

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LEVYVARASTON SUUNNITTELU

Designing of a Sheet Metal Storage

TEKIJÄ Kasper Kohvakka

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Kaspero Kohvakka	
Työn nimi Levyvaraston suunnittelu	
Päiväys 29.5.2023	Sivumäärä/Liitteet 30
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pro-Tot Oy	
<p>Opinnäytetyö on Pro-Tot Oy:n tarjoama tuotannon kehitystyö. Pro-Tot Oy on Savon alueella toimiva kokonaisvaltainen teollisuuden kumppani, joka sai alkunsa vuonna 2008. Opinnäytetyössä tähdätään Pro-Tot Oy:n valmistusosaston tuotannon tehostamiseen tuottamalla suunnitelma kasettityyppisen levyvaraston valmistusta varten. Uudella levyvarastolla on tarkoitus korvata nykyinen kuormalavahylly. Suunnitteluprosessissa on painostettu erityisesti laadukkaaseen ideointiin ja luonnosteluun, joissa keskitytään erityisesti valmistettavuuteen, kustannustehokkuuteen, toimivuuteen ja ergonomiaan.</p> <p>Työssä toteutettiin myöhemmin valmistettavaan levyvarastoon 3D-malli, lujuuslaskelmat, sekä valmistus- ja kokoonpanokuvat. Suunnittelutyö toteutettiin käyttäen työkaluna Pro-Tot Oy:n tarjoamaa SolidWorks suunnitteluohjelmaa, jonka käyttöön opiskelija on perehtynyt koulu- sekä työuran aikana. Levyvaraston suunnittelu-prosessin lisäksi opinnäytetyössä tutustuttiin 3D-mallintamisen ja mekaniikkasuunnittelun yleiseen teoriaan, sekä esiteltiin työssä käytetty CAD-suunnitteluohjelma SolidWorks. Näiden lisäksi opinnäytetyössä tutustuttiin myös tuotannon kehitykseen. Tuotannon kehityksestä valittiin käsiteltäväksi aiheiksi Lean, 5S, JIT, sekä OEE-luku, jotka ovat kaikki oleellisia menetelmiä teollisuusympäristön tuotannon kehityksessä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena tuotettiin Pro-Tot Oy:lle kaikki tarvittava tekninen materiaali levyvaraston valmistusta varten ja syvennettiin opiskelijan tietotaitoa suunnittelusta ja tuotannon johtamisesta. Lopputuloksesta saatiin asiakkaan toiveiden ja vaatimusten mukainen. Opinnäytetyöstä saadun lopputuloksen pohjalta suoritetaan työn valmistusprosessi, jonka jälkeen mitataan saavutettua hyötyä tuotannon kehityksen näkökulmasta.</p>	
Avainsanat 3D-mallinnus, Suunnittelu, SolidWorks, Tuotannon kehitys, Lean, 5S, JIT, OEE-luku	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Kasper Kohvakka	
Title of Thesis Designing of sheet metal storage	
Date 29 May 2023	Pages/Appendices 30
Client Organisation /Partners Pro-Tot Oy	
<p>This thesis is a production development project offered by Pro-Tot Oy. Pro-Tot Oy is a comprehensive industrial partner operating in the Savo region. Pro-Tot Oy was founded in 2008. This thesis aimed to increase the production efficiency of the Pro-Tot Oy's manufacturing department by creating a plan to produce a cassette-type sheet metal storage. The plan is to replace the current pallet shelf with the new sheet metal storage. In the design process, special attention was paid to high-quality ideation and sketching, with special focus on manufacturability, cost efficiency, functionality, and ergonomics.</p> <p>During the work, a 3D-model, strength calculations, as well as manufacturing and assembly photos were made for the sheet metal storage to be manufactured later. The designing work was carried out using the SolidWorks designing program offered by Pro-Tot Oy as a tool. In addition to the design process of the sheet metal storage, the general theory of 3D-modeling and mechanical engineering are described and the CAD-designing program SolidWorks used in this thesis is introduced. Furthermore the thesis also describes the development of production. Lean, 5S, JIT, and the OEE figure were chosen as topics for the development of production. They are all essential methods in the development of production in an industrial environment.</p> <p>As a result of the thesis, all the necessary technical material was produced for Pro-Tot Oy to produce the sheet metal storage. Also, the author's knowledge of planning and production management was deepened. The result of this thesis was in accordance with the customer's wishes and requirements. Based on the result obtained from the thesis, the manufacturing process of the work will be carried out, after which the benefit achieved will be measured from the point of view of production development.</p>	
Keywords 3D-modeling, Mechanical engineering, Production development, SolidWorks, Lean, 5S, JIT, Overall Equipment Efficiency	

1	JOHDANTO	6
1.1	Tavoitteet ja rakenne	6
1.2	Pro-Tot Oy	6
2	3D-MALLINNUS JA SUUNNITTELU.....	7
2.1	Yleistä 3D-mallinnuksesta	7
2.2	Yleistä mekaniikkasuunnittelusta	8
2.3	SolidWorks	9
3	TUOTANNON KEHITYS.....	10
3.1	Yleistä tuotannon kehityksestä.....	10
3.2	Lean ja 5S.....	10
3.3	JIT	12
3.4	OEE-luku	13
4	LEVYVARASTON SUUNNITTELU	14
4.1	Työn aloitus ja toteutus.....	14
4.2	Runko	15
4.3	Saranamekanismi.....	16
4.4	Puomien lukitus	17
4.5	Levykasetti	18
4.6	Kokoonpano	19
5	LUJUUSLASKENTA	21
5.1	Rungon lujuuslaskenta	21
5.2	Kasetin lujuuslaskenta	24
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	28
	LÄHTEET	30

Kuva 1. OEE-luku, Syncrontech, OEE, Haettu osoitteesta https://www.syncrontech.com/tuotteet/syncmes-oe 23.5.2023	13
Kuva 2. OEE-luvun laskenta, Syncrontech, OEE, Haettu osoitteesta https://www.syncrontech.com/tuotteet/syncmes-oe 23.5.2023	13
Kuva 3. Runko, Johdepuomit auki (Kohvakka, 2023)	15
Kuva 4. Runko, Johdepuomit kiinni (Kohvakka, 2023).....	15
Kuva 5. Puomin saranamekanismi (Kohvakka, 2023)	16
Kuva 6. Puomin lukitusmekanismi ("Puomi auki") (Kohvakka, 2023)	17
Kuva 7. Puomin lukitusmekanismi ("Puomi kiinni") (Kohvakka, 2023)	18
Kuva 8. Kasetti kokoonpano (Kohvakka, 2023).....	18
Kuva 9. Levyvaraston kokoonpano, Puomi auki, Päämitat 2310x2130x1610mm (Kohvakka, 2023)	19
Kuva 10. Levyvaraston kokoonpano, Puomi kiinni, Päämitat 2310x1250x1610mm (Kohvakka, 2023).....	20
Kuva 11. Levyvarasto kokoonpano, Kasetti vedettynä ulos levyjen lastaus- tai poiminta asentoon. (Kohvakka, 2023)	20
Kuva 12. Runko, Tuennat ja runkoon kohdistetut voimat (Kohvakka, 2023).....	22
Kuva 13. Runkoon kohdistuvat jännitykset, von Mises (Kohvakka, 2023)	22
Kuva 14. Rungon taipuma, URES (Kohvakka, 2023)	23
Kuva 15. Rungon varmuuskerroin, FOS (Kohvakka, 2023)	23
Kuva 16. Kasetti, Tuennat ja kohdistetut voimat (Kohvakka, 2023)	25
Kuva 17. Kasettiin kohdistuvat jännitykset, von Mises (Kohvakka, 2023).....	25
Kuva 18. Kasetin von Mises maksimi (Kohvakka, 2023)	26
Kuva 19. Kasetin URES (Kohvakka, 2023)	26
Kuva 20. Kasetin varmuuskerroin, FOS (Kohvakka, 2023)	27

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet ja rakenne

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehostaa Pro-Tot Oy:n Pieksämäen toimipisteen valmistusosaston toimintaa tuottamalla 3D-mallinnus, sekä valmistus – ja kokoonpanokuvat kasettityyppisen levyvaraston valmistusta ajatellen nykyisen kuormalavahyllyn tilalle. Kuormalavahyllyn käyttö levyjä siirrellessä vaatii pinoamisvaunun tai trukin käyttöä ja on täten työläs ja hidaskäyttö tapa siirtää levyt varastosta levyleikkurille. Kasettityyppisen levyvaraston avulla levyt voidaan jatkossa siirtää varastosta suoraan levyleikkurille puominosturin avulla.

Suunnitteluprosessissa panostetaan alkuvaiheessa laadukkaaseen ideointiin ja luonnosteluun, joissa keskitytään erityisesti valmistettavuuteen, kustannustehokkuuteen, toimivuuteen ja ergonomiaan.

Työssä 3D-mallinnetaan, sekä piirretään valmistus- ja kokoonpanokuvat käyttäen hyödyksi Pro-Tot Oy:n tarjoamaa SolidWorks suunnitteluohjelmaa. Työn lopputulosten perusteella tullaan lopulta valmistamaan fyysinen levyvarasto Pro-Tot Oy:n sisäiseen käyttöön.

Työ on jaettu alusta loppuun vaiheisiin, joissa edetään lopullista tuotosta kohti. Keskeiset vaiheet työssä ovat esitietojen ja vaatimusten keräys, ideointi ja luonnostelu, havainne 3D-mallinnus, lopullinen 3D-mallinnus, sekä valmistus- ja kokoonpanokuvien tuottaminen. Itse levyvaraston suunnittelun lisäksi työssä käsitellään 3D-mallinnusta ja mekaniikkasuunnittelua yleisesti, paneudutaan suunnitteluohjelmisto SolidWorks:iin, sekä tutustutaan tuotannon kehitysmenetelmiin.

1.2 Pro-Tot Oy

Pro-Tot Oy:n historia on saanut alkunsa vuonna 2008 toiminimellä Joni Karhisen toimesta. Vuonna 2011 Joni Karhinen perusti Pro-Tot Oy:n ja mukaan tuli toinen osakas hoitamaan rakennusteollisuutta, timanttitoita ja purkutöitä. Karhinen osti vuonna 2014 koko Pro-Tot Oy:n osakekannan ja lopetti rakennusteollisuuden timanttityöt ja purkutyöt. Yritys laajeni vuonna 2016 Mikkeliin sivutoimipisteellä. Vuonna 2019 Pro-Tot Oy teki toimitila vaihdoksen huomattavasti suurempiin 130m² -> 1050m² tiloihin. Toiminta laajeni vuonna 2020 sähkötyö osaamisen johdosta. Yritys perusti toisen sivutoimipisteen Kuopioon ja alkoi keskittämään palvelukonseptia kunnossapidon, valmistuksen ja asennuksen suuntaan. Vuonna 2021 Pro-Tot Oy laajensi Pieksämäen toimitiloja entisestään ja voitti Pieksämäen vuoden yrityspalkinnon. Karhinen nappasi tämän lisäksi vuoden nuori yrittäjä palkinnon. Pro-Tot Oy on panostanut viime vuosina voimakkaasti palvelukonseptinsa ja sisäisen tuotantoprosessinsa kehittämiseen. Kasvu Pro-Tot Oy ei ole hakemalla hakenut vaan kasvu on tapahtunut maltillisesti ja luontaisesti kysynnän kasvettua. Henkilökuntaa Pro-Tot Oy:llä on raportin kirjoittamishetkellä noin. 55 henkilöä. Pro-Tot Oy:n liikevaihto oli vuonna 2022 5,6miljoonaa euroa ja tavoitteeksi yritys on asettanut 10 miljoonan liikevaihdon vuoteen 2028 mennessä.

2 3D-MALLINNUS JA SUUNNITTELU

2.1 Yleistä 3D-mallinnuksesta

3D-mallinnus käsitteenä tarkoittaa tietokoneavusteista kolmiulotteista suunnittelua. 3D-mallinnuksen lopputuloksena syntyy digitaalinen 3D-malli (3Dtech, 2023).

