



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Samuli Toikko

Alumiiniveneen kelluketyökalujen suunnittelu ja sovittaminen tuotantoon

Opinnäytetyö

Kevät 2023

Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Samuli Toikko

Työn nimi: Alumiiniveneen kelluketyökalujen suunnittelu ja sovittaminen tuotantoon

Ohjaaja: Pekka Lager

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä: 2

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Ähtärissä sijaitseva Buster-alumiiniveneitä valmistava Inhan Tehtaat Oy Ab. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja mallintaa uuden alumiinivenemallin kelluketyökalut ja sovittaa ne uretaanikellukkeiden tuotantolinjaan sopivaksi. Suunnittelu ja mallinnus tehtiin SolidWorks-ohjelmistolla. Työn teoriaosuudessa käydään läpi 3D-mallinnusta, layout-suunnittelua sekä Lean-ajattelua.

Työ aloitettiin perehtymällä SolidWorks-ohjelmistoon, uretaanikellukkeiden valmistukseen, tuotannossa oleviin kelluketyökaluihin ja niiden valmistusmenetelmiin. Suunnittelussa mukana oli kunnossapidon työntekijöitä ja suunnittelijoita kelluketyökalujen valmistamisen helpottamiseksi. Suunnittelun aikana pohdittiin erilaisia vaihtoehtoja laitakelluketyökalun toteuttamisen helpottamiseksi. Tuotantotilan layout-ratkaisua alettiin suunnitella uudelleen, koska nykyinen tila ei mahdollistanut uusien työkalujen sijoittamista suoraan tuotantoon.

Työn tuloksena saatiin 3D-mallit, osapiirustukset ja katkaisuluettelot kelluketyökaluista. Suunniteltiin myös kellukkeiden tuotantolinjan toimintaa.

¹ Asiasanat: Veneet, layout, tietokoneavusteinen suunnittelu, Lean

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author/s: Samuli Toikko

Title of thesis: Design and adaptation of aluminum boat float tools for production

Supervisor: Pekka Lager

Year: 2023

Number of pages: 41

Number of appendices: 2

The thesis was commissioned by Inhan Tehtaat Oy Ab, which manufactures Buster aluminum boats. The factory is located in Ähtäri. The purpose of the thesis was to design and model the float tools for a new aluminum boat model and adapt them to the production line of urethane floats. The design and modeling were implemented with SolidWorks software. The theory part of the thesis covers 3D modeling, layout planning and Lean thinking.

The work started by studying the SolidWorks software, the production of urethane floats, the float tools in production and their manufacturing methods. Maintenance workers and designers were involved in the design to facilitate the production of float tools. Different options for the design of the side float tool were considered, so that it would be easier to implement. The layout solution of the production space was redesigned because the current space did not allow placing new tools directly into production.

As the result of the work, 3D models, partial drawings and cutting lists of float tools were obtained. The operation of the floats production line was also planned.

¹ Keywords: Boats, layout, computer-aided design, Lean

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Yritysesittely	8
1.2 Työn tausta	8
1.3 Työn tavoite.....	8
1.4 Työn rakenne	9
2 LAYOUT-SUUNNITTELU	10
2.1 Layouttyypit	10
2.2 Tuotantolinja.....	10
2.3 Funktionaalinen layout	11
2.4 Solulayout	11
3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	13
3.1 Historiaa	13
3.2 SolidWorksin käyttöliittymä.....	13
3.2.1 Weldments	14
3.2.2 Intersection curve.....	14
3.2.3 Mate.....	15
4 LEAN.....	16
4.1 Leanin synty	16
4.2 Hukan muodot.....	17
4.3 Lean-ajattelu tuotekehityksessä	18
4.3.1 Tiedonkulku tuotekehitystyön haasteena	18
4.3.2 Tuotekehityksen Lean-prosessi	19
4.3.3 Ihmiset ja organisaatiomallit.....	22

5	LÄHTÖTILANNE	23
5.1	Haastattelut	23
5.1.1	Tuotannonsuunnittelu	23
5.1.2	Työnjohto	23
5.1.3	Kunnossapito	24
5.1.4	Tuotannon työntekijät.....	24
5.2	Tuotantotila	24
5.3	Tuotanto	25
5.4	Sisäinen logistiikka	26
6	TYÖN TOTEUTUS	27
6.1	Layout	27
6.2	Riskikartoitus	28
6.3	Ergonomia.....	29
6.4	Suunnittelutyö.....	29
6.4.1	SolidWorksin käytön harjoittelu	29
6.4.2	Kelluketyökalujen mallinnus	30
6.4.3	Laitakelluketyökalu.....	35
7	YHTEENVETO	38
7.1	Tavoitteet	38
7.2	Tulokset.....	38
7.3	Pohdinta	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	41

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Tuotantolinjalayout	10
Kuvio 2. Funktionaalinen layout	11
Kuvio 3. Solulayout.	12
Kuvio 4. Tuotteeseen kohdistuvien vaatimusten lähteet	20
Kuvio 5. Johdonmukainen systeemilähestyminen tuotekehitykseen.....	20
Kuvio 6. Lean-tuotekehityksen keskeiset periaatteet	21
Kuvio 7. Työkalut ja niillä valmistettavien kellukkeiden määrät	26
Kuvio 8. 1-Pilarinostin	28
Kuvio 9. 3D-Sketch	31
Kuvio 10. Weldments	31
Kuvio 11. Putkiprofiilin trimmaus.....	32
Kuvio 12. Hitsausliitosten valinta	32
Kuvio 13. Pääkokoontyö ja alikokoontyöt piirrepuussa	33
Kuvio 14. Kahden pinnan määrittäminen samaan tasoon, vaihe 1	34
Kuvio 15. Kahden pinnan määrittäminen samaan tasoon, vaihe 2	34
Kuvio 16. Ristiliitos.....	35
Kuvio 17. Lämmitysputkien paikat laitakelluketyökalussa	36
Kuvio 18. Laitakelluketyökalun yläosan nostaminen 1-pilarinostimella	37

Käytetyt termit ja lyhenteet

Layout	Tarkoittaa tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten laitteiden, koneiden, varastopaikkojen ja kulkureittien, sijoittelua tehtaassa.
JOT-toimintamalli	Juuri oikeaan tarpeeseen -toimintamalli, jossa asiakas saa tuotteen tai palvelun silloin kun sitä tarvitaan.
Häiriö	Kuvaa prosessissa tapahtuvaa keskeytystä, jonka aikana kone on pois käytöstä.
Läpimenoaika	Aika, joka kuluu tilauksen vastaanottamisesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle.
Kanban	On imuohjaustekniikka, joka perustuu merkinantokorttien käyttöön.
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä yrityksen toiminnan ja resurssien suunnittelua ja hallintaa varten.
Stage-Gate	Kuvaa tuotekehitysprosessin mallia, jossa projekti on jaettu peräkkäisiin portteihin. Projektin saavuttaessa vaaditut tavoitteet, portti aukeaa.

1 JOHDANTO

1.1 Yritysesittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Inhan Tehtaat Oy Ab. Inhan Tehtaat Oy Ab on Ähtärissä toimiva yritys, jossa on työstetty metallia kohta 200 vuoden ajan (Inhan Tehtaat, sisäinen tietolähde, 2023). Alumiiniveneiden valmistus Ähtärissä alkoi vuonna 1973, kun Fiskarsille kuuluneen Kellokosken tehtaiden alumiiniveneiden valmistus siirrettiin Ähtäriin. Nykyisin tuotanto on keskittynyt lähes kokonaan alumiinin työstämiseen ja Buster-veneiden valmistukseen. Aikaisemmin Fiskars-konserniin kuulunut Inhan Tehtaat on ollut vuodesta 2016 lähtien Yamahan omistuksessa (Inhan Tehtaat, sisäinen tietolähde, 2023).

1.2 Työn tausta

Työn tarkoituksena on suunnitella uudelle venemallille kelluketyökalut, joiden käyttö olisi mahdollista tulevaisuudessa myös uusiin venemalleihin. Kelluketyökalut tulisi sijoittaa tuotantolinjalle, jossa kellukkeet valmistetaan, mutta tilanpuutteen ja rajoittavien tekijöiden takia on tutkittava erilaisia vaihtoehtoja, jotta kalliilta investoinneilta vältyttäisiin. Tilan layoutsuunnitelmaa on myös muutettava.

1.3 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja mallintaa uretaanikellukkeiden valmistuslinjalle uuden venemallin kelluketyökalut. Erilaisia kelluketyökaluja tarvitaan kuusi, joista viisi on samantyyllisiä valuastioita. Yksi kelluketyökalu eroaa muista kokonsa puolesta ja se vaatii erillisen nostoapuvälineen toimiakseen. Nykyinen tuotantolinja on ahdas, uudet työkalut eivät mahdu tuotantotiloihin ilman muutoksia, ja osa tilassa olevista koneista on siirrettävä muualle. Lisäksi tuotantotilan layout-ratkaisua tulee miettiä eri näkökulmista, jotta tuotanto saadaan toimimaan tuotantosuunnitelman mukaisesti.

1.4 Työn rakenne

Työn teoriaosuudessa käsitellään layout-suunnittelun periaatteita ja erilaisia layout-tyyppejä. Seuraavaksi kerrotaan tietokoneavusteisesta suunnittelusta sekä työssä käytetystä SolidWorks-ohjelmistosta. Teoriaosuuden lopussa tarkastellaan Lean-ajattelua ja Lean-tuotekehitystä eri näkökulmista. Käytännön osuudessa perehdytään lähtötilanteeseen katselmuksen ja haastatteluiden avulla. Työn toteutuksessa käsitellään suunnitteluprosessin eri vaiheita. Pohditaan myös layout-suunnitelmaa työergonomia ja tuotanto huomioon ottaen. Lopuksi käydään läpi tulokset ja yhteenveto.

2 LAYOUT-SUUNNITTELU

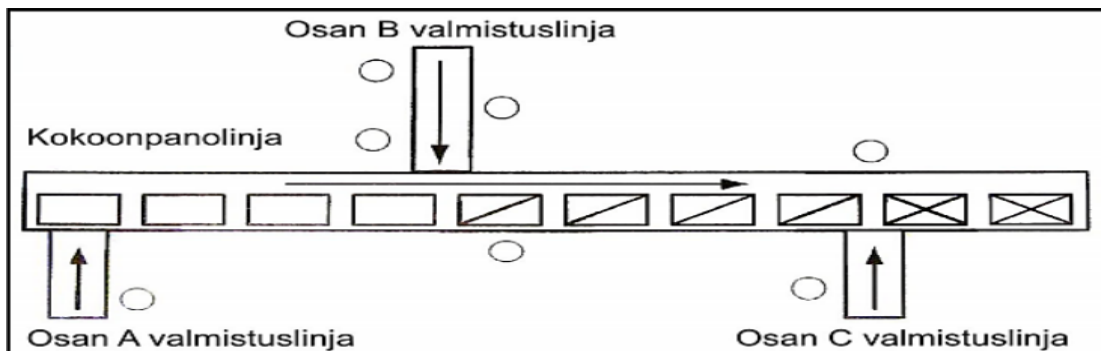
2.1 Layouttyypit

Layout terminä tarkoittaa tehtaassa olevien koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulureittien sijoittelua (Haverila, 2009, s. 475). Näiden tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelun perusteella voidaan layoutit jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin.

