suorakaideputkipalkkien kokoluokka vaihtelee haarukassa 20X40-200X400 mm. ja neliöputkipalkit ovat kokoluokkaa 25X25-300X300 mm.

Putkipalkkien vakiotoimitus pituudet ovat yleisesti 6 tai 12 m. Putkipalkin koosta hie-
man riippuen on saatavilla myöskin jopa 24 m pitkiä palkkeja. Putkipalkit ovatkin suo-
sittu rakennusmateriaali juuri niiden hyvän saatavuuden, mittatarkkuuden ja eri koko-
luokkien vuoksi. Putkipalkit ovat hyviä kestävämmän erisuuntaisia taivutuskuormia ja
niiden vääntölujuus on myöskin hyvä. (Lepola & Makkonen 2009, 233–238.)

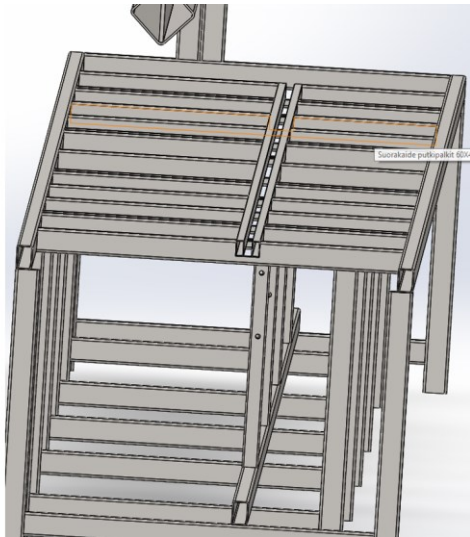
Runkorakenteen suunnittelussa, lujuustarkastelussa ja piirustusten tekemisessä käytet-
tiin apuna Solidworks 3D ohjelmaa ja siinä olevaa weldment profiles toimintoa, josta
löytyy valmiit mallit profiiliteräksille. Pöydän pituudeksi oli määritetty 9000 mm,
koska sahalla olisi tarkoitus pystyä työstämään jopa 7000 mm pitkiä kappaleita. Pöy-
dän leveydeksi mitoitettiin 1000 mm, joka mahdollistaa leveämpien saha-aihioiden
sahauksen.

Sahapöydän runkorakennetta suunniteltaessa päädyttiin ratkaisuun käyttää, kokoluo-
kaltaan 60X40X3 mm. suorakaideputkipalkkia tai neliöputkipalkkia 50X50X3 mm.
Palkkeja vertailtaessa huomattiin, että suorakaideputkipalkin ja neliöputkipalkin mas-
sat ovat aivan samat, molemmilla 4,25 kg/m, mutta suorakaideputkipalkin neliömo-
mentti (I) on $25,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ ja taivutusvastus (W) $8,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, kun taas neliöputki-
palkilla arvot olivat (I) $19,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ ja (W) $7,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$. Koska suorakaideputkipal-
kin todettiin kestävämmän paremmin taivutuskuormaa massan ollessa kuitenkin sama kuin
neliöputkipalkilla, päädyttiin valitsemaan pöydän runkopalkkeiksi suorakaide putki-
palkki (kuva 8.).



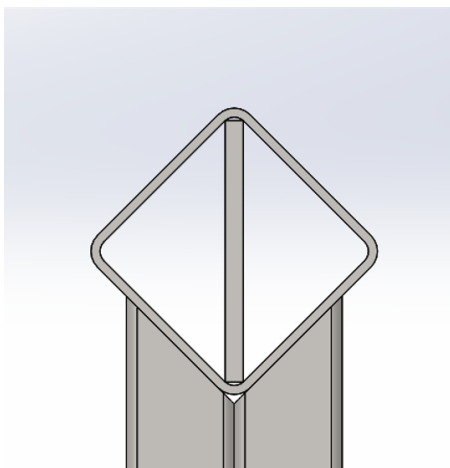
Kuva 8. Särmäyssahan runko.

Pöydän keskelle jouduttiin loveamaan sahausura (Kuva 9.), jota myöden sahan pyöröterä kulkee, jonka vuoksi uran molemmat reunat tuettiin suorakaide putkipalkeilla, joiden mitat olivat 40X20X2 mm.



Kuva 9. Putkipalkein tuettu sahausura.

Sahalaitteen kannatuspalkiksi suunniteltiin aluksi 120X120X8 mm:n neliöputkipalkkia, joka asennettaisiin 45° akselin ympäri kiepautettuna. Palkki haluttiin asentaa käännettynä, jotta kannatuspalkin pintaan jäisi mahdollisimman vähän sahauksesta aiheutuvaa purua ja pölyä, jolloin sahauslaitteen kulku olisi mahdollisimman esteetön. Lopulta palkki kooksi valittiin 120X120X5 mm ja se tuettiin sisältä 10 mm paksulla tukilevyllä (Kuva 10.).



Kuva 10. Tuettu kannatuspalkki.

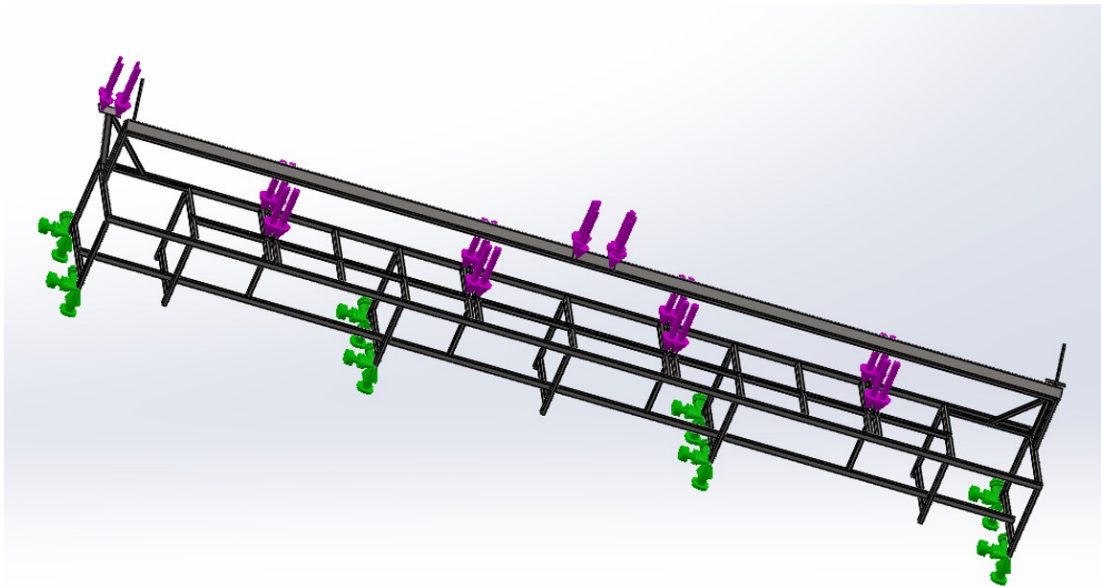
6 LUJUUSTARKASTELU

Sahapöydän lujuustarkastelussa käytettiin apuna Solidworks 3D ohjelman simulaatio sovellusta, jolla pystyttiin analysoimaan rakenteisiin vaikuttavia jännityksiä ja siirtymiä. Lujuustarkastelussa keskityttiin lähinnä myötölujuuden ja taipumien tarkasteluun, koska myötölujuus on yleensä perustana, kun tutkitaan ja määritetään teräksen laskentalujuuksia. Aluksi selvitettiin, että minkälaiset rasitukset pöytään kohdistuu. Pöytään kohdistuviksi voimiksi saatiin kiinnipitosylinterin DSBC-40-125PPVA-N3 aiheuttama voima, joka valmistajan taulukoiden mukaan 0,6 MPa työpaineella on 700 N. Voima kohdistui palkkeihin, jotka sijaitsevat kiinnipitotassun molemmin puolin, siten että molempiin palkkeihin kohdistui 350 N voima. Seuraavaksi määriteltiin kannatuspalkkiin kohdistuvat voimat. Voimien vaikutus alueeksi määritettiin palkin yläpuoliset sivut. Voimien ajateltiin kohdistuvan sahauslaitteen kuljetinpyörien levyiselle alalle, joten voimien jakaantumisalueeksi muodostui 600 mm pitkä ala. Ala saatiin palkkiin muodostettua Split line toiminnolla, jolla voidaan rajata alue, jolle voimia halutaan kohdistaa.