Tuloksena syntyvää mallia käytetään hyödyksi esimerkiksi valmistuskuvien piirtämisessä, kokoonpanojen testauksessa, lujuuslaskennassa, tuotantolinjojen simuloinnissa tai kappaleen valmistuksessa sellaisenaan. Voidaan todeta, että nykypäivänä 3D-mallinnus on korvannut fyysiset pienoismallit lähes kokonaan. Nykyään lähes jokainen uusi tuote valmistustavasta riippumatta suunnitellaan jollakin tarkoitukseen sopivalla 3D-suunnitteluohjelmalla ennen tuotteen valmistusta.

Tärkeimmiksi eduiksi 3D-mallinnusta tarkastellessa nousee havainnollistavuus, realismisuus ja muokattavuus. 3D-mallinnuksen avulla voidaan selkeyttää hyvinkin monimutkaisten asioiden visuaalista esittämistä ja mahdollistaa todella paljon tärkeää informaatiota yhteen näkymään. 3D-mallia on helppo tarkastella monista eri kuvakulmista ja näkymistä. 3D-mallinnukseen on mahdollista lisätä esimerkiksi varjoja, valonlähteitä ja liikkeitä, joilla mallinnuksesta saadaan todella realistinen. (NOX Visual 2021)

3D-mallinnusta on huomattavasti helpompi muokata ja jatkojalostaa suunnitteluohjelmassa verrattuna fyysisiin prototyyppeihin, pienoismalleihin tai 2D-piirustuksiin. Digitaalista mallia voidaan muokata aloittamatta kokonaan alusta tai tuhoamalla alkuperäistä suunnitelmaa ja koska vain palata aiempiin versioihin mallista. Samasta komponentista on myös mahdollista luoda useita versioita esimerkiksi erilaisella mitoituksella, näitä versioita kutsutaan konfiguraatioiksi.

2.2 Yleistä mekaniikkasuunnittelusta

Mekaniikkasuunnittelulla voidaan tarkoitaa minkä tahansa tuoteidean prosessointia sellaiseen muotoon, että tuote voidaan valmistaa jollain menetelmällä sen valmiiseen muotoon. Tuotteille tulee määritellä ensin konsepti eli perusraamit, jotka toimivat pohjana suunnittelutyölle. Näitä voivat olla esimerkiksi kokoluokka, käytettävät materiaalit, käyttökohteen asettamat vaatimukset, ergonomia jne. Tämän jälkeen tuotteesta suunnitellaan tarkoitukseen sopivalla ohjelmistolla yleensä 3D-mallit. Mallien pohjalta luodaan 2D-piirrustukset, joista tuotteen valmistaja saa kaikki tuotteen valmistamisessa tarvittavat tiedot mitoista ja materiaaleista. Suunnittelun kohteena voi olla miltei mitä tahansa. (Optotec, julkaisuaika tuntematon)

Teollisuuslaitoksilla tehdään jatkuvasti lisärakentamista ja kehitysprojekteja, joihin liittyy usein tarve suunnitella lisäosia tai kokonaisia rakenteita. Nämä toteutetaan mekaniikkasuunnittelun avulla. Olennaista on mekaniikkasuunnittelijan ammattitaito. Usein tarvitaan kokemusta toisiinsa limittyvien eri rakenteiden reunaehdoista, jotta voidaan varmistua kaiken tarvittavan olevan huomioitu. Hyvällä suunnittelulla voidaan säästää huomattavasti sekä aikaa, että rahaa toteutusvaiheessa ja varmistaa turvallinen ja vaatimusten mukainen lopputulos. Mekaniikkasuunnittelussa tulee käydä koko rakenne läpi, jotta kantavuus voidaan varmistaa. Suunnittelijan tulee ottaa huomioon kaikki kohteeseen vaikuttavat Eurokoodit turvallisuuden varmistamiseksi kaikissa olosuhteissa. Huolimattomassa suunnittelussa saattaa esimerkiksi käydä niin, että jännitykset tarkistetaan pitkistä palkeista, mutta ei niiden liitoskohdista. Jos liitosten jännitys lopulta ylittyy, se voi romuttaa koko rakenteen. (Promaint, 2018)

Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Eurokoodisarja koostuu tällä hetkellä 58 osasta. Eurokoodit ovat kokoelma suunnittelustandardeja. Eurokoodeissa määritellään, miten rakenteita suunnitellaan lähtien periaatteista ja kuormista yksityiskohtiin saakka. (Lastunen, 2021)

2.3 SolidWorks

Erilaisia 3D-mallinnusohjelmistoja on lukuisia ja luonnollisesti myös ohjelmistojen hinnat vaihtelevat merkittävästi ominaisuuksien, laajuuden ja käyttötarkoituksen mukaan.

SolidWorks ohjelma on saanut alkunsa Jon Hirschtickin vuonna 1993 perustaman SolidWorks nimisen yrityksen johdosta. SolidWorks ohjelman ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1995. Ohjelma sai niin suuren suosion, että jo vuonna 1997 yritys siirtyi ranskalaisen ohjelmistotalo Dassault Systèmes:n omistukseen. (Oanes, 2021)

Ohjelmasta julkaistaan joka vuosi päivitetty versio ja alkuvuonna 2023 versioita onkin ehtinyt ilmestyä jo 31 kappaletta. Useista vuosien aikana ohjelmaan lisätyistä laajennuksista huolimatta SolidWorks on pitänyt kiinni helppokäyttöisyydestä, käyttäjäystävällisyydestä ja on yhä helposti lähestyttävä ohjelma kokonaisuudessaan. (Oanes, 2021)

SolidWorks on parametrinen tietokoneavusteinen CAD-suunnittelu ohjelmisto, joka toi uutena ominaisuutena markkinoille 3D-mallinnuksen asettuen ominaisuuksissaan jo paljon aiemmin julkaistun AutoCAD ohjelman edelle. Digitaalinen 3D-mallinnus mullisti insinöörien kyvyn havainnoida ja muokata tuotoksiaan. Tänä päivänä SolidWorks on erittäin laajassa käytössä etenkin teollisuudessa suunnittelijoilla ja SolidWorks ohjelman opetus kouluissa yleistyy jatkuvasti. (Solidworks, julkaisuaika tuntematon).

SolidWorks ohjelman toiminta perustuu ensisijaisesti 3D-mallinnukseen. Ohjelma käsittelee kolmenlaisia perustiedostoja; osia(part), kokoonpanoja(assembly), sekä valmistuspiirroksia(drawing). Nämä kolme eri tiedostotyyppiä ovat toisiinsa sidoksissa niin, että osaa muuttaessa kokoonpanossa myös osatiedosto muuttuu ja päinvastoin. SolidWorks on kuitenkin myös paljon enemmän kuin vain mallinnusohjelma sillä ohjelma tarjoaa aputyökaluja mm. simulointiin, sähkösuunnitteluun ja työstöratojen luomiseen (Solidworks, 2017). Tänä päivänä SolidWorks Simulation on yritysten määrällä mitattuna Suomen käytetyin lujuuslaskentaohjelma mekaniikkasuunnittelussa (Cadworks, julkaisuaika tuntematon).

3 TUOTANNON KEHITYS

3.1 Yleistä tuotannon kehityksestä

Tuotannon kehityksessä on kysymys tuottavuuden ja kannattavuuden tarkastelusta ja parantamisesta. Tuotannon kehityksessä pyritään löytämään tekijöitä, jotka vaikuttavat tuotantoon sitä heikentävästi. Usein nämä tekijät saattavat tuntua pieniltä yksinkertaisilta tekijöiltä, joilla ei ajatella olevan niinkään väliä, mutta ne aiheuttavat merkittävästi tuotannon heikentymiseen moninkertaistuessaan. Tuotannon kehitystyö on yrityksille olennaista yrityksen kannattavuuden, kustannustehokkuuden ja laadun varmistamiseksi. Kehitystyötä tulisi pyrkiä tekemään jatkuvasti, jotta tuotanto pysyisi kilpailukykyisenä. Brax (2007,11-13) mukaan tuotannon kehityksen lähtökotana on hyvä pitää yrityksen tuottavuutta ja kannattavuutta, mutta myös asiakasohjautuva tuotanto on tärkeä huomioida.

3.2 Lean ja 5S

Lean- ajattelu on filosofinen menetelmä. Lean- ajattelu on tuotannon kehityksen ja siinä esiin tulevien menetelmien perusta. Tämä filosofinen malli on peräisin autoteollisuudesta ja se sai syntynsä Japanissa Toyota Motor Corporation tehtaalla. Menetelmä perustuu seitsemään eri tekijää, jotka aiheuttavat "hukkaa" valmistusprosessissa ja menetelmän tarkoituksena on poistaa nämä tekijät. "Hukat" tarkoittavat toimintoja valmistusprosessissa. Tuotannolla kuluu näihin turhaa aikaa ja ne aiheuttavat kustannuksia eivätkä silti anna lisäarvoa tuotannolle. (Liker 2010,28). Nämä lisäarvoa tuottamattomat tekijät ovat ylituotanto, odottelu, tarpeeton kuljetus, ylikäsittely, tarpeettomat varastot, tarpeeton liikkuminen ja viat (Liker 2010,28-29).

Ylituotanto tarkoittaa, että tuotteita valmistuu tai valmistetaan enemmän kuin on kysyntää tai mitä on tarpeen. Tämä aiheuttaa tarpeetonta varastojen kasvua ja jopa hukkatyötä, josta aiheutuu lisäkustannuksia ja on siten resurssien tuhlaamista. Tällaista ylituotantoa voi esimerkiksi aiheuttaa puutteellinen ja heikko tuotannon suunnittelu. (Liker 2010,28)

Odottelua voi syntyä etenkin pitkälle automatisoidussa tuotannossa, kun työntekijät odottavat, että koneen voisi asettaa seuraavaan työvaiheeseen. Tällainen odottelu on tehokkaan työajan hukkaan heittämistä. (Liker 2010,28) Kaikki tehoton työaika tekee valmistusprosessista vähemmän tuottavaa.

Tarpeettomalla kuljettamisella taas tarkoitetaan kaikkea työn tai tuotteiden turhaa liikuttamista paikasta toiseen. Työpisteet ja valmistusprosessit tulisi suunnitella niin, että työn vaiheiden toteuttaminen olisi mahdollista tavarain mahdollisimman vähällä liikuttelulla. Tällöin tarvittavat valmistusvälineet tulisi löytyä valmistuspisteen välittömästä läheisyydestä. (Liker 2010,29). Tämä vähentää mahdollisten vahinkojen tai tapaturmien todennäköisyyttä ja vaikuttaa myös olennaisesti tuotannon tehokkuuteen.

Ylikäsittelyllä eli yliprosessoinnilla tarkoitetaan kappaleen tai tuotteen työstämistä enemmän, kuin asiakkaan tarve vaatii. On tarpeetonta käyttää aikaa ja resursseja turhien ja ylimääräisten työvaiheiden tekemiseen. Tuotteiden tulee olla laadullisesti asiakkaan vaatimuksen mukaisia, mutta tuotannosta tulee heti tehottomampaa, jos tuotetta viimeistellään yli asetettujen tarpeiden. (Liker 2010,29). Henkilöstölle tulee välittää vaaditun laadun taso työn ohjeistuksessa ja teknisissä piirustuksissa, jotta ylikäsittelyä voitaisiin välttää.

Varastoja tai muita valmistuksen kannalta välttämättömille tarvikkeille ja komponenteille tarkoitettuja tiloja ei ole tarpeen täyttää turhaan. Materiaaleja ei kannata tilata varastoihin yli tarvittavan määrän, sillä hävikkiä syntyy kustannuksissa, kun materiaalit jämähtävät varastoihin. (Liker 2010, 29). Varastoinnin tulee olla järjestelmällistä, järkevää ja tehokasta, jotta tavara varastossa liikkuisi. Näin myös kaikkea käytettävissä olevaa tilaa voidaan käyttää hyödyksi.

Jos aiemmin mainittu työkalujen, koneiden ja laitteiden säilytys, sijoittelu ja puuttuminen aiheuttaa työpisteillä turhaa liikkumista työpisteiden välillä syntyy ajallista hävikkiä, kun työntekijät käyttävät aikaansa työvälineiden etsimiseen ja hakemiseen. (Liker 2010, 29).

