

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitystekniikka

2018

Matias Vuori

SÄÄDETTÄVÄ POLJINTASO

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

2018 | 47 sivua, 2 liitesivua

Matias Vuori

SÄÄDETTÄVÄ POLJINTASO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää säädettävä poljintasokonsepti, joka auttaa parantamaan kaivoslastaajan ajoasentoa ja tekee sen ergonomisemmaksi. Tavoitteena oli suunnitella yksinkertainen ja helposti asennettava runko poljintasolle ja siihen luotettava korkeudensäätö, jota kuljettajan on helppo käyttää. Säädettävä poljintaso on tärkeä ominaisuus, jonka avulla kuljettajat saavat mahdollisimman ergonomisen ajoasennon. Opinnäytetyön tilasi Sandvik Mining and Rock Technology.

Poljintaso suunniteltiin Siemensin NX- ja Teamcenter-ohjelmilla, joiden avulla asiakkaalle tuotettiin tarvittavat tiedostot ja dokumentit, joilla konseptin voi valmistaa. Lisäksi konseptin rakenteita tarkasteltiin FEM-analyysin avulla, jolla voitiin todentaa konseptin tarvittava kestävyys.

Tuloksena opinnäytetyöstä yritys sai valmiin konseptin, jota on mahdollista muokata ja kehittää tulevaisuudessa tarpeen mukaan.

ASIASANAT:

Tuotekehitys, konsepti, valmistettavuus.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

2018 | 47 pages, 2 appendices

Matias Vuori

ADJUSTABLE PEDAL PLANE

The objective of this thesis was the development of an adjustable pedal plane concept, which helps to improve the underground loader's driving position and make it more ergonomic. The objective was to design a simple and easy to install frame for the pedal plane and a reliable height adjustment for it, which is easy for the driver to operate. Adjustable pedal plane is an important feature, that allows the drivers to have the most ergonomic driving position possible. The thesis was commissioned by Sandvik Mining and Rock Technology.

The pedal plane was designed with Siemens NX and Teamcenter programs, which were used to produce the needed files and documents that are needed to manufacture the concept to the client. In addition, the concept structures were examined with the FEM-analysis, which was used to verify the needed strength of the concept.

As a result of this thesis the company received a manufacturing ready concept that can be modified and improved in the future, if needed.

KEYWORDS:

Product development, concept, manufacturability.

SISÄLTÖ

| | |
|---|-----------|
| KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO | 8 |
| 1 JOHDANTO | 9 |
| 2 TAUSTA | 10 |
| 2.1 Sandvik-konserni | 10 |
| 2.2 Opinnäytetyön tavoite ja toteutus | 10 |
| 2.2.1 Siemens NX | 10 |
| 2.2.2 Siemens Teamcenter | 11 |
| 2.3 Opinnäytetyön aloitus | 11 |
| 2.4 Raportointi ja tiedonvälitys | 11 |
| 3 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN TOTEUTUS | 12 |
| 3.1 Asiakkaan asettamat vaatimukset | 12 |
| 3.2 Liikevoimantuottajan valinta | 13 |
| 3.2.1 Lineaari- ja karamoottori | 13 |
| 3.2.2 Ruuvinostin | 13 |
| 3.2.3 Hydraulikkasyylinteri | 13 |
| 3.2.4 Pneumaattinen sylinteri | 14 |
| 3.2.5 Kaasujousi | 14 |
| 3.2.6 Manuaalinen siirto | 14 |
| 3.2.7 Lopullinen valinta | 14 |
| 3.3 Lineaarijohtimien valinta | 16 |
| 3.3.1 Liuku- ja teleskooppijohteet | 17 |
| 3.3.2 Pyöröjohteet | 17 |
| 3.3.3 Kuulajohteet | 17 |
| 3.3.4 Rullajohteet | 17 |
| 3.3.5 Lopullinen valinta | 17 |
| 3.4 Rungon mallintaminen ja valmistustapa | 18 |
| 3.4.1 Osien materiaalinvalinta | 19 |
| 3.4.2 Osien pintakäsittelynvalinta | 19 |
| 3.5 Laskut | 19 |
| 3.5.1 Lineaarijärjestelmä | 19 |
| 3.5.2 FEM-analyysi | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 4 3D-MALLIT | 24 |
| 4.1 Valmistettavat osat | 24 |
| 4.1.1 Kaasujousen yläkiinnike | 24 |
| 4.1.2 Jalkatuki | 25 |
| 4.1.3 Lisätuki jalkatuen kiinnitykseen | 26 |
| 4.1.4 Runko | 27 |
| 4.1.5 Yläsuoja | 28 |
| 4.1.6 Alasuoja | 29 |
| 4.2 Ostettavat osat | 30 |
| 4.2.1 Bansbach, lukittava vetävä kaasujousi | 30 |
| 4.2.2 Bansbach, vapautusjärjestelmä | 30 |
| 4.2.3 Mekanex, lineaarikelkka | 31 |
| 4.2.4 Mekanex, lineaarikisko | 32 |
| 4.3 Kokonaisuus | 33 |
| 5 VALMISTUSPIIRUSTUKSET | 34 |
| 5.1 BG01043985 | 34 |
| 5.1.1 BG01041028 | 35 |
| 5.1.2 BG01041029 | 35 |
| 5.2 BG01043762 | 36 |
| 5.2.1 BG01043737 | 37 |
| 5.3 BG01084677 | 39 |
| 5.3.1 BG01080809 | 39 |
| 5.4 BG01043927 | 40 |
| 5.4.1 BG01041006 | 41 |
| 5.4.2 BG01040743 | 41 |
| 5.4.3 BG01044262 | 42 |
| 5.4.4 BG01040778 | 42 |
| 5.5 BG01040871 | 43 |
| 5.6 BG01075639 | 44 |
| 5.7 BG01044004 | 45 |
| 6 YHTEENVETO | 46 |
| LÄHTEET | 47 |

LIITTEET

Liite 1. STA-02-030

Liite 2. STA-02-047

KAAVAT

| | |
|-----------------------------------|----|
| Kaava 1. Momentti (Mekanex 2018). | 20 |
| Kaava 2. Elinikä (Mekanex 2018). | 20 |

KUVAT

| | |
|--|----|
| Kuva 1. Alustavan rungon FEM-analyysi. | 21 |
| Kuva 2. Vahvistetun rungon FEM-analyysi. | 22 |
| Kuva 3. Lopullisen rungon FEM-analyysi. | 23 |
| Kuva 4. Kaasujousen yläkiinnike. | 24 |
| Kuva 5. Jalkatuki. | 25 |
| Kuva 6. Jalkatuen lisätuki. | 26 |
| Kuva 7. Runko. | 27 |
| Kuva 8. Yläsuoja. | 28 |
| Kuva 9. Alasuoja. | 29 |
| Kuva 10. Kaasujousi. | 30 |
| Kuva 11. Vapautusjärjestelmä. | 30 |
| Kuva 12. Lineaarikelkka. | 31 |
| Kuva 13. Lineaarikisko. | 32 |
| Kuva 14. Kokonaisuus. | 33 |
| Kuva 15. BG01041028. | 34 |
| Kuva 16. BG01041028. | 35 |
| Kuva 17. BG01041029. | 35 |
| Kuva 18. BG01043762. | 36 |
| Kuva 19. BG01043737. | 37 |
| Kuva 20. BG01040907. | 38 |
| Kuva 21. BG01071729. | 38 |
| Kuva 22. BG01084677. | 39 |
| Kuva 23. BG01080809. | 39 |
| Kuva 24. BG01043927. | 40 |
| Kuva 25. BG01041006. | 41 |
| Kuva 26. BG01040743. | 41 |
| Kuva 27. BG01044262. | 42 |
| Kuva 28. BG01040778. | 42 |
| Kuva 29. BG01040871. | 43 |
| Kuva 30. BG01075639. | 44 |
| Kuva 31. BG01044004. | 45 |

TAULUKOT

| | |
|---|----|
| Taulukko 1. Liikevoimantuottajan arvoanalyysi. | 15 |
| Taulukko 2. Prosentuaalinen määrä kokonaispainosta (Exercise Prescription on Internet). | 16 |
| Taulukko 3. Lineaarijohteen arvoanalyysi. | 18 |

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

| | |
|-----|--|
| CAD | Computer Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu (Siemens NX 2018) |
| CAE | Computer Aided Engineering eli tietokoneavusteinen las- kenta (Siemens NX 2018) |
| CAM | Computer Aided Manufacturing eli tietokoneavusteinen val- mistus (Siemens NX 2018) |
| FEM | Finite Element Method eli elementti menetelmä (Siemens NX 2018) |
| PLM | Product Lifecycle Management eli tuotteen elinkaaren hallin- nointi (Siemens Teamcenter 2018) |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää säädettävä poljintaso Sandvikille. Poljintaso kehitetään Delta-mallin kaivoslastaajaan. Työn tavoite on kehittää toimiva ratkaisu poljintason korkeuden säätämiseen, jota on mahdollista käyttää muissakin Sandvikin laitteissa. Säädettävä poljintaso on tärkeä ominaisuus, jonka avulla kuljettajat saavat mahdollisimman ergonomisen ajoasennon.

Sandvikilta saadun aiheen tekee mielenkiintoiseksi sen tuomat haasteet, kuten esimerkiksi erilaisten liikevoimantuottajavaihtoehtojen vertailu, erilaisten konseptien tekeminen ja niistä parhaimman valitseminen ja kehittäminen, sekä konseptin valmistamiseen vaadittavien dokumenttien tekeminen. Säädettävän poljintason kehittäminen vaatii asiakkaan vaatimuksien ja raja-arvojen selvittämisen, käyttöolosuhteiden luomien haasteiden huomioon ottamisen ja laajan tutustumisen erilaisiin korkeudensäätömahdollisuuksiin.

Opinnäytetyössä pohditaan, miten ajatuksesta luodaan konsepti ja konseptista tehdään valmis kokonaisuus yritykselle valmistettavaksi. Tärkeimpinä lähteinä toimivat Sandvikin omat tuotteiden mallintamiseen ja valmistukseen tarkoitetut dokumentit.

2 TAUSTA

2.1 Sandvik-konserni

Sandvikin perusti Göran Frederik Göransson vuonna 1862. Nykyään Sandvik työllistää noin 43 000 henkilöä maailmanlaajuisesti. Sandvikin pääkonttori sijaitsee Tukholmassa Ruotsissa. Sandvik-konserni voidaan jakaa kolmeen eri osaan: Sandvik Machining Solutions, Sandvik Mining and Rock Technology ja Sandvik Materials Technology. (Sandvik Group 2018.)

2.2 Opinnäytetyön tavoite ja toteutus

Opinnäytetyö tehdään Sandvik-konserniin kuuluvalla Sandvik Mining and Construction Oy:n Turun osastolle. Opinnäytetyön yhteyshenkilönä Sandvikilta toimii Jussi Mikkola. Tuotekehitysprojektin tavoitteena on kehittää asiakkaalle säädettävä poljintaso, jonka avulla saadaan kuljettajan ajoasento mahdollisimman ergonomiseksi. Projektissa tuotetaan Sandvikille 3D-mallit, valmistuspiirustukset, sekä valitaan ostettavat komponentit. Mallit ja piirustukset tehdään käyttäen Siemensin NX-ohjelmaa. Valmiit dokumentit palautetaan Sandvikin käyttämään Siemensin Teamcenteriin.

2.2.1 Siemens NX

Siemens NX on 3D-mallinnusohjelma, johon on integroitu tuotesuunnittelu-, mekaniikka-suunnittelu- ja valmistusratkaisut, joiden avulla voi tuottaa parempia tuotteita nopeammin ja tehokkaammin. Ohjelma sisältää CAD/CAM/CAE-kokonaisuudet.

NX-ohjelma tarjoaa mahdollisuuden nopeaan, tehokkaaseen ja joustavaan tuotekehitykseen. Siinä on edistyneet ratkaisut konseptisuunnitteluun, 3D-mallintamiseen ja dokumentointiin. Se sisältää monialaisia simulointimahdollisuuksia rakenteelliseen-, liike-, lämpö-, virtaus- ja monifysikaalisiin sovelluksiin. Ohjelma on täydellinen valmistusratkaisu osien koneistamiselle, työstämiselle ja laadunvalvontaan. (Siemens NX 2018.)

2.2.2 Siemens Teamcenter

Teamcenter on Siemensin luoma ja maailman laajimmin käytetty PLM-ohjelmisto, joka on luotu yrityksille viemään tuote- ja prosessi-innovaatioita eteenpäin tarjoamalla päätöksentekijöille oikeat tiedot tehdä älykkäämpiä ratkaisuja, jotka johtavat parempiin tuotteisiin. Teamcenter auttaa yrityksiä kaikilta teollisuudenaloilta hallinnoimaan jatkuvasti kasvavaa tuotteiden monimutkaisuutta, maksimoimalla tuottavuuden ja tehostamalla globaalia toimintaa.

Teamcenter tarjoaa välitöntä ja pitkäaikaisia liiketoiminnan tuloksia, kuten esimerkiksi älykkäämpiä päätöksiä nopeammin, parempia tuotteita suunnittelusta valmistukseen ja todistettua menestystä lisäämällä liiketoiminta-arvoa yritykselle. (Siemens Teamcenter 2018.)

2.3 Opinnäytetyön aloitus

Työn tekeminen aloitetaan pitämällä aloituspalaveri, jossa allekirjoitetaan toimeksianto-, opinnäyte- ja salassapitosopimukset. Palaverissa sovitaan vaatimukset, odotukset ja käydään läpi alustava aikataulu projektille. Palaverissa sovitaan myös alustavat päivämäärät katselmuksille, joissa käydään läpi projektin etenemistä, valintoja ja konsepteja.

2.4 Raportointi ja tiedonvälitys

Projektin tiedonvälitys hoidetaan pääosin katselmustilaisuuksissa, pieni osa tiedonvälityksestä suoritetaan sähköpostin ja puhelimen välityksellä. Lopullinen raportointi ja tiedostojen palauttaminen tapahtuvat Siemensin Teamcenterin avulla.

3 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN TOTEUTUS

Konseptin kehittämisen jaoin eri vaiheisiin. Ensimmäisessä vaiheessa tutustuin hytin tarjoamaan tilaan ja tein taustatutkimusta autoteollisuudessa jo käytettävistä erilaisista säädettävistä polkimista. Tein alustavan 3D-raakamallin poljintason rungosta SolidWorks-ohjelmalla, jonka avulla näin tilan tuomat haasteet ja sain käsitystä mahdollisista haasteista ja ongelmista koskien konseptin luomista. Tässä vaiheessa sovittiin asiakkaan kanssa vaatimukset konseptille.