Sahauslaitteen massaksi saatiin 39 kilogrammaa, moottorin massaksi varmistui 58 kilogrammaa, sahan terän massa 6,5 kilogrammaa ja teräsuojan massa 14,5 kilogrammaa, joten yhteenlasketut massat ovat yhteensä 118 kilogrammaa ja koska $F = m \cdot g \rightarrow 118 \text{ kg} \cdot 9,82 = 1160 \text{ N}$. Tiedetään, että jos palkki on tuettu vain molemmista päistään aiheutuu suurin momentti silloin, kun voimat kohdistuvat palkin keskelle, joten

lujuustarkastelussa sahauslaitteen ja siihen kuuluvien komponenttien aikaansaama voima kohdistettiin palkin keskelle. Sahauslaitteen kartiovaihdemoottorin NORD-BLOCK SK 9012.1 - 71LP/4 TF massa oli 38 kilogrammaa, joten edellisen kaavan mukaan kartiovaihdemoottori vaikutti 370 N voimalla moottorin tukijalustaan.

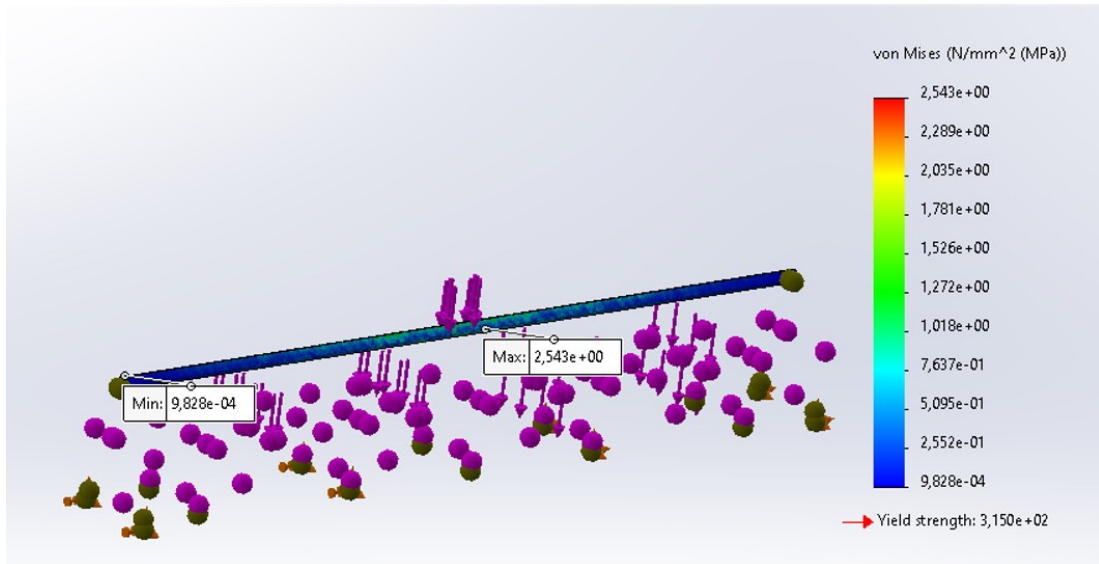
Kun pöytään vaikuttavat voimat oli selvitetty ja sijoitettu niiden vaikutuskohtiin siirryttiin määrittelemään pöydän kiinnityspisteet. Kiinnityspisteet simuloivat kohtia, joista pöytä tulee kiinnitetyksi alustaansa. Pöydälle oli suunniteltu jalkoihin hitsattavat laipat, joista pöytä pultattaisiin alustaansa. Jokaisessa laipassa on neljä kiinnitys reikää ja laippoja pöytään tuli yhteensä 8 kappaletta. Simulaatiossa jokainen laippa vastasi yhtä kiinteää kiinnityspistettä eli fixed-pointtia. Fixed-point tarkoittaa Solidworks 3D ohjelmassa kiinteää kiinnityspistettä, jolloin kyseisen pisteen liike on estetty kaikkiin suuntiin. Kuvassa 11. näkyvät palkin simuloinnissa käytetyt voimat pystysuorina ja kiinnityspisteet vihreinä nuolina.



Kuva 11. Voimien ja kiinnityspisteiden sijainnit.

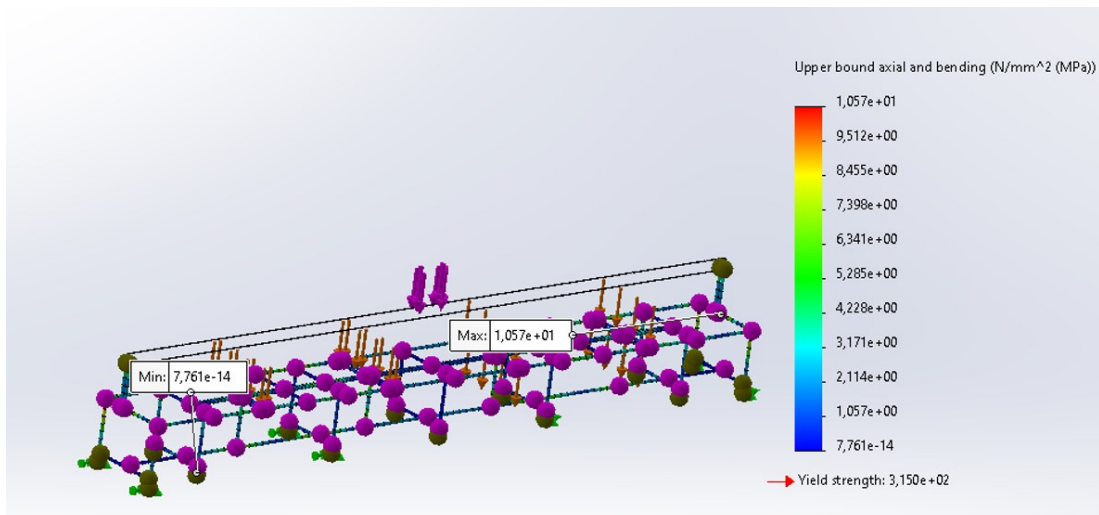
6.1 Jännitykset

Analysoitaessa jännityksiä, näkyvät kannatinpalkki ja pöydän palkit erikseen, koska Split line toiminnon ja tukilevyn vuoksi ohjelma ei suostunut käsittelemään kannatuspalkkia palkkina, vaan se piti muuttaa muotoon solid. Palkin suurimmaksi jännitykseksi saatiin 2,53 MPa (Kuva 12.), kun suurin sallittu jännitys, joka palkille sallitaan, on 315 MPa.



Kuva 12. Kannatinpalkin suurin ja pienin jännitys.

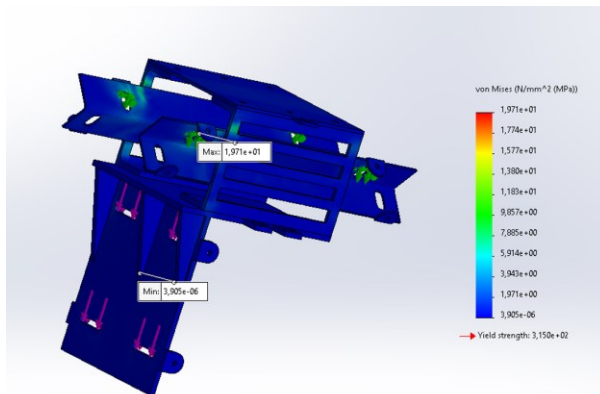
Pöytäosan suurimmaksi jännitykseksi saatiin 10,57 MPa (Kuva 13.), joka sekin alittaa sallitun 315 MPa rajan monin kymmenkertaisesti.



Kuva 13. Pöytäosan suurin ja pienin jännitys.

Pöytäosan ja kannatinpalkin osalta jännitykset jäivät niin pieniksi, että palkkien seinävahvuutta olisi voitu pienentää, mutta mahdollisten värähtelyjen vuoksi pöydästä halettiin kuitenkin riittävän tukeva rakenteinen, joka saavutettiin riittävällä seinämävahvuudella. Seinämävahvuuden pienentäminen ei olisi oleellisesti muuttanut pöydän massaa, koska pöydän suurin massa tulee kannatinpalkista, jonka seinävahvuutta ei taipumien vuoksi lähdetty pienentämään.