Vikoja, jotka raastavat valmistusprosessia voidaan ehkäistä pitämällä huolta koneiden ja laitteistojen huolloista (Liker 2010, 29). Huollot tulisi suorittaa sesonkiaikojen ulkopuolella, jotta tuotannon tehokkuus kärsisi huolloista mahdollisimman vähän. Huollot tulisi ennakoida, jotta henkilöstö ja työtehtävät voidaan suunnitella sen mukaan.

Nykyisin Lean- ajattelu tunnistaa myös kahdeksannen lisäarvoa tuottavan hävikin. Tämä hävikki on työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Tällä tarkoitetaan sitä, että työntekijöitä tulisi kuunnella ja ottaa heidät mukaan kehitystyöhön. Monissa työntekijöissä piilee paljon luovuutta, jonka ansiosta heillä voi olla paljon hyviä ideoita kehityksen suhteen. (Liker 2010,29). Tähän voisi lisätä myös työntekijöiden osaamisen ja koko potentiaalin hyödyntämisen. Henkilöstö tulisi työllistää heidän osaamisensa ja vahvuutensa huomioon.

3.3 JIT

JIT (Just In Time) ja JOT (Juuri Oikeaan Tarpeeseen) tarkoittavat samaa asiaa, mutta Suomessa käytetään enemmän termiä JOT-tuotanto. JOT- tuotanto kehittyi 1950-luvulla myös Japanissa Toyotan tehtaalla. Tämä periaate kulkeutui Suomeen 1980-luvulla. JOT- periaate tarkoittaa, että tuotteita ei valmisteta yhtään sen enempää, kuin tarve vaatii. Näin varastojen koot sekä hukkaprosentti pysyvät mahdollisimman pieninä. Edellä mainittu Lean-periaatteen ylituotannon poistaminen perustuu JIT/JOT tuotantoon. (Peltonen 1998).

JOT-periaatteeseen liittyy olennaisena osana myös TQC (total quality control), joka tarkoittaa kokonaisvaltaista laatukontrollia kussakin työvaiheessa. Käsitteiden keskinäinen yhteys on helposti ymmärrettävissä. JOT- ohjauksen periaate merkitsee sitä, ettei tuotevirtaan saisi tulla juuri lainkaan virheellisiä osia, koska muutoin varastojen pienuuden takia on seurauksena hyvin nopeasti tuotevirran häiriytyminen ja pahimmassa tapauksessa keskeytyminen. Näin ollen kaikki virheet tulisi saada eliminoiduiksi jo paikan päällä. Tavallisesti suurempia eräkokoja kerrallaan valmistavassa funktionaalisessa tuotannossa tämä ongelma ei ole yhtä polttava. Avainsana JIT/TQC- konseptissa onkin "kerralla valmiiksi", JOT voi olla joustava valmistustapa vain, mikäli tämä konsepti toteutuu. (Alasoini, 1992)

Yritysten kiinnostus JOT-ohjaukseen johtuu ensisijaisesti pyrkimyksestä lisätä tuotannon joustavuutta markkinamuutoksiin ja asiakkaiden erilaisiin tarpeisiin vastaamiseksi nopeammin ja pienemmin kustannuksin. JOT:in käyttöönotto johtaa pienempiin varastoihin, mikä merkitsee vaihto-omaisuuden kiertonopeuden lisääntymistä yrityksissä. Muina keskeisinä hyötyinä mainitaan yleensä kohonnut laatutaso, tehostunut raaka-aineiden käyttö, monipuolisempi työvoiman käyttö ja kasvanut työmotivaatio. (Alasoini, 1992)

JIT periaatteesta on esitetty myös laajempia merkityksiä, kun siihen on liitetty muitakin japanilaisia tuotantofilosofisia ajatuksia. Tällöin JIT tavoittelee kysynnän nopeaa tyydyttämistä täydellisellä laadulla ja ilman hävikkiä. JIT periaatteen tavoitteina pidetään nollavarastoja, äärimmäisen nopeaa läpäisyä, virheettömyyttä, virtautettua tuotantoa, joustavaa tuotantoa ja kaiken tuhlauksen eliminointia. Nämä tavoitteet tulee ymmärtää visioina, jota kohti pyritään mutta jonka saavuttaminen ainakaan lyhyellä tähtämellä ei ole todennäköistä. Näin laajasti ymmärrettynä JIT vaikuttaa moniin tuotannon ja koko yrityksen toiminnan osa-alueisiin. (Logistiikan maailma, julkaisuaika tuntematon)

3.4 OEE-luku

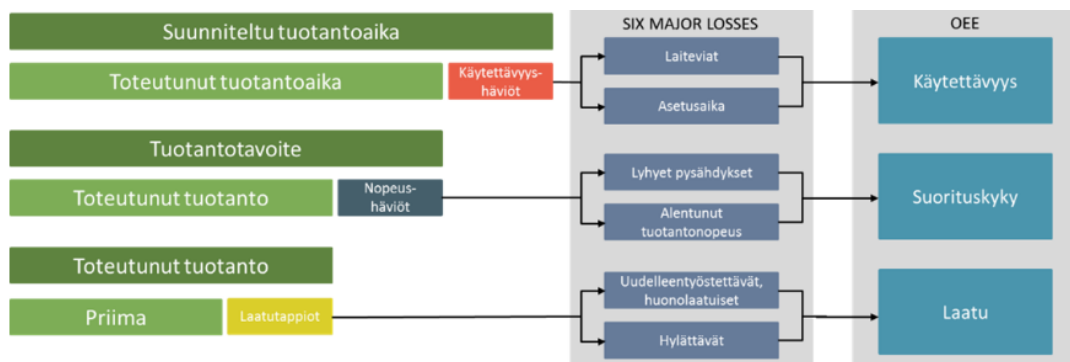
OEE-luku, eli "Overall Equipment Efficiency", suomessa KNL (Käytettävyys*Nopeus*Laatu) on toimialariippumaton tuotantokoneiden tehokkuutta mittaava menetelmä, joka soveltuu erityisesti jatkuvan kehittämisen ja seuraamisen malliin. OEE-luvun avulla tuotannon suorituskyky saadaan helposti havainnoitavalla tavalla kaikkien nähtäville. OEE-luku auttaa löytämään ja tunnistamaan tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ja tekemään korjaavia ja kehitettäviä toimenpiteitä ja päätöksiä. (Duffy 2011, 46 & Productivity Development Team 1999, 5.) (Synchronotech 2023).



Kuva 1. OEE-luku, Synchronotech, OEE, Haettu osoitteesta <https://www.synchronotech.com/tuotteet/syncmes-oee> 23.5.2023

OEE-luku muodostuu kertomalla keskenään kolme tekijää; käytettävyys, suorituskyky (nopeus) ja laatu. Laskutoimituksen lopputuloksena saadaan kokonaistehokkuutta kuvaava luku. Nämä edellä mainitut päätekijät jakamalla pienempiin tekijöihin saavutetaan mahdollisuus päästä käsiksi tuotannon tehokkuutta rajoittaviin tekijöihin eli niin kutsuttuihin pulonkauloihin. (Synchronotech 2023).

OEE-laskennassa jaetaan usein OEE-häviöt, eli käytettävyys-, suorituskyky- ja laatuhäviöt kuuteen alakategoriaan "Six Major losses" (Kuva 2.)



Kuva 2. OEE-luvun laskenta, Synchronotech, OEE, Haettu osoitteesta <https://www.synchronotech.com/tuotteet/syncmes-oee> 23.5.2023

Käytettävyyteen vaikuttavat häviöt jaetaan laitevikoihin, sekä asetusajaan. Laitevioiksi kutsutaan kaikkia niitä tapahtumia, joiden vuoksi tuotantoa joudutaan seisottamaan teknisten ongelmien vuoksi. Asetusajaksi kutsutaan esimerkiksi asetusten vaihtamisesta tai raaka-aineiden odottamisesta johtuvia pysähdyksiä. (Syncrotech 2023).

Suorituskykyhäviöt jaetaan lyhyisiin pysähdyksiin, sekä alentuneeseen tuotantonopeuteen. Lyhyiksi pysähdyksiksi kutsutaan yleensä alle 5 minuutin pysähdyksiä, joiden selvittämiseen ei vaadita huoltohenkilökuntaa. Alentuneeksi tuotantonopeuden määritelmässä käsitellään erikseen kirjattujen tuotantonopeuden laskuun liittyvien tapahtumien lisäksi teoreettisen ja todellisen tuotantonopeuden erotuksesta johtuva suorituskyvyn lasku. Teoreettinen tuotantonopeus asetetaan niin korkealle, ettei sitä voida todellisuudessa koskaan saavuttaa (ei kuitenkaan yli 100%). (Syncrotech 2023).

Laatuhäiriöt jaetaan yleensä kahteen kategoriaan: hylättäviin, joita ei voida hyödyntää enää millään tavoin, sekä uudelleenkäytettäviin tai huonolaatuisiin, jotka voidaan kuitenkin hyödyntää joko kakkoslaatuisina tai korjattuina. (Syncrotech 2023).

Täydellinen tuotannon OEE-luku olisi 100%. Tähän lukuun pääseminen edellyttäisi tuotannolta pysähdyksetöntä toimintaa ilman minkäänlaisia häiriöitä tai laatuhäiriöitä. Tähän lukuun ei kuitenkaan ole kuitenkaan mahdollisuutta päästä. Mitä korkeampi OEE-luku on, sitä enemmän sen nostaminen entisestään vaatii resursseja, sekä taloudellista panosta. Keskiverto OEE-luku teollisuudessa on noin 60 %, mikä tarkoittaa tutkimusten mukaan hyvää keskitasoa. Yli 80 % OEE-luku taas tutkitusti tarkoittaa, että tuotantolinja toimii tehokkaasti, tauot ovat vuorotettu, huollot ja korjaukset ovat nopeita, kuin myös asetukset, jotka toistuvat vain harvoin. (Novotek Oy 2010 & Villanen 2009).

