



HYDRAULIHALKOJAN PUUNNOSTIN

Lauri Veitonmäki

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

LAURI VEITONMÄKI:
Hydraulihalkojan puunnostin

Opinnäytetyö 28 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2015

Tämä opinnäytetyö tehtiin Laitilan Rautarakenne Oy:lle, joka valmistaa polttopuukoneita. Työn aiheena oli suunnitella Laitilan Rautarakenteen Japa – hydraulihalkojiin sopiva puunnostin. Puunnostimen tehtävänä on nostaa halkaistava puu maasta halkaisukouruun. Kotimaiset polttopuukonevalmistajat eivät valmista tällä hetkellä puunnostimia valikoimissaan oleviin hydraulihalkojiin.

Tavoitteena oli suunnitella puunnostin helpottamaan ja tehostamaan hydraulihalkojan käyttöä. Tarkoituksena oli kehittää ja vertailla erilaisia ratkaisuja toteuttaa puun nostaminen kevyesti ja edullisesti. Hydraulihalkojilla halottavat puut ovat usein kooltaan suuria ja siksi painavia. Usein toistuva nostava liike ei ole myöskään kovin ergonominen ja saattaa aiheuttaa helposti selkävaivoja. Suunnittelun työkaluina käytettiin SolidWorks – ohjelmistoa ja rakenteen rasituksen alle joutuvien kohtien tarkasteluun SolidWorksin Simulation ohjelmaa.

Työn tuloksena saatiin hydraulisesti toimiva puunnostin, joka sopi kaikkiin Laitilan Rautarakenteen mallistossa oleviin hydraulihalkojiin. Nostimesta tehtiin kaksi protomallia sekä nollasarja. Prototyyppejä testattiin erilaisissa olosuhteissa saaden tulokseksi muutostarpeet, ja niiden pohjalta tehtiin tarvittavat muutokset ennen nollasarjan tilausta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production engineering
Product Development

LAURI VEITONMÄKI:
Designing Log Lifter for Japa Log Splitter

Bachelor's thesis 28 pages, appendices 2 pages
May 2015

This thesis was written for Laitilan Rautarakenne Oy, which manufactures firewood processors. The aim of this thesis was to design a log lifter for Japa hydraulic log splitters. The log lifter's task is to lift log from the ground to the splitting chute. Finnish producers do not produce log lifters for log splitters.

The design of the log lifter was to make the log splitter easier and more effective to operate. The idea was to develop and compare different solutions to make log lifting easy and cost-efficient. The logs used for log splitters are usually bulky and heavy. Repeated lifting is not ergonomical and it might cause backache. SolidWorks design software were used for designing this work and SolidWorks Simulation for structural analysis.

As a result of this thesis, a hydraulic log lifter was designed. Two prototypes and a small test series for testing the manufacturing of log lifter were made. Prototypes were tested in various conditions to make possible changes before ordering the test series

Keywords: firewood processor, log lifter, research and development

SISÄLLYS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | LAITILAN RAUTARAKENNE OY..... | 7 |
| | 2.1 Yritys | 7 |
| | 2.2 JAPA® -polttopuukoneet..... | 7 |
| | 2.2.1 Hydraulihalkojat JAPA® 110 ja JAPA® 60..... | 8 |
| 3 | TUOTTEEN SUUNNITTELU | 9 |
| | 3.1 Tuotekehitysprosessi..... | 9 |
| | 3.1.1 Esitutkimus..... | 10 |
| | 3.1.2 Luonnostelu..... | 10 |
| | 3.1.3 Kehittely..... | 11 |
| | 3.1.4 Viimeistely..... | 11 |
| | 3.1.5 Protomalli..... | 12 |
| | 3.2 Ohutlevyrakenteet..... | 12 |
| | 3.3 Lujuuslaskenta | 13 |
| | 3.4 Turvallisuus | 13 |
| 4 | PUUNNOSTIMEN SUUNNITTELU | 15 |
| | 4.1 Tehtävän rajaus | 15 |
| | 4.2 Ideointi | 15 |
| | 4.2.1 Osatoiminnot..... | 16 |
| | 4.2.2 Osatoimintojen arvioiminen..... | 16 |
| | 4.2.3 Ratkaisumuunnelmat..... | 17 |
| | 4.3 Puunnostimen kokoonpano..... | 21 |
| 5 | POHDINTA..... | 24 |
| | LÄHTEET..... | 26 |
| | LIITEET | 27 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|----------------------|--|
| F | voima |
| G | painovoima |
| m | massa |
| a | kiihtyvyys |
| g | putoamiskiihtyvyys |
| FEM | Finite Element Method, elementtimenetelmään perustuva lujuuslaskenta |
| Solidworks | 3D-suunnitteluohjelmisto |
| SoldWorks Simulation | SolidWorks – ohjelmiston FEM – laskenta lisäosa |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella puunnostin Laitilan Rautarakenne Oy:n JAPA® 60 ja JAPA® 110 hydraulihalkojia varten. Laitilan Rautarakenne Oy:llä on olemassa JAPA® 495 -puunnostin JAPA® 355 ja JAPA® 385 – polttopuukoneiden lisävarusteena. Tarkoitus oli suunnitella pienempi puunnostin ja aivan uusi tuote.

Puunnostimen tarkoitus oli nostaa puu hydraulihalkojan kouruun. Käyttövoiman ja mekanismien valitsemisessa tuli huomioida komponenttien hinnat ja käyttömukavuuden mukanaan tuoma lisäarvo. Suunnitellusta tuotteesta tuli saada rakennettua myös proto, jotta pystyttiin toteamaan tuotteen toimivuus ja saamaan selville tarvittava työmäärä ja osien tarkat hinnat. Näin saatiin selville myös muutosten tarve.

Puunnostin on hyödyllinen lisävaruste kun tehdään suuria määriä halkoja tai jos halkaitavat puut ovat suuria ja painavia. Puunnostin luo ergonomiiaa polttopuiden tekoon ja saa näin aikaan hyvinvointia koneen käyttäjälle.

Työn alussa tutustutaan hieman Laitilan Rautarakenne Oy:n ja yrityksen tuotteisiin, jonka jälkeen käydään läpi suunnitteluprosessia. Lopuksi esitellään aikaansaatu tuotetta ja pohditaan sen valmiutta tuotantoon.