Toisessa vaiheessa keskityin enemmän asiakkaan antamiin vaatimuksiin, liikevoimantuottajan ja lineaarijohtimien valintaan, sekä eri konseptien luomiseen. Ennen valintojen tekoa mietin aivoriihiyypisesti eri vaihtoehtoja, eli en hylännyt mitään vaihtoehtoa aluksi, vaan yritin löytää mahdollisimman paljon erilaisia vaihtoehtoja. Kun vaihtoehtoja oli paljon, aloin karsimaan niitä projektiin sopivuuden mukaan ja jäljelle jääneiden kesken tein arvoanalyysin. Toisen vaiheen lopussa kävimme asiakkaan kanssa läpi tekemäni valinnat ja esittelin alustavat konseptit, joista valittiin parhaiten sopiva.

Kolmannessa vaiheessa keskityin valitun konseptin kehittämiseen, mallintamiseen ja sen valmistettavuuteen. Valitsin materiaalin ja pintakäsittelyn konseptin osille. Tallensin 3D-mallit, osto-osat ja valmistuskuvat Sandvikin Teamcenteriin. Kolmannen vaiheen lopussa kävimme asiakkaan kanssa konseptin tarkemmin läpi ja sovimme pienistä muutoksista konseptin runkoon.

Neljännessä vaiheessa tehtiin konseptille FEM-analyysi, jolla varmistettiin rungon rakenteen riittävä kestävyys. FEM-analyysistä selvisi, että runkoa olisi syytä vahvistaa, joten runkoon tehtiin vielä tarvittavia muutoksia. Muutokset tehtiin valmistus- ja kokoonpanomielessä, joten vain rakenteen ainevahvuus ja muotoilu muuttui.

3.1 Asiakkaan asettamat vaatimukset

Poljintason on oltava irti hytin lattiasta, polkimien asema pysyttävä nykyisenä ja molemmat polkimet toimivat potentiometrillä. Korkeuden säätö oltava mahdollisimman helppoa kuljettajalle, poljintason on kestävä kuljettajan paino, joka määritettiin 100 kg ja säätöalue oltava vertikaalisti vähintään 200 mm. Kokonaisuuden oltava käyttöolosuhteisiin sopiva, eli lujatekoinen ja hiekkapölyn sekä kosteuden kestävä.

3.2 Liikevoimantuottajan valinta

Alkuun pohdin ajattelematta tilan tai teknisten rajoitteiden luomia haasteita, millä eri järjestelmillä voisi toteuttaa yrityksen vaatiman 200 mm:n vertikaalisen liikkeen. Kun mahdolliset järjestelmät olivat selvillä, tein taustatutkimuksen kyseisistä liikevoimantuottajista ja aloin karsimaan eri vaihtoehtoja projektin tuomien vaatimuksien mukaan. Karsimisesta selvisi että lineaari- ja karamoottorit, ruuvinostimet, hydrauliiikkasyliinterit, pneumaattiset sylinterit ja kaasujouset ovat projektiin sopivia liikevoimantuottajia. Lisäksi tarkastelin manuaalisen liikkeen hyödyntämistä konseptissa.

3.2.1 Lineaari- ja karamoottori

Lineaari- ja karamoottorien etuina on helppo liikkeenohjaus, varmatoimisuus, suojaus lialta, hiljaisuus, helppo vaihdettavuus, kytkentä ei vie tilaa ja on mahdollista ohjelmoida muistipaikka eri korkeuksille.

Niiden haittana on hinta ja sähkön tarve.

3.2.2 Ruuvinostin

Ruuvinostimien etuina on helppo liikkeenohjaus, hiljaisuus, helppo vaihdettuus, kytkentä ei vie tilaa ja on mahdollista ohjelmoida muistipaikka eri korkeuksille.

Niiden haittana on alttius lialle ja sähkön tarve.

3.2.3 Hydrauliikkasyliinteri

Hydrauliikkasyliinterien etuina on varmatoimisuus ja että voidaan hyödyntää koneessa jo olevaa hydrauliiikkaa.

Niiden haittana on ohjauksen tekeminen, ylimääräinen kuormitus koneen hydrauliiikka-järjestelmään ja hydrauliiikkaletkujen sijoittaminen.

3.2.4 Pneumaattinen sylinteri

Pneumaattisten sylinterien etuina on varmatoimisuus, suojaus lialta ja helppo vaihdettavuus.

Niiden haittana on ohjauksen tekeminen, paineilmaletkujen sijoittaminen ja koneessa ei ole kompressoria valmiina.

3.2.5 Kaasujousi

Kaasujousien etuina on hiljaisuus, vaihdettavuus, kytkentä ei vie tilaa ja ei vaadi sähköä ohjauksessa.

Niiden haittana on ohjelmoitavuuden puuttuminen.

3.2.6 Manuaalinen siirto

Manuaalisen siirron etuina on edullisuus ja yksinkertaisuus.

Niiden haittana on ohjauksen puuttuminen.

3.2.7 Lopullinen valinta

Arvoanalyysiin valitsin ylläolevien ominaisuuksien ja soveltuvuuksien perusteella lineaarimoottorin, ruuvinnostimen ja kaasujousen. Tärkeimpinä valintakriteereinä pidin asennettavuutta, tilantarvetta, robustisuutta ja ohjauksen tekemisen yksinkertaisuutta. Arvoanalyysiin käytin Excel-taulukkoa (Taulukko 1), pisteytys oli yhdestä viiteen ja maksimipistemäärä oli 3,1.

Taulukko 1. Liikevoimantuottajan arvoanalyysi.

| Tuottaja | Ohjaus | Hinta | Soveltuvuus (robust) | Asennettavuus | Koko | Paino | Keskiarvo |
|------------------|--------|-------|----------------------|---------------|------|-------|-----------|
| Lineaarimoottori | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2,2 |
| Ruuvinostin | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2,1 |
| Kaasujousi | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2,5 |
| Kerroin | 0,9 | 0,3 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | |

Liikevoimantuottajaksi konseptiin valikoitui kaasujousi. Kaasujousi tarjoaa yksinkertaisen ja varmatoimisen ohjauksen. Kaasujousi vaatii tilaa korkeussuuntaan, mutta muuten tilan tarve on pieni. Lisäksi kaasujousia on hyvin tarjolla eri työntö- ja vetovoimilla.

Tarkastelin eri valmistajien erilaisia kaasujousia ja niiden vapautusjärjestelmiä. Hytin tilan ja liikemekanikan takia kaasujouseksi valittiin vetävämalli, millä saatiin tarvittava liike suoritettua. Malliksi valikoitui Bansbachin lukittava vetävä kaasujousi. Siinä on riittävä 10 kN lukitusvoima, vetovoiman voima alue on riittävä ja siihen on projektiin sopiva vapautusjärjestelmä (Bansbach 2018).

Kaasujousen voiman määrittäminen

Voiman määrittäminen voitiin suorittaa vasta, kun poljintason runko oli mallinnettu valmiiksi, jolloin sen paino pystyttiin määrittämään. Rungon kokonaispaino oli noin 15 kg polkimien yhteispaino noin 8 kg.

Kuljettajan jalkojen painon määrittäminen oli haasteellista. Ensin suoritin mittauksia kymmenellä koehenkilöllä, mutta tulokset olivat epätasaisia ja muuttuivat suuresti riippuen asennosta ja istumakorkeudesta. Lisäksi käytin taulukkoa (Taulukko 2), missä ilmoitetaan eri ruumiinosien prosentuaalinen määrä ihmisen kokonaispainosta.

Taulukko 2. Prosentuaalinen määrä kokonaispainosta (Exercise Prescription on Internet).

| Segment | Males | Females | Average |
|----------------|-------|---------|---------|
| Head | 8.26 | 8.2 | 8.23 |
| Whole Trunk | 55.1 | 53.2 | 54.15 |
| Thorax | 20.1 | 17.02 | 18.56 |
| Abdomen | 13.06 | 12.24 | 12.65 |
| Pelvis | 13.66 | 15.96 | 14.81 |
| Total Arm | 5.7 | 4.97 | 5.335 |
| Upper Arm | 3.25 | 2.9 | 3.075 |
| Forearm | 1.87 | 1.57 | 1.72 |
| Hand | 0.65 | 0.5 | 0.575 |
| Forearm & Hand | 2.52 | 2.07 | 2.295 |
| Total Leg | 16.68 | 18.43 | 17.555 |
| Thigh | 10.5 | 11.75 | 11.125 |
| Leg | 4.75 | 5.35 | 5.05 |
| Foot | 1.43 | 1.33 | 1.38 |
| Leg & Foot | 6.18 | 6.68 | 6.43 |

Taulukon mukaan 100 kg painoisella henkilöllä jalkojen paino on noin 13 kg ja 75 kg painoisella noin 10 kg. Jos lisäksi pyritään ihannetulokseen, pitäisi tuloksiin lisätä vielä työkenkien paino. Kuljettajien paino vaihtelee usein, joten tein valinnan niin, että kaasujousi pystyy nostamaan poljintason vaikka painona olisi 100 kg kuljettajan jalat ja että kevyempi kuljettaja jaksaa silti painaa poljintasoa alaspäin. Valitsin kaasujousen nostettavaksi massaksi 40 kg, eli kaasujousen voimaksi valikoitui 400 N.

3.3 Lineaarijohtimien valinta

Lineaarijohteiden taustatutkimuksen jälkeen sopiviksi vaihtoehdoiksi vertailuun ilmeni liuku- ja teleskooppijohteet, pyöröjohteet, kuulajohteet ja rullajohteet. Tarvittavina ominaisuuksina pidin mataluutta, korroosion kestävyyttä, asennettavuutta, lian sietokykyä, voimien kestoja, liiketarkkuutta ja edullisuutta.

3.3.1 Liuku- ja teleskooppijohteet

Liuku- ja teleskooppijohteiden etuina on edullisuus, mataluus ja riittävä tarkkuus.

Niiden haittoina on asennettavuus ja voimien kesto.

3.3.2 Pyöröjohteet

Pyöröjohteiden etuina on tarkkuus, mataluus ja voimienkesto.

Niiden haittoina on asennettavuus ja lian sietokyky.

3.3.3 Kuulajohteet

Kuulajohteiden etuina on tarkkuus, asennettavuus ja voimienkesto.

Niiden haittoina korkeus, hinta ja lian sietokyky.

3.3.4 Rullajohteet

Rullajohteiden etuina on tarkkuus, mataluus, asennettavuus ja lian sietokyky.

Niiden haittana on heikompi voimien kesto verrattuna kuulajohteisiin.

3.3.5 Lopullinen valinta

Arvoanalyysiin valitsin pyöröjohteet, kuulajohteet ja rullajohteet. Tärkeimpinä ominaisuuksina pidin itse johteen kiinnitettävyyttä, johteen kelkkaan kiinnitettävyyttä, kokoa ja robustisuutta. Arvoanalyysiin käytin Excel-taulukkoa (Taulukko 3), pisteytys oli yhdestä viiteen ja maksimipistemäärä oli 2,8.

Taulukko 3. Lineaarijohteen arvoanalyysi.

| Johde | Kelkkaan kiinnitys | Hinta | Soveltuvuus (robust) | Johteen kiinnitys | Koko | Paino | Keskiarvo |
|--------------|--------------------|-------|----------------------|-------------------|------|-------|-----------|
| Pyöröjohteet | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1,85 |
| Kuulajohteet | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1,95 |
| Rullajohteet | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2,2 |
| Kerroin | 0,6 | 0,3 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | |

Lineaarijohdin tyypiksi valikoitui rullajohteet, koska ne ovat robustisia, kiinnitykset ovat hyvät ja tilantarve on pieni. Lineaarijohteen valintaa tehdessä haasteena oli polkimien aseman säilyttäminen, joka vaati johteelta mataluutta ja kapeutta, mikä taas rajaa johteen voimienkestoa. Vertailin eri valmistajien rullajohteita, sopivimmaksi tuotteeksi valikoitui Mekanexin ruostumaton johdejärjestelmä SL2, josta SSCPM44-kelkka ja SSNM44 536-kisko olivat voimien kestoltaan ja kooltaan projektiin sopivat. Tässä johdejärjestelmässä riittää yksi kisko, joka helpottaa sen asennusta ja asemoimista (Mekanex 2018).

3.4 Rungon mallintaminen ja valmistustapa

Kun liikevoimantuottajan ja lineaarikiskon valinta oli tehty, aloitin lopullisen rungon suunnittelun. Rungon suunnittelussa pidin tärkeimpinä ominaisuuksina valmistettavuutta ja muokattavuutta. Hylkäsin teräsvaluvaihtoehdon, koska mahdolliset muutokset ja parannukset poljintasoon tulevaisuudessa vaatisivat uutta muottia.

Rungon materiaalivaihtoehdoiksi mietin lattarautaa, I-palkkia, L-palkkia, neliö- suorakaide- ja pyöröputkea. Valintaa tehdessä tarkastelin runkoon kohdistuvia voimia ja ominaisuuksia, joita rungolta konseptissa vaaditaan.

Päädyin valitsemaan lattaraudan, vaikka esimerkiksi taivutusvastus on lattaraudassa pienempi kuin muissa, mutta poljintasolta ei vaadita suurta taivutusvastusta ja lattaraudan taivutusvastusta pystyy tarvittaessa parantamaan kasvattamalla ainevahvuutta ja muuttamalla muotoilua esimerkiksi särmäämällä. Lisäksi lattaraudan etuina on mahdollisuus valmistaa koko runko yhdestä levyarkista, mahdolliset muokkaukset tulevaisuudessa on helppo toteuttaa ja siitä saa tehtyä yksinkertaisen sekä kevyen rungon.

Rungon ja sen eri osat mallinsin niin, että ne on mahdollista valmistaa levytuotteista laserleikkaamalla. Rungon osat voidaan valmistaa samasta levyarkista, joka yksinkertaistaa tuotteiden tilaamista ja valmistusta, ainoastaan lineaarijärjestelmän- ja kaasujousensuojat valmistetaan eri ainevahvuudesta.

Osia mallintaessani pidin hitsauksen ja kokoonpanon mielessä. Osien yhteen hitsaamisen helpottamiseksi lisäsin kohdistusreikiä ja kohdistustappeja, joilla vältetään mittavirheet hitsauksessa. Hitsauksen mitoittamiseen käytin SFS 2373 -standardia. Sijoitin ruuvien kiinnityskohdat mahdollisimman asennusystävällisiin paikkoihin ja käytin hitsausmuttereita kokoonpanon helpottamiseksi. Runkoa ja muita osia suunnitellessani huomioin mahdolliset tulevaisuuden muutokset, jos esimerkiksi polkimet muuttuvat niin runkokehikko pysyy samana ja vain polkimien tasolevyyn tehdään tarvittavat muutokset.

3.4.1 Osien materiaalinvalinta

Osien materiaaliksi valitsin Sandvikin tiedostosta STA-02-030 (Liite 1), S007 S355J0C+N⁽⁸⁾, mikä soveltuu levytuotteille, joiden ainevahvuus on enimmillään 8 mm.

Rungon osat ovat 8 mm levyistä ja suojat on tehty 2,5 mm levyistä.