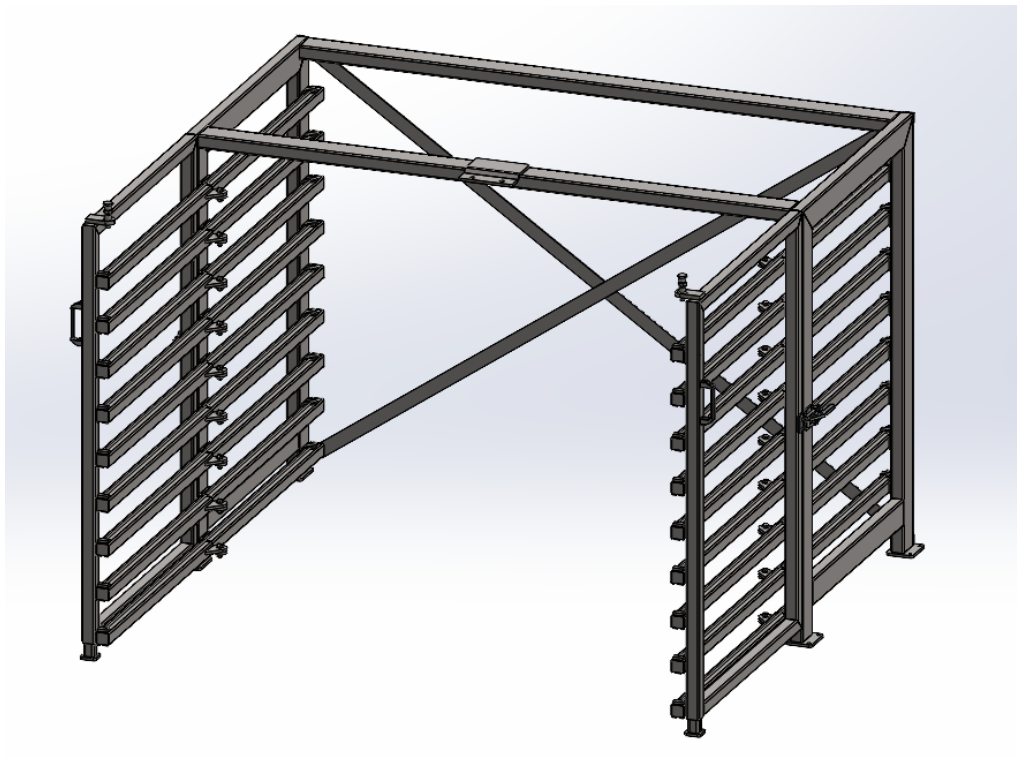
4 LEVYVARASTON SUUNNITTELU

4.1 Työn aloitus ja toteutus

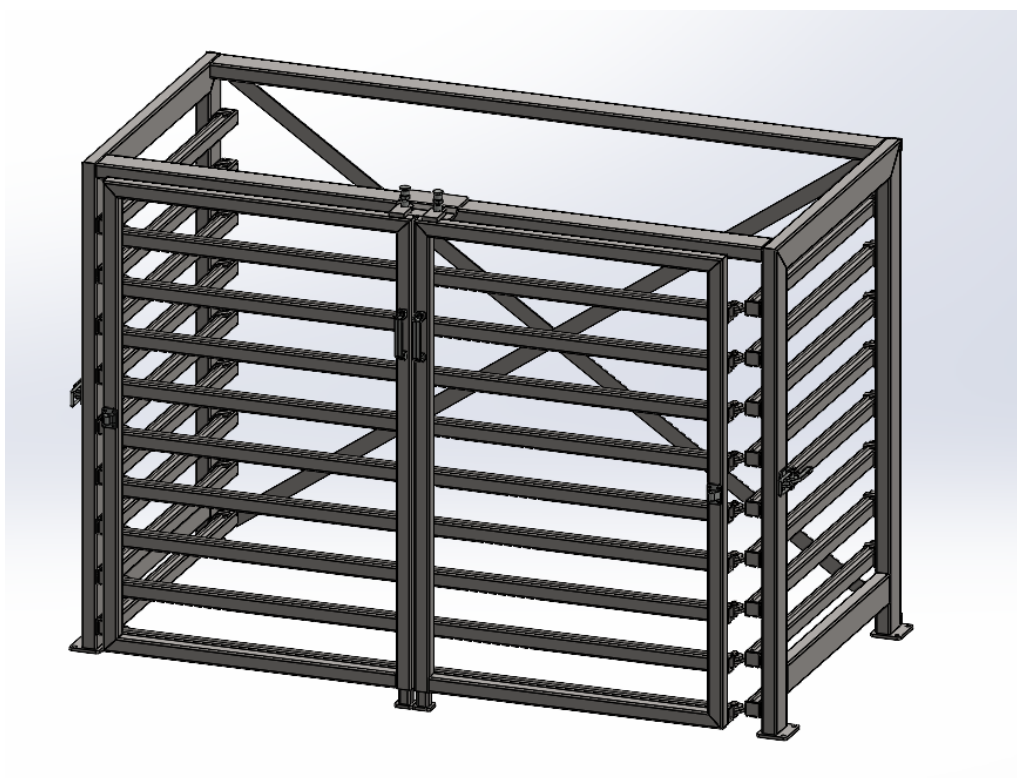
Projektin aikainen suunnittelutyö suoritettiin kokonaisuudessaan käyttäen työkaluna Pro-Tot Oy:n tarjoamaa SolidWorks ohjelmistoa. Työn toteutus aloitettiin selvittämällä Pro-Tot Oy:n vaatimukset ja toiveet varastolle. Varasto päädyttiin suunnittelemaan 2000x1000mm kokoisille levyarkeille. Varastosta haluttiin suunnitella mahdollisimman kompakti vähäisen vapaana olevan tilan vuoksi ja tästä syystä runkoon päätettiin suunnitella aukeavat puomit, jolloin levyvaraston ollessa pois käytöstä voidaan puomit taittaa levykasettien eteen tilaa viemästä. Varasto haluttiin suunnitella niin, että sitä on mahdollista operoida lattiatasolta. Näiden tietojen pohjalta saatiin määritettyä reunaehdot varaston fyysisille mitoille. Varaston suunnittelussa haluttiin kiinnittää erityistä huomiota valmistettavuuteen ja varastosta haluttiin suunnitella mahdollisimman yksinkertainen valmistaa. Suunnittelu tuli toteuttaa niin, että kaikki tarvittavat komponentit ovat hankittavissa putkilaser, laserleike tai komponenttitoimittajilta, jolloin Pro-Tot Oy:n osuudeksi valmistuksesta jäisi komponenttien hitaus ja kokoonpano.

4.2 Runko

Itse suunnittelutyö alkoi varaston rungon suunnittelulla. Levyvaraston valmistusmateriaaliksi valikoitui S355-rakenneteräs käyttökohteen perusteella. Varsinaisen rungon profiiliksi valittiin 100x50x3 RHS-suorakaideputki, jonka sisäpuolelle lisättiin levykasettien johteiksi 50x50x3 RHS-suorakaideputket.



Kuva 3. Runko, Johdepuomit auki (Kohvakka, 2023)

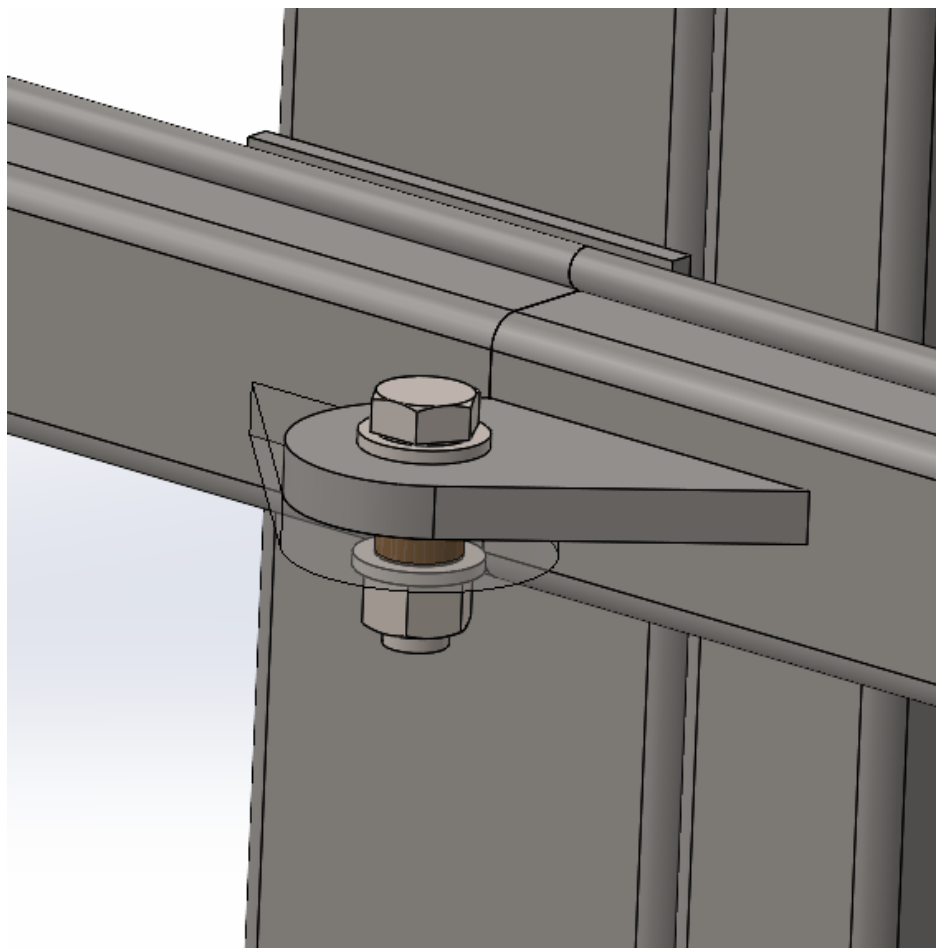


Kuva 4. Runko, Johdepuomit kiinni (Kohvakka, 2023)

Kääntyvät johdepuomit suunniteltiin täysin 50x50x3 RHS-suorakaideputkea hyödyntäen. Johteiden päälle lisättiin pyörötangot keskittämään levykasetti kiskopyörien keskellä olevien urien avulla, sekä päätyrajoittimet estämään kasettikelkkojen tippuminen johdepuomien päistä. Runko suunniteltiin lattiaan kiinnitettäväksi betoniankkureita hyödyntäen lisäämällä rungon alle kiinnitysreiälliset jalkalaput.

4.3 Saranamekanismi

Rungon kiinteiden elementtien suunnittelun jälkeen keskityttiin tarkemmin puomien saranamekanismiin. Yhtenäinen koko rungon korkuinen sarana osoittautui tulevan väistämättä kelkan liikeradan tielle, joten päädyin suunnittelemaan jokaiseen johdepalkkiin oman saranan. (Kuva 3.)

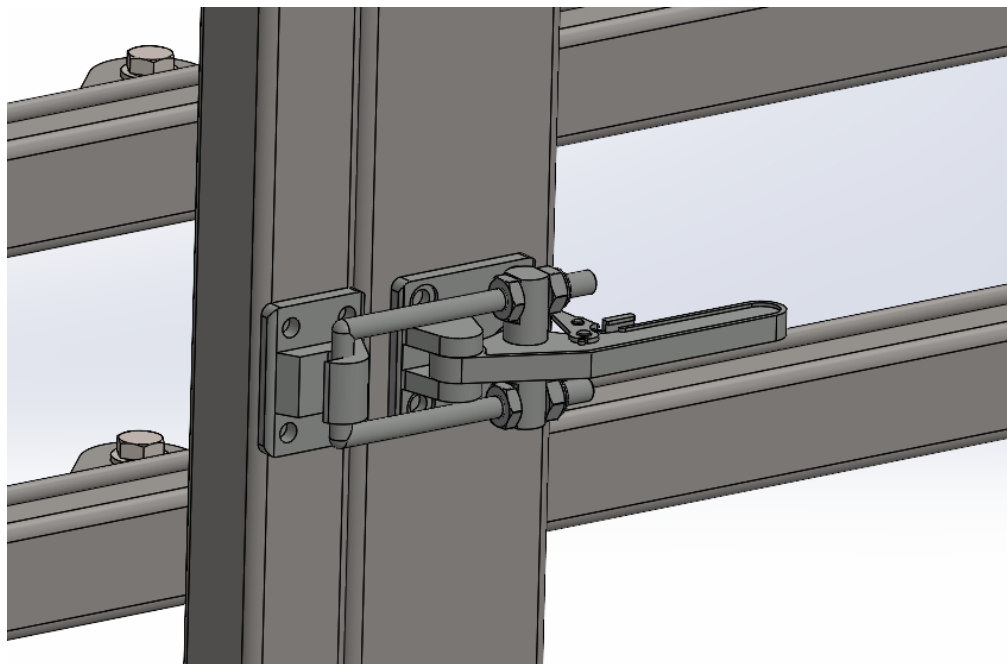


Kuva 5. Puomin saranamekanismi (Kohvakka, 2023)

Saranamekanismin päätin toteuttaa yksinkertaisilla laserleikkeillä, joista toinen hitsataan kiinteäksi rungon johdepalkin kylkeen ja toinen taas puomin johdepalkin kylkeen. Näiden korvallisten läpi tulee yhtenäinen laakeripronssista valmistettu liukuholkki vähentämään saranan kitkaa. Saranapaketit sidotaan yhteen pronssiholkin läpi tulevalla pultilla, aluslevyillä ja Nyloc-lukitusmutterilla.