2 LAITILAN RAUTARAKENNE OY

2.1 Yritys

Laitilan Rautarakenne Oy on Terra Patris Oy:n tytäryhtiö ja sijaitsee Laitilassa Varsinais-Suomessa. Laitilan Rautarakenne on vuonna 1977 perustettu metallialan yritys, joka kehittää, valmistaa ja markkinoi JAPA® -tuotemerkillä polttopuukoneita. Lisäksi yhtiö valmistaa maatalouden sekä metsän- ja kiinteistönhoidon työkoneita. Yhtiö työllistää noin 40 henkeä.

Suomessa Laitilan Rautarakenteen tuotteita myyvät Agco ja Can-Am -ketjut. Merkittävimmät vientimarkkinat ovat Pohjoismaat ja Keski-Eurooppa. (Terra Patris Oy 2013.)

2.2 JAPA® -polttopuukoneet

Laitilan Rautarakenne Oy:n valmistaa ketjusaha- ja sirkkeli-polttopuukoneita, hydraulihalkojia, hiekoittimia ja lisävarusteita edellä mainittuihin koneisiin kuten esimerkiksi rankapöytiä, juontokouraa ja puhdistusrumpua (JAPA – polttopuukoneet, 2014). Polttopuukoneet vaihtelevat ominaisuuksiltaan ja jyrkyydeltään. Koneiden halkaistavan puun maksimihalkaisijat vaihtelevat 26 cm:stä 48 cm:n. Konemalleja valmistetaan käytettäväksi sähkömoottorilla, traktorin nivelakselilla, traktorin hydraulilla sekä joitain malleja myös erillisellä polttomoottorilla. JAPA® 305 – polttopuukonetta ja JAPA® 60 – hydraulihalkojaa saa myös BRP Finland Oy:n kanssa yhteistyössä kehitettyinä Forest Pro – malleina sekä Laitilan Rautarakenne Oy:n omina Off Road – malleina, jotka ovat omiaan maastossa liikkumiseen (JAPA – polttopuukoneet, 2014). Japa® - polttopuukoneiden tekniikka perustuu pitkälti hydraulikkaan ja mekaanisiin vivustoihin.

2.2.1 Hydraulihalkojat JAPA® 110 ja JAPA® 60

Hydraulihalkojat on tarkoitettu yksinkertaiseen polttopuun tekoon. Toiminta tapahtuu asettamalla halkaisukouruun valmiiksi sahattuja puupöllejä, jotka halkojan työnnin työntää kirveen läpi saaden aikaan polttopuita. Halkojat ovat yksinkertaisuutensa vuoksi edullinen vaihtoehto polttopuiden tekoon. Hydraulihalkojaa käytetään paljon myös halkaisijaltaan suurien puiden halkomiseen, jotka eivät halkaisijansa vuoksi mahtuisi käytettävään ketjusaha-, tai sirkkeli-polttopuukoneeseen tai olisivat vaikeita halkoa kiilojen ja kirveiden kanssa.

JAPA® 110 ja JAPA® 60 mallien numerosarjat kertovat niiden halkaistavan puun maksimipituudet 1100 mm ja 600 mm. Halkaisijoiden rungot on rakennettu I-palkin päälle ja lyhempi malli JAPA® 60 on vakiona varusteltu siirtopyörin. 4-osakirves mahdollistaa halkojen tekemisen 2 tai 4 osaan. Turvallisuus on tärkeä osa JAPA®- tuotteita ja hydraulihalkojissa tämä on toteutettu siten, että työnnintä käytetään kahden käden ohjauksella.

3 TUOTTEEN SUUNNITTELU

Tuotekehitys on välttämätön osa yritystä, joka tähtää uusien tuotteiden tuomiseen markkinoille. Tuotteiden elinkaari on rajallinen ja niinpä yritykset tarvitsevat tuotteiden päivityksiä ja uusia tuotteita pyrkiessään varmistamaan yrityksen tulevaisuus pitkällä aikavälillä. Tuotekehityksen tehtävänä on täyttää tuotteelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset niin hyvin kuin kyseisellä hetkellä on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja tarkoituksenmukaista (Airila, Karjalainen, Mantovaara, Nurmi, Ranta, Verho 1985, 13).

Tuotekehitysprojektit tasapainottelevat kustannusten, ajan ja tulosten välillä. Lähtökohdiana on saada aikaan toimiva, laadukas ja myyvä tuote, jonka kehitykseen ei ole kulunut tarpeettomasti aikaa ja rahaa, jotta rahaa alkaisi virrata takaisin kassaan mahdollisimman nopeasti ja paljon.

Ajatus tuotekehitysprojektin käynnistämisestä lähtee aina ideasta. Edellytyksenä tuotekehitysprosessin käynnistämiseen on idean ja tarpeen kohtaaminen ja mahdollisuudesta toteuttaa projekti. Tuottavia ideoita voi syntyä sattuman kautta ja hetken oivalluksesta, mutta toimiva jatkuvatoiminen tuotekehitys vaatii systemaattista ideoiden ja tietojen hakua tehtaan sisältä ja ulkomaailmasta. Intuitiivisen työskentelyn epäkohta on, että oikea oivallus tulee harvoin toivottuna ajankohtana, ja että on olemassa vaara syntyvien ratkaisuiden rajoittuvan työntekijän ammatilliseen näköpiiriin (Pahl & Beitz 1990, 35). Pahlin ja Beitzin (1990, 35) mukaan tästä syystä on pyrittävä diskursiiviseen työtapaan, jossa lähestytään ongelmaa askelittain ja kutakin ratkaisuyritystä analysoidaan, muunnellaan ja yhdistellään säännönmukaisesti.

3.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitysprosessi voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen: esitutkimus, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Prototyypin testaus kuuluu usein itsenäisenä osana tuotekehitystoimintaan (Airila ym. 1985). Tuotekehityksellä on suuri kustannusvaikutus ja se tasapainotteleekin kustannusten, ajan ja tulosten välillä. Järjestelmällisellä tuotekehityksellä ja loppuunsa hiotulla prosessilla saadaan tehostettua ajankäyttöä ja usein tuloksia kohtuullisessa ajassa.