2.2 Tuotantolinja

Tuotantolinjalayoutin periaatteena on tietyn tyyppisten tuotteiden valmistaminen (Haverila, 2009, s. 475–476). Kuviossa 1 on esitetty koneiden ja laitteiden sijoittelu valmistettavan tuotteen työnkulun mukaiseen järjestykseen. Työnkulku on selkeää, ja valmistus sekä kappaleiden käsittely on automatisoitua ja tehokasta. Eri työvaiheiden välillä voidaan käyttää mekaanisia kuljettimia.

Tuotantolinjan rakentamisen edellytyksiä ovat suuri volyymi ja korkea kuormitusaste (Haverila, 2009, s. 475–476). Vaikka tuotantolinjan rakennuskustannukset ovat suuria, saadaan tuotteen yksikköhinta alhaisemmaksi suurien valmistuserien ansiosta. Häiriöt voivat aiheuttaa suuria kustannuksia, ja virheellisten tuotteiden määrä voi nousta nopeasti. Hyvällä laadunvalvonnalla voidaan ennaltaehkäistä häiriöitä sekä tuottavuuden laskua. Tuotantosarjojen koko on usein suuri, koska tuotteiden asetusajat ovat yleensä pitkiä. Tuotannonohjaus on selkeää ja tuotantolinjaa ohjataan käytännössä yhtenä kokonaisuutena.

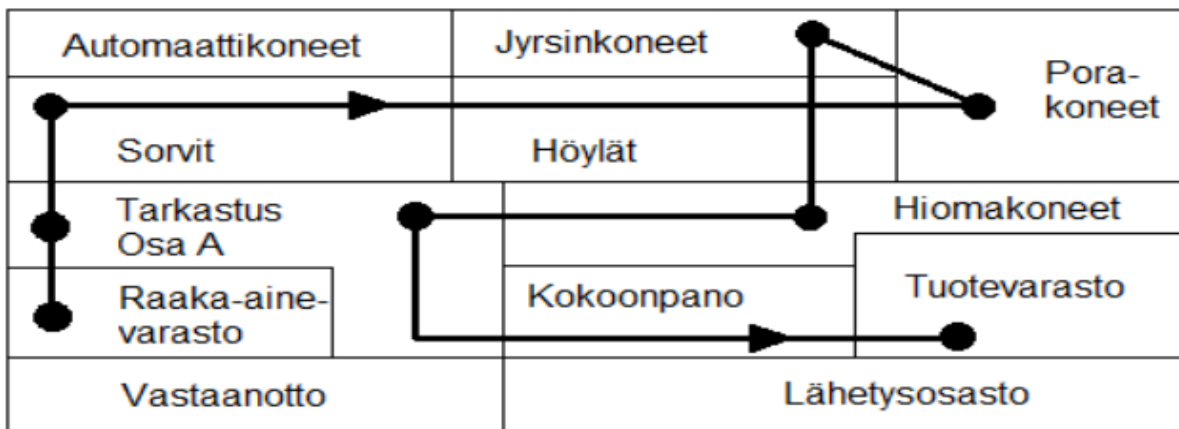


Kuvio 1. Tuotantolinjalayout (Haverila, 2009, s. 476).

2.3 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa koneiden ja laitteiden sijoittelu on tehty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella (Haverila, 2009, s. 476–477). Usein nämä ryhmät on nimetty resurssin mukaisesti, kuten sorvaamo tai hitsaamo. Funktionaalisen layoutin vahvuus on joustavuus. Koneet ovat usein monipuolisia yleiskoneita, jolloin tuotantomäärät ja tuotetyypit saattavat vaihdella huomattavasti, aina yksittäiskappaleista sarjoihin. Tuotannonohjaus perustuu eri koneilla tehtävien töiden järjestelyyn. Oikea-aikainen tuotannonohjaus on haastavaa ja tuotannon läpäisy aika kasvaa, mikäli keskeneräisiä töitä kerääntyy työpisteille. Materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset kasvavat työpisteiden välisen suuren etäisyyden vuoksi, sekä laadunhallinta vaikeutuu (kuvio 2).

Haverilan (2009, s. 476–477) mukaan funktionaalinen layout on helppo ja edullinen toteuttaa tuotantolinjaan verrattuna. Myös erilaisten tuotteiden valmistaminen on helpompaa ja kapasiteetin kasvattaminen joustavampaa. Funktionaalisen layoutin tuottavuus on verrattain heikompaa tuotantolinjaan nähden ja kuormitusasteet jäävät mataliksi.



Kuvio 2. Funktionaalinen layout (Haverila, 2009, s. 477).

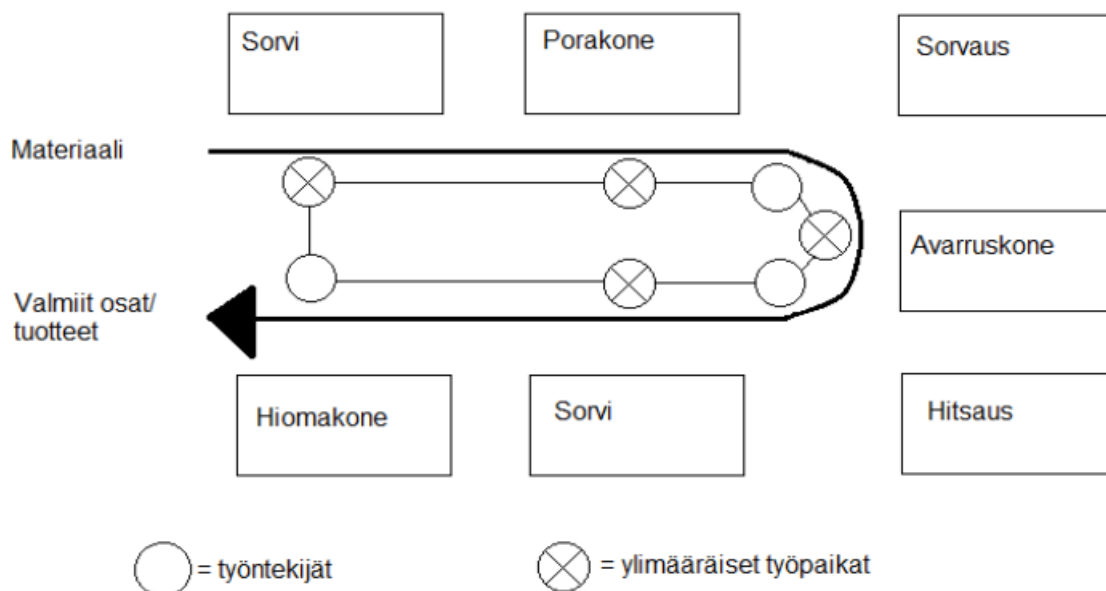
2.4 Solulayout

Solulayout on välimuoto kahdesta edellä mainitusta layout-tyypistä (Haverila, 2009, s. 477–478). Kuvion 3 esittämä solulayout muodostaa itsenäisen ryhmän, joka on koottu eri koneista ja työtehtävistä. Se on erikoistunut tietynlaisten osien valmistamiseen ja työvaiheiden suorittamiseen.

Haverilan (2009, s. 477–478) mukaan solujen läpäisyajat ovat pieniä ja materiaalivirta on selkeää, eikä siinä esiinny välivarastoja. Asetusajat ovat pieniä, ja solu pystyy valmistamaan joustavasti siihen suunniteltuja tuotteita. Solu on tuotantolinjaa joustavampi ja funktionaalista järjestelmää tehokkaampi, oman tuoteryhmänsä puitteissa.

Tuotannonohjaus solussa on helppoa yhden kuormituspisteen ansiosta (Haverila, 2009, s. 477–478). Tuotteiden tuotantomäärät ja eräkoot voivat vaihdella yksittäiskappaleista pieniin sarjoihin. Laadunvalvonta helpottuu ja virheiden löytämien ja niiden korjaaminen on helpompaa. Tuottavuuden nousulla ja työntekijöiden motivaatiolla on perusteltu solulayoutia. Myös vastuu tehtävien suunnittelusta ja suorittamisesta on solussa työskentelevällä ryhmällä. Myös työnkierto on helppo toteuttaa solulayoutissa.

Lehtosen (2004, s. 65) mukaan solumuotoisessa tuotannossa on minimoitu kuljetusmatkat, vähennetty keskeneräistä tuotantoa sekä yksinkertaistettu ohjausta. Solutuotantoa pidetään yhtenä JOT-tuotannon (juuri oikeaan tarpeeseen) kulmakivistä.



Kuvio 3. Solulayout (Haverila, 2009, s. 478).

3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

Hietikko (2016, s.11) toteaa, että tuotantotoimintaa harjoittavan yrityksen menestys riippuu asiakkaan tarpeiden tunnistamisesta ja niihin reagoimisesta kehittämällä uusia tuotteita. Yhä useammin tuotteella tarkoitetaan kosketeltavan objektin lisäksi myös abstraktimpaa asiaa, kuten palvelua tai osaamista. Yritys myy asiakkaalleen tuotteen, joka ratkaisee asiakkaan tietyn tarpeen.

3.1 Historiaa

Hietikon (2016, s.11) mukaan mekaniikkasuunnittelua toteutettiin 1970-luvulla pääasiassa vielä käsin piirtämällä, vaikka ensimmäisiä mallinnustehtäviin tarkoitettuja tietokoneita oli jo 1960-luvulla. Ensimmäiset henkilökohtaiset PC-tietokoneet tulivat markkinoille 1980-luvun alussa. Vuonna 1982 perustettiin kaikkien tuntema AutoCad-ohjelma, joka levisi nopeasti mekaniikkasuunnittelijoiden käyttöön 1990-luvun alkupuolella.

Hietikko (2016, s.11) toteaa, että alkuvaiheessa piirtäminen tapahtui kaksiulotteisena. Osapiirustukset pystyttiin siirtämään kokoonpanoihin kopioimalla, mutta yhteys niiden välillä katkesi ja pahimmillaan muutos oli tehtävä kaikkiin piirustuksiin, missä osaa oli käytetty. Kolmiulotteista suunnittelua kokeiltiin 1980-luvulla, mutta tuolloin järjestelmät olivat erittäin suljettuja, ja tiedon siirtäminen järjestelmästä toiseen ei onnistunut. Näin kokeiluista luovuttiin jo muutama vuoden jälkeen, ilman ainuttakaan kolmiulotteista tuotemallia.