4.4 Puomien lukitus

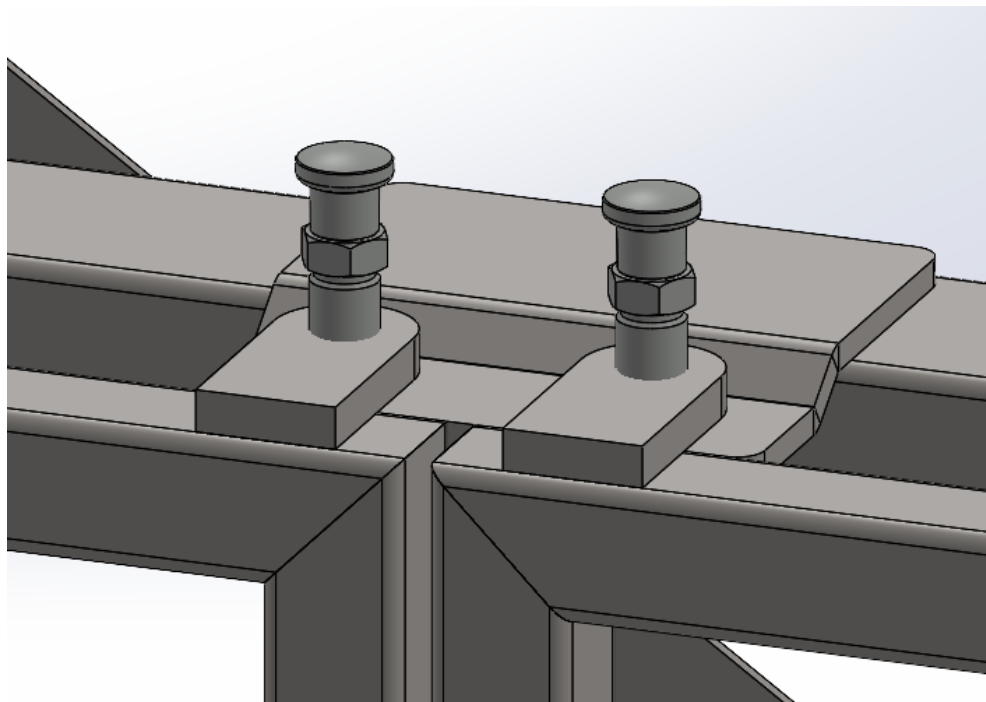
Puomien lukitus "Auki" asentoon toteutettiin hyödyntämällä turvalukittuja salpalukitsimiä, jolloin puomin lukitseminen auki asentoon ja tiukkuuden säätäminen on vaivatonta. (Kuva 4.)



Kuva 6. Puomin lukitusmekanismi ("Puomi auki") (Kohvakka, 2023)

Salpalukitsimet kiinnitetään runkoon M8 kokoisilla kiinnityspulteilla. Rungon putkipalkkeihin tehdään putkilaserilla kohdistusreiät lukitsimien kiinnitysreikien mukaan, jolloin palkkeihin saadaan vaivattomasti porattua ja kierteitettyä reiät lukitsimien asennuksen yhteydessä. Lukitsimet ovat varustettu turvakoukuilla, jotka estävät lukitsimen tahattoman tai tärinästä johtuvan vapautumisen.

Puomien lukitus "Kiinni" asentoon ei vaadi yhtä tarkkaa säätöä kuin "Auki" asentoon, joten lukitus toteutettiin hyödyntämällä indeksitappeja. Indeksitappien kiinnitys runko-osiin suunniteltiin hyödyntämällä hitsattavia laserleike osia. Laserleike kiinnikkeisiin tehdään laserleikkurilla esireiät. Lopulliset reiät porataan pylväsporakoneella tai jyrsinkoneessa ja kierteet valmistetaan käsin kierretapin avulla. (Kuva 5.)

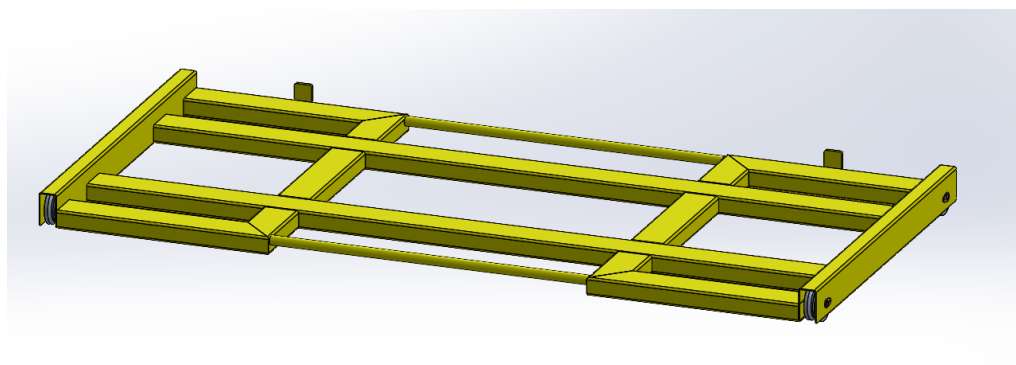


Kuva 7. Puomin lukitusmekanismi ("Puomi kiinni") (Kohvakka, 2023)

Kiinnikkeet hitsataan runkoon vasta kokoonpanovaiheessa, kun puomit saranamekanismeineen on jo kiinnitetty runkoon. Näin voidaan varmistaa kiinnikkeiden tarkka asemointi ja vältetään mahdollisia muokkaustarpeita kokoonpanovaiheen jälkeen.

4.5 Levykasetti

Rungon mallinnuksen valmistuttua siirryin levykasettien suunnitteluun. Levykasettien raaka-aineeksi päädyin valitsemaan saman 100x50x3 RHS-suorakaideputken, kuin itse levyvaraston rungossa.

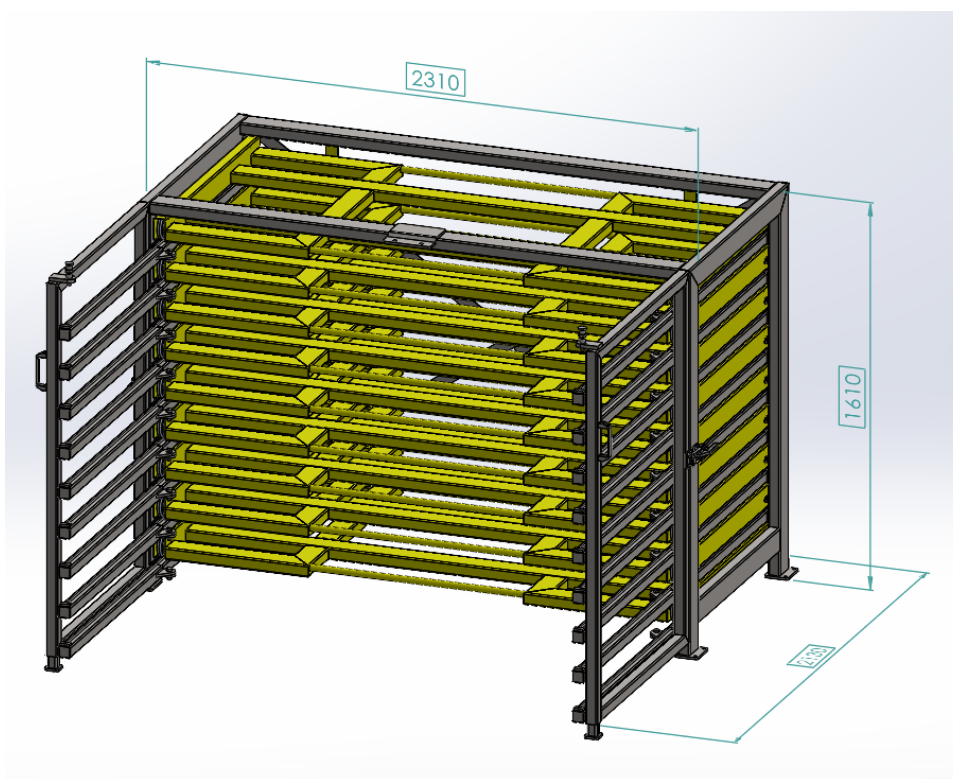


Kuva 8. Kasetti kokoonpano (Kohvakka, 2023)

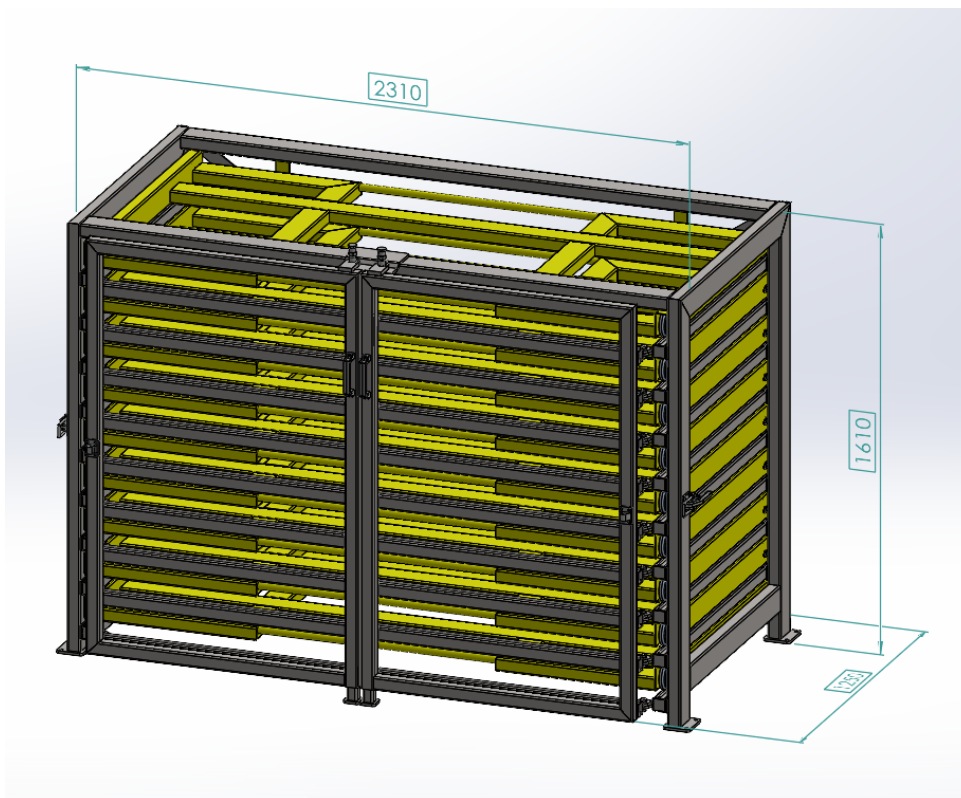
Levykasetti suunniteltiin 2000x1000 mm kokoisille levyarkeille. Korkeuden puolesta kasetteihin mahtuu 45 mm korkea pino levyjä. Kasetin takaosaan lisättiin hitsattavat lattaraudat takavasteiksi, joita vasten levy on helppo asemoida oikeaan kohtaan runkoa täyttäessä kasettia. Kiskopyörien kiinnitys toteutettiin yksinkertaisesti suunnittelemalla RHS-suora-kaideputkeen putkilaserilla tehtävät lovet, joihin pyörät asennetaan tappien ja aluslevyjen avulla. Kasettien vetämiseen ja työntämiseen johteiden päällä suunniteltiin käsikahvat pyörötangosta.

4.6 Kokoonpano

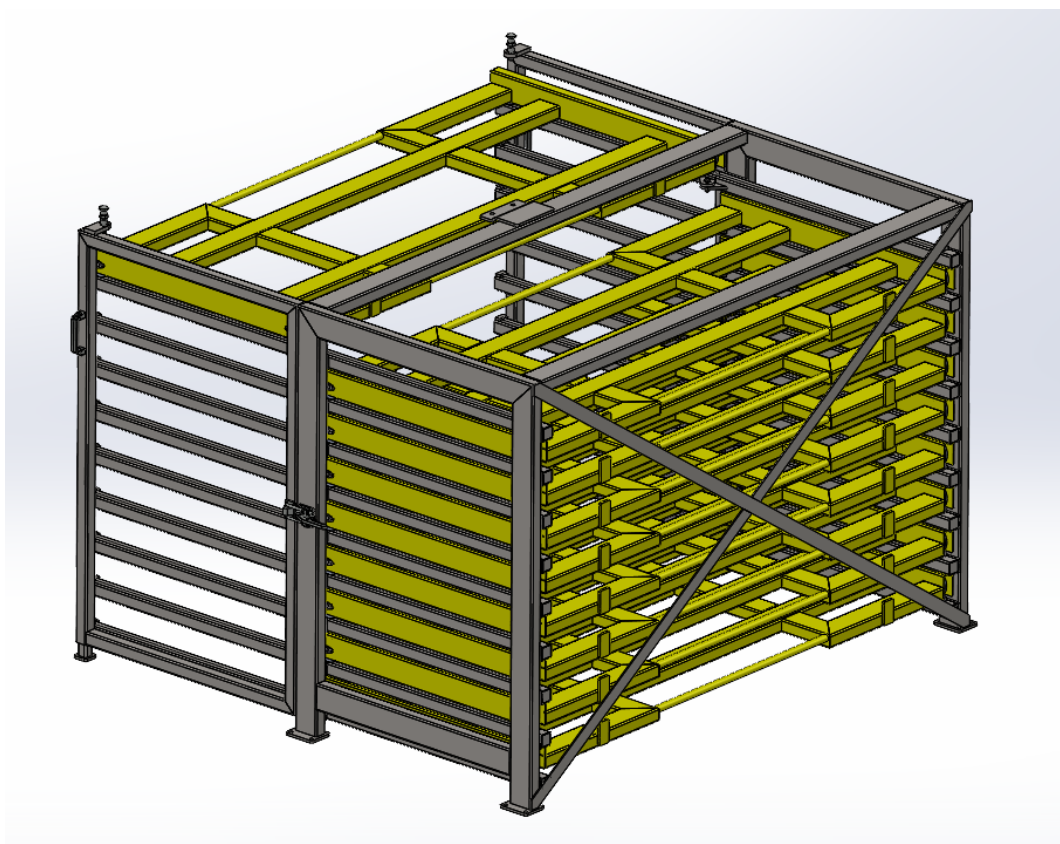
Kaikkien komponenttien 3D-mallien valmistuttua alkoi alikokoonpanojen ja varsinaisen kokoonpanon kasaaminen yhteen.