3.1.1 Esitutkimus

Markkinoita tutkimalla selvitetään asiakkaiden tarpeita, jotka käynnistävät tuotekehitysprojektin. Tässä vaiheessa aletaan ideoimaan mahdollista ratkaisua löydettyyn tarpeeseen. Ratkaisuvaihtoehtoja lähdetään lähestymään pohtimalla vaatimuksia ja asiakkaiden toiveita tarpeen täyttämiseksi. Esitutkimukseen kuuluu myös tarpeen alaan ja kilpailijoiden tuotteisiin tutustuminen sekä myös ratkaisuiden voimassa oleviin patenteihin tutustuminen. Perusteellinen tiedonhaku, tehtävän asettelu ja oikeiden vaatimusten löytäminen on tärkeä osa esitutkimusta, koska ne asettavat projektin raamit. Mitä perusteellisemmin esitutkimusvaiheen käy läpi, sitä vähemmän joudutaan tekemään prosessin myöhemmissä vaiheissa muutoksia, jotka olisi voinut ennakoida. (Pahl & Beitz, 1990)

3.1.2 Luonnostelu

Luonnostelun aloittamisen edellytys on päätös tuotteen kehittämisen aloittamisesta ja että riittävä määrä tehtävän vaatimaa tietoa on hankittu. Luonnosteluvaiheen päätarkoitus on etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuperiaatteita kehitettävälle tuotteelle (Airila ym. 1985). Luonnosteluvaiheessa on tärkeää päästä irtautumaan ennakkokäsityksistä ja pohtia useita erilaisia vaihtoehtoja vanhojen perinteisten ratkaisujen lisäksi.

Luonnosteluvaiheen aluksi päivitetään esitutkimusvaiheessa muodostettu vaatimuslista. Vaatimuslista antaa lähtökohdan suunnittelulle. Vaatimuslistasta erotellaan vaatimukset ja toiveet. Suunniteltavan tuotteen toimintorakenne laaditaan luomalla tuotteelle kokonaistoiminto, joka pitää sisällään tuotteen päätoiminnon ja osatoiminnot (Kairus, 2012). Kokonaistoiminto jaetaan osatoimintoihin joihin luonnosteluvaiheessa kehitellään ratkaisuja. Kehiteltyjen osatoimintojen ratkaisuja yhdistelemällä luodaan erilaisia ratkaisumuunnelmia. Näitä ratkaisumuunnelmia vertaillaan keskenään vaatimuslistan pohjalta luotujen ja tärkeyden mukaan pisteytettyjen arviointikriteereiden mukaan. Tällä tavalla päästään luonnosteluvaiheen päätökseen ja lupaavimman vaihtoehdon valintaan, joka etenee seuraavaan kehittelyvaiheeseen.

Järjestelmällisesti osatoimintoihin ratkaisuja kehitellessä saadaan ratkaisuksi usein varsin suuri määrä ratkaisumuunnelmia. Tätä ratkaisukenttää supistetaan karsimalla mah-

dollisimman aikaisessa vaiheessa liian kalliit tai muuten sopimattomat vaihtoehdot. Ratkaisujen karsimisessa tulee kuitenkin olla tarkkana, koska usein lopullinen hinta paljastuu vasta kun osaratkaisuita yhdistellään kokonaisratkaisuiksi (Pahl & Beitz 1990, 133.)

3.1.3 Kehittely

Kehittely on se tuotekehitysprosessin vaihe, jossa tuotteen rakenne kehitetään vaikutusrakenteesta tai periaatteellisesta ratkaisusta lähtien teknisten ja taloudellisten näkökohtien mukaan yksikäsitteiseksi ja täydelliseksi. Kehittelyn tulos on ratkaisun rakennemuodon kiinni lyöminen. (Pahl & Beitz 1990, 176.) Pahlin ja Beitzin (1990, 176) mukaan kehittely osiossa tuotekehitysprosessi muuttuu konkreettisen rakennemuotoilun vaiheeseen ja viimeistään tässä vaiheessa valitaan materiaaleja ja valmistusmenetelmiä sekä sovitellaan kolmiulotteisesti osaratkaisujen yhteensopivuutta.

Pahl ja Beitz (1990, 178) jakavat kehittelyvaiheen vielä kolmeen eri osaan: karkeasuunnittelu, hienosuunnittelu, täydentäminen ja tarkastaminen, jotka koostuvat useista työaskeleista kohti lopullista rakennemuotoa. Ongelmien ilmaantuminen kehittelyvaiheessa aiheuttaa ratkaisuja kehittäessä paluun karkeasuunnittelun alkuun. Pahimmassa tapauksessa joudutaan aloittamaan kehittely kokonaan alusta uuden ratkaisumuunnelman kanssa. Kehittelyvaihe sisältää paljon ongelmia korjaavia vaiheita ja se vikojen tunnistaminen onkin kehittelyvaiheen yksi päätavoitteista.

3.1.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheeseen kuuluu suunnitellun tuotteen täydentäminen lopullisilla määräyksillä (esim. pinnan laadut, toleranssit, raaka-aineet), tuotannon ja markkinoinnin vaatimien dokumenttien luominen (esim. työpiirustukset ja osaluettelot, ohjekirja), sekä valmistusmenetelmien ja lopullisen hinnan määrittäminen (Pahl & Beitz 1990, 458). Nykyaikaiset suunnitteluohjelmat helpottavat viimeistelyvaiheen dokumenttien tekemistä. Kehitys on viemässä työpiirustusten tekemistä entistä helpommaksi tuomalla 3D-malleja valmistuksen tueksi. 3D-malleissa suunnittelijan ei tarvitse välttämättä mitoit-

taa kappaletta, koska tuotantovaiheessa voidaan valmistettavaa kappaletta tarkastella näytöllä ja mitata tarvittavia tietoja 3D-mallista

3.1.5 Protomalli

Viimeistelyvaiheen tuloksena saatujen tuotosten avulla valmistetaan protomalli. Protomalli voidaan tehdä koko tuotteesta tai joistakin tuotteesta käytetyistä osaratkaisuihin riippuen tuotteen koosta ja testaamisen tarpeesta. Protomalli rakennetaan tuotteen toimivuuden ja myös valmistettavuuden testaamiseksi. Protomallin testaamisen myötä pyritään saamaan selville tuotteen ongelmat ennen sen tuotantoon saattamista. Suunnittelija pyrkii ratkaisemaan kaikki ennakoitavissa olevat ongelmat lujuslaskelmien ja oman ammattitaidon avulla jo tietokoneen näytöllä, mutta aina ei laskelmissa käytettävät matemaattiset mallit pysty huomioimaan kaikkia vaikuttavia tekijöitä. Protomalli on oiva keino löytää myös inhimilliset suunnitteluvirheet. Protomallin avulla löydetään muutostarpeet tuotannon valmistelua varten tehtävälle nollasarjalle tai seuraavalle protomallille.