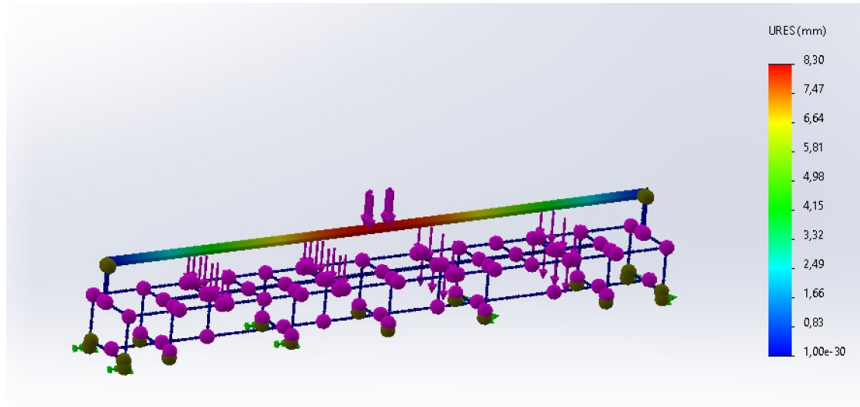
Seuraavaksi analysoitiin sahauslaitteeseen vaikuttavat jännitykset. Sahauslaitteen kiinnityspisteiksi määritettiin ylempien laakerien kiinnityspulttien reiät. Sahauslaitteeseen vaikuttaviksi voimiksi laskettiin terämoottorin ja siihen liitettävän terän, sekä terä suojan aiheuttama voima, joka kohdistuu kohtisuoraa alaspäin. Terämoottorin aiheuttamaksi voimaksi saatiin $79 \text{ kg} \cdot 9,82 \text{ m/s}^2$ eli 776 N. Sahauslaitteen suurimmaksi jännitykseksi saatiin 19,7 MPa (Kuva 14.), joka jää huomattavasti alle sallitun rajan. Kelkan voimat ja kiinnitykset näkyvät kuvassa 14.



Kuva 14. Sahauslaitteiston jännitykset, voimat ja kiinnitykset.

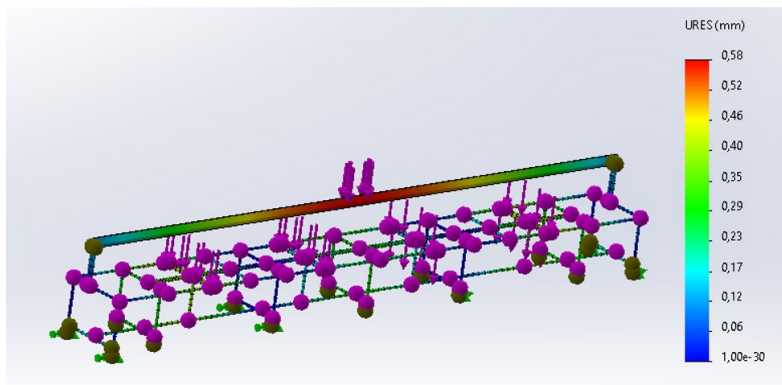
6.2 Taipumat

Sahauslaitteen kannatuspalkiksi oli alun perin suunniteltu neliöputkipalkkia kooltaan 120X120X8, mutta kannatuspalkin lujuustarkastelussa kävi ilmi, että palkin taipuma tulisi olemaan 8,3 mm, joka on lähes kaksi kertaa suurempi kuin maksimitaipumaksi määritetty 5 mm (Kuva 14.).



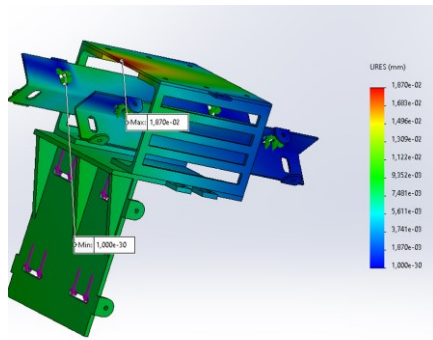
Kuva 14. Palkin taipuma.

Kun lujuustarkasteluja oli suoritettu useita, eri seinämävahvuuksilla olevilla palkeilla, todettiin, että paras ratkaisu palkin taipuman ehkäisyyn olisi tukea neliöputkipalkki sisältä tukilevyllä ja samalla pienentää seinämävahvuutta. Tukena käytettiin 10 millimetrin vahvuista tukilevyä ja palkissa 5 millimetrin seinämävahvuutta, jolloin taipuma saatiin riittävän pieneksi n. 0,6 millimetriin (kuva 15.). Alkuperäiseksi palkiksi suunnitellun palkin 120X120X8 massa oli 236 kg ja vahvistetun palkin 120X120X5 massaksi saatiin 257 kg, joten palkkien massassa ei eroja juurikaan ollut. Taipumien vuoksi päätimme käyttää kannatuspalkkina neliöputkipalkkia 120X120X5 ja tukea se sisältä 10 mm vahvuisella tukilevyllä.



Kuva 15. 10 mm tukilevyllä vahvistetun palkin taipuma.

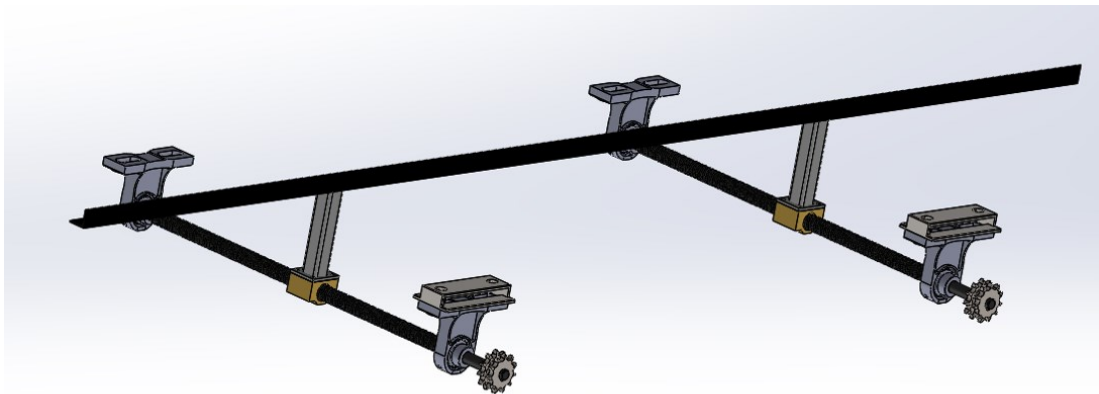
Sahauslaitteelle suoritettiin simulaatiot myös siirtymien osalta ja kuvassa 16. on nähtävissä sahauslaitteen suurimmat siirtymät.



Kuva 16. Sahauslaitteen siirtymät.

7 KAPPALEEN ASETUS

Sahatavaran vasteen siirto (Kuva 16.) suunniteltiin toimivaksi taajuusmuuttajakäyttöisellä hammasvaihdemoottorilla, joka pyörittäisi siihen asennettujen ketjupyörien ja ketjun avulla trapetsikierretankoa. Taajuusmuuttajan avulla pystytään säätämään moottorin pyörimisnopeutta esimerkiksi silloin, kun halutaan vasteen olevan hyvin tarkka. Trapetsikierretangon avulla liikutetaan vasterautoja, joita päin sahatavara asetetaan. Vasterautojen avulla säädetään leikkuuleveys, jolla sahatavaraa sahataan.



Kuva 16. Sahatavaran vasteensiirto kokoonpano.

Aluksi piti määrittää vasteelle siirtonopeus. Sopivaksi siirtonopeudeksi toimeksiantajajan aikaisempien kokemusten perusteella sovittiin 0,04 m/s eli 2,4 m/min. Siirtonopeuden määrittämiseksi piti selvittää trapetsikierretangon kierteen nousu (P), eli se matka, jonka mutteri tangolla liikkuu yhden kierroksen aikana. Trapetsikierretangoksi valittiin Conti KRP Tr 20 X4. Valitun tangon P oli 4, jonka mukaan mutteri liikkuu yhden kierroksen aikana 4 mm. Kun nousu tiedettiin ja tiedettiin haluttu liikenopeus, pystyttiin määrittämään haluttu kierrosnopeus (1/min).

Pyörimisnopeus (n) lasketaan kaavalla:

$$n = \frac{1000 * \text{siirtonopeus (m/min)}}{\text{kierteen nousu (mm)}}$$

Pyörimisnopeudeksi saatiin kaavan avulla laskettua 600 1/min.