3.2 SolidWorksin käyttöliittymä

Ensimmäinen SolidWorks ilmestyi vuonna 1995, ja helppokäyttöisen Windows-tyyppisen käyttöliittymänsä ansiosta aiheutti ihastusta (Hietikko, 2016, s. 14–15).

SolidWorksin käyttöliittymä sisältää sovellusikkunan ja grafiikkaikkunan (Hietikko, 2016, s. 29–31). Aina ohjelman käynnistyessä sovellusikkuna avautuu. Sovellusikkunan sisällä on grafiikkaikkuna ja siihen ladataan muokattava tiedosto. Käytettävissä olevaa grafiikkaikkunaa sanotaan aktiiviseksi ikkunaksi. Paneelialue on vasemmalla, johon piirrepuu tulee näkyviin. Mallin muokkaamiseen tarkoitettu grafiikka-alue jää keskelle.

Alla lueteltuina muutamia hyödyllisiä työkaluja:

- SolidWorks Resources välilehdellä suoritetaan työn aloittamiseen liittyviä toimenpiteitä tai siirtymistä SolidWorksin sivuille.
- File Explorer tiedostojen hallintatyökalu näyttää viimeisimmät dokumentit, työtilassa avoinna olevat dokumentit sekä esimerkit.
- Design Library kirjastosta löydetään standardiosien ja kirjastopiirteiden hakemistot sekä käyttäjän itse halutessaan lisäämät kirjastot.
- View Palette liittyy piirustusten tekemiseen. Sillä piirustukseen voidaan sijoitella eri projektiot.
- Appearances/Scenes on erilaisten pintojen esitysmuotojen hallintaan tarkoitettu välilehti.
- Custom Properties on tarkoitettu attribuuttien käsittelyyn.

3.2.1 Weldments

SolidWorksin Weldments suunnitteluympäristö on erinomainen apuväline hitsattujen palkkirakenteiden suunnitteluun (Hietikko, 2016, s. 242). Rakenne suunnitellaan tekemällä viivapiirros 2D- ja 3D-sketseinä, komponenttikirjastossa olevia vakioprofiileja käyttäen. Piirroksen jokainen viiva vastaa profiilipalkkia, kulkien tämän keskiviivaa pitkin. Liitoskohtiin voidaan määritellä hitsaussaumamat, ja palkkien päät voidaan trimmata oikean mittaisiksi.

3.2.2 Intersection curve

Intersection curve -työkalu mahdollistaa tarkan geometrian luomisen silloin, kun seuraaviin tilanteisiin muodostuu risteys, taso ja pinta tai mallipinta, kaksi pintaa, pinta ja mallikasvot, kone ja koko osa, pinta ja koko osa (Goengineer, 2018). Näistä risteyksistä voidaan luoda leikkauskäyrä, jonka mukaan luonnos voidaan leikata haluttuun muotoon. (SolidWorks, i.a.-a). On myös mahdollista käyttää leikkauskäyrää uudelleen toisessa osatiedostossa. Mikäli haluttu osa tuodaan toisesta järjestelmästä ilman ominaisuushistoriaa, on intersection curve paras työkalu työhön.

3.2.3 Mate

Mate -työkalulla voidaan luoda kokoonpanokomponenttien välille geometrisia suhteita (SolidWorks. i.a.-b). Kaksi tasomaista pintaa voidaan pakottaa samaan tasoon siten, että ne liikkuvat samaan suuntaan, mutta niin ettei niitä voida vetää erilleen. Sylinterimäiset pinnat voidaan pakottaa samankeskisiksi, jotta ne saadaan liikkumaan yhteistä akselia pitkin.

4 LEAN

Lecklinin ym. (2009, s. 281) mukaan Lean-käsitteellä tarkoitetaan tuottavuuden tai laadun kehittämishjelmaa. Toiminnassa pyritään virtaviivaisuuteen, ja tarkoituksena on karsia turhat tehtävät ja työvaiheet pois. Yrityksen johtamisen ja toimintakulttuurin on oltava pitkäjänteistä ja sitoutunutta asioiden oikein tekemiseksi.

4.1 Leanin synty

Lean-konsepti kehitettiin Japanissa Toyotan autotehtaalla. Alun perin laatuajattelua sovellettiin teollisiin prosesseihin (Lecklin ym. 2009, s. 281–282). Toyotan tavoitteena oli hukkien minimoiminen sekä tuotantoprosessien suunnittelu, ohjaus ja toteuttaminen mahdollisimman virheettömästi. Tavoitteena on toimituksien tapahtuminen, Just on Time (JOT) -periaatteella siten että puskureista ja varastoista luovutaan. Lean-filosofia on levinnyt Japanista kaikkialle, ja sitä sovelletaan valmiiksi paketoituna toiminnan kehitysmallina.

Toiminnan kehittämisestä erotetaan seuraavia vaihteita:

1. Arvon määrittäminen. Tuotteiden arvo määritellään asiakkaan näkökulmasta.
2. Arvoketjun tunnistaminen. Prosessin vaiheet arvioidaan arvon tuottamisen kannalta ja lisäarvoa tuottamattomat vaiheet poistetaan. Tällaisia ovat mm. siirtelyt, varastointi, turhat kuljetukset, odotusajat ja virheiden korjaaminen.
3. Virtauksen mallintaminen. Tuotanto organisoidaan siten, että tuotteet ja palvelut kulkevat tasaisena virtana prosessin läpi pysähtymättä.
4. Imuohjauksen hyödyntäminen. Prosessin pitävät käynnissä asiakkaiden tilaukset. Tuotannonsuunnittelun ja ennusteiden avulla prosessi pidetään tasaisena.
5. Prosessin parantaminen. Täydelliseen toimintaan pyritään poistamalla laatuvirheet ja hukatekijät. (Lecklin ym. 2009, s. 281–282).

4.2 Hukan muodot

Lean-konsepti määrittää 7 hukkaa, joihin kuluu turhaan resursseja (Lecklin ym. 2009, s. 283). Hukkiin pitää suhtautua kriittisesti, koska ne eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle. Toiminta tulisi järjestää niin, ettei hukkia pääse syntymään.

Alla lueteltuina Toyotan 7 toiminnallista hukkaa

- Ylituotanto
- Varastot
- Odottaminen ja etsiminen
- Siirtymiset
- Siirrot ja käsittelyt
- Korjaustyö
- Turha työ

Myöhemmin on lisätty kahdeksas ja pahin hukka

- Ihmisten aivokapasiteetin ja osaamisen käyttämättä jättäminen (Lecklin ym. 2009, s. 283).

Lecklin ym. (2009, s. 283) toteavat, että arvoa tuottavat aktiviteetit tulisi järjestää mahdollisimman sujuviksi virtauksiksi hukkiin poistamisen jälkeen. Virtauksia voivat olla tilaus-toimintaprosessi, materiaalivirta tai uuden tuotteen tuonti markkinoille. Virtauksen kehittämisessä tulee ymmärtää siihen liittyvää vaihtelua ja poistaa ei-toivottuja hajonnan lähteitä. Toiminnan yhdenmukaistaminen on hyvän virtauksen edellytys. Yhteisten standardointitapojen luonti, ylläpitäminen ja kehittäminen edesauttavat prosessien laatua ja toimintavarmuutta.

Toiminnallisten hukkiin lisäksi on kaksi suurta hukkatyyppiä.

- Hajonta
- Ylikuormitus (Logistiikan maailma. i.a.).

4.3 Lean-ajattelu tuotekehityksessä

Tuotekehityksen osalta Lean-ajattelun peruseriaatteet perustuvat samoihin periaatteisiin kuin Lean-valmistuksessa (Huhtala ym. 2009, s. 186). Prosessit keskittyvät yksinkertaisuuteen ja tehokkuuteen. Prosessissa kaikki aktiviteetit arvioidaan kriittisesti, jotta saadaan selville arvoa tuottamattomat aktiviteetit. Tämän jälkeen sitä joko muutetaan tai se poistetaan kokonaan. Tällainen aktiviteetti mielletään hukaksi. Lean-kehityksessä kaikki virheet pyritään tuomaan mahdollisimman läpinäkyviksi, niiden tunnistamisen helpottamiseksi.

4.3.1 Tiedonkulku tuotekehitystyön haasteena

Huhtala ym. (2009, s. 186–187) toteavat tiedon olevan tärkein hukan laji tuotekehityksen osalta. Tuotekehitystyön koordinointi ja suunnitteluryhmien välinen tiedon välittäminen on haastavaa ja aikaa vievää. Yritysten kasvaessa suunnittelun ja valmistuksen hajautettu toteuttaminen on lisännyt haasteita työntekijöiden välisen yhteydenpidon ja koordinoinnin osalta.

Virheiden ja ongelmien määrän lisääntymiseen on osaltaan vaikuttanut seuraavat asiat:

- kielitaito
- hierarkiatasot
- yritysten yhteydenpitokäytännöt
- tiedon suuri määrä
- suunnitteluryhmän koko
- henkilöiden väliset suhteet (Huhtala ym. 2009, s. 186–187).

Edellä lueteltujen asioiden vuoksi tieto usein suodattuu, vääristyy tai häviää kokonaan tiedon kulkiessa henkilöltä toiselle (Huhtala ym. 2009, s. 186–187). Tieto voidaan tulkita väärin tai kaikkea siinä tarvittavaa tietoa ei ymmärretä toimittaa eteenpäin. Tiedon määrän ollessa suuri, oleellista tietoa ei löydetä.

Huhtalan ym. (2009, s. 186–187) mukaan tieto kulkee yrityksessä työntekijältä toiselle joko virallisia tai epävirallisia kanavia pitkin. Tiedotteet, dokumentoidut päätökset tai tiedonannot

mielletään usein viralliseksi kommunikaatioksi epävirallisen kommunikaation ollessa yleensä vapaamuotoisempaa ja subjektiivisempaa. Molemmat tavat ovat oleellisia tiedon levittämisen väyliä organisaatiossa. Tutkimuksen mukaan tuotekehityksessä välitetystä tiedosta 50 % ei tuo lisäarvoa prosessille.

Huhtalan ym. (2009, s. 192) mukaan läpäisyajan lyhentämistä pidetään yhtenä Lean-kehityksen keskeisimmistä tavoitteista. Liiallisesta aikataulujen kiristämisestä voi seurata tuotteiden laadun kärsiminen ja virheiden määrän nouseminen. Nykytrendin mukainen tuotteiden monimutkaistuminen huomioon ottaen, on ristiriitaista ajatella, että tuote pitäisi tehdä laadukkaammin entistä lyhyemmässä ajassa. Tavoitteena onkin oppia nopeasti hyvien tuotteiden tekeminen.