3.2 Ohutlevyrakenteet

Suunniteltavan puunnostimen rakenteissa tullaan todennäköisesti käyttämään laserleikattuja ja eri lailla särmättyjä ohutmetallilevyjä. Laserleikkaus on mahdollista lähes kaikille metalleille. Laserleikkauksen etuina on mm. tarkkuus ja tasalaatuisuus. Metallilevyille voidaan polttaa kaikki halutut muodot ja kuviot mitä voidaan esittää viivakuva-
na. Metallilevyä taivuttamalla saadaan kappaleelle lisää jäykkyyttä, joka voidaan huomioida käytetyissä ainepaksuuksissa ja saada aikaan kevyempiä rakenteita. Erilaisia taivutuksia tekemällä ja laserleikkaamalla tarvittavia muotoja pystytään usein myös vähentämään rakenteen osien määrää. Osien määrän pieneneminen vaikuttaa myös työvaiheiden vähenemiseen ja siten tuotannon tehokkuuteen.

3.3 Lujuuslaskenta

Suunnittelutyössä käytetään usein erilaisia matemaattisia laskentamalleja, joihin kuuluu mm. lujuuslaskenta. Lujuuslaskennalla pyritään tutkimaan rakenteen käyttäytymistä matemaattisten mallien avulla. Matemaattiset mallit ovat abstrakteja malleja, jotka perustuvat idealisoihtuihin rakenteisiin, kuormituksiin ja materiaaleihin. Näillä työkaluilla suunnittelija pyrkii simuloimaan todellisten rakenteiden käyttäytymistä erilaisten ulkoisten voimien ja mekaanisten rasitusten vaikutuksen alla. Lujuuslaskenta antaa osaltaan vastaukset tarvittaviin muotoihin ja ainevahvuuksiin.

Rakenteet joutuvat erilaisten voimien rasittamiksi ja rasitukset voidaan jakaa kuuteen pääryhmään: veto, puristus, taivutus, leikkaus, vääntö ja nurjahdus (Valtanen 2009, 440). Edellä mainitut rasitukset sopivat useimpiin kuormitustapauksiin, joko yksin tai yhdessä. Muodonmuutoslaji määräytyy sen mukaan, mikä rasituslaji kuormituksen kasvaessa saa lopulta rakenteen vaurioitumaan niin ettei se pysty enää toimimaan käyttötarkoituksensa mukaan (Lehtonen 1985, 9).

FEM-laskenta helpottaa simuloimaan kappaleiden käyttäytymistä erilaisissa kuormitus-tilanteissa ja ympäristöissä. Simulointiohjelmat ovat yksi lujuuslaskennan työkaluista.

3.4 Turvallisuus

Koneturvallisuutta määrittävät koneturvallisuuden standardit, joiden lähtökohtana on EU:n konedirektiivi 2006/42/EY. 29.12.2009 astui Suomessa voimaan asetus, jolla otettiin käyttöön edellä mainittu direktiivi. Asetuksessa määritellään turvallisuus- ja terveysvaatimukset, jotka koneen on täytettävä jos se aiotaan saattaa markkinoille EU-alueella (Lammi, J, 2010).

Konedirektiivi edellyttää koneen valmistajan suorittamaan koneelle turvallisuussuunnittelun, jossa huomioidaan kaikki koneen mahdolliset terveys- ja turvallisuusriskit koneen elinkaaren kaikissa ennakoitavissa olevissa vaiheissa. Tältä pohjalta kone on suunniteltava ja rakennettava tarkoitettuun käyttöön sopivaksi ja turvalliseksi ottaen huomioon

myös kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttöä.

CE-merkintä on valmistajan vakuutus siitä, että se täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset. CE-merkintä on oltava mm. koneissa, sähkölaitteissa, leluissa, henkilösuojaimissa ja painelaitteissa (Suomen standardisoimisliitto SFS RY, 2015).

4 PUUNNOSTIMEN SUUNNITTELU

Puunnostin oli tarkoitus suunnitella JAPA® -110 ja -60 hydraulihalkojien lisävarusteeksi. Lisävarusteen tehtävänä on tuottaa varsinaiselle tuotteelle lisäarvoa käyttöä helpottamalla tai lisäämällä tuotteen tehokkuutta.

4.1 Tehtävän rajaus

Tehtävää lähdettiin rajaamaan ajattelemalla puunnostinta asiakkaan näkökulmasta. Omat vaatimukset puunnostimelle asettaa myös hydraulihalkojat, joita varten puunnostinta suunnitellaan. Valtaosa JAPA® 110 ja JAPA® 60 hydraulihalkojista myydään kotimaahan, joten nostettavan puun maksimimassa laskettiin kotimaisen puun tiheyden mukaan. Suomalaisen männyn tiheys on 370 – 550 kg/m³, kuusen 300 – 470 kg/m³ ja koivun 590 – 740 kg/m³. (Puuinfo: Puu materiaalina – Lujuusteknisiä ominaisuuksia.)

Vaatimuslista:

- Nostettavan puun pituus 350-1100 mm.
- Nostettavan puun maksimihalkaisija 500 mm.
- Nostettavan puun maksimimassa 160 kg.
- Puun noustava noin 700 mm korkeuteen.
- Puunnostin on saatava kulkemaan hydraulihalkojan mukana.
- Kevytkäyttöinen.
- Tukeva, luottamusta herättävä rakenne.

Vaatimuslistasta löytyi yksi toive: tukeva, luottamusta herättävä rakenne, jotka oli otettava huomioon suunnittelussa hintaan vaikuttavana ominaisuutena.

4.2 Ideointi

Vaatimuslistassa oli määritelty suurimmaksi nostettavaksi massaksi 160 kg mikä oli saatava nousemaan maasta halkaisukouruun huomattavasti kevyemmällä työllä kuin mitä pöllin nosto ilman apuvälineitä vaatisi. Puun nostaminen maasta halkaisukouruun on nostimen päätoiminto. Puunnostimen toiminnot on jaettava osiin, joista summaamal-

la on mahdollista saada paras mahdollinen kokonaisratkaisu. Puunnostimen toiminnot ovat: nostomekanismit, asennon hallinta ja nostava taso.

4.2.1 Osatoiminnot

Päätoiminnon jako osiin helpottaa tuotekehitysprosessin ratkaisumenetelmien keksimistä ja niiden arvioimista. Osatoimintojen keksiminen kuuluu olla pientä hulluttelua multistavien innovaatioiden toivossa, mutta ratkaisuja tehdessä pitää olla myös järkevä ja niinpä taulukosta 1 on karsittu epätodennäköisimmät vaihtoehdot.