3.4.2 Osien pintakäsittelynvalinta

Osien lopulliseksi pintakäsittelyksi valitsin Sandvikin tiedostosta STA-02-047 (Liite 2), T16 Musta RAL7021, mitä Sandvik käyttää osassa hytin osissa.

3.5 Laskut

3.5.1 Lineaarijärjestelmä

Opinnäytetyön alussa tein alustavaa laskentaa, josta selvisi suuntaa antavat voimat jotka kohdistuvat lineaarijärjestelmään. Kun runko ja muut osat valmistuivat, sain tarkat mitat ja arvot laskuihin.

Momentit

Lineaarijärjestelmään kohdistuu suuri momentti, kun vaatimuksena oli, että poljintason on kestävä 100 kg:n massa, joten täytyi selvittää noin 1000 Newtonin voiman luoma vääntömomentti lineaarijärjestelmään.

Lineaarijärjestelmän valmistajalta löytyi kaava momentin selvittämiseksi.

$$M = (F1 \times L1) - (F2 \times L2)$$

Kaava 1. Momentti (Mekanex 2018).

Kaavan avulla pystyin valikoimaan sopivan lineaarikiskon ja kelkan konseptiin.

Eliniän lasku

Lineaarijärjestelmän valmistajalta löytyi kaava eliniän laskuun.

$$Lf = \frac{L1}{L1[\max]} + \frac{L2}{L2[\max]} + \frac{Ms}{Ms[\max]} + \frac{Mv}{Mv[\max]} + \frac{M}{M[\max]}$$

$$Life \text{ (km)} = \frac{Basic \text{ life}}{(Lf)^3}$$

Kaava 2. Elinikä (Mekanex 2018).

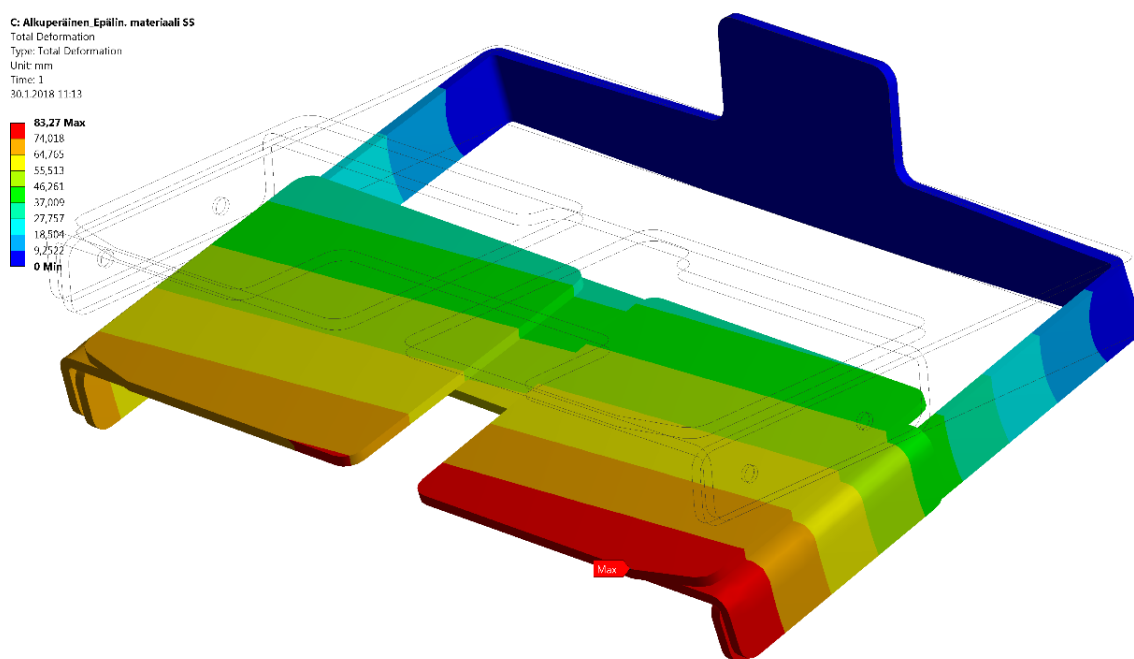
Kaavaan täytetään arvot valmistajan taulukoista ja omista laskuista. Laskin eliniän käyttäen taakkana 100 kg, minkä avulla sain tulokseksi reilut 60 kilometriä. Lineaarijärjestelmä ei tule kuormittumaan liikkeessä kyseisellä taakalla. Kun lineaarijärjestelmää käytetään, kuormittuu se vain rungon ja kuljettajan jalkojen painosta, joten tarkan eliniän laskeminen on mahdotonta. Kun taakkaa pienennetään niin elinikä moninkertaistuu, mistä voidaan todeta lineaarijärjestelmän sopivuus.

3.5.2 FEM-analyysi

Analyysiä tehtiin konseptia suunnitellessa ja mallintaessa SolidWorks-ohjelmalla, jolla pystyttiin todentamaan konseptin realistisuus ja lopuksi konseptin ollessa valmis tehtiin vielä tarkastelu Ansys-ohjelmalla Sandvikin toimesta. FEM-analyysi oli tärkeä osa suunnittelua varsinkin lopussa, kun tehtiin viimeisiä muokkauksia konseptiin.

Alustava runko

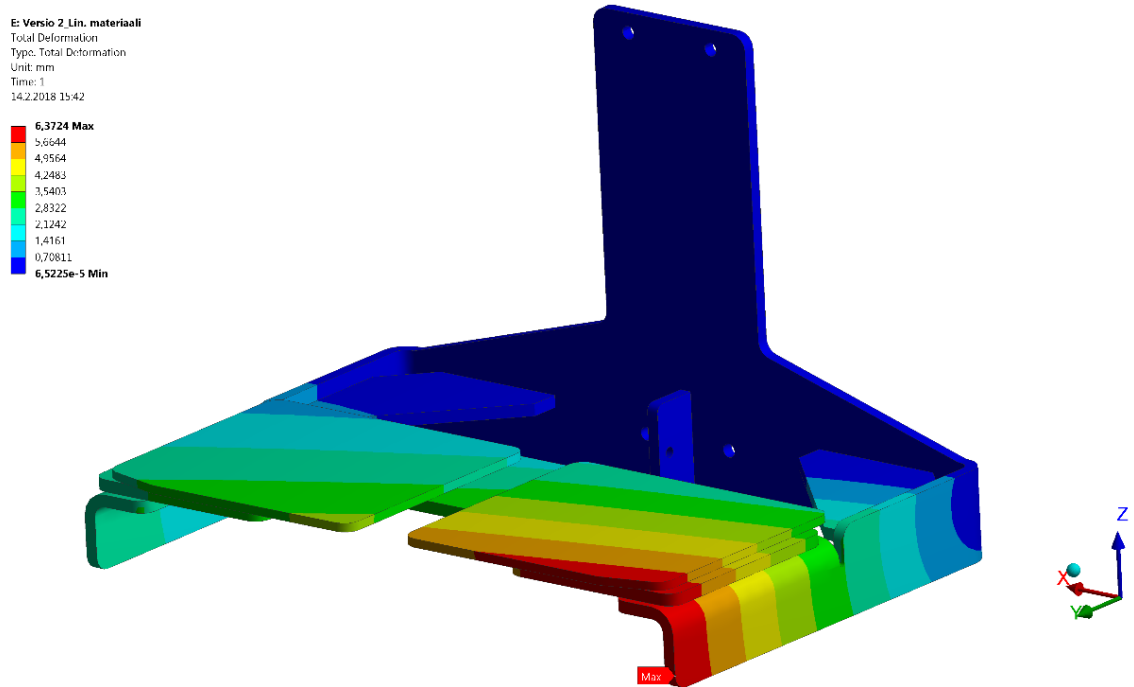
Alustavan rungon ainevahvuus oli 6 mm ja kun mallinnus oli valmis, tehtiin sille FEM-analyysi (Kuva 1). Analyysistä huomattiin, että runko tarvitsee muutoksia, koska 1000 Newtonin voiman kohdistuttua rungon toiseen reunaan, ylittyy materiaalin myötöraja ja lisäksi aiheutuu noin 80 mm siirtymä.



Kuva 1. Alustavan rungon FEM-analyysi.

Vahvistettu runko

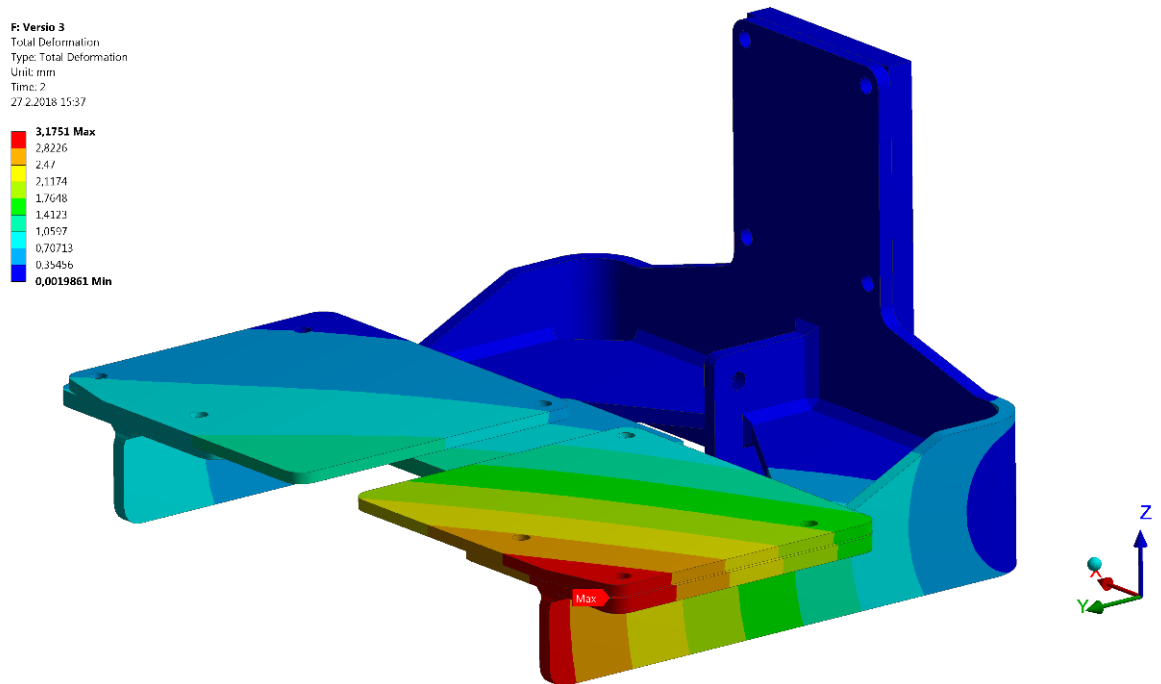
Alustavastan rungon FEM-analyysistä oli helppo havaita, missä on rungon heikoimmat kohdat, joten rungon muotoilua muutettiin, ainevahvuus kasvatettiin 8 millimetriin ja lisättiin kaksi tukirautaa (Kuva 2).



Kuva 2. Vahvistetun rungon FEM-analyysi.

Lopullinen runko

Vahvistettuun runkoon tehtiin vielä muutoksia, koska poljintason kiinnitystapaa muutettiin, lineaarikiskon malli vaihdettiin kestävämpään ja jalkatuen kiinnitystapa muutettiin tukevammaksi (Kuva 3).



Kuva 3. Lopullisen rungon FEM-analyysi.

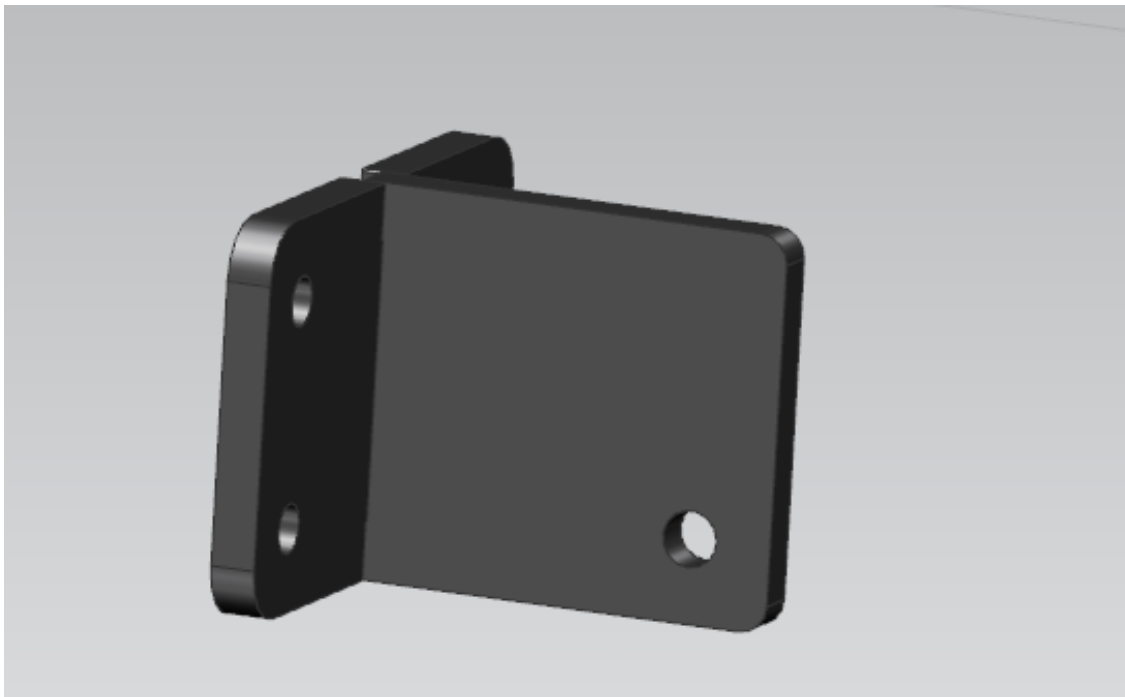
4 3D-MALLIT

4.1 Valmistettavat osat

Valmistettavia kokonaisuuksia on yhteensä kuusi ja ne sisältävät eri osia. Valmistettavat osat on valmistettu 8 mm:n levyistä, pois lukien kaasujousen suojat, jotka on valmistettu 2,5 mm:n levyistä. Jokaisesta osasta on tehty tarvittavat valmistus-, hitsaus- ja kokoonpanopiirustukset.