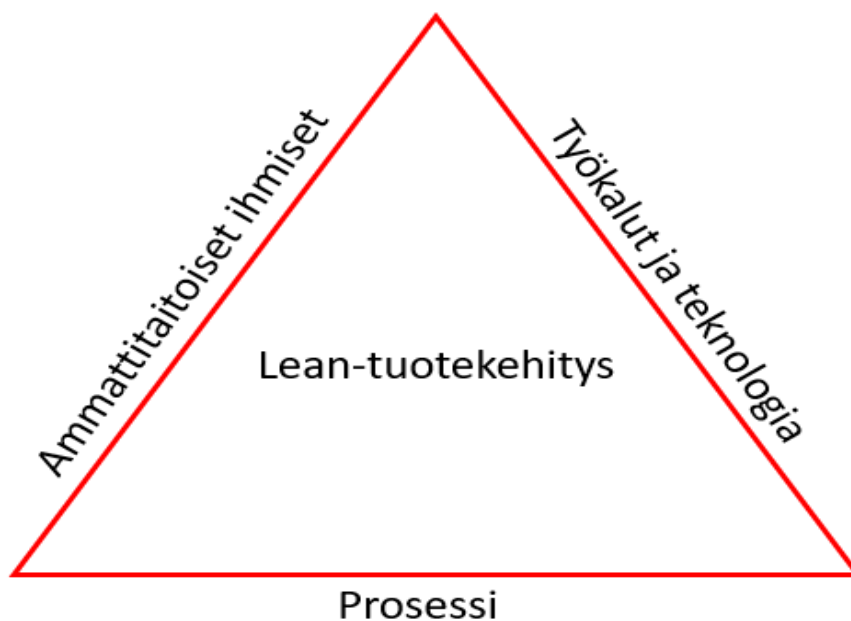
4.3.2 Tuotekehityksen Lean-prosessi

Huhtalan ym. (2009, s. 196) mukaan tuotekehityksessä asiakas on suunnitteluprosessin alkupiste. Asiakkaiden tarpeiden määrittäminen on ratkaisevassa osassa. Asiakas voi olla kuluttajatuotteen ostaja tai vaikka investointituotteen omistaja. Se voi osaltaan hankaloittaa suunnittelijan työtä. Loppukäyttäjän arvostaessa tuotteen ulkomuotoa, saattaa investointituotteen omistajalle olla tärkeintä, että tuotteen suorituskyky täyttää vaatimukset. Suunnittelijalle saat-
taa jäädä epäselväksi, mistä arvo syntyy asiakkaalle. Tärkeää olisi, että markkinoinnin, myynnin ja tuotekehitystiimin välillä olisi hyvä tiedonkulku. Tuotteeseen voi kohdistua vaatimuksia kahdesta suunnasta (kuvio 4).

Ulkoiset vaatimuksen lähteet	Tuote	Sisäiset vaatimuksen lähteet
Edelläkävijät		Markkinointi ja myynti
Asiakkaat		Tuotekehitys
Loppukäyttäjät		Palvelut
Standardit		Hankinta
Lainsäädäntö		Valmistus ja kokoonpano
Ulkoinen myynti		Huolto
Ulkoinen palvelu		Logistiikka
Jakelijat		Yrityksen johto ja strategiat

Kuvio 4. Tuotteeseen kohdistuvien vaatimusten lähteet (Huhtala ym. 2009, s. 197).

Kuvioissa 5 ja 6 on esitetty Lean-tuotekehityksen pyrkimys ihmisten, prosessien ja teknologian tehokkaaseen integroimiseen. Tarkoituksena on kokonaisvaltainen ja jatkuva prosessi koko organisaation laajuiseen muutoksen oppimiseen.



Kuvio 5. Johdonmukainen systeemilähestyminen tuotekehitykseen (Huhtala ym. 2009, s. 194).

Osa-alue	#	Periaate
Prosessi	1	Arvon määrittäminen asiakaslähtöisesti
	2	Painopisteen siirtäminen kehitysprosessin alkupäähän
	3	Tasoitettun virtauksen aikaansaaminen tuotekehitysprosessiin
	4	Vakioinnin laajamittainen hyödyntäminen
Ammattitaitoiset ihmiset	5	Projektipäällikön tehtävän/roolin kehittäminen
	6	Tasapainotus funktioiden osaamisen ja funktioiden välisen integraation välillä
	7	Merkittävän teknisen osaamisen kehittäminen kaikilla keskeisillä suunnittelun aloilla
	8	Toimittajan täydellinen integrointi osaksi tuotekehitystä
	9	Oppimisen ja jatkuvan parantamisen mekanismien sisäänrakentaminen prosessiin
	10	Ylivertaista osaamista ja tinkimätöntä parantamista tukevan kulttuurin kehittäminen
Työkalut ja teknologia	11	Teknologian soveltaminen ihmisten ja prosessien yhteensovittamiseen
	12	Organisaation virtaviivaistaminen yksinkertaisen visuaalisen kommunikaation avulla
	13	Tehokkaiden työkalujen hyödyntäminen vakioinnissa ja organisaation oppimisessa

Kuvio 6. Lean-tuotekehityksen keskeiset periaatteet (Huhtala ym. 2009, s. 195).

Huhtala ym. (2009, s. 199) toteavat alkuvaiheen konseptoinnin olevan paras vaihe tutkia kehitystä ja testata vaihtoehtoisia ehdotuksia. Usein siirrytään hyvin nopeasti pääkonseptin kehittämiseen yksityiskohtaisempaan suunnitteluun. Ongelmia ilmaantuu, mikäli konseptiajatuksia yhdistetään väärän ratkaisun ympärille liian aikaisin tai lähtökohtaisesti määritetty ongelma on väärä. Virheiden kulkua pystytään eliminoimaan käyttämällä ongelmanratkaisussa syy- ja seuraussuhteita määrittäviä työkaluja. Tämä tulisi tehdä jo varhaisessa vaiheessa. Tuotekehityksen täytäntöönpanovaiheessa merkittävin vaikuttaja järjestelmän viiveisiin ja joihin on varhainen hajonta.

Kaksi tapaa, joilla voidaan rajoittaa ja minimoida hajontaa prosessin varhaisessa vaiheessa ovat seuraavat:

- Asetetaan tarkoin määritettyjä suorituskkytavoitteita ja standardoidaan tuotearkkitehtuuria, tehtäviä ja prosesseja.

- Järjestetään tuotekehitysprosessiin aikainen vaihe, ongelmanratkaisuun, konflikteihin ja hajonnan lähteiden paikallistamiseen. Tällä rauhoitetaan tulevaa kehitystyötä. (Huhtala ym. 2009, s. 199).

4.3.3 Ihmiset ja organisaatiomallit

Huhtalan ym. (2009, s. 203) mukaan yrityksissä työntekijöiden välillä on erilaisia yhteyksiä. Yhteydet voivat olla muodollisia tai epämuodollisia. Raportointisuhde perustuu esimies-alainen-suhteeseen, kun taloudellisen järjestelyn mukaisessa suhteessa kuulutaan samaan taloudelliseen kokonaisuuteen. Fyysisen järjestelyn mukaisessa suhteessa olevat jakavat saman toimiston, tuotantotilan, rakennuksen tai yksikön.

Funktionaalisessa organisaatiossa johtamisen perusmallina on linjaorganisaatio. (Huhtala ym. 2009, s. 203). Tällaisessa hierarkkisessa mallissa jokaisella henkilöllä on yksi esimies ja toiminnasta vastaa yksi henkilö. Organisaation kasvaessa linjaorganisointi muodostuu rakkaaksi.

Projektiorganisaatiolla voidaan täydentää funktionaalista organisaatiota. (Huhtala ym. 2009, s. 203–204). Uuden tuotteen kehitystyö voi olla projektiorganisaation vastuulla. Kehitystyön päätyttyä lopputulos siirtyy perusorganisaation käyttöön ja projektiryhmän toiminta päättyy.

Huhtalan ym. (2009, s. 204) mukaan matriisiorganisaatiossa yhdellä henkilöllä on vähintään kaksi esimiestä. Linjaorganisaation horisontaalinen johtamissuunta on yhdistetty vertikaaliin johtamissuuntaan. Näin toiminta voidaan jakaa liiketoimintaprosesseihin, kuten tuotekehitysprosessiin tai tilaus-toimitusprosessiin. Toiminta voi olla projektitoimintaa, jolloin projektipäällikkö hallitsee projektia prosessin omistajan sijaan. Tuotesuunnittelussa työskentelevä on siis samanaikaisesti oman toimintonsa esimiehen alaisuudessa sekä prosessin omistajan tai projektipäällikön alaisuudessa.

5 LÄHTÖTILANNE

Lähtötilanteen selvitys aloitettiin tuotantotilan katselmuksella ja haastattelemalla tuotannon henkilöitä. Tilan layout-ratkaisu käytiin läpi, sekä koneiden ja laitteiden toiminta, ongelmat ja rajoittavat tekijät kirjattiin ylös. Tuotannon ohjaus ja töiden suunnittelu on ollut pääasiallisesti työntekijöiden vastuulla. Valmiit tuotteet keräillään venekohtaisesti niiden karryihin ja toimitetaan niiden käyttöpaikkaan.

5.1 Haastattelut

Haastattelut toteutettiin suullisesti keskustelemalla kyseisten henkilöiden kanssa. Keskusteluja käytiin säännöllisesti opinnäytetyöprosessin aikana.

5.1.1 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelijoiden kanssa keskusteltiin työn ohjauksen haastavuudesta. Nykytilanteessa työn ohjaus on perustunut arvioihin, tuotteiden saldojen heittelyiden vuoksi. Valmistuneiden tuotteiden kirjaaminen välittömästi järjestelmään olisi ensiarvoisen tärkeää, jotta töiden avaaminen voitaisiin tehdä niiden todellisilla määrillä. Lähtökohtaisesti töitä on avattu periaatteella mieluummin enemmän kuin vähemmän. Tulevaisuudessa ohjauksen tulisi tapahtua ERP-toiminnanohjausjärjestelmän mukaan, mikä edellyttäisi varastosaldojen paikkansa pitävyyttä.

5.1.2 Työnjohto

Käytettävissä oli neljä työtehtävät osaavaa henkilöä opinnäytetyön tekohetkellä. Työnkiertoa työpisteillä tapahtuu osittain. Opinnäytetyön tekohetkellä tuotantomäärät mahdollistavat sujuvan tuotannon, mutta uusien kellukkeiden määrän noustessa yli puolella, puskurivaraston saaminen on välttämätöntä. Kapasiteetin lisääminen tulevaisuudessa on mahdollista. Vuoro-työn mahdollisuus on otettava huomioon.