Taulukko 1: Osatoiminnot

| | | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| Nostomekanismi | Hydrauliikka | Vinssi | Pitkä kampi | Tason kaltevuus |
| Asennon hallinta | Hydrauliikka | Muotolukitus | Jarru | |
| Nostava taso | Koukut | Pöytä | Saksipihdit | |

4.2.2 Osatoimintojen arvioiminen

Hydrauliikan käyttö toiminnoissa olisi helppoa, koska hydraulihalkojat toimivat hydrauliikalla ja tällä tavalla rakenteesta pystyisi tekemään yksinkertaisen ja edullisen sekä nopean valmistaa. Hydrauliikan hyödyntämisen ongelmana on kuitenkin hydrauliikkakomponenttien hinta.

Erilaisten nostomekanismien punnitseminen ja suunnitteleminen oli työn haastavin osio. Vaatimuslistassa oli määritelty suurimmaksi nostettavaksi massaksi 160 kg mikä oli saatava nousemaan maasta halkaisukouruun huomattavasti kevyemmällä työllä kuin mitä pöllin nosto ilman apuvälineitä vaatisi. Suunniteltavan mekanismin tuli olla yksinkertainen, jotta se oli varmasti toimiva ja pitkäikäinen sekä mahdollisimman edullinen valmistaa. Mekanismit lisäävät osien määrää ja sitä kautta valmistuksen mukanaan tuomia kustannuksia. Erilaisia tapoja keventää työtä on mm. hammaspyörävälitys, vinssi/talja, ruuvit, jouset, vastapainot, pitkä kampi ja kalteva taso ramppina. Käytettävyyden takia on mielekästä pitää nostoliike nopeana jolloin vinssi ja ruuvi karsiutuivat vaihtoehdoista.

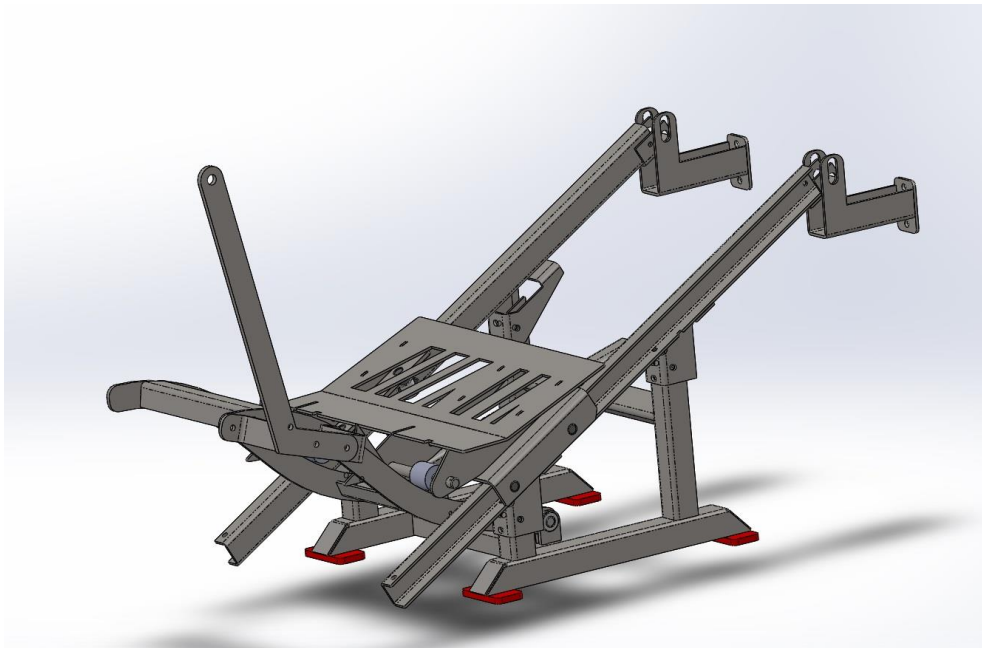
Asentoa pystyttiin hallitsemaan järjestelmän hydraulipaineella ja käyttöventtiilillä, joka oli jälleen helppokäyttöisin vaihtoehdoista. Osien muodoilla pystyttiin lukitsemaan asento haluttuun kohtaan, mutta tämä lisäsi jälleen osien määrää ja työn määrää. Erilaiset jarruvaihtoehdot olivat myös melko työläitä rakentaa tai kalliita ostaa ja ne usein vaativat enemmän huoltoa kun esimerkiksi mekaaniset muodolla toteutetut lukitukset.

Nostavaan tasoon liittyvistä vaatimuksista rajoittavin oli nostettavan puun pituuden vaatimus. Samalla nostimella oli pystyttävä nostamaan pöllejä mitkä olivat pituudeltaan 350 mm – 1100 mm. Pöytä on vaihtoehdoista ainoa, jolla pystyy saamaan yksinkertaisella rakenteella pöllin painosta ja pituudesta riippumatta suorittamaan noston tukevasti.

4.2.3 Ratkaisumuunnelmat

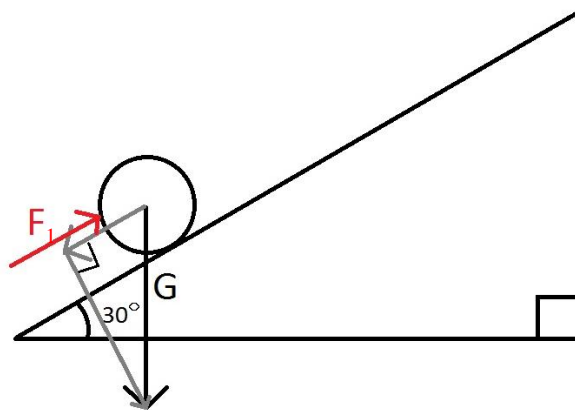
Osatoimintoja vertailemalla luotiin yksi käsikäyttöinen ja yksi hydraulinen ratkaisu puunnostimelle, joista molemmista päätettiin valmistaa prototyyppi niiden toiminnan ja valmistettavuuden testaamista varten. Tällä tavalla saimme tietää myös komponenttien tarkat hinnat ja pystyimme tarkemmin arvioimaan hitsaukseen ja varusteluun kuluvia aikoja.

Käsikäyttöinen ratkaisu (kuva 2) sisälsi pöydän nostavana tasona, muotolukituksen asennon hallintaa ja käytön kevennys oli toteutettu kaltevilla kiskoilla, joita pitkin pöytä liukui laakereiden avulla ja tätä pöytää liikutettiin suurella kammella, joka myös oli osa käytön kevennystä. Näiden yhteisvaikutuksesta saatiin aikaan huomattava kevennys puun nostoa varten.