4.1.1 Kaasujousen yläkiinnike

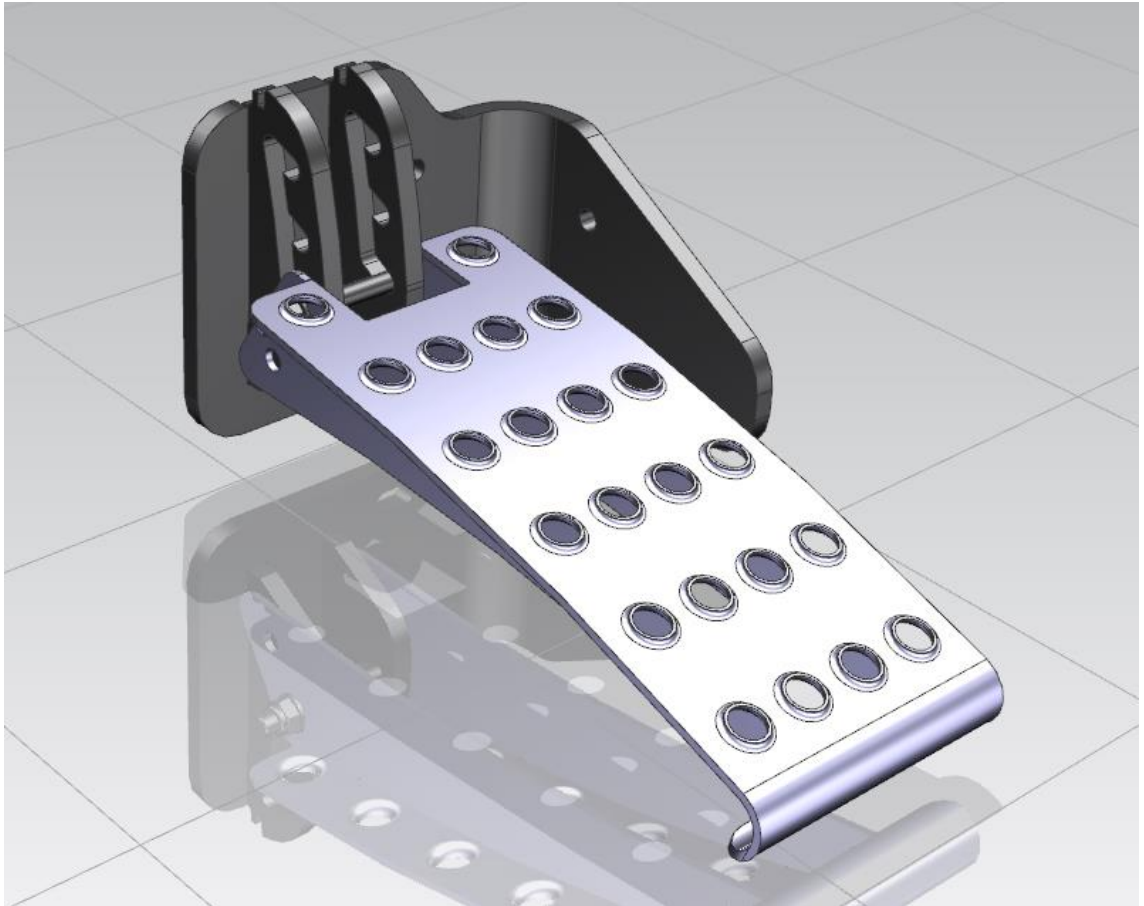
Kaasujousen yläkiinnike (Kuva 4) on valmistettu kahdesta lattaraudasta, jotka hitsataan toisiinsa kiinni käyttäen tulppa- ja pienahitsausta.



Kuva 4. Kaasujousen yläkiinnike.

4.1.2 Jalkatuki

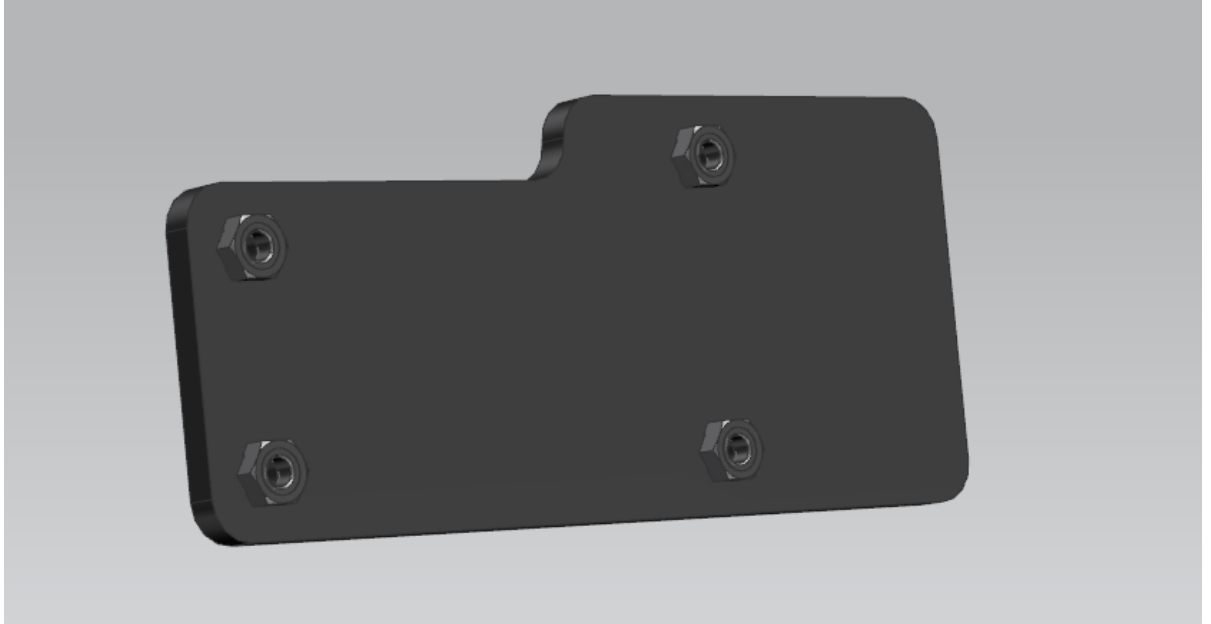
Jalkatuki (Kuva 5) valmistetaan kolmesta lattaraudasta, lattarauta jolla jalkatuki kiinnitetään runkoon, särmätään, jonka jälkeen se hitsataan yhteen muiden rautojen kanssa tulppahitsillä. Jalkatukeen kiinnitetään astinrauta M8-pultilla.



Kuva 5. Jalkatuki.

4.1.3 Lisätuki jalkatuen kiinnitykseen

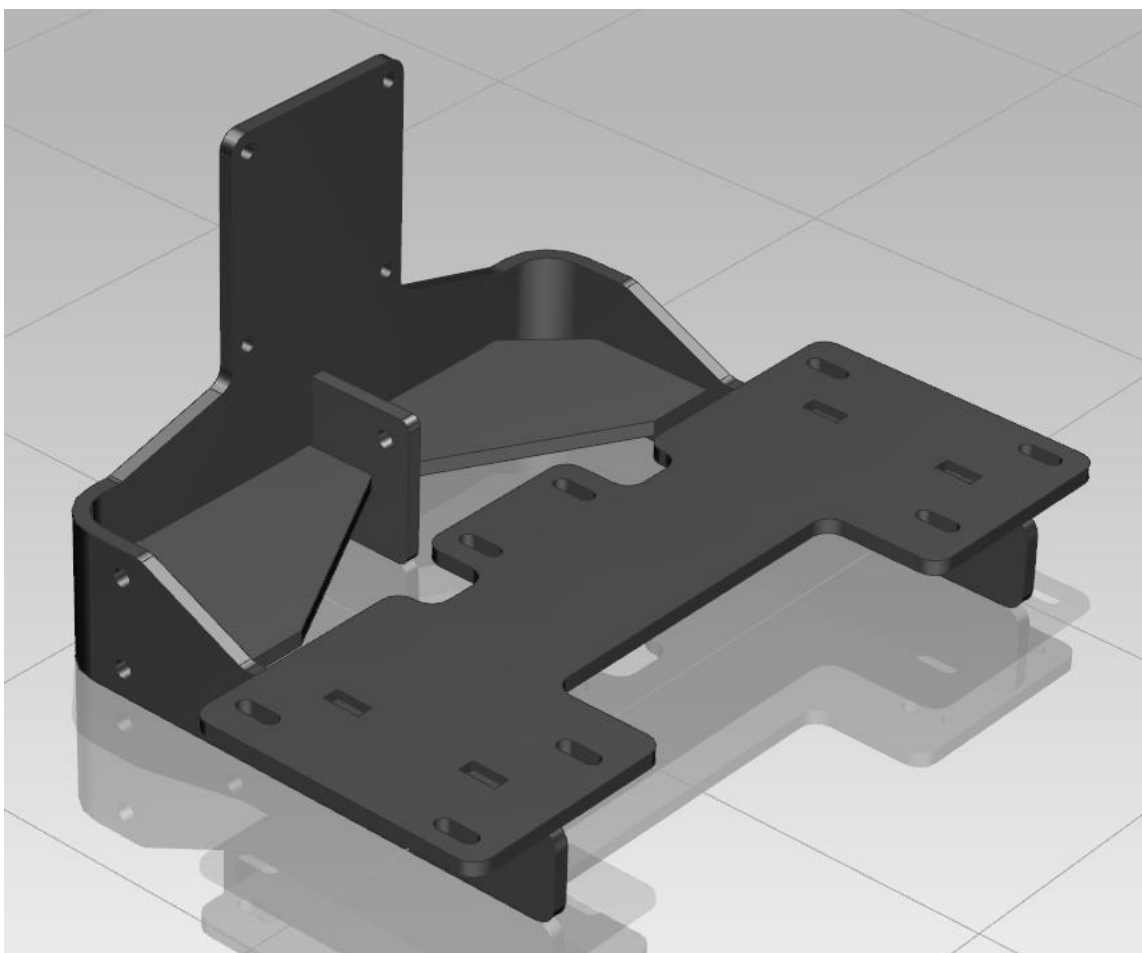
Jalkatuen jäykistämiseksi, lisättiin siihen lisätuki (Kuva 6), johon hitsattiin kiinni neljä kappaletta M8-hitsausmuttereita. Lisätuki tulee kiinni runkoon ja jalkatukeen M8-pulteilla.



Kuva 6. Jalkatuen lisätuki.

4.1.4 Runko

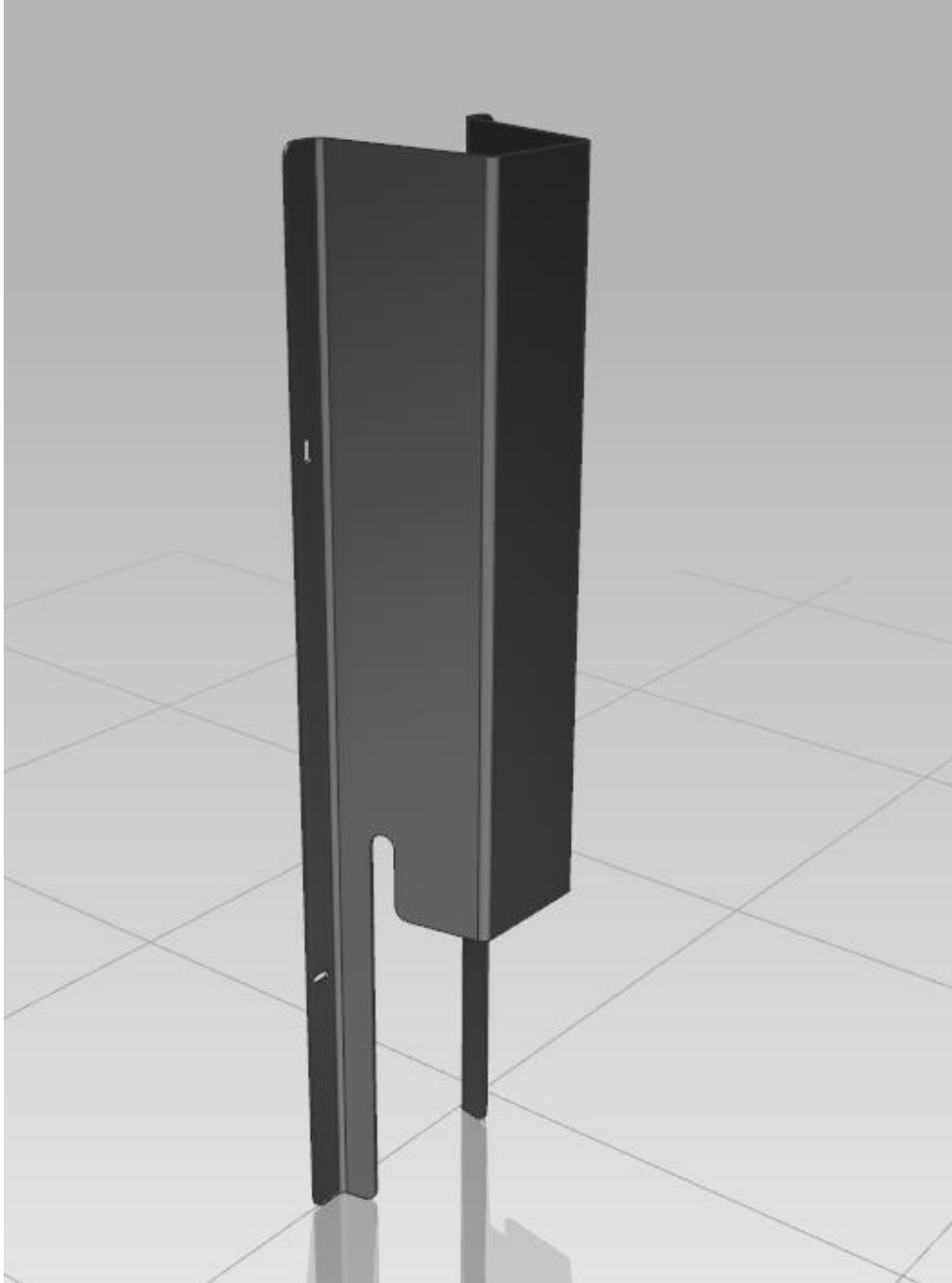
Runko (Kuva 7) koostuu viidestä eri osasta, siihen kuuluu päärunko, poljintaso, kaasujousen kiinnike, kaksi kappaletta tukirautoja ja kolme M8-hitsausmutteria. Osat hitsataan yhteen käyttäen piena- ja tulppahitsausta.



Kuva 7. Runko.

4.1.5 Yläsuoja

Yläsuoja (Kuva 8) on valmistettu 2,5 mm:n särmätystä levystä, se tulee kiinni neljällä M6-pultilla ohjaamon seinään.



Kuva 8. Yläsuoja.

4.1.6 Alasuoja

Alasuoja (Kuva 9) on valmistettu 2,5 mm:n särmätystä levystä, se tulee kiinni neljällä M8-pultilla kiinni poljintason runkoon.