5.1.3 Kunnossapito

Koska nykyistä layout-ratkaisua ei voida valulinjaston osalta muuttaa, todettiin sähköavustein pumppukärry parhaaksi vaihtoehdoksi kelluketyökalujen siirtelyyn. Tuotantotilassa oleva laitakelluketyökalu todettiin valmistuksellisesti haastavaksi, ja vaihtoehtoisia ratkaisuja mietittiin. Tilanpuutteen takia suurena haasteena tulee olemaan valmiiden tuotteiden sijoittaminen ja varastoiminen.

5.1.4 Tuotannon työntekijät

Työntekijöiden mielestä ergonomia on pääsääntöisesti hyvä, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Betonilattialla seisomisen lisäksi, fyysistä kuormitusta ei nykytilanteessa itse työstä aiheudu.

5.2 Tuotantotila

Nykyinen tilan layout-ratkaisu on toteutettu muutama vuosi sitten, kun uretaanivaluosasto keskitettiin kyseiseen halliin. Valulinjasto rakennettiin kahteen riviin, jossa valaminen tapahtuu nosturin avulla liikuteltavalla valupäällä. Uusien kelluketyökalujen myötä tilanne vaatisi linjaston kasvattamista koko hallin leveydelle, ja sen toteuttaminen olisi kallis ja liian pitkäaikainen prosessi. Ratkaisuvaihtoehtoina oli valutyökalujen valmistaminen pyörien päälle tai sähköavusteinen pumppukärry liikuttelemisen helpottamiseksi. Päädyimme sähköavusteiseen pumppukärryyn, jonka avulla työkalut liikkuvat kevyesti työntekijöitä kuormittamatta.

Kelluketyökalujen valuprosessi alkaa muottien puhdistamisella ja voiteluaineen levittämisellä. Yksi valuastia voi sisältää yhden tai useamman erilaisen muotin. Voiteluaine levitetään muottien jokaiseen kohtaan estämään uretaanin kiinnittymistä muottiin. Voiteluaine on levitettävä tietyn ajan puitteissa, jotta aine ei ehdi kuivua. Kullakin valuastialla on astiakohtainen kuivumisaika kuivumisajan ollessa yhdestä neljään tuntia riippuen muottien koosta. Kuivumisen jälkeen valuastian kansi avataan ja muotti irrotetaan valuastiasta. Muottien pinnat käydään läpi, reunat pyöristetään ja ylimääräiset uretaanijäämät poistetaan mattopuukolla. Siistityt muotit asetetaan niille tarkoitettuihin keräilyrullakkoihin.

5.3 Tuotanto

Nykytilanteessa tuotantoa ohjataan työntekijöiden toimesta, ja kellukkeita valmistetaan työntekijöiden arvion ja havaintojen perusteella. Joidenkin kellukkeiden osalta puskurivarasto voi olla suurempi, kun taas osa valmistuu suoraan tuotannon tarpeeseen. Nykyistä tapaa voisi kutsua 2-laatikkojärjestelmän ja JOT-tuotannon (Juuri oikeaan tarpeeseen) yhdistelmäksi.

Nykyisen ohjaustavan vahvuus on sen yksinkertaisuus, mutta haasteita voivat aiheuttaa mahdolliset tuotantosuunnitelman muutokset ja konerikkojen aiheuttamat häiriöt. Koska veneiden runkoja valmistetaan pääsääntöisesti tuotantosuunnitelman mukaisesti, tiedetään tarvittavien tuotteiden määrät etukäteen. Haastatteluissa ilmenneiden saldoheittojen takia saldoihin ei voida täysin luottaa, vaan työntekijöiden on aikataulutettava töiden tekeminen.

Myös työtehtävän osaavia henkilöitä on rajallisesti, ja sairastumiset voivat aiheuttaa haasteita. Koska valmistettavien kellukkeiden valmistusaika on riippuvainen kuivumisajasta, kyseisen työvaiheen tuottavuuteen ei voida vaikuttaa. Mikäli tuotetta ei ehditä valmistaa oikeaan aikaan, se lisää yksittäisen veneen läpimenoaikaa ja pahimmillaan keskeyttää yhden tuotantolinjan toiminnan. Pidempiaikainen tuotantolinjan pysäyttäminen tarkoittaisi työntekijöiden siirtämisen toiselle tuotantolinjalle, mikä taas nostaisi hetkellisesti jonkin toisen tuotteen menekkiä. Pahimmassa tapauksessa toisenkin tuotteen varastot ajettaisiin alas, ja paine kellukkeiden valmistuksessa kasvaisi.

Kuviossa 7 on havainnollistettu kelluketyökalujen ja niillä valmistettavien kellukkeiden määrää nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.

Venemalli	Valuastioiden määrä	Kellukkeiden määrä	Erilaisten kellukkeiden määrä	Lisätietoja
Mini	3	7	7	
XS-XSR	3	10	7	
S/M	3	13	5	S=13,M=15
S/M LAITAJIGI	1	2	2	
L/X	2	8	5	
UUSI X	5	24	14	
UUSI X LAITAJIGI	1	2	2	
	18	66	42	

Kuvio 7. Työkalut ja niillä valmistettavien kellukkeiden määrät

5.4 Sisäinen logistiikka

Valmiit tuotteet asetellaan niille tarkoitetuille rullakoille, joissa tuotteet varastoidaan ja lopulta kuljetetaan niiden käyttöpaikoille. Rullakot täytetään kahdella eri menetelmällä. Ensimmäisellä menetelmällä rullakkoon sovitetaan yhden venemallin kaikki kellukkeet. Toisella menetelmällä koko rullakko täytetään yhdellä tuotteella. Kärriksen välivarastot sijaitsevat nykyisen tuotantotilan lisäksi viereisen kylmän hallin käytävillä sekä toisella puolella olevan varastotilan käytävillä.

Kellukkeiden käyttöpaikoilla varastohenkilöt seuraavat karrin ja tilaavat uuden karrin edellisen tyhjennyttyä. Käyttöpaikan ollessa toisessa hallissa, tuotteiden kuljetus tapahtuu ulkotrukin avulla.

6 TYÖN TOTEUTUS

Työn tekeminen aloitettiin keskustelemalla työn laajuudesta, aikatauluista, toteutustavasta sekä mahdollisista muutoksista kesken projektin. Työn ollessa osana suurempaa projektia, ja projektin ollessa Stage-Gate-mallin alkuvaiheessa oli vielä epävarmaa, toteutetaanko projekti kokonaisuudessaan. Keskusteluissa päätettiin, että suunnittelutyö tehdään valmiiksi riippumatta projektiin kohdistuvista mahdollisista muutoksista. Työ rajautui kelluketyökalujen suunnitteluun ja piirtämiseen sekä niiden sovittamiseen tuotantoon. Kelluketyökaluihin tarvittavat muotit oli suunniteltu ja piirretty valmiiksi ennen työn aloittamista. Muotit toimittaa AN-Design.

6.1 Layout

Tuotantotilan layout-suunnitelmaa miettiessä oli ensin huomioitava, mitä kaikkea tuotantotilaan tulee hankkia, suunniteltujen työkalujen lisäksi. Työergonomiaa oli mietittävä, koska tila on ahdas ja kelluketyökalujen määrä kasvaa kuudella kappaleella, joista viisi on liikutettavia ja yksi kiinteästi sijoitettava. Työkalujen painon ollessa arviolta noin 1000–2000 kilon painoisia, niiden liikuttelemisesta tulee haastavaa. Tilanpuutteen ja ergonomian takia ratkaisuksi valikoitui sähköavusteinen pumppukärky, jolla työkalut siirretään valupisteeseen ja valuprosessin jälkeen takaisin paikalleen kuivumaan.

Kiinteästi sijoitettavan työkalun toiminta edellyttää kuviossa 8 esitetyn 1-pilarinostimen hankkimisen. Nostimen avulla työkalun yläpuolen muotti nostetaan ylös, jotta alapuolen muottiin saadaan asetettua muovisukka paikalleen. Ennen valuprosessia yläpuolen muotti lasketaan kuitenkin paikalleen ja muotin reunoilla olevat kiinnikkeet laitetaan kiinni. Täyttöaukosta valamateriaali päästetään muoviputken avulla muovisukkaan, jonka jälkeen täyttöaukko suljetaan nopeasti.

1-pilarinostimen hankinta valikoitui yritykseen nimeltä Finikor, koska ajateltiin varaosien ja muiden tarvikkeiden hankinnan olevan helpompaa Saksasta. Muiden valmistajien varaosien hankinnan kohdistuttua Kiinaan, myös toimitusaikojen pituus oli ratkaisevassa roolissa.



Kuvio 8. 1-Pilarinostin (Finikor)

Tuotannon osalta laadittiin suunnitelma, jossa tuotantoa ohjattaisiin tulevaisuudessa ERP-toiminnanohjausjärjestelmällä. Uretaanikellukkeiden tuotannon tulisi tapahtua tuotantosuunnitelman mukaisesti mutta kuitenkin niin, että varastossa olisi viikon puskurivarasto veneiden runkojen valmistamiseen nähden.

6.2 Riskikartoitus

Tuotantotilaan tehtiin liitteen 1 mukainen työpaikkaselvitys vuonna 2020 Pihlajalinnan työterveyshuollon ja työpaikan toimesta. Työpaikkaselvityksen tavoitteena oli arvioida työn, työympäristöstä ja työyhteisöstä aiheutuvien terveysvaarojen ja haittojen, kuormitustekijöiden sekä voimavarojen terveydellistä merkitystä henkilöstön työkyvylle. Tavoitteena oli työolosuhteiden terveellisyyden ja turvallisuuden varmistaminen sekä terveyden edistäminen. Työpaikkaselvityksessä käytetyt menetelmät olivat haastattelut, havainnointi, valokuvaus sekä melumittaus. Selvityksessä hyödynnettiin työpaikan tekemää riskikartoitusta.

Työpaikkaselvityksessä olleet kuvat on poistettu, niissä esiintyneiden henkilöiden yksityisyyden suojan turvaamiseksi.

6.3 Ergonomia

Työergonomia otettiin huomioon valuastioiden ja laitakelluketyökalun suunnittelussa. Fyysisesti raskaat työvaiheet pyrittiin minimoimaan. Valuastioiden liikuttamista varten kokeillaan toisessa työpisteessä vähäiselle käytölle jäänyttä sähköavusteista pumppukärryä. Mikäli kokeilu osoittautuu toimivaksi, hankitaan toinen sähköavusteinen pumppukärry. Valuastioiden kansiin suunniteltiin vastapainot kannen avaamisen helpottamiseksi. Vastapainojen määrä säädetään siten, että kansi on tasapainoinen eikä vaadi fyysistä ponnistelua. Muottien sijoittelussa huomioitiin suurempien muottien irrottamiseen vaadittava tila. Suurikokoiset muotit sijoitettiin valuastioiden etupuolelle ja helpommin irrotettavat pienet taakse.