Kuva 1: Käsikäyttöinen puunnostin

Käsikäyttöisen puunnostimen keventävät ratkaisut oli olennainen osa kokonaisratkaisua. Tästä syystä ratkaisujen keventävä vaikutus tuli todentaa ennen toteutusta. Nostimessa käytettiin kahta keventävää ratkaisua: kalteva taso (kuvio 1), ja pitkä kampi (kuvio 2).

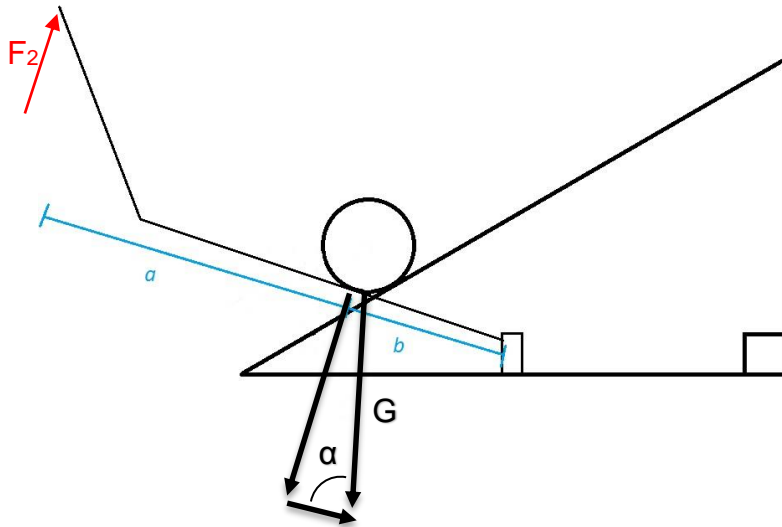


Kuvio 1: Kaltevan tason keventävä vaikutus

Kaavan (1) mukaan, jos puupöydän kiskot on asetettu 30° kulmaan, puun nostamiseen tarvittava voiman tarve puolittuu verrattuna puun nostamiseen suoraan maasta halkaisukouruun.

$$F_1 = \sin 30^\circ G = \frac{1}{2} G \quad (1)$$

Voiman määritelmä perustuu dynamiikan peruslakiin. Laissa voima F on $m \cdot a$, jossa m on kappaleen massa ja a kiihtyvyys. Kappaleeseen vaikuttaa maan painovoimasta aiheutuva voima G , joka on $m \cdot g$, jossa m on kappaleen massa ja g maan vetovoiman aiheuttama putoamiskiihtyvyys.



Kuvio 2: Kammen keventävä vaikutus

Pitkän kammen ansiosta voiman tarve jälleen vähintään puolittuu kaavan (5) mukaan. Pöydän noustessa kiskoja pitkin kuvion 2 α :n arvo pienenee jatkuvasti kaavan 3 rajoissa, ja sitä myöten myös pienenee käytettävän voiman tarve verrattuna puun nostamiseen suoraan maasta halkaisukouruun.

$$b \leq \frac{1}{2}(a + b) \quad (2)$$

$$0^\circ < \alpha \leq 90^\circ \quad (3)$$

$$F_2 \cdot (a + b) = \sin \alpha \cdot G \cdot b = \frac{\sin \alpha \cdot G \cdot (a + b)}{2} \quad (4)$$

$$F_2 = \frac{\sin \alpha \cdot G}{2} \quad (5)$$

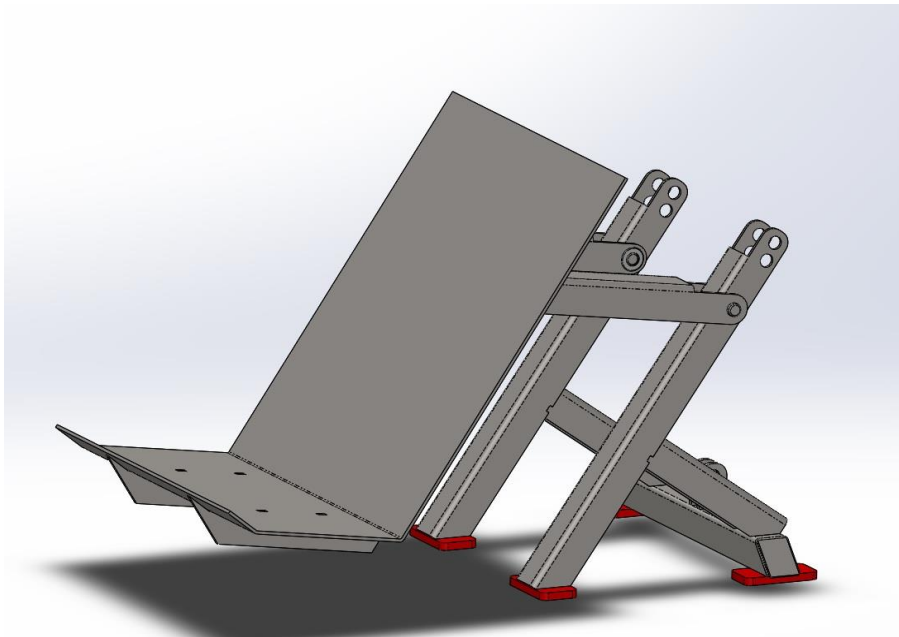
Kun hyödynnetään kuvion 1 ja 2 kevennysratkaisuja samanaikaisesti, saadaan tarvittava puun nostamiseen tarvittava voima kaavalla (6). Koska kaavan 3 mukaan α ei voi olla

suurempi kuin 90 astetta voidaan päätyä kaavan (7) mukaiseen ratkaisuun. Kaavan (7) mukainen ratkaisu on riittävän suuri kevennys käsikäyttöiseen puunnostin malliin.

$$F = \frac{1}{2} * \frac{\sin\alpha}{2} G = \frac{\sin\alpha}{4} G \quad (6)$$

$$F \leq \frac{1}{4} G \quad (7)$$

Hydraulinen rakenne (kuva 3) sisälsi myös pöydän nostavana tasona ja kaksitoimisen sylinterin puun nostoa ja asennon hallintaa varten. Järjestelmä tarvitsi toimiakseen myös oman käyttöventtiilin sekä muutaman letkun.