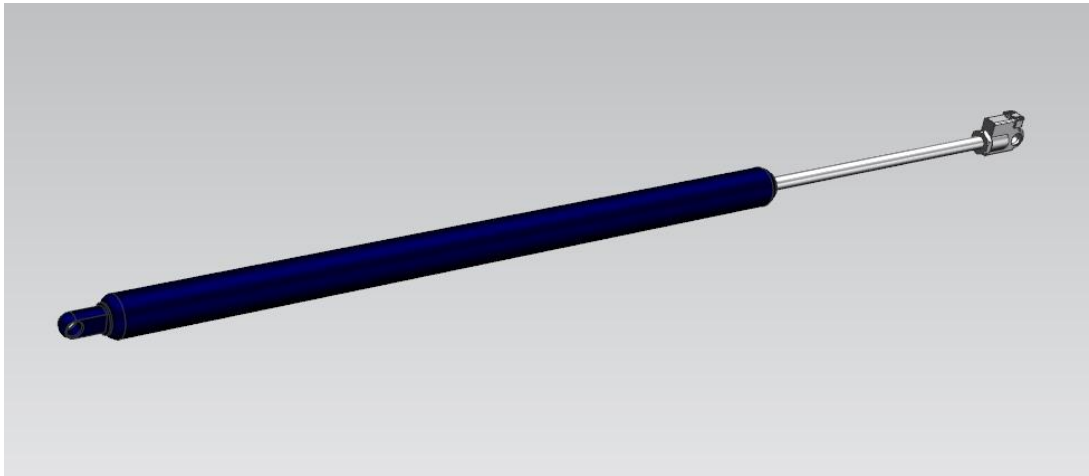
Kuva 9. Alasuoja.

4.2 Ostettavat osat

Ostettaviin osiin kuuluvat valmiit tuotteet, jotka Sandvik tilaa yrityksiltä. Näistä osista annoin 3D-mallit ja tarvittavat tiedot ja ohjeet tilaamiseen.

4.2.1 Bansbach, lukittava vetävä kaasujousi

Kaasujousen (Kuva 10) iskunpituus on 200 mm, lukitusvoima 10 kN ja vetovoima 400 N.



Kuva 10. Kaasujousi.

4.2.2 Bansbach, vapautusjärjestelmä

Vapautusjärjestelmään kuuluu vapautusnappi, kaasujousenpää ja vaijeri (Kuva 11).



Kuva 11. Vapautusjärjestelmä.

4.2.3 Mekanex, lineaarikelkka

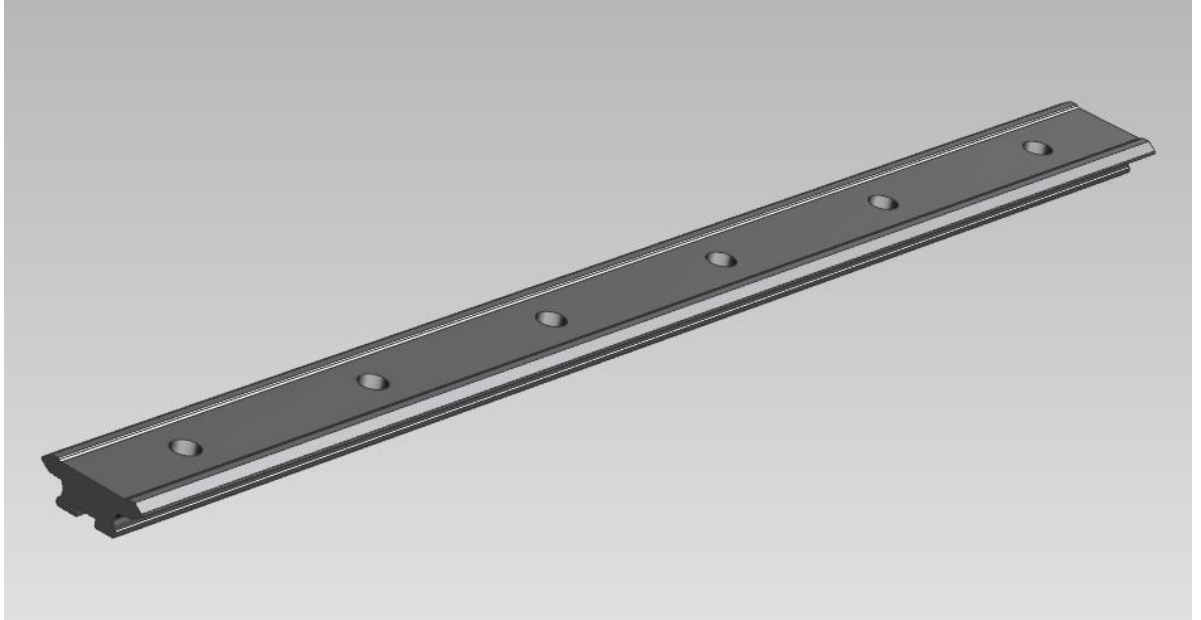
SSCPM44-kelkka (Kuva 12) on vakiona valmistettu alumiiniseoksesta, mutta konseptiin se tilataan ruostumattomasta teräksestä. Kelkkaan kiinnitetään poljintason runko kiinni kuudella M8-pultilla.



Kuva 12. Lineaarikelkka.

4.2.4 Mekanex, lineaarikisko

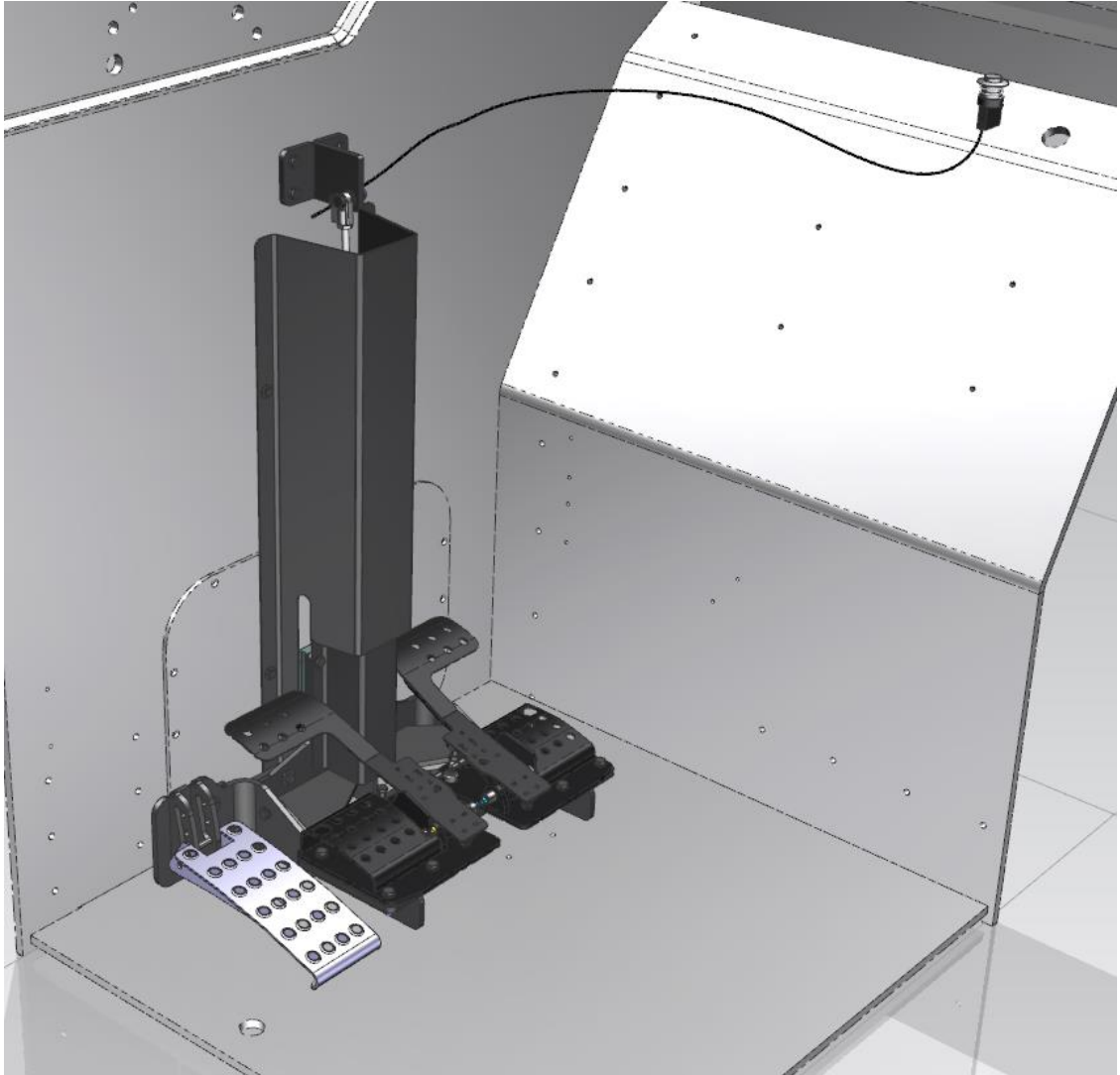
SSNM44 536-kisko (Kuva13) on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Kisko asennetaan ohjaamon seinään kiinni kuudella M6-pultilla.



Kuva 13. Linearikisko.

4.3 Kokonaisuus

Konseptin kaikki tuotteet (Kuva 14) mukaan lukien polkimet asennettuna poljintasoon.



Kuva 14. Kokonaisuus.

5 VALMISTUSPIIRUSTUKSET

5.1 BG01043985

Kaasujousen yläkiinnike (Kuva 15) sisältää osat BG01041028 (Kuva 16) ja BG01041028 (Kuva 17).

| Part | Compon. | ID | Qty | Name | Description |
|------|------------|----|-----|-------|--------------------------|
| 1 | BG01041028 | 1 | 1 | Plate | Adjustable Pedals, Delta |
| 2 | BG01041028 | 1 | 1 | Plate | Adjustable Pedals, Delta |

The surface must be grinded clean from welding leftovers

(70)

(83)

(51)

(110)

a3

1

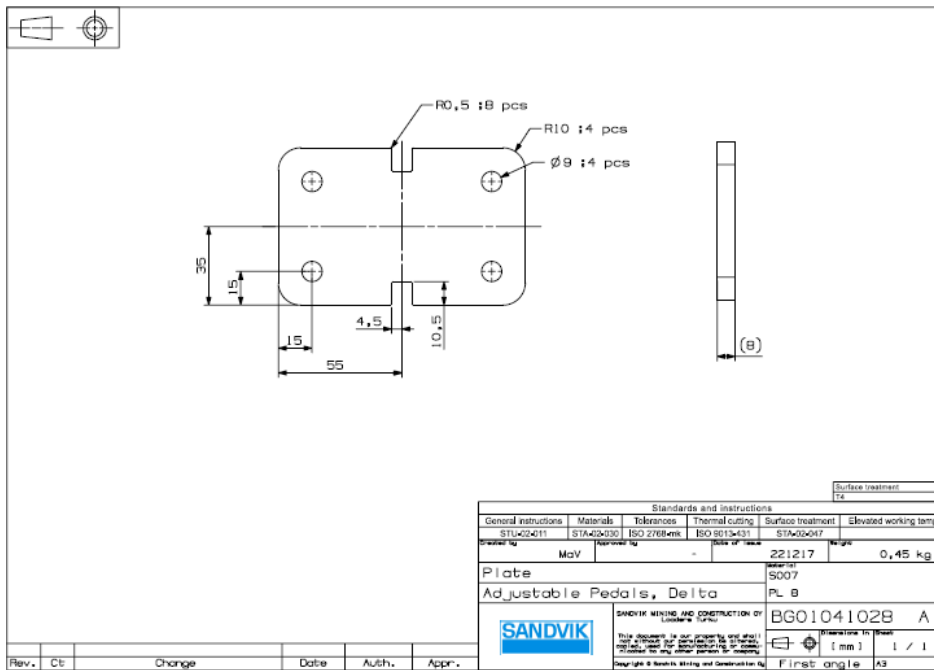
2

| Standards and instructions | | | | | | Surface treatment |
|---|-------------------------|--------------|--------------------|---|------------------------|-------------------|
| General instructions | Symbolic representation | Tolerances | Weld quality level | Weld quality level internal inspections | Elevated working temp. | Surface treatment |
| STU-02-011 | ISO 2553 | ISO 13920-AE | ISO 5817-C | ISO 5817-D | | TA |
| Created by | MoV | Approved by | - | Date of issue | 030118 | Weight |
| Bracket, Mounting | | | | 0,78 kg | | |
| Adjustable Pedals, Delta | | | | | | |
| SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION OF Loders' Turku This document is our property and shall not be made available to the general public, used for manufacturing or copying without the explicit written permission of Sandvik Mining and Construction Oy. | | | | Part no. | | BG01043985 |
| | | | | Dimensions in | | mm |
| | | | | Projection | | First angle |

| Rev. | Chg | Change | Date | Auth. | Appr. |
|------|-----|--------|------|-------|-------|
| | | | | | |

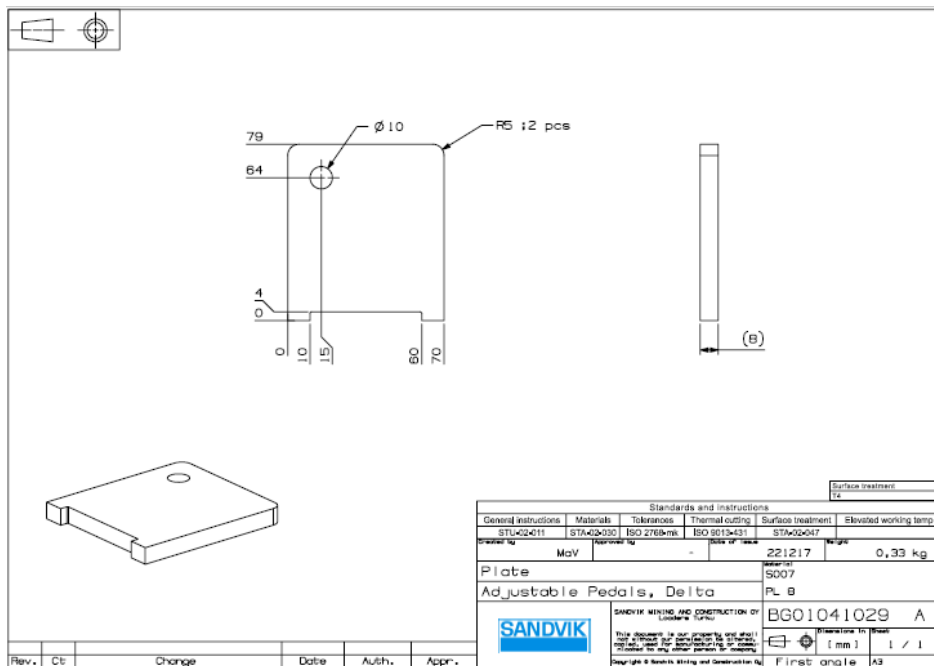
Kuva 15. BG01041028.

5.1.1 BG01041028



Kuva 16. BG01041028.