Kuva 9. Levyvaraston kokoonpano, Puomi auki, Päämitat 2310x2130x1610mm (Kohvakka, 2023)



Kuva 10. Levyvaraston kokoonpano, Puomi kiinni, Päämitat 2310x1250x1610mm (Kohvakka, 2023)



Kuva 11. Levyvarasto kokoonpano, Kasetti vedettynä ulos levyjen lastaus- tai poiminta asentoon. (Kohvakka, 2023)

Kokoonpanovaihe aloitettiin lisäämällä pääkokoonpanoon pohjaksi levyvaraston päärunko. Seuraavana vaiheena tuotettiin alikokoonpano levykaseteista, jottei pääkokoonpanoon tarvitsisi lisätä ja määrittää kiinnitysehtoja jokaista kasetteihin tulevaa komponenttia erikseen. Tämän jälkeen levykasettien alikokoonpanot lisättiin pääkokoonpanoon, määritettiin kiinnitysehdot ja liikeradat, sekä hienosäädettiin kaikki mitoitusvirheet ja pienet yksityiskohdat kuntoon. Tämän jälkeen pääkokoonpanoon lisättiin kääntyvien puomien alikokoonpanot ja määritettiin niille kiinnitysehdot, sekä liikeradat. Lopuksi pääkokoonpanoon lisättiin salpalukitsimet, indeksitapit ja kiinnitystarvikkeet. Kokoonpanon valmistuttua varmistettiin vielä kaikkien liikeratojen toimivuudet, komponenttien sopivuus keskenään ja korjattiin kaikki löytyneet mittavirheet.

5 LUJUUSLASKENTA

5.1 Rungon lujuuslaskenta

Levyvaraston runkorakenteisiin kohdistuvat jännitykset ja siirtymät kuormitusten vaikutuksesta on ratkaistu käyttäen SolidWorks Simulation työkalua. Analyysityyppinä on staattinen lineaarinen laskenta.

Runkoon vaikuttavat voimat koostuvat kasettien omamassasta, sekä kasettien päälle varastoitavista levyistä.

Kasetin omamassa = 70,45 kg

Kasetin maksimi kapasiteetti = 706,5 kg

Kasettien lukumäärä = 9kpl

Kuorman korotuskerroin $\alpha = 2$

Edellä mainittujen lähtöarvojen pohjalta saadaan laskentakuorma määritettyä seuraavan kaavan avulla:

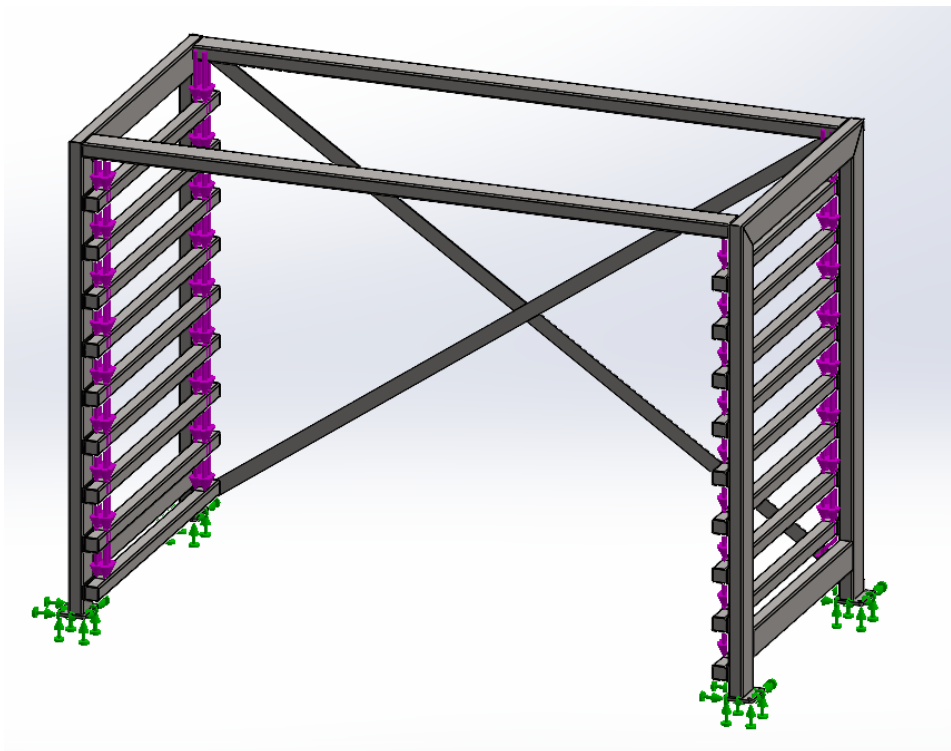
$$(Kasetin\ omamassa + Kasetin\ max.\ kapasiteetti) \times Kasettien\ lukumäärä \\ \times Kuorman\ korotuskerroin$$

Sijoittamalla lähtötiedot edelliseen kaavaan saadaan laskentakuormaksi 13 985,1 kg. SolidWorks Simulation ohjelmaan laskentakuorma tulee syöttää newtoneina, kilogrammat muutetaan newtoneiksi seuraavan kaavan mukaan:

$$1\text{ kg} = 9,81\text{ N}$$

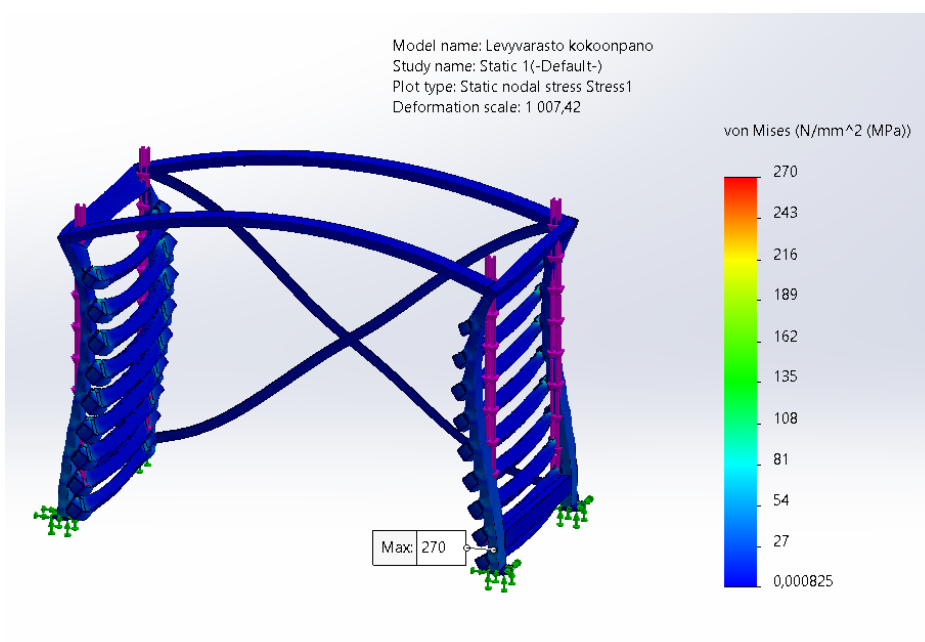
Muuttamalla edellisen kaavan avulla 13 985,1 kg newtoneiksi saadaan laskentakuormaksi 137 193 N.

Runkoon vaikuttavat voimat on kohdistettu pintakuormana 4:ään pisteeseen kasettitasoa kohden, kuten todellisessa tilanteessa kasettien pyörät. Runko on tuettu jalkalappujen pohjasta jäykästi todellista lattia asennusta vastaavasti. (Kuva 10.)



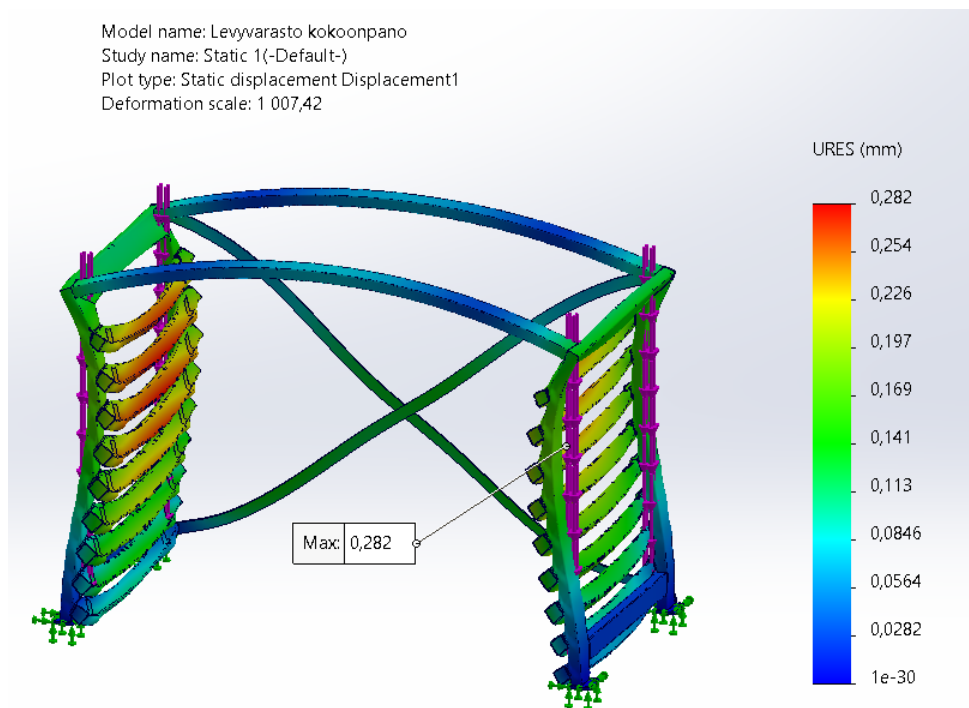
Kuva 12. Runko, Tuennat ja runkoon kohdistetut voimat (Kohvakka, 2023)

Rungon jännitystilat jäävät selvästi alle materiaalin myötörajan alle (355Mpa.). Laskennassa saatu suurin jännitys (270Mpa) kohdistuu hyvin pieneen kohtaan reunaehdon lähelle, eikä ole täten todellinen. (Kuva 13.)