Laitakelluketyökalun suunnittelussa haasteena oli muotin päästösuunta. Laitakelluke tulee valaa tietystä suunnasta, mikä nostaa työkalun korkeutta. Korkeus pyrittiin minimoimaan, jotta työntekijät eivät joudu nostamaan valmiita muotteja korkealta. Mikäli korkeus todetaan liian korkeaksi, tehdään työkalun viereen korokkeet nostamisen helpottamiseksi.

6.4 Suunnittelutyö

Suunnittelutyö aloitettiin tutustumalla tuotantotilassa jo käytössä oleviin kelluketyökaluihin ja niiden suunnittelutapaan. Tuotannossa olevien kelluketyökalujen määrän ollessa suuri myös erilaisia suunnitteluratkaisuja oli paljon. Haastatteluiden ja teknisen toteutuksen perusteella valikoitui tapa työkalujen suunnitteluun. Todettiin myös, että hyvää ja toimivaa suunnitteluratkaisua on turha lähteä muuttamaan.

Suunnittelu päätettiin aloittaa yksinkertaisemmasta valuastiasta, jotta ohjelmiston käyttö ei muodostu liian haastavaksi aloitusvaiheessa.

6.4.1 SolidWorksin käytön harjoittelu

Suunnittelu toteutettiin SolidWorks 2022 -ohjelmistolla. Koska kyseisen ohjelmiston käytöstä ei ollut aiempaa kokemusta, suunnittelu aloitettiin opiskelemalla ohjelmiston käyttöä ja ominaisuuksia. Ohjelmiston käytön helpottamiseksi aloitusvalikkoa, pikanäppäimiä ja asetuksia säädettiin. Myös yrityksen käytössä olevat työkalu- ja komponenttikirjastot lisättiin

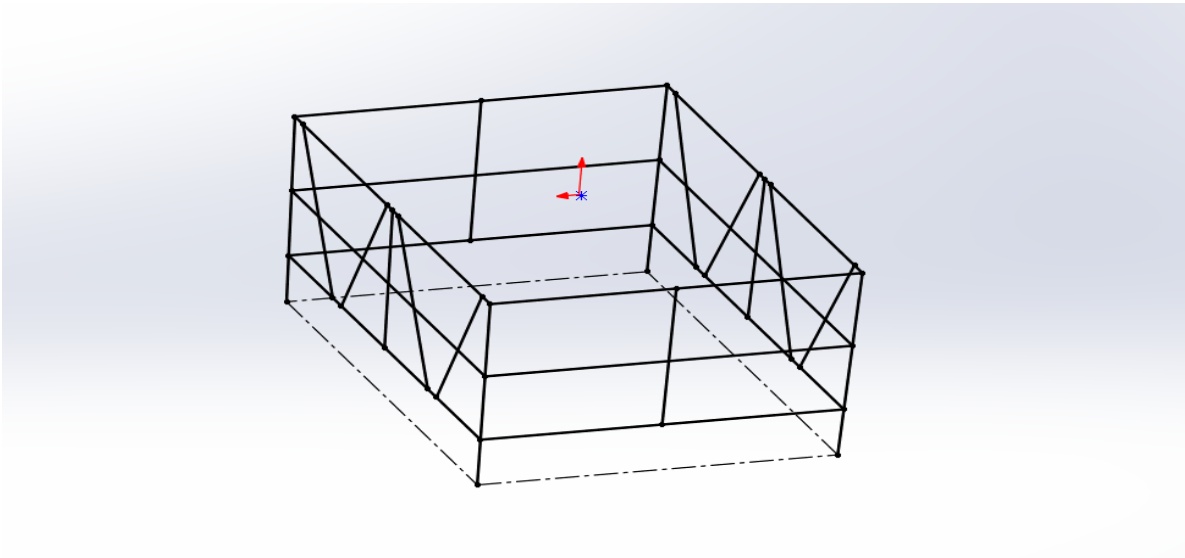
ohjelmistoon. Opiskelun tukena käytettiin SolidWorks tietokoneavusteinen suunnittelu- kirjaa ja kirjan mallinnusesimerkkejä sekä suunnittelijoiden apua.

6.4.2 Kelluketyökalujen mallinnus

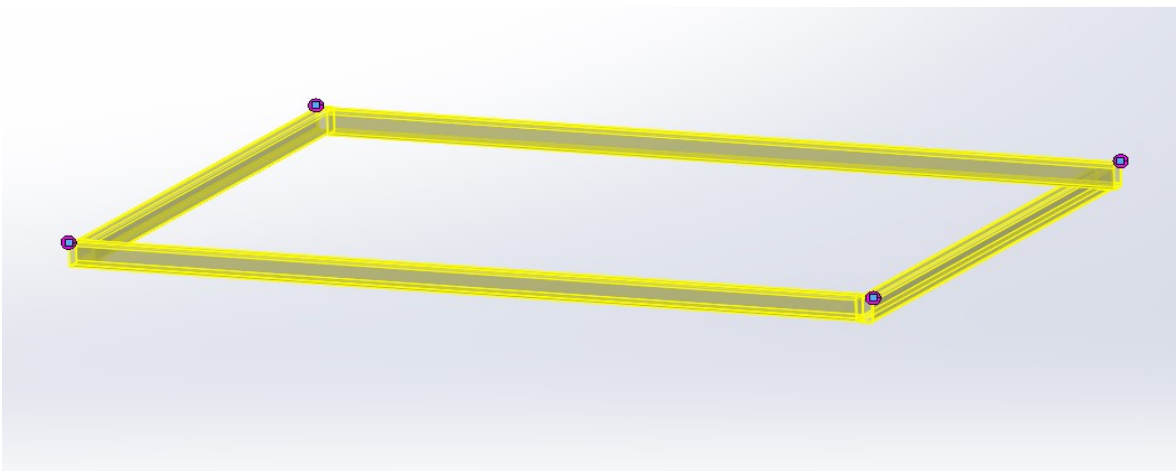
Työ aloitettiin suunnittelemalla valuastian valmistuksen työjärjestys. Mallinnus aloitettiin valuastian runkokehikosta. Rungon mallintamiseen soveltuvin työkalu oli SolidWorksin weldments -suunnittelu ympäristö. Aluksi 3D-sketch mitoitettiin kellukemuotin mittojen mukaan. Seuraavaksi kuviossa 9 esitetyn 3D-sketsin viivojen mukaan lisättiin putkiprofiilit, joista runkokehikko muodostui. Weldments -suunnittelu mahdollistaa erikokoisten profiilipalkkien sijoittamisen piirrokseen helposti, ja oikean materiaalin valinta ja palkkirakenteen hahmottaminen on helpompaa (kuvio 10). Oikeanlainen putkiprofiili valittiin suunnittelijoiden ja kunnossapidon työntekijöiden kanssa. Valuastia on suunniteltava riittävän painavaksi ja kestäväksi uretaanin valamisen aiheuttaman paineen takia. Muottien alapuolelle tehdään noin 15 senttimetrin valu betonimassasta valuastian rungon vahvistamiseksi sekä painon lisäämiseksi.

Valintaan vaikuttavia tekijöitä olivat

- valuprosessissa muodostuvan uretaanin aiheuttaman paineen vaativa, riittävä kestävyys kelluketyökalulle
- sopiva materiaali valmistamisen näkökulmasta
- käytettävissä olevat materiaalit



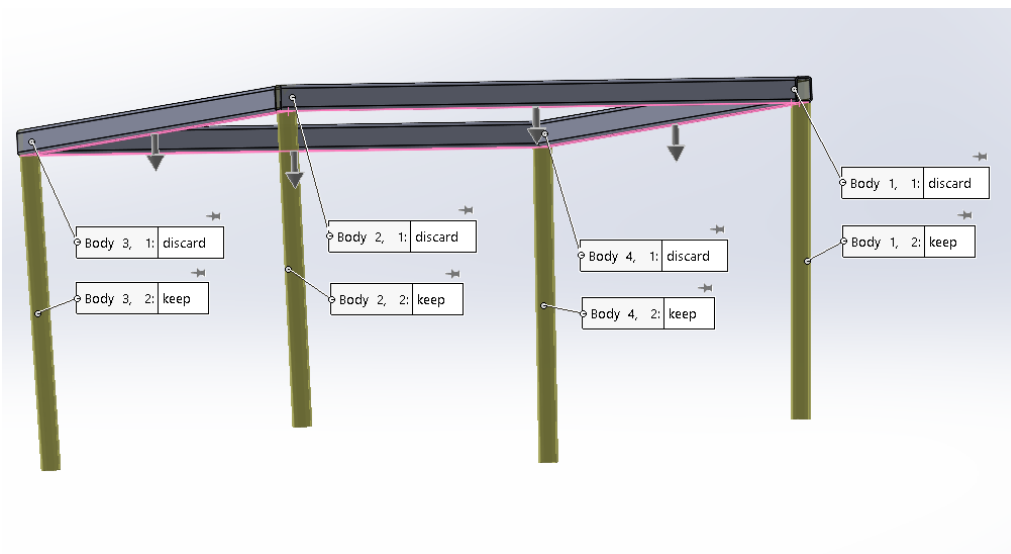
Kuvio 9. 3D-Sketch



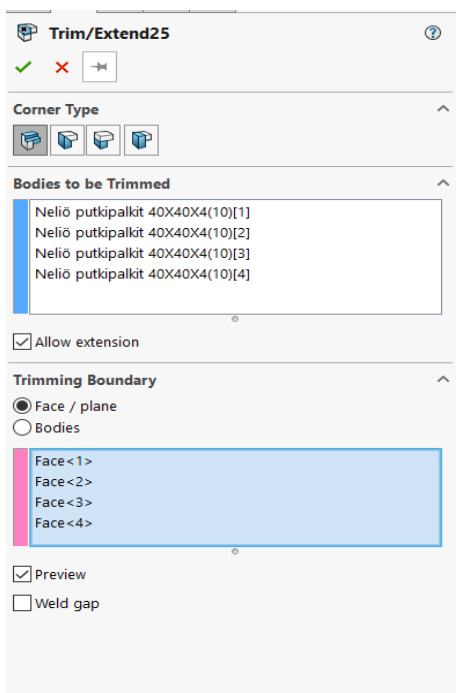
Kuvio 10. Weldments

Runkokehikon suunnittelussa mietittiin myös päästön merkitystä kappaleen muotista irrottamisen helpottamiseksi. Aiheesta keskusteltiin kunnossapidon kanssa, ja ilmeni, että päästön lisääminen kelluketyökalun suunnitteluun aiheuttaa liikaa vaikeuksia työkalun valmistamisessa päästön tuomaan hyötyyn nähden. Päätettiin mallintaa runkokehikko 90 asteen kulmaan.