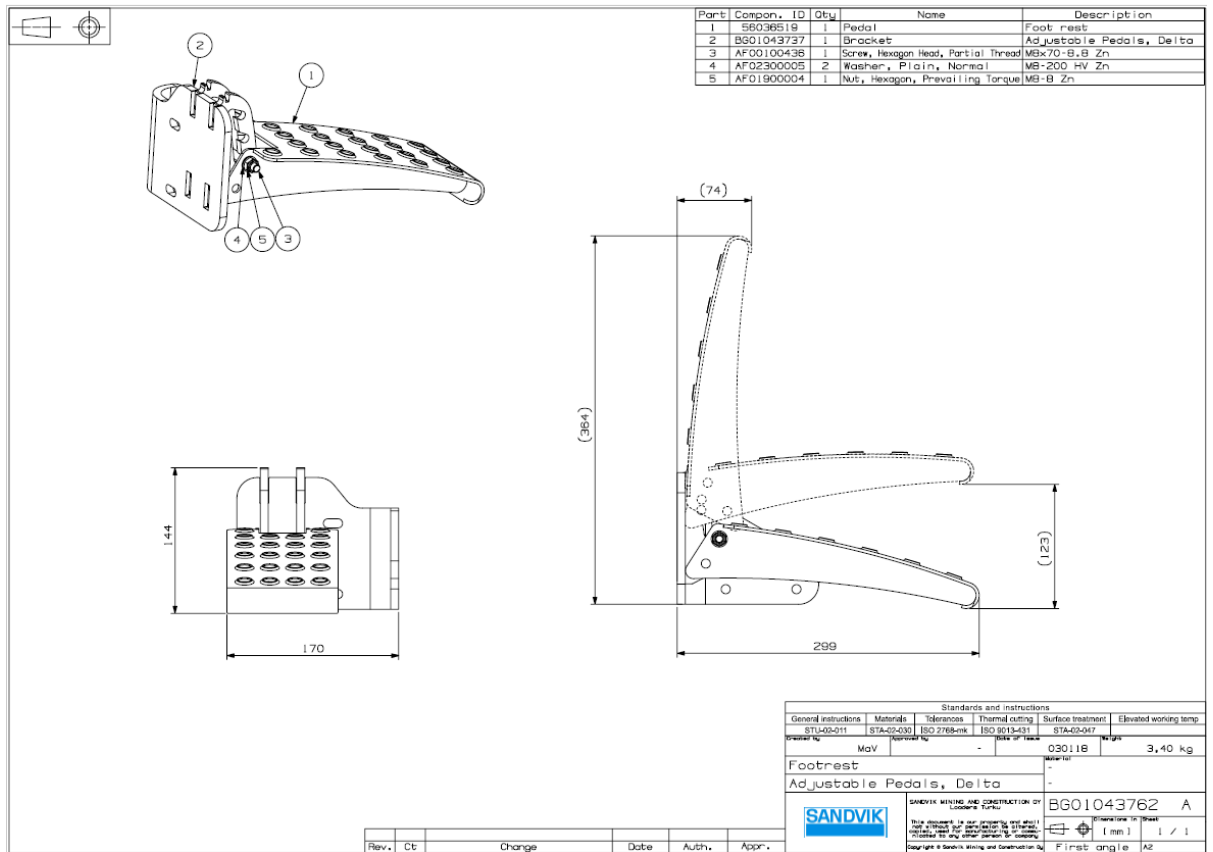
5.1.2 BG01041029



Kuva 17. BG01041029.

5.2 BG01043762

Jalkatuki (Kuva 18) sisältää osan BG01043737 (Kuva 19), joka koostuu osista BG01040907 (kuva 20) ja BG01071729 (Kuva 21). Jalkatuki sisältää myös vanhoja Sandvikin jo käyttämiä osia.



Kuva 18. BG01043762.

5.2.1 BG01043737

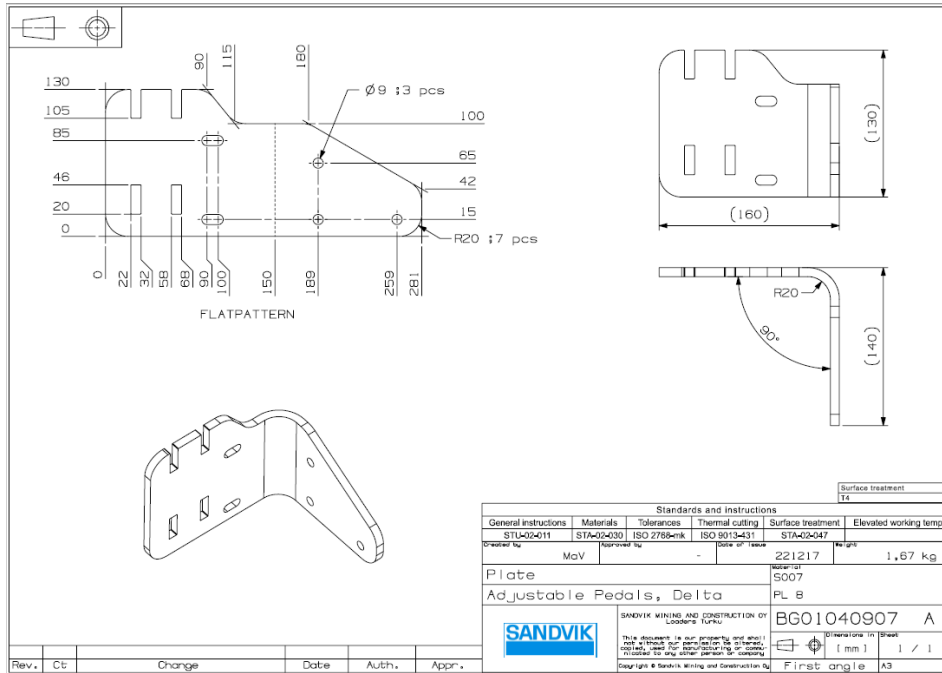
| Part | Compon. ID | Qty | Name | Description |
|------|------------|-----|-------|--------------------------|
| 1 | BG01040907 | 1 | Plate | Adjustable Pedals, Delta |
| 2 | BG01071729 | 2 | Plate | Adjustable Pedals, Delta |

The surface must be grinded clean from welding leftovers

| Standards and instructions | | | | | | Surface treatment |
|----------------------------|-------------------------|--------------|--------------------|---|------------------------|-------------------------------------|
| General instructions | Symbolic representation | Tolerances | Weld quality level | Weld quality level, internal imperfections | Elevated working temp. | Surface treatment |
| STU-02-011 | ISO 2553 | ISO 13920-AE | ISO 5817-C | ISO 5817-D | | STA-02-047 |
| Created by | McV | Approved by | - | Date of issue | 030118 | Weight |
| Bracket | | | | | | Material |
| Adjustable Pedals, Delta | | | | | | - |
| | | | | SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION OF LÖDDEBÄN TUUKU | | BG01043737 A |
| | | | | <small>This document is our property and shall not be used for manufacturing or construction of any other device or component. Copyright © Sandvik Mining and Construction Oy</small> | | Dimensions in Sheet [mm] 1 / 1 |
| Rev. | Ct | Change | Date | Auth. | Appr. | First angle A3 |

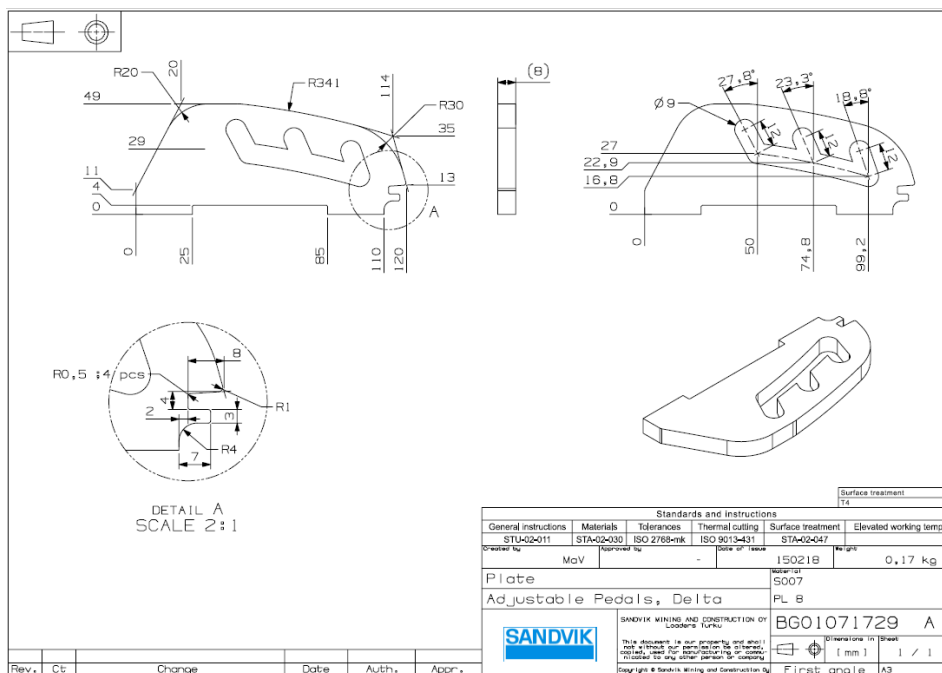
Kuva 19. BG01043737.

BG01040907



Kuva 20. BG01040907.

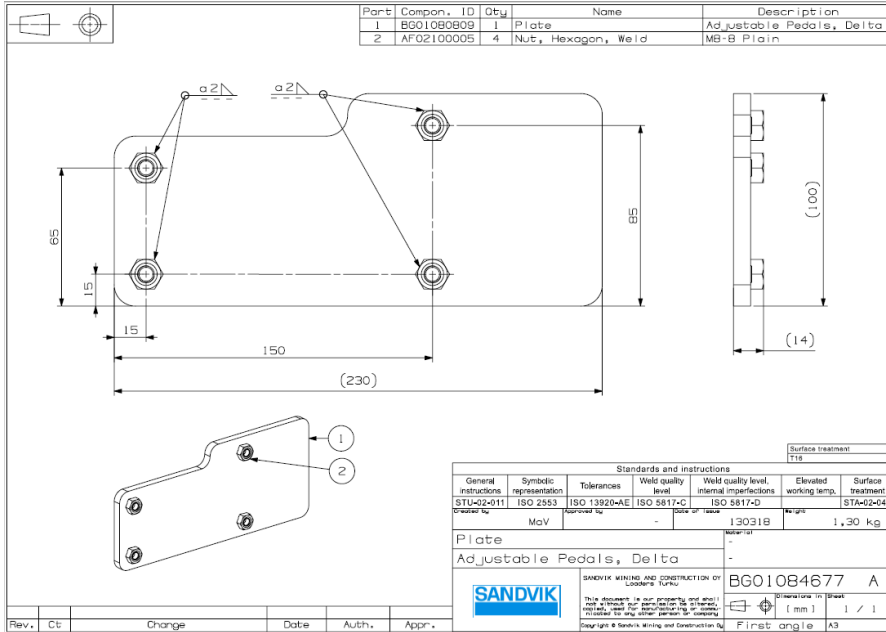
BG01071729



Kuva 21. BG01071729.

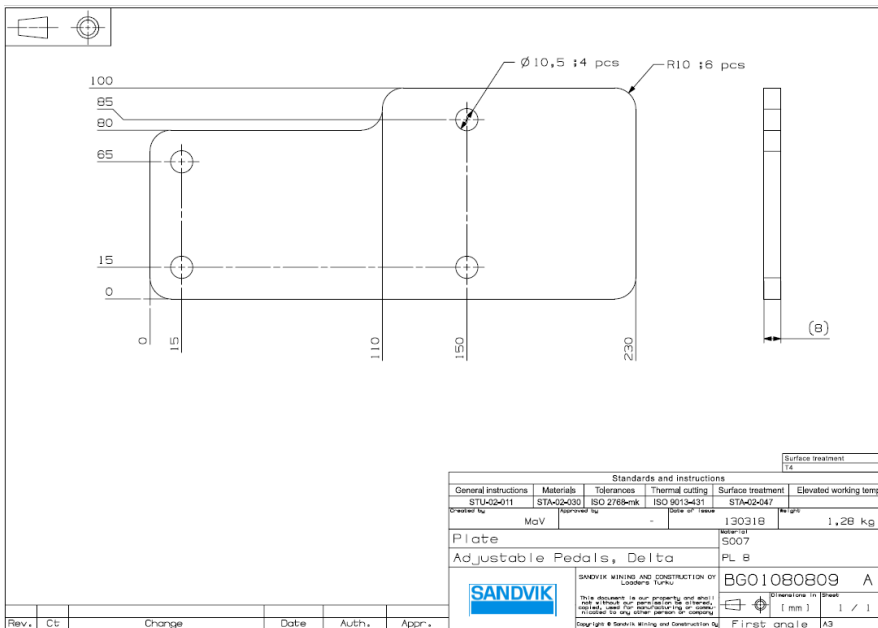
5.3 BG01084677

Lisätuki (Kuva 22) sisältää osan BG01080809 (Kuva 23) ja neljä M8-hitsausmutteria.



Kuva 22. BG01084677.

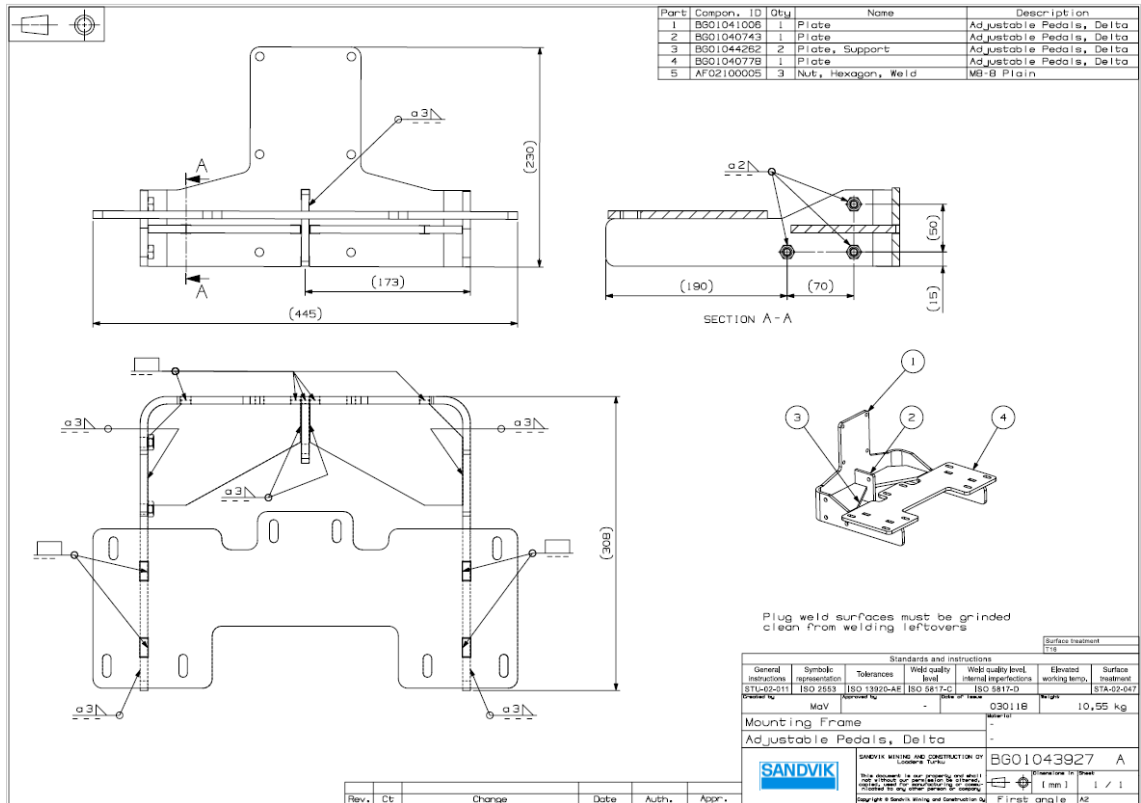
5.3.1 BG01080809



Kuva 23. BG01080809.