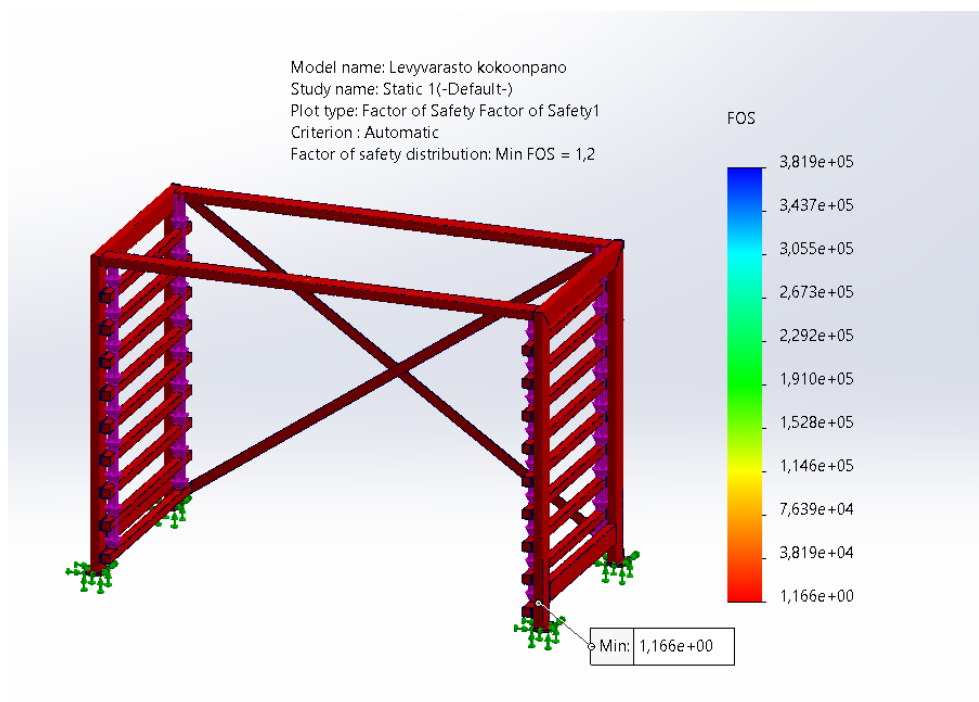


Kuva 13. Runkoon kohdistuvat jännitykset, von Mises (Kohvakka, 2023)

Rungon suurin laskennallinen taipuma on 0,28 mm (Kuva 14.)



Kuva 14. Rungon taipuma, URES (Kohvakka, 2023)



Kuva 15. Rungon varmuuskerroin, FOS (Kohvakka, 2023)

FOS (Factory Of Safety) on rungon heikoimmassa kohdassa 1,2. Kuorma on jo laskennan alussa korotettu korotuskertoimella $\alpha = 2$, joten turvakerroin todellisella maksimikuormalla olisi yli 2 ja täten vähintäänkin riittävä.

5.2 Kasetin lujuuslaskenta

Kasettiin kohdistuvat jännitykset ja siirtymät kuormitusten vaikutuksesta on ratkaistu käyttäen SolidWorks Simulation työkalua. Analyysityyppinä on staattinen lineaarinen laskenta.

Yhden kasetin tilavuus = $0,09 \text{ m}^3$

Teräksen tiheys = $7,85 \text{ kg/dm}^3$

Kasetin maksimikapasiteetti saadaan määritettyä seuraavan kaavan avulla:

$$\text{Yhden kasetin tilavuus} \times \text{Teräksen tiheys}$$

Sijoittamalla lähtötiedot edelliseen kaavaan saamme yhden kasetin maksimikapasiteetiksi $706,5 \text{ kg}$

Kasetin runkoon vaikuttavat voimat koostuvat kasettien päällä varastoitavista levyistä. Kasetit ovat rungon sisällä "suojassa", niihin ei kohdistu levymassan lisäksi muita kuormituksia, eikä kasetteja ole fyysisesti mahdollista ylilastata levyillä. Näistä syistä laskennassa on käytetty matalampaa kuorman korotuskerrointa levyvaraston runkoon verrattuna.

Kasetin maksimi kapasiteetti = $706,5 \text{ kg}$

Kuorman korotuskerroin $\alpha = 1,25$

Edellä mainittujen lähtöarvojen pohjalta saadaan laskentakuorma määritettyä seuraavan kaavan avulla:

$$\text{Kasetin max. kapasiteetti} \times \text{Kuorman korotuskerroin}$$

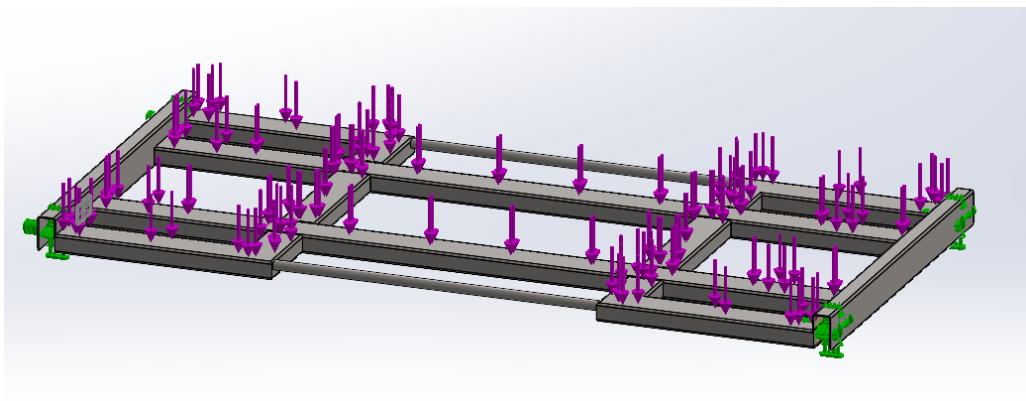
Sijoittamalla lähtötiedot edelliseen kaavaan saamme laskentakuormaksi $883,1 \text{ kg}$. SolidWorks Simulation ohjelmaan laskentakuorma tulee syöttää newtoneina, kilogrammat muutetaan newtoneiksi seuraavan kaavan mukaan:

$$1 \text{ kg} = 9.81 \text{ N}$$

Muuttamalla edellisen kaavan avulla $883,1 \text{ kg}$ newtoneiksi saamme laskentakuormaksi 8663 N .

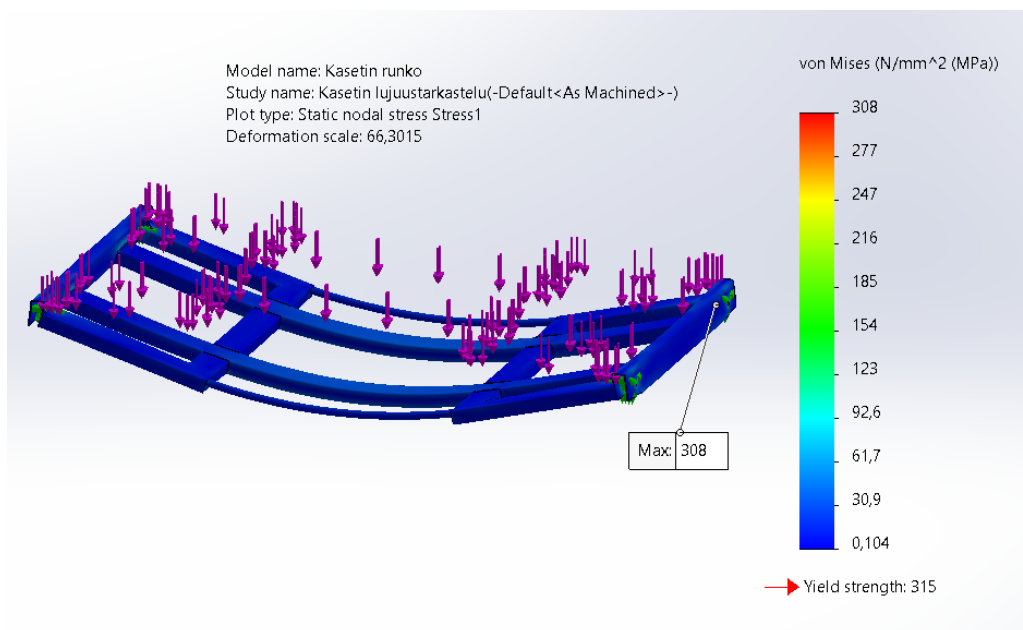
Kasettiin valittujen johdepyörien kantokyky on 600 kg/kpl 4 km/h vauhdissa. Pyörien kokonaiskantokyky on siis 2400 kg 4 km/h vauhdissa. Kasetin omamassa on $70,45 \text{ kg}$ ja maksimi kapasiteetti $706,5 \text{ kg}$, joten laskemalla yhteen kasetin maksimikuorman ja omamassan voidaan suoraan todeta pyörien olevan vähintäänkin riittävän kestävä.

Kasetin rungon laskentamallista on poistettu piirteet ja osat, joilla ei ole vaikutusta rakenteen kokonaiskapasiteettiin. Laskentamallista on poistettu pyörät ja malli on tuettu pyörän kiinnityksiä vastaavista kohdista nivel tuennoilla. Laskentakuorma on asetettu vaikuttamaan tasaisesti kaikille pinnoille, joiden päällä levy makaa suorassa kontaktissa. (Kuva 16.)

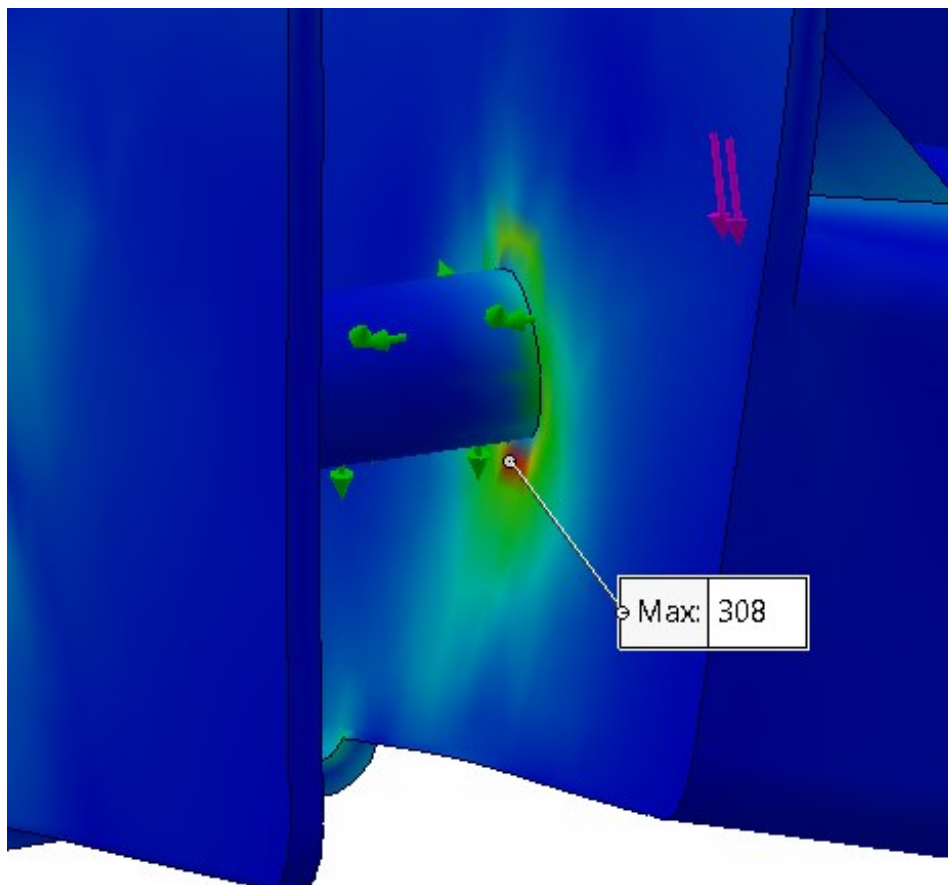


Kuva 16. Kasetti, Tuennat ja kohdistetut voimat (Kohvakka, 2023)

Kasetin rungon jännitystilat jäävät selvästi alle materiaalin myötörajan alle (355Mpa.). Laskennassa saatu suurin jännitys (308Mpa) kohdistuu hyvin pieneen kohtaan reunaehdon lähelle, eikä ole täten todellinen. (Kuva 17.)