Runkokehikkoa valmistettaessa oikean profiilin lisäksi myös putkiprofiilien liitostapa valitaan ohjelmaan. Kuvion 11 mukaisesti kahden profiilin liitoskohdat voidaan trimmata halutun tason mukaan valitsemalla discard tai säilyttää halutun muodon valitsemalla keep. Niihin voidaan myös määritellä sopivat hitsausliitokset valikon kohdassa corner type (kuvio 12). Näiden määritysten perusteella katkaisuluetteloon saadaan palkin leikkausta varten tarvittavat tiedot.

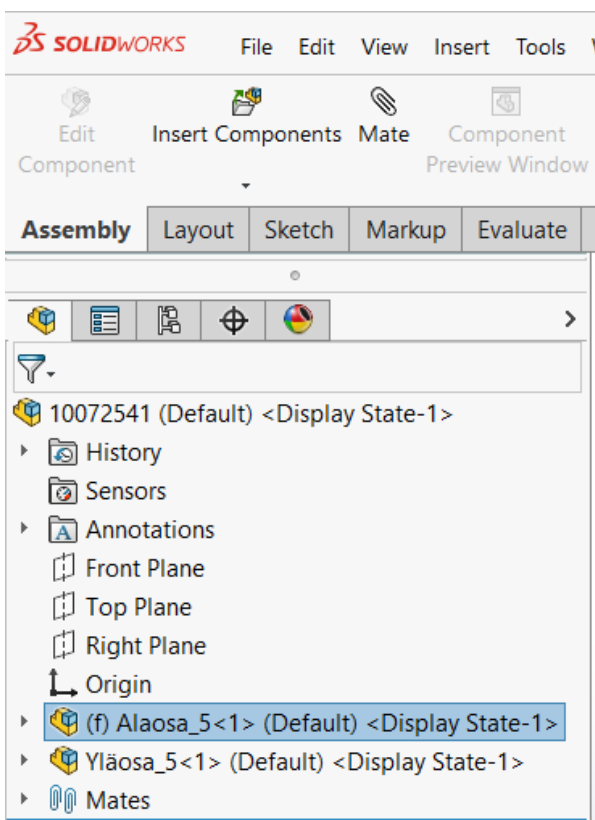


Kuvio 11. Putkiprofiilin trimmaus



Kuvio 12. Hitsausliitosten valinta

Runkokehikon ollessa valmis osasta tehtiin kokoonpanopiirustus. Kokoonpanopiirustukseen lisättiin muottitiedosto ja se yhdistettiin runkoon. Rungon mallinnustapa mahdollistaa mittojen muuttamisen muottitiedostoa vastaavaksi. Muotin ja rungon yhdistämisen jälkeen, seuraavaksi tarvittiin valuastian kansi. Kannen valmistaminen toteutettiin rungon tavoin. Lopuksi myös siitä tehtiin kokoonpanopiirustus. Tämän jälkeen tehtiin pääkokoonpanopiirustus, mihin alaosa ja yläosa lisättiin. Varmistettiin, että ne olivat samankokoiset ja ne liitettiin yhteen. Kuvion 13 esittämään piirrepuuhun saatiin pääkokoonpano ja kaksi alikokoonpanoa.

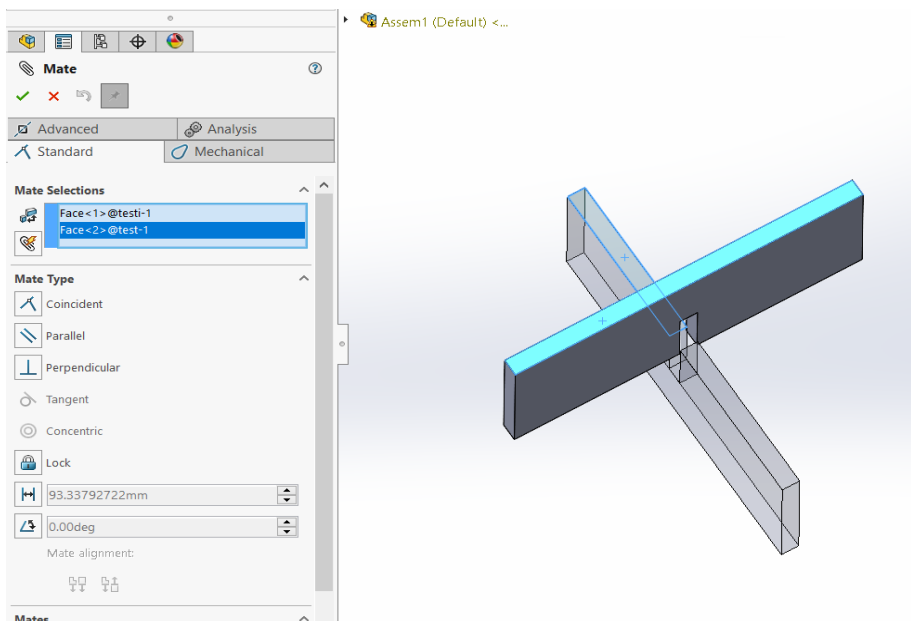


Kuvio 13. Pääkokoonpano ja alikokoonpanot piirrepuussa

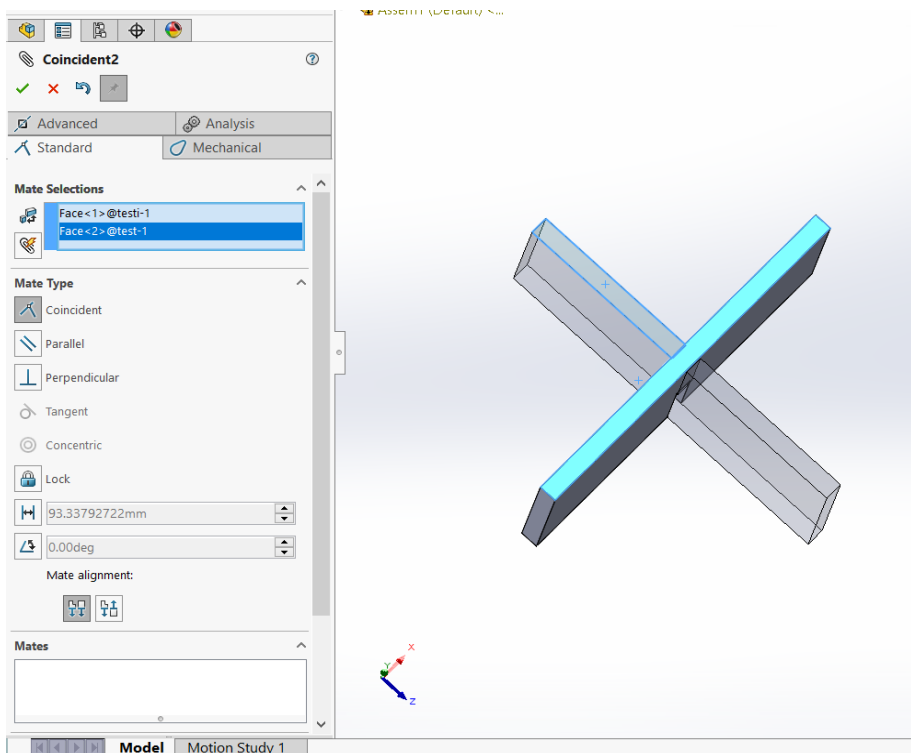
Seuraavaksi alaosaan lisättiin sivuseinät, jotka mitoitettiin rungon sisämittojen mukaan. Sivuseinät liitettiin runkoon mate-toimintoa käyttäen. Mate-toiminnossa kaksi yhteen liitettävää pintaa tai tasoa yhdistetään keskenään. Kuvioissa 14 ja 15 on esitetty liitettävien pintojen määrittäminen samaan tasoon. Alaosaan lisättiin reiät rungon lävistäville pyörötangoille, jotka toimivat tukirankoina betonivalua tehtäessä.

Yläosan kiinnitysmekanismeissa käytettiin silmäruuvia ja sokkapulttia sekä leikkeestä tehtyjä kulmarautoja. Kulmarautojen kiinnitys tapahtuu hitsaamalla. Silmukkaruuvi kiinnitetään

runkoon hitsattuun metallilätkään, muttereiden avulla ja lukitaan sokkapultilla. Lisäksi suunniteltiin lukitussalpa, jolla varmistetaan kannen auki pysyminen. Kannen ja rungon lukitsemiseksi käytettiin kolmea, raskaaseen käyttöön tarkoitettua 375-R-tyyppin Destacoa.



Kuvio 14. Kahden pinnan määrittäminen samaan tasoon, vaihe 1



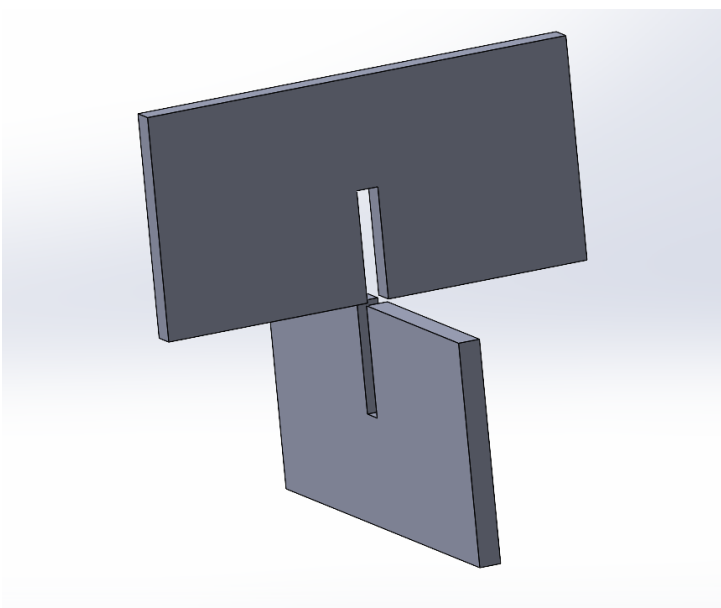
Kuvio 15. Kahden pinnan määrittäminen samaan tasoon, vaihe 2

Valitussa toteutustavassa on huomioitu työntekijöiden ergonomia ja tuotannon tehokkuus. Kelluketyökalujen kannen avaamista on helpotettu kanteen asennettavalla vastapainolla, jolloin kannen avaaminen käy nopeasti aiheuttamatta fyysistä kuormitusta. Painavammat kannet nostetaan nosturin avulla.

Projektin jatkon varmistuttua, Business Case vaiheessa, saatiin tarkempi aikataulu mallinnustyön jaksottamiseen. Koska laitakelluketyökalua tarvittaisiin projektin alkuvaiheessa, myös sen suunnittelu päätettiin aloittaa ensimmäisen valuastian rinnalla.