Valitun tangon vasteensiirto moottoriksi valittiin NORDBLOCK SK 072.1-71 hammasvaihdemoottori, jonka ensiönopeus on 1480 1/min ja vaihteen välityssuhde 2,47, jolloin pyörimisnopeudeksi saatiin haluttu 600 1/min. Kierretanko Tr 20X4 on vahvasti ylimitoitettu valmistajan antaman kriittisen pyörimisnopeuden ja kriittisen akseliuorman suhteen. Ylimitoituksella haluttiin estää kierretangon taipuminen, kun sahatavaraa työnnetään vastetta päin. Trapetsikierretangon pituus on 670 mm ja tangon toiseen päähän koneistettiin laakeria varten akseli, jonka Ø 15 millimetriä. Kierretangon toiseen päähän koneistettiin akseli laakeria ja ketjupyörää varten, jossa laakerin akselin Ø15 mm ja ketjupyörän akselin Ø 14 mm. Koneistettavaksi tuli myös kiilaura ketjupyörää varten. Laakereiksi valittiin SNR valmistamat laakeripukit ESPH 202. ESPH 202 laakeripukeissa akseli voidaan kiristää laakeripukkiin ruuvien avulla, joka tässä tapauksessa olisi toimiva ratkaisu, koska laakerit toimivat vain ohjauslaakereina. Trapetsikierretankoon sopivan trapetsimutterin valinnassa huomioitiin mahdollisuus kiinnittää vasteraudat suoraan trapetsimutteriin, joten trapetsimutteriksi valittiin Conti CQF Tr 20X4.

Ketjupyöräksi valittiin ISO 606 standardin 08B-1 ja 08B-2 Z17 ketjupyörät, sekä 08B-1 ja 08B-2 rullaketjut. Rullaketjun pituuden määrittämiseksi käytettiin kaavaa:

$$\frac{2 * a}{P} + \frac{Z1 + Z2}{2} + \left(\frac{Z2 - Z1}{2 * \pi}\right)^2 * \frac{P}{a}$$

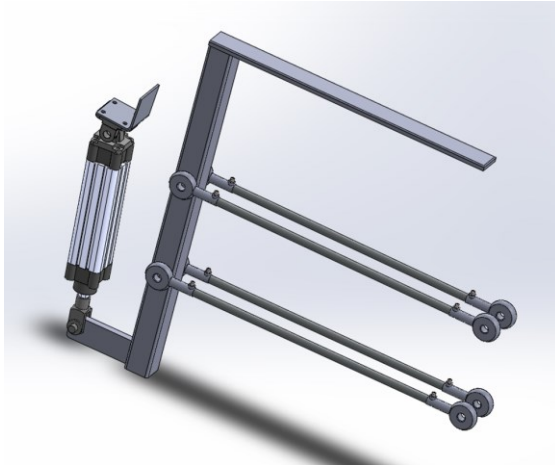
Kaavassa a = akseliväli, P = ketjun jako, $Z1$ ja $Z2$ ovat ensiö- ja toisioketjupyörien hammasluvut.

Edellä mainitulla kaavalla pystytään laskemaan tarvittava lenkkiluku ketjulle ja ketjun pituus (mm.) saadaan, kun ketjuluku kerrotaan ketjun jaolla (P).

Valmistajan ketjunmitoitushjelman (Renold Chain Selector) avulla pystyttiin tarkastamaan ketjuun kohdistuvat voimat. Maksimikuormitukseksi valmistaja antoi ketjulle 17800 N ja staattisen kuormituksen osalta saatiin kuormitukseksi 151,4 N ja varmuuskertoimeksi 117 ja dynaamisen kuormituksen osalta kuormitukseksi 226 N ja varmuuskertoimeksi 79. Varmuuskertoimien suuruus olikin hyvin odotetun kaltainen, koska ketjua rasittavat vain hyvin pienet voimat ja matala nopeus.

8 KAPPALEEN KIINNITYS

Työn toimeksiantajalla oli valmiina pneumatiikkalaitteistot paineilmaa varten, joten kappaleen kiinnitys sahauspöytään suunniteltiin toimivaksi pneumaattisilla sylintereillä (Kuva 17.).



Kuva 17. Kiinnipito kokoonpano.

Pneumaattisessa voimansiirrossa on kyse mekaanisen energian muuttamisesta kompressorin avulla pneumaattiseksi energiaksi eli paineilmaksi ja siitä edelleen toimilaitteelle esimerkiksi paineilmasynterille, joka muuttaa paineilman taas mekaaniseksi työksi. Pneumatiikassa paineet (p) ovat yleensä hyvin pieniä 0,3–0,8 MPa eli 3–8 Bar. Paineilma käyttöisillä toimilaitteilla pystytään toteuttamaan erittäin nopeita liikkeitä. Paineilmajärjestelmien etuna on mahdollisuus siirtää ilmaa suurilla virtausnopeuksilla ja pitkillä siirtoetäisyyksillä hyvin pienellä painehäviöllä. Pneumaattisia toimilaitteita ohjataan usein erilaisilla venttiileillä, joilla voidaan säätää esimerkiksi toimilaitteelle tuleva paine tai virtausnopeus. Toimilaitteita voivat olla esimerkiksi ruiskumaalaus laitteisto, mutterinväännin ja paineilmasynteri. Paineilmasynterien avulla pystytään kappaleita liikuttamaan suoraviivaisesti. Paineilmasyntereitä on saatavilla useilla eri männänhalkaisijoilla ja varrenpituuksilla. Tässä opinnäytetyössä paineilmasyntereitä ohjataan paineenalennusventtiilien avulla, jolloin pystytään jokaiselle toimilaitteelle säätämään oikea työpaine ja pitämään paine vakiona. (Pneumatiikan perusteita, 2005, 2–5.)

Sahatavaran kiinnitykseen tarvittavan voiman määrä perustuu saha-alan ammattilaisen kokemukseräiseen tietoon. Sahatavaran kiinnitykseen voimaksi päätettiin 50 kilogramman puristusvoima/ kiinnityspiste. Sahattavan tavarán maksimi paksuudeksi oli määritetty 100 mm, joten valittaisiin synterin iskunpituudeksi vähintään 120 mm.

Puristusvoiman tarvetta arvioidessa otettiin huomioon sahaussuunnan vaikutus kappaleeseen, koska sahalla tultaisiin sahaamaan myös pyörimissuuntaa vasten. Sahattaessa pyörimissuuntaa vasten on kappaleilla taipumusta nousta terän mukana. Sylinterin mitoituksessa vähimmäistoiminta paineeksi määritettiin 0,4MPa, jonka mukaan valittiin sylinterin männänhalkaisija. Sylinterin valintaa lähdettiin laskemaan kaavalla:

$$p = \frac{F}{A}$$

Kaavassa $p = 0,4\text{MPa}$, $F = 50\text{ kg} \rightarrow 50\text{ kg} * 9,82 = 491\text{ N}$ ja $A = ? \rightarrow$

$$A = \frac{F}{p} \rightarrow A = \frac{491\text{ N}}{400000\text{ Pa}} = 1,225 * 10^{-3}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$r^2 = \frac{1,225 * 10^{-3}}{\pi} = 3,899 * 10^{-4}$$

$$r = \sqrt{3,899 * 10^{-4}} = 0,0197$$

$$D = 2 * r = 0,0394\text{ m}$$

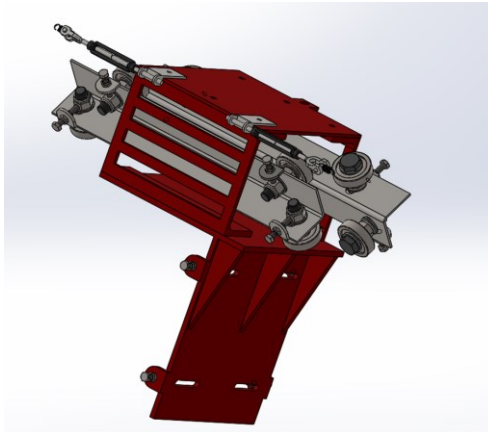
Tarvittavaksi männänhalkaisijaksi saatiin 39,4 mm \approx 40 mm.

Sylinteriksi valittiin FESTO DSBC-40-125-PPVA-N3 kaksitoiminen sylinteri, jossa männänhalkaisija on 40 mm, iskunpituus 125 mm ja varrenhalkaisija on 12 mm.