Kuva 2: Hydraulikäyttöinen puunnostin

Levyosien ja komponenttien hinta oli lähes sama käsikäyttöisessä ja hydraulisessa rakenteessa. Hydraulisen rakenteen ollessa huomattavasti yksinkertaisempi oli sen valmistuksen työn osuus huomattavasti pienempi kuin käsikäyttöisen puunnostimen. Protomallien levyosien ja komponenttien hintarakennetta tarkastellessa huomasimme hydraulisen ja mekaanisen puunnostimen olevan hinnoiltaan lähes samaa luokkaa. Hydraulisen mallin huomattavasti pienemmän työmäärän ja helppokäyttöisyyden takia päädyimme hydraulisen puunnostimen jatkokehittämiseen.

4.3 Puunnostimen kokoonpano

Hydraulinen puunnostin koostuu neljästä pääosasta: jaloista, pöydästä, nostimen kiinnikkeistä ja hydraulijärjestelmästä. Jalkojen tehtävänä on tukea puun nostoprosessia ja estää hydraulihalkojan ja puunnostimen kaatumisen raskasta puuta nostettaessa. Jalat on suunniteltu nousemaan irti maasta pöydän laskettua maan pintaa vasten. Tällä estetään suuri puristumisvaara esimerkiksi pöydän alle jääneille varpaille, kun varpaiden päälle jäävä massa on ainoastaan osa nostimen painosta eikä mukaan kerry lainkaan hydraulihalkojan massaa. Pöytä muotoiltiin ja mitoitettiin sen kokoiseksi, että sillä pystyttiin nostamaan vähintään vaatimusten mukainen 500 mm halkaisijaltaan oleva puu kouruun. Pöydän mallin avulla pystyy nostamaan vaihtoehtoisesti useampia alle maksimihalkaisijan olevia puita samalla kertaa ja sitä pystyi halkomisen aikana käyttämään myös apupöytänä. Kiinnikkeillä nostin kiinnitettiin hydraulihalkojan runkoon. Kiinnikkeiden avulla puunnostin lukittiin myös kuljetusasentoon (kuva 4). Kuljetusasento oli myös yksi tehtävän vaatimuksista. Liitteessä 1 tarkastellaan kiinnikkeiden jännityksiä ja siirtymiä SolidWorks Simulation – ohjelmalla saaduilla tuloksilla puunnostimen ollessa kuljetusasennossa. Hydraulijärjestelmä sisälsi kaksitoimisen sylinterin, kolme hydraulilettoa, käyttöventtiilin ja kuristusnipan.



Kuva 3: Kuljetusasento (Lauri Veitonmäki 2014)

Ensimmäisen protomallin ollessa valmis oli selvää, että rakenteesta pitäisi saada edullisempi valmistaa. Puunnostimen osien ainevahvuuksia pienennettiin valmistuskustannusten pienentämiseksi ja kevennyssyistä. Tärkeää oli kuitenkin rakenteen säilyminen kestäväenä ja luottamusta herättävänä. Ensimmäisen protomallin jalkojen määrää vähennettiin neljästä kahteen, ettei nostimen vakaus olisi niin riippuvainen tasaisesta maastosta. Tällä ratkaisulla saatiin myös vähennettyä puunnostimen levyosien määrää.

Puunnostimesta päätettiin tehdä toinen protomalli, koska rungon rakenteita muutettiin melko paljon. Useiden muutosten takia toista protomallia myös testattiin paljon. Näiden testien pääasiallinen tarkoitus oli testata tuotteen soveltuvuutta todelliseen käyttötilanteeseen ja myös suunniteltua suuremmilla puilla, jotta pystyimme vakuuttumaan koneen toimivuudesta ja kestävydestä. Testin aikana pohdittiin myös mahdollisia erilaisia tilanteita joissa koneen käyttäjä saattaisi käyttää konetta ohjeistuksesta poikkeavalla ta-

valla. Pyrittiin siis löytämään erilaisia mahdollisuuksia väärinkäyttää konetta, jotta pystyisimme ottamaan nämä tilanteet huomioon koneessa ennen sen tuotantoon saattamista.

Toista protomallia testatessa selvisi käyttöventtiilin vuotaminen suuren kuormituksen alla kun venttiilin karaa liikutti varovasti puuta nostettaessa. Tästä johtuen ennen nousemista pöytä saattoi ensin laskeutua hieman alaspäin. Tämän kaltaiset tarkoituksenmukaisemattomat liikkeet eivät ole sallittuja koneen turvallisuuden takia ja jouduimme tästä syystä vaihtamaan nostimeen toisen käyttöventtiilin. Päätimme myös vaihtaa testin aikana puun nostimessa kiinni olleen sylinterin toiseen, joka oli jo käytössä yhdessä Japa – polttopuukoneessa. Vaikka tämä lisäsi hieman koneen omakustannushintaa, tällä valinnalla pystyttiin vaikuttamaan varaston hallinnan kustannuksiin, kun varaston hyllypaikkoja olikin tästä syystä kahden sijasta vain yksi.

Puunnostimen valmistuksen kustannuksiin tuli kiinnittää huomiota. Koneen myyntihinta koostuu tuotteen osista ja komponenteista, valmistuksen (hitsauksen, kokoonpanon ja maalauksen) kustannuksista, logistiikan kuluista, suunnittelutyön kuluista, osien ja komponenttien tilaamisen ja varastoinnin hallintaan käytetyn työajan kuluista ja valmistavan yrityksen ja jälleenmyyjän katteesta. Suunnittelussa otettiin huomioon varastonhallintaan liittyvien kustannukset käyttämällä parhaan mukaan myös jo käytössä olevia komponentteja. Näitä kustannussäästöjä ei saa helposti näkemään suoraan omakustannushintaa tarkastellessa vaan ne vaikuttavat enemmän tehtaan toiminnan pyörimisen kuluihin suuremmissa mittakaavassa pieninä yksittäisinä ratkaisuin.

5 POHDINTA

Työn tuloksena oli puunnostin, joka sopi Laitilan rautarakenteen kaikkiin hydraulihalkoja – malleihin. Hydraulihalkoja on tehty ja myyty paljon aikojen saatossa ja puunnostimella oli tarkoitus saada halkojan käyttöön suuri apu suurien puiden noston apuvälineenä. Valmistunut puunnostin helpottaa ja tehostaa työntekoa huomattavasti ja tuolla tavalla merkittävää lisäarvoa ergonomian ja tehokkuuden muodossa käyttäjälle hydraulihalkojaan liitettynä. Hydrauliikan valinnalla käyttövoimaksi saimme aikaan nopeasti valmistettavan, ketterän ja voimakkaan kokonaisuuden.