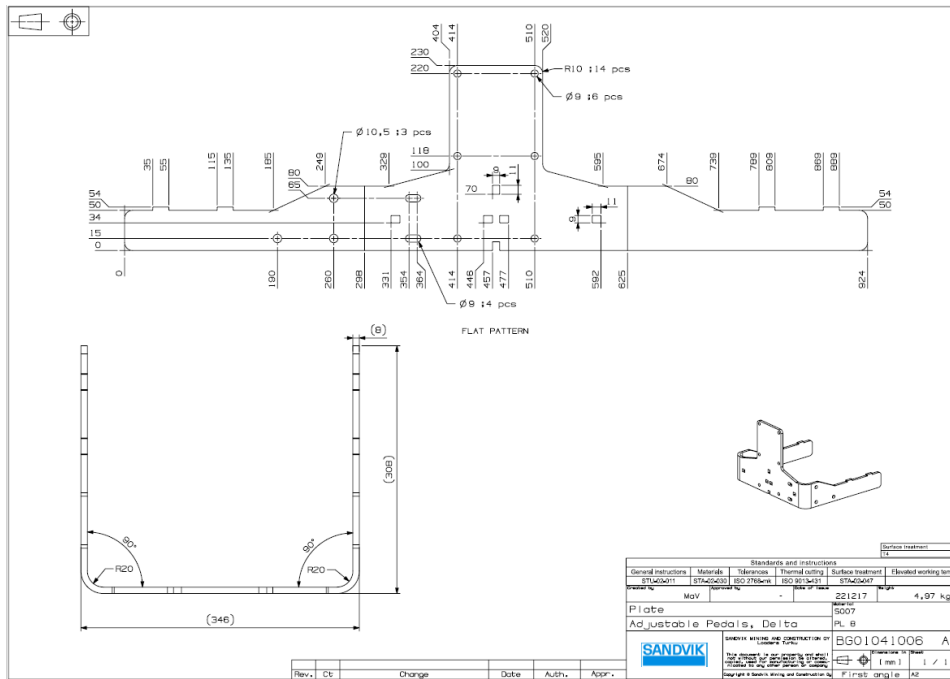
5.4 BG01043927

Runko (Kuva 24) sisältää osat BG01041006 (Kuva 25), BG01040743 (Kuva 26), BG01044262 (Kuva 27), BG01040778 (Kuva 28) ja kolme M8-hitsausmutteria.



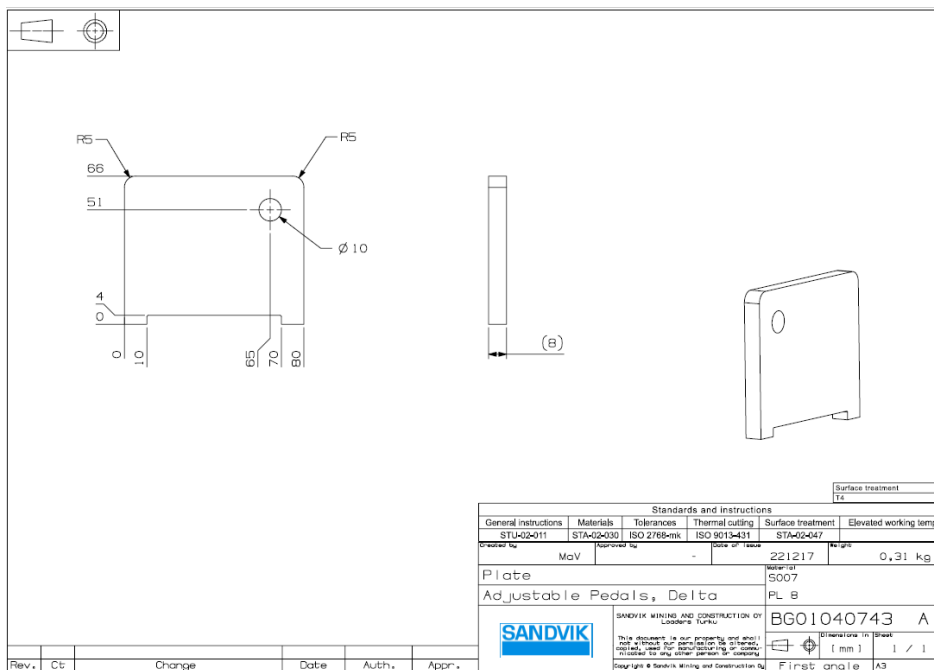
Kuva 24. BG01043927.

5.4.1 BG01041006



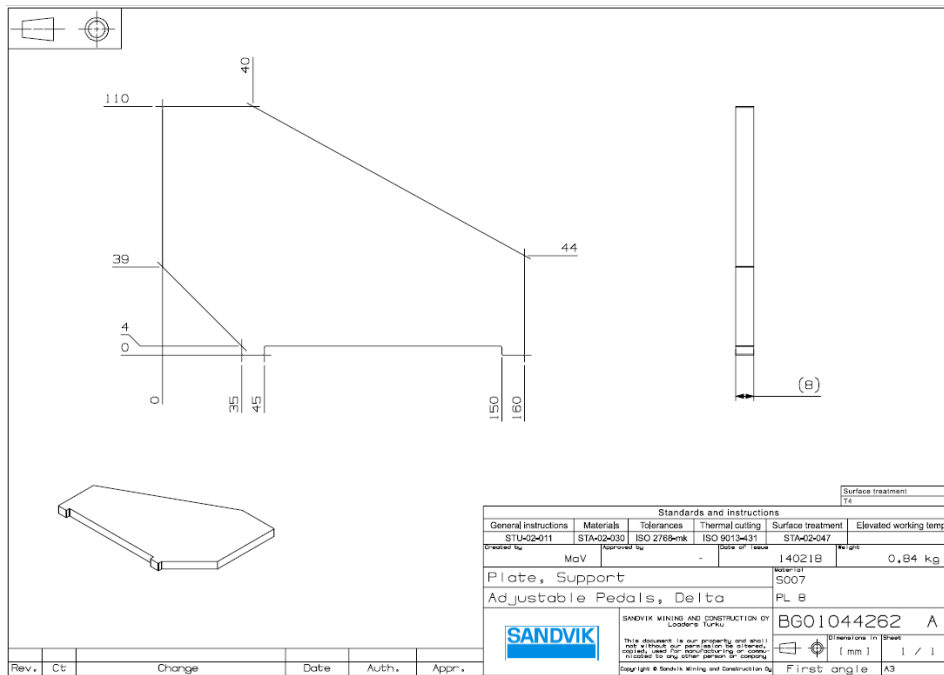
Kuva 25. BG01041006.

5.4.2 BG01040743



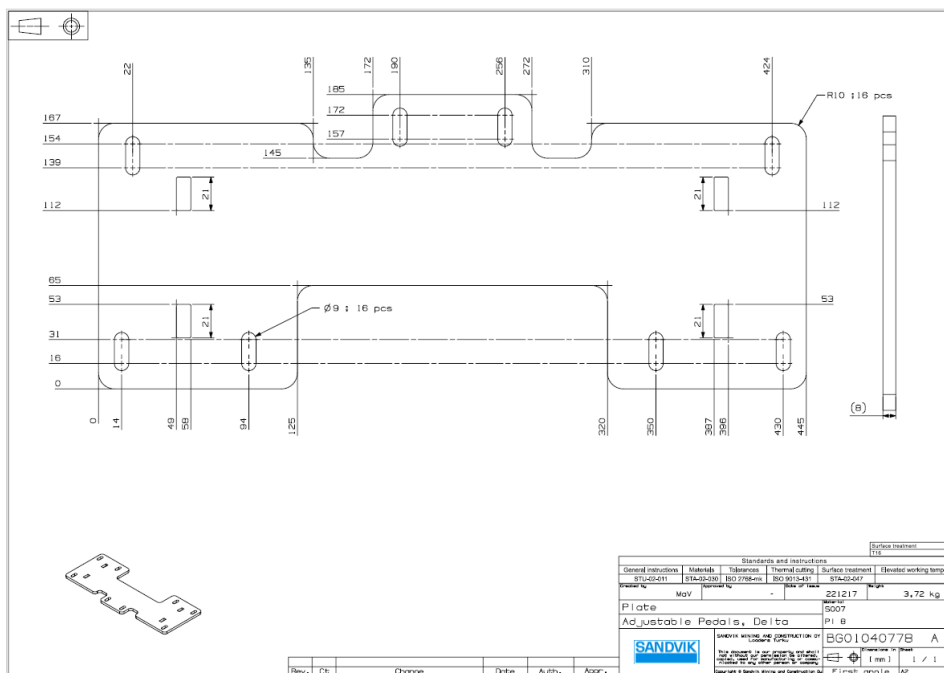
Kuva 26. BG01040743.

5.4.3 BG01044262



Kuva 27. BG01044262.

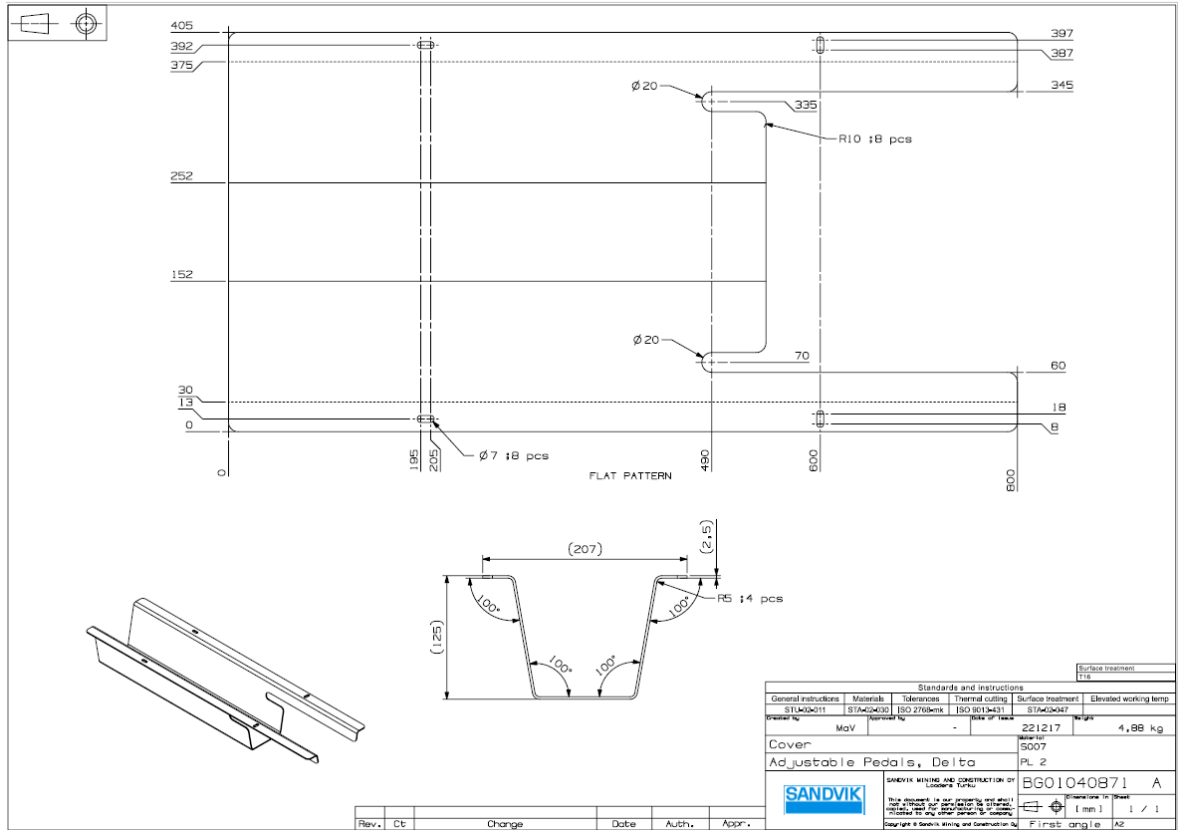
5.4.4 BG01040778



Kuva 28. BG01040778.

5.5 BG01040871

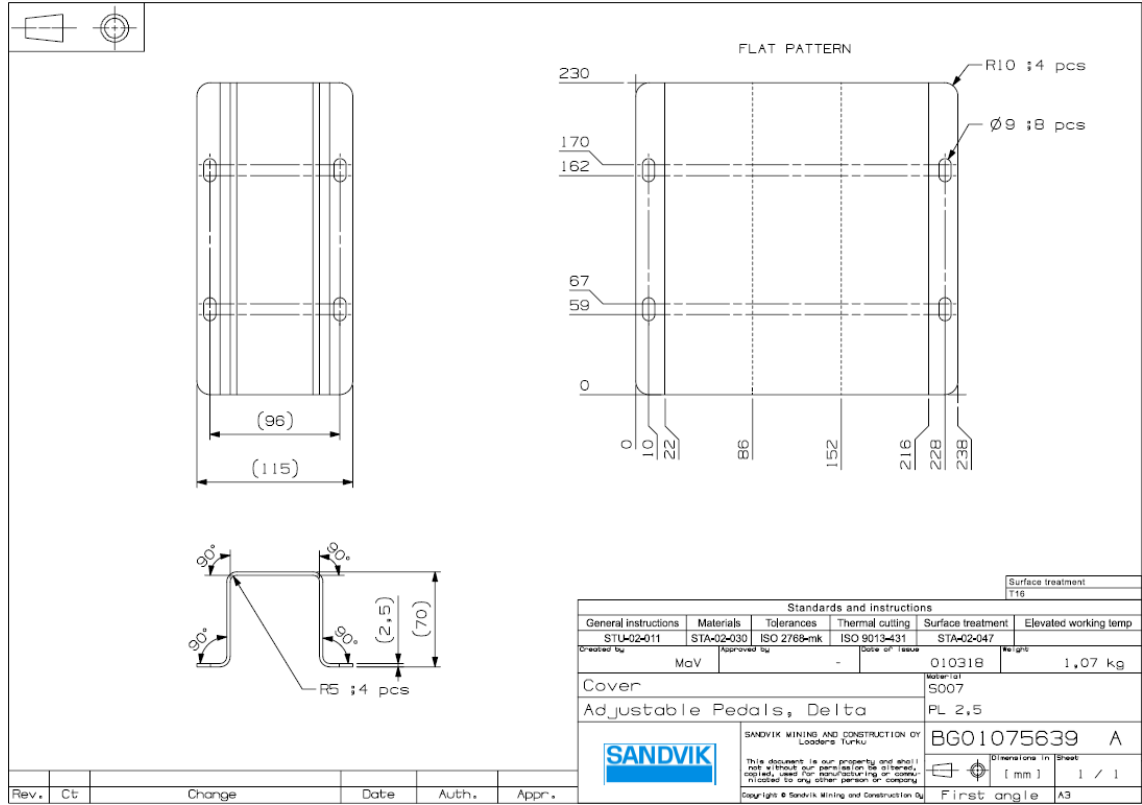
Yläsuoja lineaarikiskolle ja kaasujouselle (Kuva 29).