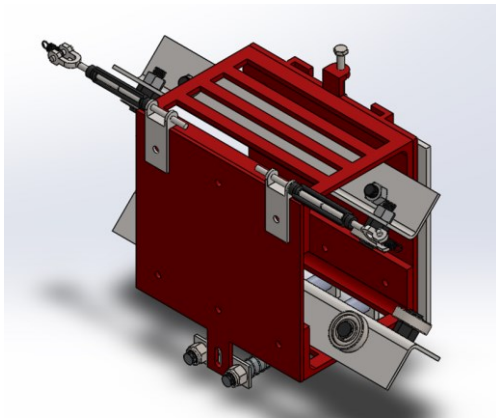
9 AUTOMAATTISAHAUS

Automaattisahausta lähdettiin suunnittelemaan niin, että pöytätaaso jäisi tyhjäksi ja sahauslaitteisto kulkisi sahauskelkan mukana kannatuspalkkia pitkin. Sahauskelkan nopeutta pystyttäisiin säätämään, sahatavaran paksuudesta riippuen, taajuusmuuttaja käyttöisellä kartiovaihdemoottorilla. Sahauskelkkoja suunniteltiin kaksi eri versiota

(Kuvat 18 & 19.), joissa eroina olivat moottorin kiinnitys ja asemointi. Sahauskelkka vaihtoehdoista valittiin työssä käytettäväksi kuvassa 19 näkyvä versio, koska kyseisen version valmistaminen olisi huomattavasti yksinkertaisempi, eikä valmistamiseen tarvittaisi erikoistyökaluja.



Kuva 18. Sahauskelkka 1. kokoonpano.



Kuva 19. Sahauskelkka 2. kokoonpano.

Sahauskelkan 1. runkoaineina käytettiin 8 millimetrin vahvuista kuumavalssattua teräslevyä, josta valmistettiin päällis- ja pohjalevyt. Sahauskelkan kylkiosat valmistettiin profiilipalkista UPE 200 S355N teräspalkista. Moottorin kiinnityslevy valmistettiin 10 millimetrin vahvuisesta kuumavalssatusta teräslevystä, johon hitsattavaksi tuli kolme kappaletta 8 millimetrin vahvuista jäykistettä, jotka estävät kiinnityslevyn taipumisen.

Sahauskelkkaan hitsattiin kaksi 70x70x L-profiili kulmarautaa, joihin tuli kiinnitettäväksi kelkan kuljetin pyörinä toimivat laakerit. Laakereiksi valittiin SKF 6404

20x72x19 urakuulalaakeri. Laakeripyörien säätöä varten hitsattiin kulmarautoihin korvakkeet, joihin työstettiin kierteet säätöruuvia varten.

Sahauskelkkaan tulisi kiinnitettäväksi moottori, joka pyörittää pyöröterää. Terämoottoriksi oli valittu MOVES 3TA132M-4 7,5 kW moottori, jonka pyörimisnopeus on 1460 1/min. Sahauskelkan siirto suunniteltiin tapahtuvaksi hihna- tai vaijerikäytöllä. Sahauskelkan siirtämistä varten päädyttiin valitsemaan vaijeriveto, koska vaijeri tulisi olemaan käytössä huomattavasti huoltovapaampi ja kestävämpi. Vaijeri kiinnitettiin sahaukelkkaan säädettävien vanttien avulla, joiden päihin lisättiin vielä jouset vähentämään pysähtymisestä aiheutuvia iskuja. Vaijeripyöräksi valittiin halkaisijaltaan 200 mm kartioholkkikiinnitteinen väkipyörä.

Sahaukelkan siirtonopeuden selvittämiseksi oli konsultoitu terävalmistajaa ja terävalmistajan ohjeistamana sahaukelkan siirtonopeudeksi päätettiin vähintään 0,5 m/s eli 30 m/min., jota pystyttäisiin tarvittaessa säätämään taajuusmuuttajan avulla. Kun siirtonopeus oli selvitetty, määritettiin sahauslaitteelle sopiva siirtomoottori. Siirtomoottoria määriteltessä piti selvittää moottorin pyörimisnopeus. Moottorin pyörimisnopeus saatiin kaavoilla:

Siimapyörän kehä = π * siimapyörän halkaisija = π * 0,2 m = 0,63 m

$$\text{Pyörimisnopeus} = \frac{\text{siirtonopeus}}{\text{siimapyörän kehä}} = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,63 \text{m}} = 48 \text{ 1/min.}$$

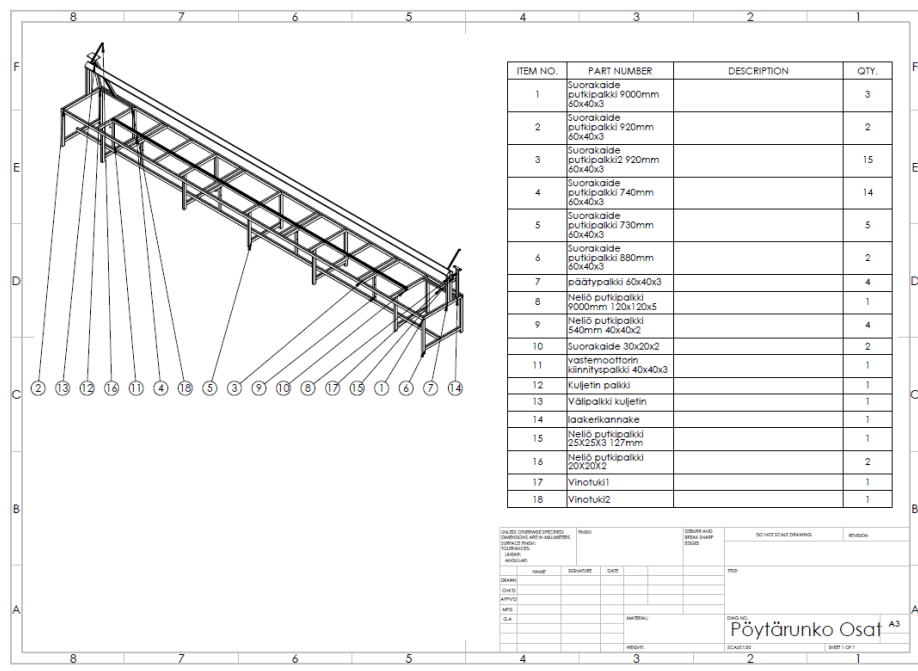
Siirtomoottoriksi valittiin taajuusmuuttaja käyttöinen NORDBLOCK SK 9012.1 - 71LP/4 TF kartiovaihdemoottori, jonka ensinopeus on 1405 1/min. ja vaihteen välityssuhde on 29, jolloin pyörimisnopeudeksi saatiin tarvittava 48 1/min.

Sahausnopeuden määrittelyssä suurena apuna oli terävalmistaja Teräcenterin Tapio Kihon taulukko, josta pystyttiin selvittämään riittävä sahausnopeus suhteessa purunmuodostukseen. Liian hidas sahausnopeus aiheuttaa purukoon pienenemistä, jolloin puru muuttuu pölymäiseksi ja aiheuttaa sahauslaitteistossa ongelmia. Taulukosta pystyttiin myös selvittämään terän halkaisijan vaikutusta pyörimisnopeuteen sekä terän

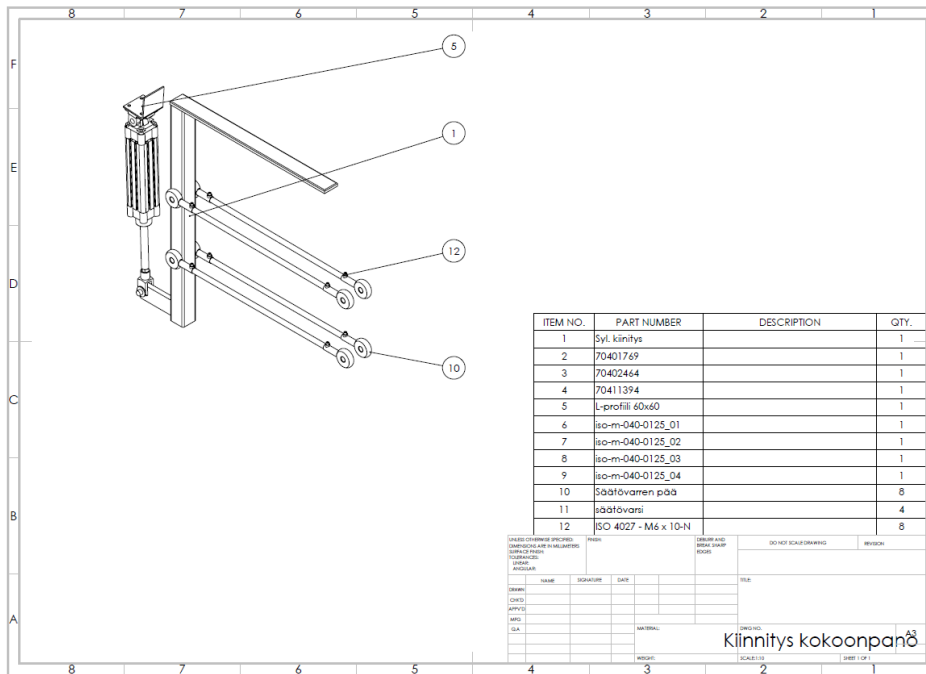
hammasluvun vaikutus purunmuodostukseen. Terän halkaisijaksi valittiin 600 mm, joka oli pienin mahdollinen terä, joka pöytään voitiin asentaa, johtuen kiinnipito kokoonpanon korkeudesta maksimiasennossaan. Terävalmistajan suosituksesta lisättiin pöytään valmistettuun sahausuraan vielä 30 millimetriä paksu fiiberilevy, joka tukee terää. Kiinnipidon vuoksi päätettiin vielä, että lisätään kuljetinkelkkaan sähköinen lukitus, jolloin kelkka ei pääse liikkumaan ennen kuin painintassut ovat alhaalla.