Hydraulisesta puunnostimesta valmistettiin kaksi protomallia ja nollasarja (kuva 5), jolla pystyttiin tarkastelemaan tuotteen sopivuutta tuotantoon ja tarkastamaan arvioituja valmistuskustannuksia. Valtaosa nollasarjaan tapahtuneista muutoksista liittyi uuteen sylinterivalintaan ja loput testissä löytyneisiin ongelma-kohtiin.

Valmiistakin tuotteesta löytyy varmasti aina jotain kehityskohteita. Usein kehitettävää löytyy valmistuskustannusten pienentämisestä, käyttöliittymän toimivuudesta ja mukavuudesta. Tuotekehitys on jatkuva prosessi, jossa luodaan uusia tuotteita, mutta myös pyritään parantelemaan vanhoja tuotteita. Järjestelmällinen tuotekehitys on yrityksen pitkäikäisen toimivuuden elinehto.



Kuva 4: Nollasarjan ulkomuoto (Lauri Veitonmäki 2015)

LÄHTEET

Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, J., Miettinen, J., Niemi, E., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P., Verho, A., Vilenius & Vålmaa, V. 2010. Koneenosien suunnittelu. 4.-5. painos. Porvoo: WSOYpro Oy.

Airila, M., Karjalainen, J. A., Mantovaara, U., Nurmi, L., Ranta, A., Verho, A. 1985. Koneenosien suunnittelu 1 – Perusteet. Porvoo: WSOY.

JAPA – polttopuukoneet. Laitilan Rautarakenne Oy. Luettu 10.5.2014. <https://japa.fi/fi/>

Kairus, V. 2012. Modulaarisen poistokuljettimen suunnittelu polttopuukoneeseen. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Katainen, H. & Mäkinen, A. 1989. Muokkaava ja leikkaava työstö. Porvoo: WSOY.

Lammi, J. 2010. Vaatimustenmukaisuus ja tyyppihyväksyntä polttopuukoneille. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Lehtonen U. 1985. Kone-elinten lujuusoppi. 14. painos. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Porvoo: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Puuinfo. Puu materiaalina – Lujuusteknisiä ominaisuuksia. Luettu 20.4.2014. <http://www.puuinfo.fi/puun-lujuusteknisia-ominaisuuksia>

Suomen standardisoimisliitto SFS RY. CE-merkintä. Luettu 18.4.2015 http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta

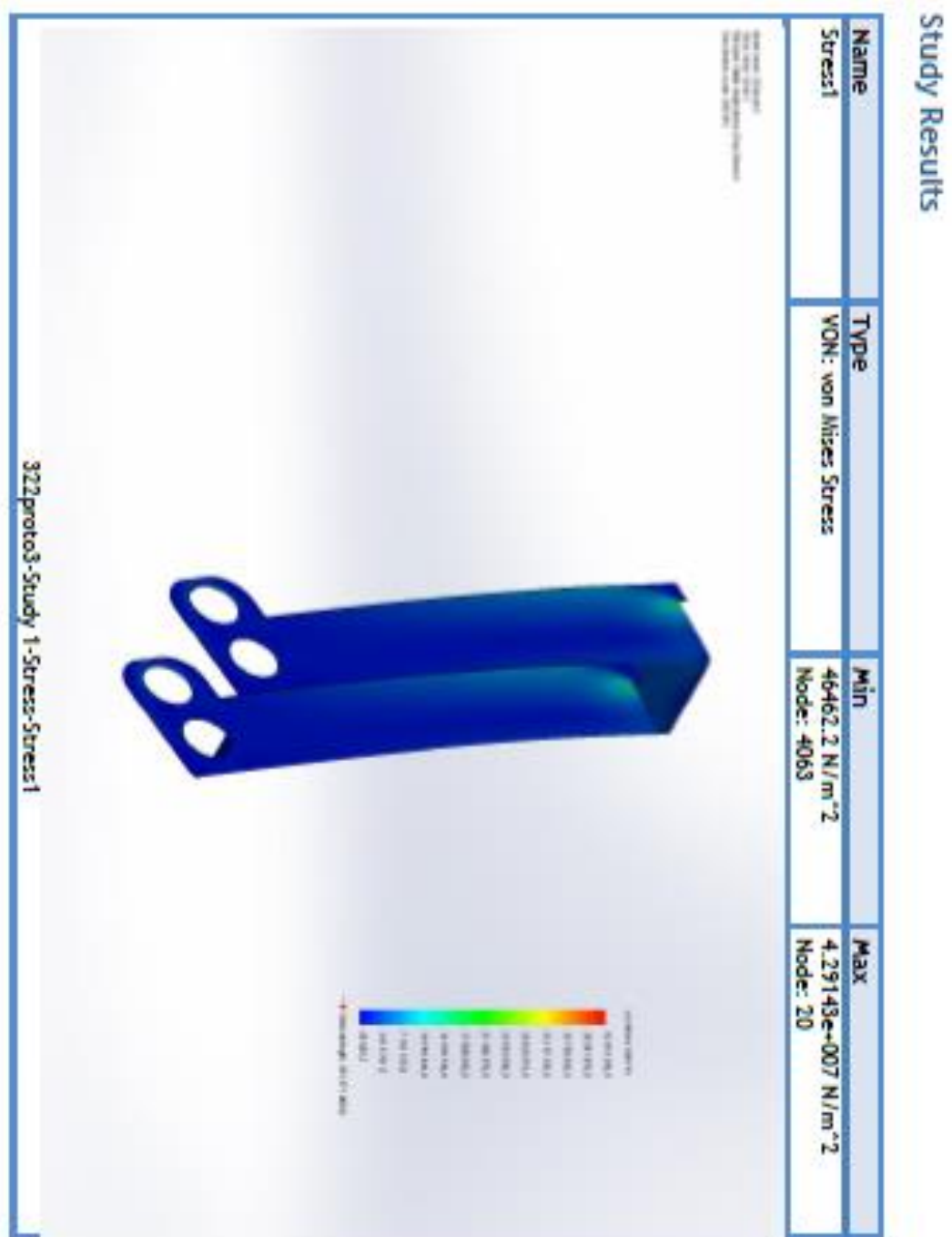
Terra Patris Oy. 2013. Tytäryhtiöt – Laitilan Rautarakenne Oy. Luettu 3.6.2014 <https://www.terrapatris.fi/tytaryhtiot/laitilan-rautarakenne-oy>

Valtanen, E. 2009. Tekniikan taulukkokirja. 17. painos. Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy.

LIITEET

Liite 1. Puunnostimen kiinnikkeiden FEM-tarkastelu

1 (2)



(jatkuu)