Kuva 29. BG01040871.

5.6 BG01075639

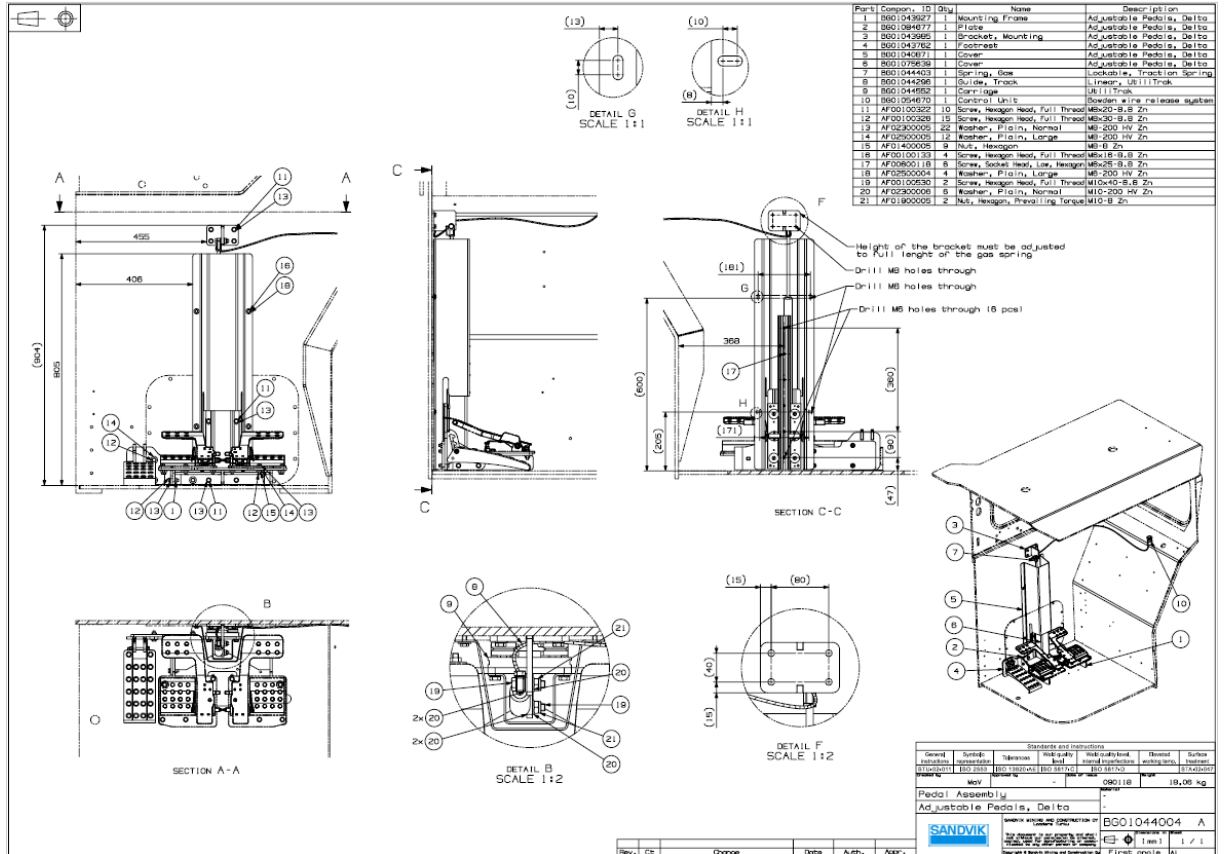
Alasuoja lineaarikiskolle ja kaasujouselle (Kuva 30).



Kuva 30. BG01075639.

5.7 BG01044004

Kokoonpanopiirustus kokonaisuudesta (Kuva 31).



Kuva 31. BG01044004.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella säädettävä poljintaso kaivoslastaajaan. Pääpainona työssä oli kehittää toimiva ratkaisu poljintason korkeuden säätämiseen ja valikoida siihen parhaiten soveltuvat osat, sekä suunnitella ja mallintaa 3D-mallit konseptin osista ja tehdä tarvittavat dokumentit niiden valmistamiseksi.

Työ eteni tasaisesti ja aikataulussa eteenpäin ja pysyin itselleni asettamissa tavoitteissa. Konseptin pienet muutokset hidastivat välillä hieman etenemistä.

Tulokseksi opinnäytetyöstä asiakas sai valmiin konseptin poljintason säätämiseen, jota on mahdollista myös muokata muihin työkoneisiin sopivaksi.

Opinnäytetyö opetti minulle paljon tuotekehityksestä ja valintojen tekemisestä, sekä niiden vaikutuksesta konseptiin ja muihin jo tehtyihin valintoihin. Opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa toimiminen oli helppoa, pidimmekin palavereja läpi opinnäytetyön. Palaverissa kävimme läpi tekemäni päätökset, eri konsepteja ja tarkasteltiin aikataulussa pysymistä. Palaverit olivat tärkeä osa opinnäytetyön etenemistä, sillä niistä sai usein hyviä ideoita, rakentavaa palautetta ja varmistuksen omille päätöksille.

Opinnäytetyö onnistui mielestäni hyvin ja sain kehitettyä toimivan ratkaisun poljintason säätämiseen ja toimeksiantaja sai tarvittavat tiedostot sovitussa aikataulussa konseptin valmistamiseen. Konsepti tullaan myös asentamaan mallihytettiin, jossa sen toimivuus testataan.

LÄHTEET

Bansbach 2018. Viitattu 2.1.2018.

<https://www.bansbach.com/index.php/en/products/gas-springs/lockable-gas-traction-springs>

Exercise Prescription on Internet 2018. Viitattu 2.1.2018.

<https://www.exrx.net/Kinesiology/Segments>

Mekanex 2018. Viitattu 2.1.2018.

<https://www.mekanex.fi/tuotteet/lineaarijohteet/ruostumaton-johdejarjestelma/sl2/>

Sandvik Group 2018. Viitattu 8.1.2018.

<https://www.home.sandvik/en/about-us/our-company/>

Siemens NX 2018. Viitattu 8.1.2018.

<https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/nx/about-nx-software.shtml>

Siemens Teamcenter 2018. Viitattu 8.1.2018.

<https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/teamcenter/index.shtml#lightview-close>

STA-02-030



TERÄSTEN NIMIKKEET JA TUNNUKSET

STA-02-030

Sivu 1/4

1. Ohjeen tarkoitus

Tässä ohjeessa esitetään Sandvikin omat globaalit spesifikaatiot yleisesti käytetyille teräslaaduille sekä standardit, joihin terästen nimikkeet perustuvat ja joita käytetään kun materiaali poikkeaa Sandvikin omasta spesifikaatiosta.

2. Yleistä

Terästen nimityksissä käytetään Sandvik Mining and Construction (SMC) omia spesifikaatioita, jotka on määritetty teräksen käyttötarkoituksen mukaisesti. Mikäli on tarve käyttää muuta teräslaadua, esimerkiksi suuremman lujuuden takia, käytetään tässä ohjeessa mainittujen standardien merkintöjä.

3. Sandvik SMC spesifikaatiot

Sandvikin omat spesifikaatiot on määritetty alla olevassa taulukossa käyttötarkoituksensa mukaisesti.

| merkintä | Laatuluokka ⁽¹⁾ | Iskusitkeys ⁽²⁾ (SMC vaatimus) | z-takuu ⁽³⁾ | Käyttötarkoitus |
|----------------------|---|---|------------------------|---|
| S001 | S355K2+N ⁽⁴⁾ S355N ⁽⁵⁾ | 40 J, -20°C (100 J, -20°C) | 25 | Kriittiset levyrakenteet, joissa vaaditaan hyvää väsymiskestävyyttä ja hitsattavuutta; pinta- ja muotovaatimukset korkeat. Esimerkkirakenteita voivat olla vaativat runkorakenteet, puomit ja niiden kannattimet. |
| S002 | S355J2+N S355N ⁽⁵⁾ | 27 J, -20°C (60 J, -20°C) | 15 | Levyrakenteet, joissa vaaditaan hyvää väsymiskestävyyttä ja hitsattavuutta; pinta- ja muotovaatimukset korkeat. Esimerkkirakenteita voivat olla rungot ja muut vaihtuvaa kuormaa kannattavat osat. |
| S003 | S355K2+N ⁽⁶⁾ | 40 J, -20°C (40 J, -20°C tai 27 J, -30°C) | - ⁽⁷⁾ | Standardin laatuluokan K2 vaatimuksia vastaavat teräslevyt, joille ei taata hyvää väsymiskestävyyttä. Esimerkkirakenteita voivat olla rungot, kannattimet, säiliöt yms. kohtuulliselle rasitukselle tarkoitetut osat. |
| S004 | S355J2+N ⁽⁶⁾ | 27 J, -20°C (27 J, -20°C) | - ⁽⁷⁾ | Standardin laatuluokan J2 vaatimuksia vastaavat teräslevyt, joille ei taata hyvää väsymiskestävyyttä. Esimerkkirakenteita voivat olla rungot, kannattimet, säiliöt yms. vähäiselle rasitukselle tarkoitetut osat. |
| S005 | 400 HB | (30 J, -40°C) | | Kulutusteräs, jossa vaaditaan kohtalaista hitsattavuutta ja muovattavuutta hyvän kulumiskestävyyden lisäksi, esim. dumperien lavat. |
| S006 | 500 HB | (25 J, -40°C) | | Kulutusteräs, jossa vaaditaan erityisen hyvää kulumiskestävyyttä, esim. lastarien kauhat. Huom. Hitsattavuus on heikompi kuin S005 laadussa. |
| S007 | S355J0C+N ⁽⁸⁾ | 27 J, 0°C (27 J, 0°C) | - | Ohutlevytuotteet (s=8 max), esim. tankit ja katteet, joissa lujuusvaatimukset ovat vähäiset. |
| S008 | E470 ⁽⁹⁾ | 27 J, -20°C (27 J, -20°C) | - | Tarkoitettu hitsattaville ainesputkiaihoille, joissa vaaditaan suurta lujuutta. Esim. akselit ja holkit. |
| S009 | S235JR+N ⁽¹⁰⁾ | 27 J, 20°C (27 J, 20°C) | - | Standardin vaatimuksia vastaavat teräslevyt, joille ei taata mitään lujuusominaisuuksia. Esimerkkirakenteita voivat olla vastapainot tms. |
| S021 | S500ML | 27 J, -50 °C (100 J, -50°C) | - | Termomekaanisesti valssattu rakenneteräs vaativiin rakenteisiin, joissa vaaditaan hyvää väsymiskestävyyttä ja keveyttä sekä sitkeyttä alhaisillakin (-50°C) lämpötiloissa. |
| S022 | 450 HB | (25 J, -40°C) | | Kulutusteräs, jossa vaaditaan hyvää kulumiskestävyyttä ja kohtalaista hitsattavuutta sekä muovattavuutta, esim. dumperien lavat. |

| | | | |
|--------------------------|-----------------------|------------------------|---|
| Muutos Revision 5 | Päiväys 31.10.2013 | Muuttaja Arto vento | Hyväksyjä A. Huhmarkangas, J.Ahola, P.Ahonen |
| Alkuperäinen Original | Päiväys 23.6.2009 | Laatija Arto Vento | Hyväksyjä |

STA-02-047



TUOTTEIDEN PINTAKÄSITTELY

STA-02-047

Rev. k

Sivu 5/14

| Tunnus | Kohde | Maalausjärjestelmä | Pohjamaali sävy | Pintamaali-sävy | Huomiota |
|------------|--|--------------------------|-----------------|------------------------------|--|
| T16 | Vivuliset suuntaventtiilit, mittarit, hylit sisältä (osittain), runko-osat, runkorakenteet, suojakotelot, venttiilikokoonpanot | PUR80/1-FeSa2½ | | Musta T-M 102 RAL7021 | Pohjamaali tarvittaessa Sandvikin maalaamat |
| T27 | Jauhemaalauk, ohjaamot ja kätteet | PUR80/1FeSa2½/Znfo | | kts. kohta 7.1 | SMC -oranssi Rasvanpoisto + rautafosfointi vain erillisellä luvalla. |
| T27T | = | = | | RAL2004 | = Tamrock oranssi |
| T27W | = | = | | kts. kohta 7.1 | = SMC- valkoinen |
| T27G | = | = | | kts. kohta 7.1 | = SMC-hamaa |
| T27* | Ruostumattomasta/ha ponkesta/ha teräksestä valmistetut ohutlevyrakenteet | EPPUR 120/2- FeSaS/Ka | | kts. kohta 7.1 | SMC -oranssi |
| T27H | Jauhemaalauk, sähkökeskukset | PUR60/1 Fefo | | RAL7032 | |
| T28 | | | | | Käytä T1 |
| T29 | Erikseen määriteltävät asiakastarpeet | EPUR 80/2 FeSa2½ | Harmaa | RAL7038 | Vaalean harmaa |
| T5 | | | | | Käytä T2 |
| T6 | | | | | Käytä T3 |
| T9 | | | | | Käytä T1 |
| T10 T11 | | | | | Jos lämpö- käsiteltävä osa, käytä T17, muuten T23 |
| T12 | | | | | Käytä T13 |
| T30 | Kulkutet: askelmat, kadensijat, huoltoikkaat, seisomatasot | PUR80/1-FeSa2½ | = | RAL1016 kts. kohta 7.1 | SMC keltainen |
| T31 | Polttoainesäiliöt sisäpuoli | EP180/2 Fe Sa2½ | Valkoinen | | |

| | | | |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| Muutos Revision | Päiväys 31.3.2011 | Muuttaja Hanne Juuti | Hyväksyjä Jenni Mustonen, Pekka Koski |
| Alkuperäinen Original | Päiväys 11.9.1990 | Laatija Elina Grundström | Hyväksyjä Taru Majala |