10 PIIRUSTUKSET

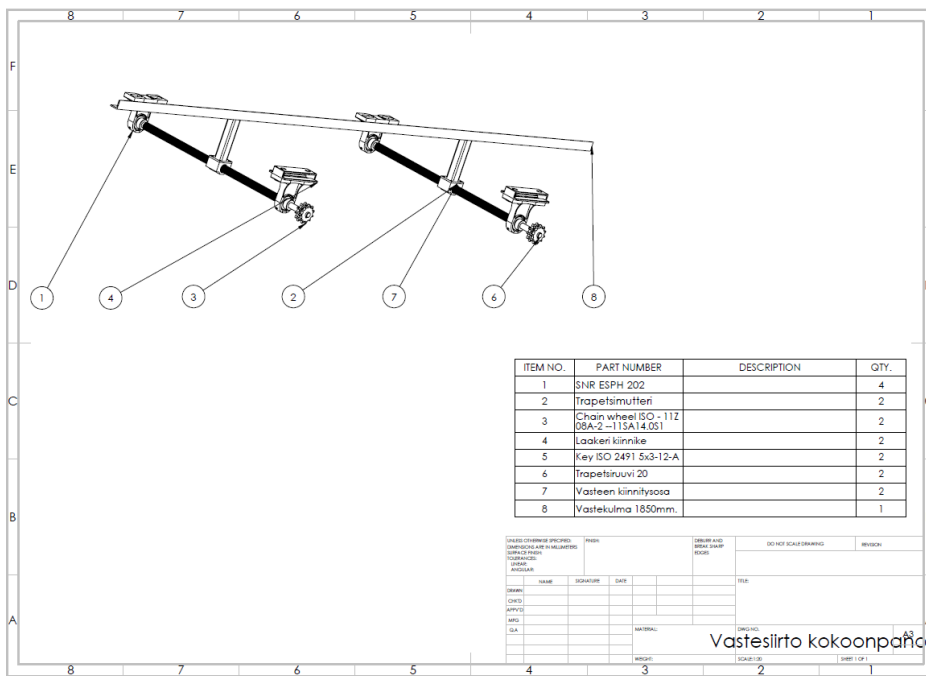
Sirkkelipöytään valmistettiin Solidworks3D ohjelman avulla kaikista kappaleista erilliset osapiirustukset, kokoonpanopiirustukset (Kuvat 20–23.) eri kokoonpanoista sekä mitoituspiirustukset. Kaikki projektiin liittyvät kuvat tulostettiin PDF- muodossa toimeksiantajalle.



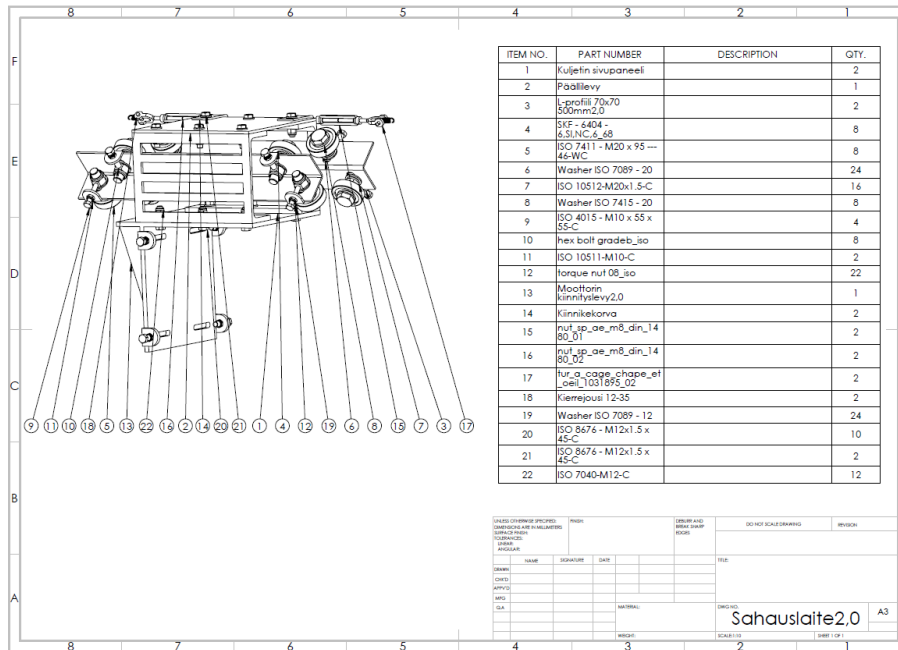
Kuva 20. Pöytärunko kokoonpano.



Kuva 21. Kiinnitys kokoonpano.



Kuva 22. Vastesiirto kokoonpano.



Kuva 23. Sahauslaite kokoonpano.

11 PINTAKÄSITTELY

Pintakäsittelyn tarkoituksena on parantaa tuotteen korroosion kestävyyttä, kulutuskestävyyttä ja lämpötilan kestoa. Pintakäsittelyllä voidaan myös lisätä tuotteen tartuntaominaisuuksia ja pinnan liukuominaisuuksia. Pintakäsittelyllä voidaan parantaa tuotteen ulkonäköä esimerkiksi tuotteen värillä tai pinnan kiillolla. Pinnoitteet voidaankin jakaa käyttötarkoituksen mukaisesti suoja-, koriste-, ja teknisiin pinnoitteisiin. Pintakäsittely vaikuttaa tuotteen käyttökelpoisuuteen, hintaan ja tuotteen kestoikään, joten se on otettava huomioon jo tuotteen suunnittelussa. Pinnoitustavat voidaan karkeasti jakaa kolmeen ryhmään, metalliset pinnoitteet, ei-metalliset epäorgaaniset pinnoitteet ja orgaaniset pinnoitteet. Metallisten pinnoitteiden ryhmään kuuluvat esimerkiksi sähkösaostus sekä kemialliset ja termiset menetelmät. Ei-metallisiin epäorgaanisiin pinnoitustapoihin kuuluvat muun muassa anodisointi, fosfatointi ja emalointi. Orgaanisten pinnoitteiden ryhmään kuuluvat maalaus, lakkaus ja kumi- ja muovipinnoitus.

Onnistuneen pintakäsittelyn edellytyksenä on tuotteen huolellinen esikäsittely. Esikäsittelyssä pinnat puhdistetaan ruosteesta ja muista epäpuhtauksista kuten metallioksideista, pölystä ja leikkuunesteistä. Pinnan puhdistusmenetelmiä ovat vesi, - höyry, - ja liuotinpesu, happopeittaus ja mekaaninen ruosteen ja muiden epäpuhtauksien poisto. Vesipuhdistuksessa pinnat suihkutetaan tarvittavalla vedenpaineella puhtaiksi. Vesipuhdistuksessa voidaan käyttää pesuaineita, jotka täytyy pesun jälkeen huuhtoa hyvin. Höyrypesussa kappaleen pintaan kohdistetaan höyrysuihku, johon on lisätty pesuainetta. Höyrypesussa on myös tärkeää hyvä huuhtelu pesun jälkeen.

Liuotinpesussa kappaleen pinnalta poistetaan rasvoja ja öljyjä. Liuotinpesussa kappale joko pyyhitään tai valellaan liuottimella, tai upotetaan kokonaan liuottimeen. Liuotinaineina käytetään muun muassa tärpähtiä, liuotinbensiiniä, tinneriä ja trikloorietyleeniä.

Happopeittaus suoritetaan useimmiten jonkun edellä mainitun puhdistus tavan jälkeen. Happopeittauksessa kappale voidaan peitata sähkökemiallisesti, sivelemällä, ruiskuttamalla tai upottamalla kappale peittausaineeseen. Peittausaineina käytetään useimmiten 10–20 prosenttista suola- tai rikkihappoa, jonka lisäksi peittausaineeseen lisätään useimmiten korroosionestoinhibiittia. (Teräksen pintakäsittely- valmistustekniikan perusteet, 2021, 5–9.)