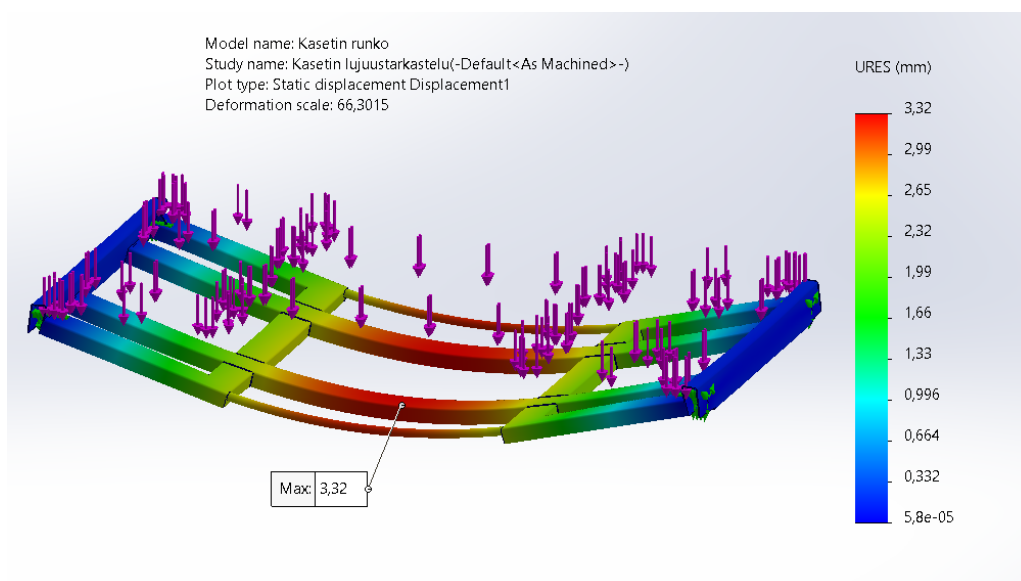


Kuva 17. Kasettiin kohdistuvat jännitykset, von Mises (Kohvakka, 2023)

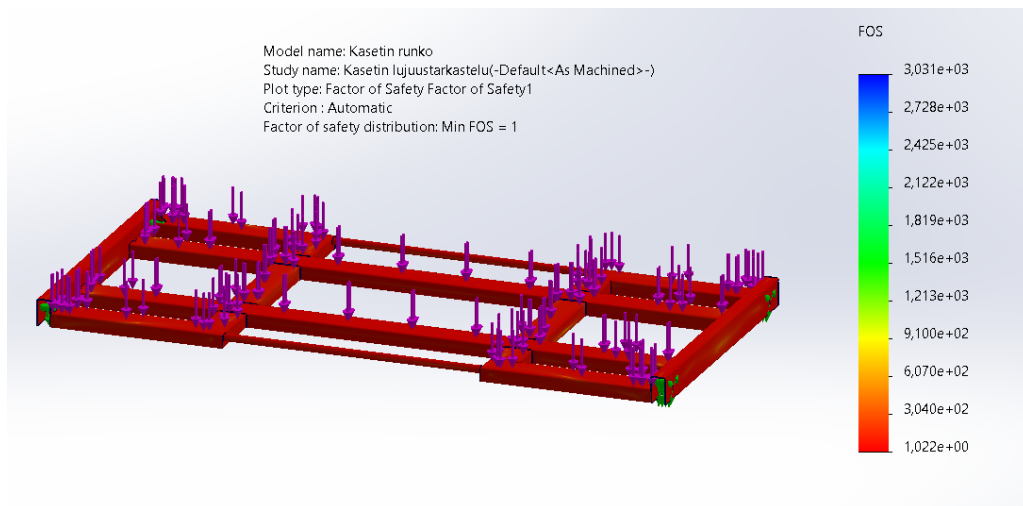


Kuva 18. Kasetin von Mises maksimi (Kohvakka, 2023)

Kasetin rungon laskentamallin suurin taipuma on 3,3 mm. Laskenta on suoritettu käyttäen korotuskerrointa 1,25, joten taipuma on todellisella maksimikuormalla hieman pienempi. (Kuva 19.)



Kuva 19. Kasetin URES (Kohvakka, 2023)



Kuva 20. Kasetin varmuuskerroin, FOS (Kohvakka, 2023)

FOS (Factory Of Safety) on kasetin rungon heikoimmassa kohdassa 1. Kuorma on jo laskenan alussa korotettu korotuskertoimella $\alpha = 1,25$, joten turvakerroin todellisella maksimikuormalla olisi hieman suurempi ja täten riittävä.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehostaa Pro-Tot Oy:n Pieksämäen toimipisteen valmistusosaston toimintaa tuottamalla 3D-mallinnus, sekä valmistus – ja kokoonpanokuvat kasettityyppisen levyvaraston valmistusta varten edellisen kuormalavahyllyn tilalle

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin levyvarasto alusta loppuun käyttäen työkaluna SolidWorks CAD-ohjelmaa. Suunnitteluprosessi piti sisällään 3D-mallinnuksen, lujuustarkastelun, sekä valmistus- ja kokoonpano piirustusten tuottamisen. Keskeisenä tavoitteena projektissa oli tehostaa Pro-Tot Oy:n valmistusosaston tuotantoa luomalla nopeampi ja käyttäjäystävällisempi tapa varastoida levyjä nykyisen kuormalava hyllyn tilalle.

Pro-Tot Oy:n asettamia toiveita ja vaatimuksia suunnittelutyölle kuunnellen opinnäytetyössä panostettiin alkuvaiheessa laadukkaaseen ideointiin ja luonnosteluun, joissa keskityttiin erityisesti valmistettavuuteen, kustannustehokkuuteen, toimivuuteen ja ergonomiaan. Kaikki edellä mainitut kuvaavat lopputulosta suunnitellusta levyvarastosta.

Opinnäytetyötä aloittaessani minulla oli jo selkeä kuva mielessäni siitä, miltä lopputulos levyvaraston suunnitelmasta tulisi näyttää ja kuinka sen tulisi toimia. Suunnitelmaa aloittaessa tutkimme asiakkaan (Pro-Tot Oy) kanssa erilaisia valmiita markkinoilta löytyviä ratkaisuja, joista ei kuitenkaan suoraan asiakkaan tarpeeseen ratkaisua löytynyt. Siispä päädyimme keräämään ideoita markkinoilta löytyneistä ratkaisuista, joiden pohjalta kasattiin juuri asiakkaan tarpeita palveleva kokonaisuus.

Minulla on runsaasti aiempaa kokemusta vastaavantyyppisestä mekaniikkasuunnittelusta, joten lopputuloksen hahmotteleminen oli verrattain helppoa. Aiemmin hankkimani kokemuksen vuoksi ei varaston suunnittelu tuottanut suuria haasteita, saati yllätyksiä. Opinnäytetyössä saadun lopputuloksen pohjalta suoritetaan levyvaraston valmistusprosessi, jonka jälkeen mitataan saavutettua hyötyä tuotannon kehityksen näkökulmasta. Lopullinen hyöty projektista siis tullaan näkemään vasta valmistusprosessin jälkeen tulevaisuudessa.

3D-mallinnusprosessi SolidWorks ohjelmistolla oli minulle tuttu aiempien opintojeni, sekä työkokemukseni puolesta. 3D-mallinnuksen, kokoonpanon ja valmistuskuvien tuottaminen SolidWorks:lla sujui täten vaivattomasti. Lujuuslaskennat SolidWorks Simulation työkalua apuna käyttäen sen sijaan tuottivat enemmän päänvaivaa ja vaativat aiheeseen tutustumista vähäisen kokemuksen vuoksi.

Levyvaraston suunnitteluprosessin esittelyn lisäksi opinnäytetyössä kerrottiin yleistä suunnitteluteoriaa 3D-mallinnuksen, mekaniikkasuunnittelun, sekä CAD-ohjelma SolidWorks:n muodossa. Toisena teoria aiheena opinnäytetyössä oli tuotannon kehitys. Tuotannon kehityksestä valikoitui esiteltäviksi käsitteiksi Lean, 5S, JIT, sekä OEE-luku. Nämä ovat mielestäni kaikkein oleellisimmat käsitteet teollisuusympäristön tuotannon kehitystä tarkasteltaessa.

Aiheesta tietämättömille tuotannon kehityksessä käytettävät menetelmät ja termit voivat vaikuttaa kovinkin utopistisilta ja vaikeasti lähestyttäviltä, mutta jo nopealla aiheeseen tutustumisella voin todeta menetelmien olevan lopulta hyvinkin yksinkertaisia ja ns. maalaisjärkeen iskostuvia.

Tämän opinnäytetyön myötä sain kerrytettyä lisää kokemusta 3D-mallintamisesta, kokoonpano- ja valmistuskuvien piirtämisestä sekä eritoten lujuuslaskennasta Solidworks ohjelmaa käyttäen. Työssäni työnjohtajana olen jatkuvasti tekemisissä tuotannonkehityksen kanssa, joten tämän opinnäytetyön myötä kerryttämäni tietotaito on varmasti arvokasta tulevaisuudessa toteuttaessani toimenkuvaa.

LÄHTEET

- Alasoini, Tuomo 1992. JOT versus funktionaalinen: japanilaiset tuotantomenetelmät länttä valloittamassa. Hallinnon tutkimus. file:///C:/Users/OMISTAJA/Downloads/102344-Artikkelin%20teksti-182653-1-10-20210128.pdf. Viitattu 25.5.2023
- Brax Saara A. 2007. Palvelut ja tuottavuus- Teknologiakatsaus 204/2007 file:///C:/Users/KasperiKohvakka/Downloads/palvelut_ja_tuottavuus.pdf viitattu 26.5.2023
- Cadworks, SolidWorks simulation. Julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <https://www.cadworks.fi/fi/products/solidworks-simulation>. Viitattu 26.5.2023.
- 3D Tech, 2023. 3D-SUUNNITTELU JA MALLINNUS, <https://www.3dtech.fi/3d-ratkaisut/3d-suunnittelu-ja-mallinnus/>. Viitattu 20.6.2023
- Duffy, K. 2011. Optimizing anufacturing using the Overall Equipment Effectiveness metric. Neutraceutical Business & Technology, Jul/Aug 2011, 46-48. Verkkojulkaisu <http://www.highbeam.com/doc/1P3-2406474901.html>. Viitattu 26.5.2023
- Lastunen, Auli 2021, Eurokoodit-tarkoitus. Verkkojulkaisu Eurokoodit. <https://www.eurocodes.fi/eurokoodit-tarkoitus/>. Viitattu 26.5.2023
- Liker, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. Julkaisija New York: McGraw-Hill, [2021]
- Logistiikan maailma, JIT (Just-In-Time) ja Imuohjaus. Verkkojulkaisu. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/> viitattu 26.5.2023
- Novotek Finland Oy. 2011. Opi lisää OEE:sta/KNL:stä. Verkkojulkaisu. <http://www.novotek.fi/downloads/OEEbrochure.fi.pdf>. Viitattu 26.5.2023
- NOX Visual, 2021. Mitä tarkoitetaan 3D-mallinnuksella, <https://www.noxvisual.fi/mita-tarkoitetaan-3d-mallinnuksella/> Viitattu 20.5.2023
- Oanes, Sam 2021, The history of Solidworks. Verkkossa sivustolla Goenieer, <https://www.goengineer.com/blog/history-of-solidworks> viitattu 26.5.2023
- Optotec julkaisuaika tuntematon, Mitä tarkoitetaan mekaniikkasuunnittelulla. Verkkojulkaisu Optotec Group Oy <https://www.optotec.fi/mita-tarkoitetaan-mekaniikkasuunnittelulla/> viitattu 26.5.2023
- Peltonen, Aarne 1998. Tuottava tehdas- Prosessien organisointi, JOT-tuotanto. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html#8>
- Promaint 2018, Vältä tyypilliset sudenkuopat mekaanista suunnittelua hankkiessa. Kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti. Julkaistu 29.5.2018 <https://promaintlehti.fi/Turvallisuus-ja-ymparisto/Valta-tyypilliset-sudenkuopat-mekaanista-suunnittelua-hankkiessa> Viitattu 26.5.2023
- Solidworks.com. Dassault Systemes. Sijainti <https://www.solidworks.com/support/home>. Viitattu 26.5.2023
- SolidWorks 2017, First-look-Solidworks cad. Video. Youtube- videopalvelu, Julkaistu 9.11.2017. First Look - SOLIDWORKS CAD <https://www.youtube.com/watch?v=CpzyQzDxp58>, Viitattu 26.5.2023