Tässä opinnäytetyössä keskitymme tarkastelemaan pintakäsittelyistä maalausta ja sinkitystä, jotka molemmat ovat kyseiseen sahauspöytään hyvin soveltuvia pinnoitustapoja.

11.1 Maalaus

Korroosion suojausmenetelmistä ehkäpä yleisin ja helpoiten toteutettavissa oleva menetelmä on maalaus. Maalauksen tarkoituksen on eristää maalattava pinta korroosiota aiheuttavilta aineilta. Hyvän lopputuloksen saaminen maalaamalla vaatii kuitenkin hyvän ammattitaidon, koska maalauksen toteutuksessa on huomioitava useita eri asioita. Maalauksen lopputulokseen vaikuttavat muun muassa esikäsittely, maalausolosuhteet, maalien varastointi ja maalien sekoitus. Maalit koostuvat pigmenteistä, ohenteista ja sideaineista. Sideaine vaikuttaa maalin kuivumistapaan. Maalien kovettumiseen vaikuttaa maalin tyyppi. Eri maalityyppejä ovat muun muassa vinyyli- ja akryylimaalit, jotka kovettuvat, kun sideaineen molekyylit tarttuvat toisiinsa liuotteiden ja ohenteiden alkaessa haihtumaan. Alkydimaaleilla happi käynnistää öljypohjaisen sideaineen verkottumisen. Hapettumalla tapahtuva kuivuminen on hidas prosessi, johon vaikuttaa oleellisesti ilman lämpötila. Muoviosaan seostetun kovetteen ansiosta kuivumaan alkavia maaleja ovat muun muassa kaksikomponenttiset epoksimaalit ja polyuretaani- maalit. Epoksimaalit omaavat hyvin rajallisen käyttöiän. Epoksimaalit eivät liukene liuotteisiin eivätkä pehmene lämmössä. Maalaus voidaan jakaa kolmeen eri maalaus- tyyppiin märkämaalaukseen, polttoaalaukseen ja jauhemaalaukseen. (Teräksen pin- takäsittely- valmistustekniikan perusteet, 2021, 9–11.)

11.1.1 Märkämaalaus

Märkämaalauksessa maali voidaan levittää maalattavan kappaleen pinnalle ruiskulla, siveltimellä tai telalla. Metallikappaleita maalattaessa maalataan pinnat ensin tartunta- maalilla, joka varmistaa varsinaisen maalin tartunnan metallikappaleen pintaa. Tartun- tamaaleina käytetään kaksikomponenttisia epoksimaaleja. Märkämaalauksen menetel- minä käytetään upotusmaalausta, sivellinmaalausta ja ruiskumaalausta. Upotusmaa- lauksessa kappale upotetaan kokonaan maalialtaaseen ja nostetaan sieltä hitaasti ylös, jolloin ylimääräinen maali valuu pois. Sivellinmaalauksessa maali levitetään kappaleen pintaan siveltimellä tai telalla. Ruiskumaalauksessa maali levitetään tasaisesti kappaleen pintaan pieninä pisaroina, joko hajotusruiskumaalaamalla tai suurpaineruis- kumaalaamalla. Märkämaalauksessa käytettäviä maaleja ovat alkydi-, epoksi-, poly- uretaani-, akryyli- ja silikonimaalit.

Hajotusruiskumaalauksessa käytetään yleensä pientä maksimissaan 1 litran maalisäiliötä, jossa paineilman avulla hajotetaan ohennettu maali sumuksi.

Suurpaineruiskumaalauksessa maali syötetään suurella paineella suuttimen läpi, jolloin se sumuuntuu. Suurpaineruiskutusmaalauksen etuna hajotusruiskumaalaukseen on se, että suurpaineruiskutusmaalauksessa ei tarvitse maalia ohentaa, jonka vuoksi saadaan aikaiseksi paksumpi maalipinta. (Teräksen pintakäsittely- valmistustekniikan perusteet, 2021, 11; Sorsa, 2015, 84–88.)

11.1.2 Jauhemaalaus

Jauhemaali koostuu tasalaatuisiksi jauhetuista sideaineesta, pigmentistä, kovetteesta ja lisäaineesta. Jauhemaalauksessa käytettäviä jauheita ovat muun muassa epoksijauhe, polyesterijauhe, polyuretaanijauhe ja sinkkijauhe.

Jauhemaalauksessa staattisesti varautuneet värijauhehiukkaset ruiskutetaan maalattavaan kappaleeseen, jonka jälkeen kappale laitetaan uuniin, jossa 140–200 °C:n lämpötilassa sideaine ja kovete reagoivat keskenään, jonka vuoksi maali alkaa sulaa ja kovettua kappaleen pintaan. Jauhemaalauksessa jauhe leviää tasaisesti kappaleen kaikkiin kohtiin, jolloin vaikeastikin ruiskutettavat kohdat peittyvät ja saadaan aikaiseksi hyvin tasainen maalikerros. Maalikerroksen paksuus vaihtelee useimmiten 60–140 µm välillä. Jauhemaalauksen hyvä puoli on liuotteettomuus, joka tekee maalin käytöstä huomattavasti henkilöturvallisempaa, koska ympäristöön ei leviä liuotinhuuruja. Jauhemaalain käyttö on taloudellisesti kannattavaa, koska ohiruiskutettu jauhe voidaan kerätä talteen ja uudelleen käyttää. (Sorsa, 2015, 89–91.)

11.2 Sinkitys

Sinkitys on yleisin käytetty metallien pinnoitusmenetelmä.

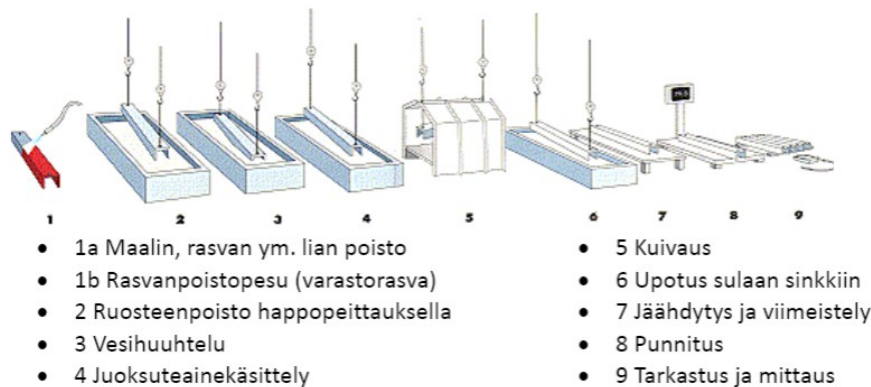
Sinkityksessä metalli päällystetään sinkkikerroksella, joka suojaa metallia korroosiolta. Sinkkikerroksen paksuus on täysin verrannollinen sinkin suojaavaan vaikutukseen, koska sinkin korroosiosuoja perustuu sinkin syöymiseen jaloudeltaan heikompänä sähkökemiallisessa sähköjännitesarjassa. Sinkityksessä pinnoitettavaan kappaleeseen aikaan saadaan kova ja kulutusta kestävä pinta. Yleisimmin käytetyt sinkitys menetelmät ovat sähkösinkitys ja kuumasinkitys. (Sorsa, 2015, 92.)

11.2.1 Sähkösinkitys

Sähkösinkitys on yleisimmin käytetty elektrolyyttinen pintakäsittely menetelmä teräkselle. Sähkösinkitys on elektrolyyttinen pintakäsittely menetelmä, jossa elektrolyysialtaaseen upotettu kappale päällystetään sinkillä sähköä avulla. Elektrolyysissä pinnoitettava kappale toimii katodina ja pinnoittava aine anodina, jonka vuoksi on molempien aineiden oltava sähköä johtavia. Tasavirtaa johdetaan elektrolyysialtaaseen upotettuihin kappaleisiin siten, että positiivinen napa kytketään saostettavaan metalliin eli tässä tapauksessa sinkkiin, ja negatiivinen napa kytketään pinnoitettavaan aineeseen kuten esimerkiksi teräkseen. Elektrolyytti on metallisuolapitoinen liuos, joka sisältää metallisuoloja, kompleksinmuodostajia, happoja tai emäksiä. Sähkövirran ansiosta negatiivisessa anodissa tapahtuu hapetusreaktiot, jotka vapauttavat elektroneja, jotka kulkeutuvat metallijohdinta pitkin positiivisesti varautuneelle katodille, joka pelkistysreaktioiden vuoksi sitoo elektroneja. Sähkösinkityksen pinnan paksuus, yleensä 10-15 μm , ja peittokyky ovat suoraan verrannollisia käytettyyn sähkövirtaan. Sähkösinkityksessä pinnoitettavan kappaleen pinnanlaadulla on suuri merkitys, koska sinkitys ei täytä koloja eikä epätasaisuuksia, jonka vuoksi esikäsittelyyn on syytä panostaa. Sähkösinkityksessä tärkeää on myös huolehtia pinnan puhtaudesta, jotta saostuva metalli tarttuisi pysyvästi pinnoitettavaan metalliin. Sinkityksen jälkeen sinkitty pinta passiivoidaan happamassa liuoksessa, joka sisältää kolmi- tai kuusiarvoista kromia. Passiivoinnilla estetään muun muassa pinnan hapettuminen. (Teräksen pintakäsittely- valmistustekniikan perusteet, 2021, 13–14; Sorsa, 2015, 92–93)

11.2.2 Kuumasinkitys

Lähes 90 % sinkitysmenetelmistä on kuumasinkitystä. Kuumasinkitys on menetelmänä hyvin yksinkertainen toteuttaa ja taloudellisesti kilpailukykyinen. Kuumasinkityksessä on huolehdittava, että puhdistus ja esikäsittely on suoritettu hyvin ennen kappaleen upottamista (kuva 24.). Kuumasinkityksessä kappale upotetaan noin 450°C:n lämpöiseen sulaan sinkkiin, jossa kappaletta pidetään niin kauan, että se on saavuttanut sinkin lämpötilan, eli mitä ohuempi ainepaksuus sitä ohuempi on sinkkikerros. Upotus kestää yleensä 1–10 minuuttia.



Kuva 24. Kuumasinkitysprosessi. (Teräksen pintakäsittely- valmistustekniikan perusteet, 2021, 18.)

Kuumasinkityksellä saadaan aikaan kulutusta kestävä tasainen pinta kaikkialle pinnoitettavaan kappaleeseen, joskin pinnoitteen paksuus kasvaa mitä enemmän epätasaisuuksia pinnoitettavassa kappaleessa on. Sinkkikerroksen paksuus vaihtelee 50–150 mikrometrin välillä. Pinnoitteen paksuuteen vaikuttaa oleellisesti myös teräksen laatu ja tarkemmin siinä vallitseva piipitoisuus. Mitä enemmän teräksessä on piitä, sitä paksumpi kerros sinkkiä kappaleen pinnalle muodostuu.

Kuumasinkityksessä myöskin hitsausjännitykset tasoittuvat, eikä kuumasinkityksessä teräksessä esiinny vetyhaurautta, koska vety poistuu tehokkaasti sinkityslämpötilassa. Kuumasinkityksessä on tärkeää huolehtia siitä, että sinkki pääsee rakenteen kaikkiin osiin ja myöskin pois, koska muuten kappaleeseen jäänyt kosteus saattaa aiheuttaa paineen kasvua ja räjähtää. Kuumasinkityksen huono puoli on se, että sinkitysaltaiden

koko määrittää sinkittävien kappaleiden koon. (Teräksen pintakäsittely- valmistustekniikan perusteet, 2021, 17-20.)

Tässä opinnäytetyössä parhaimpana vaihtoehtona pintakäsittelylle olisi ollut kuumasinkitys, mutta esteeksi kuumasinkitykselle muodostui pöydän koko. Pöytä olisi liian suuri kuumasinkittäväksi kerralla, eikä pöytää olisi pitkien palkkien vuoksi mahdollista sinkitä pienempinä kappaleina. Pöydän kuljetuskustannukset tulisivat myöskin huomattavan suuriksi, jos pöytää jouduttaisiin kuljettamaan pitkiä matkoja. Hyvän vaihtoehtona olisi ollut myös jauhemaalaus, mutta siinä eteen tulivat samat ongelmat kuin sinkityksessäkin. Pöydän pintakäsittely vaihtoehdoksi valittiin hajotusruiskumaalaus, koska se olisi mahdollista suorittaa pöydän kokoamispaikalla, jolloin pöydän siirtämisestä ei aiheutuisi turhia kustannuksia. Hajotusruiskumaalauksessa maalipinnan paksuuteen vaikuttaa oleellisesti käytettävät maalit ja rasitusluokka. Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin käytettäväksi hapettumalla kuivuvia alkydimaaleja. Alkydipohjamaalikerroksen paksuudeksi saatiin valmistajan (Teknos) ohjeistuksesta 80 µm ja pintamaalikerroksen paksuudeksi 40 µm, kun suunnittelussa rasitusluokkana käytettiin luokkaa C3. Rasitusluokalla C3 tarkoitetaan tässä tapauksessa suomessa, lähellä rannikkoa sijaitsevaa aluetta, jossa matala suolapitoisuus.

12 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin Solidworks3D suunnitteluohjelman kanssa pöydän runkorakennetta mallintamalla. Alusta asti oli selvää, että suunnitteluvaiheeseen tulisi kulumaan suurin osa työhön käytetystä ajasta, mutta suunnitteluun käytetyn ajan määrästä ei kyllä työtä aloittaessa ollut selvää käsitystä. Suunnittelun edetessä tuli hyvin selväksi, että suunnittelu tulisi viemään huomattavasti enemmän aikaa, kuin alun perin ajateltiin. Suunnitteluvaiheessa kävi hyvin usein, että tuntien työn jälkeen huomattiin seuraavassa suunnitteluvaiheessa ongelmia mitoituksessa tai kappaleen valinnassa. Toimeksiantajan kanssa käytiin varmastikin kymmeniä puhelinkeskusteluja ja sähköpostien vaihtoa, mutta lopulta päästiin aina yhteisymmärryksessä haluttuun lopputulokseen.

Työn lopputuloksena saatiin suunniteltua ja simuloitua särmäyssirkkelipöytä, joka vastaisi toimeksiantajan toiveita. Pöydälle pystyttiin suorittamaan tarvittavat simulatiot, joilla saatiin varmuus pöydän riittävästä kestävydestä ja eri kokoonpanojen toimivuudesta. Särmäyssirkkeliä varten toimeksiantajalle valmistettiin tarvittavat piirustukset kaikista osista. Lopuksi tutkittiin vielä eri pintakäsittelyvaihtoehtoja, joiden pohjalta päätettiin lopullinen pintakäsittelymenetelmä.

Opinnäytetyön tekeminen on ollut itselle hyvin opettavaista kaikin puolin. Suurimpana haasteena ennen työn aloittamista pidin Solidworks3D ohjelmaa ja ohjelmalla suunnittelua. Alkuun riittikin haasteita ohjelman vähän joka osa-alueella, mutta työn edetessä tuli ohjelmakin jo hyvin tutuksi. Sahateollisuuden alalta ei minulla aiempaa kokemusta ollut, mutta Korvalan Pentin huikean tietämyksen ja ammattitaidon

avustuksella sain työn edetessä aivan valtavasti uutta tietoa asioista, joista en aikai-
semmin ollut tiennyt.

LÄHTEET

Etelä, R., Haapala, A., Kiilunen, R., Laitinen, E., Luostarinen, K., Möttönen, J. & Vuontilainen, M. 2018. Metsästä tuotteeksi: puualan perusteet. Helsinki: Juvenes Printti-Suomen Yliopistopaino Oy.

Haastattelu Tapio Kiho, Teräcenter. Viitattu 2.11.2021. <https://www.teracenter.fi/>

Lepola, P. & Makkonen, M. 2009. Materiaalit ja niiden käyttö. 3–6 p. Helsinki: WSOYpro Oy.

Materiaakeskuksen www-sivut. Viitattu 28.10.2021. <https://www.materiaakeskus.fi>

Paloheimo, E. 2000. Metsä ja puu: tukista tuotteeksi. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Pneumatiikan perusteita 2005. Viitattu 6.11.2021. <https://www.salhydro.fi/files/PDF/9.pneumatiikan-perusteita.pdf>

Rautaruukin teräkset: Hitsaajan opas. 1994. Raabe: Rautaruukki Oy

Sahateollisuuskirjan www-sivut. Viitattu 20.10.2021. <https://www.sahateollisuuskirja.fi/>

Sipi, M. 2006. Sahatavaratuotanto. 3 p. Helsinki: Edita Oy.

Sorsa, J. 2015. Materiaalitekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Teräksen pintakäsittely: valmistustekniikan perusteet 2021. Viitattu 7.11.2021. <https://docplayer.fi/5941768-Teraksen-pintakasittely-valmistustekniikan-perusteet-ako-13-niko-gronman-vesa-raunila-jussi-ojansuu.html>