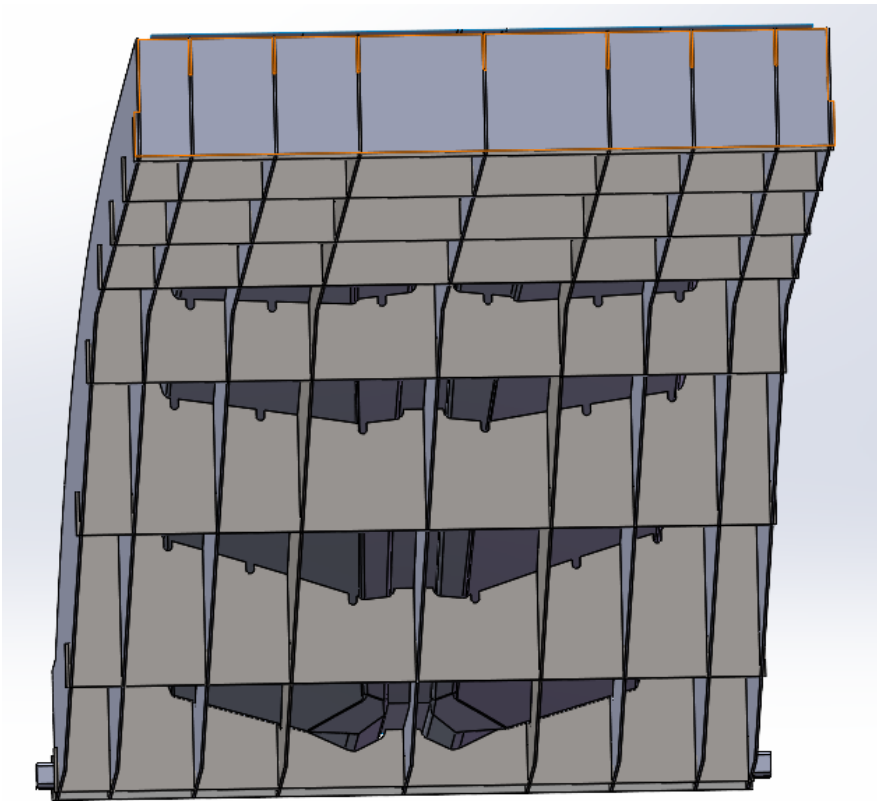
6.4.3 Laitakelluketyökalu

Laitakelluketyökalun suunnittelu jätettiin tarkoituksella myöhemmäksi, jotta suunnittelussa tulevien virheiden määrä olisi vähäisempi, opinnäytetyön tekijän harjaannuttua ohjelman käytössä. Laitakelluketyökalun suunnitteluun kuluva aika tiedettiin huomattavasti suuremmaksi kuin pienempien valuastioiden osittain suuren kokonsa mutta myös monimutkaisen rakenteensa vuoksi. Työkalun rakennetta mietittiin, ja poiketen aiemmasta työkalusta päätimme rakentaa uuden työkalun leikkeistä paksujen profiilien sijaan. Kuviossa 16 on havainnollistettu leikkeiden liitostapa, joka tulisi olemaan eräänlainen ristiliitos, jossa kaksi leikettä liitetään yhteen 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden. Leikkeisiin tehtiin lovet liittämistä varten.



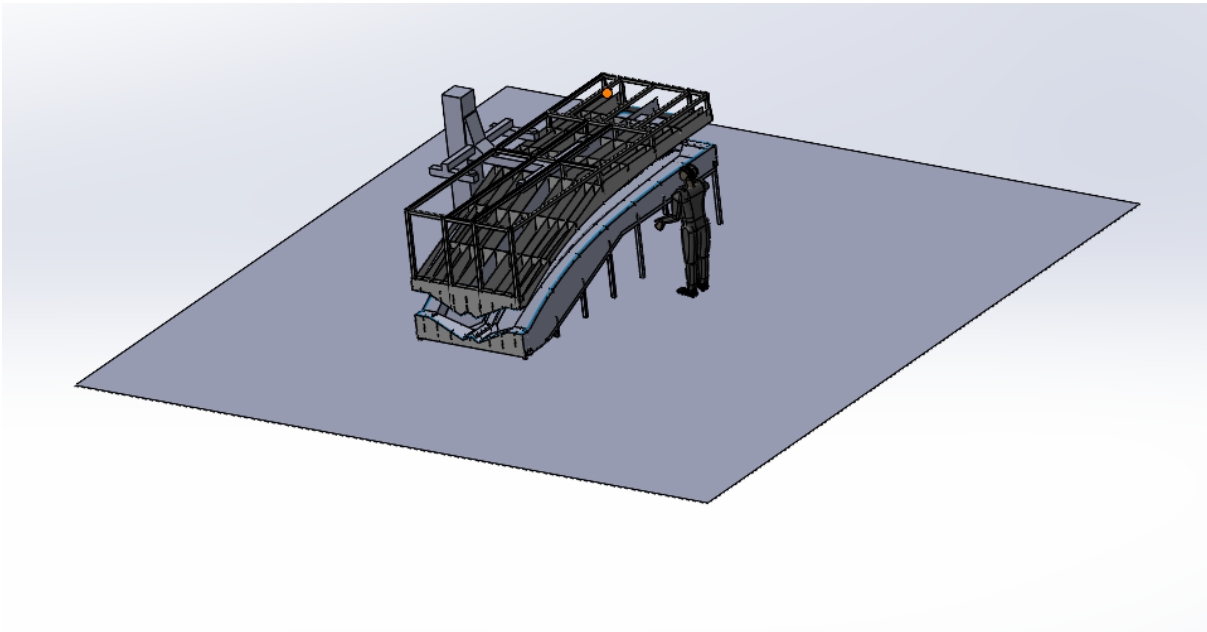
Kuvio 16. Ristiliitos

Laitakellukkeiden suuren koon vuoksi työkalusta suunniteltiin tarkoituksella raskasrakenteinen. Tuotannossa olevaa laitakelluketyökalua käytettäessä on huomattu, että valun aiheuttama paine liikuttaa työkalun yläosaa ylöspäin. Haluttiin varmistua uuden työkalun kestäväyydestä, koska uuteen veneeseen tulevat kellukkeet ovat aiempia suurempia. Suunniteltiin myös paikat lämmitysputkille kuvion 17 mukaisesti, jotta tuotteiden valuprosessi onnistuu.



Kuvio 17. Lämmitysputkien paikat laitakelluketyökalussa

Kuviossa 18 on esitetty 1-pilarinostimen toiminta laitakelluketyökalun yläosan nostamiseen. Yläosan nostokehikkoon tullaan vielä lisäämään paikat 1-pilarinostimen nostotassuille.



Kuvio 18. Laitakelluketyökalun yläosan nostaminen 1-pilarinostimella

7 YHTEENVETO

7.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kelluketyökalut, sekä sovittaa ne uretaanikellukkeiden valmistuslinjalle tuotantotilan layout-ratkaisu huomioon ottaen. Kelluketyökalujen suunnittelussa huomioitiin työergonomia työn sujuvuuden varmistamiseksi.

Yrityksen suunnittelijoiden lähestyessä eläkeikää tarve uuden suunnittelijan perehdyttämiselle tuli ajankohtaiseksi, mikä mahdollisti opinnäytetyön tekemisen kelluketyökalujen suunnittelemisesta.

Työmenetelmien ollessa opinnäytetyön tekijälle vieraita, työ aloitettiin lähtötilannekatselmuksella tuotantotilassa. Työntekijöitä haastatteleamalla ja työntekoa seuraamalla saatiin hyvä käsitys koneista ja laitteista sekä tuotannon työskentelystä. Työntekijöiden kokemukset tuotannossa olevien työkalujen ominaisuuksista ja ongelmista antoivat hyvät lähtökohdat suunnittelun aloittamiselle.

Suunnittelutyö aloitettiin tutkimalla aikaisemmin valmistettuja, toimivaksi todettuja työkaluja ja niiden eri mekanismeja. Hyvät ratkaisut kirjattiin ylös ja huonosti toimivat ratkaisut jätettiin pois laskuista. Käytettävän suunnitteluohjelmiston ollessa opinnäytetyön tekijälle uusi, muilta suunnittelijoilta tullut tuki ja neuvot auttoivat ohjelmiston opiskelussa ja ongelmakohtien selvittämisessä.

7.2 Tulokset

Työn tulokseksi saatiin kelluketyökalujen 3D-mallit, osapiirustukset, katkaisuluettelot sekä tuotantotilan layout-suunnitelma. Kelluketyökalujen valmistus voidaan aloittaa muottien saapuessa toimittajalta.

Tuotantotilan valmistusmenetelmää muutettiin tilanpuutteen vuoksi. Koska nykyisen tuotantotilan valulinjaston rajoitteet eivät mahdollistaneet uusien kelluketyökalujen sijoittamista kiinteästi, päädyttiin erilaiseen ratkaisuun. Uudessa ratkaisussa työkalut siirretään sovittuun

valupisteeseen, jossa valumateriaali päästetään valuastiaan. Valuastian täytyttyä se viedään kuivumaan paikalleen. Valuastioiden liikuttamisen helpottamiseksi sekä työntekijöiden työergonomian parantamiseksi hankittiin sähköavusteinen pumppukärry.

Aikaisemmin tuotantotilassa säilytetyt uretaanikellukerullakot sekä viereisissä halleissa säilytetyt rullakot sijoitetaan niille tarkoitettuun välivarastoon materiaalivirran parantamiseksi. Tuotantotilassa ollut sahauspiste tullaan sijoittamaan toiseen halliin.

Tuotantoa tullaan jatkossa ohjaamaan ERP-toiminnanohjausjärjestelmällä työn tekemisen helpottamiseksi. Tarkka käsitys uretaanilinjaston toimivuudesta saadaan veneiden tuotantomäärien noustessa.

7.3 Pohdinta

Työn tekeminen oli mielenkiintoista, mutta haastavaa, koska kaikki työn tekemiseen vaadittavat tiedot ja taidot oli ensin opeteltava. Työn alkuvaiheessa käytettiin paljon aikaa suunnittelussa tarvittavan tiedon hankkimiseen sekä keskusteluihin lukuisten työntekijöiden kanssa. Tällä pyrittiin minimoimaan virheet, joita hätäisesti aloitettu suunnittelu olisi voinut aiheuttaa.

Työssä avustamassa olleen suunnittelijan ohjaus ja erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen ymmärtäminen edesauttoivat suunnittelua. Tuotekehityksen Lean-ajattelun mukaisesti pyrittiin oppimaan nopeasti hyvien työkalujen suunnittelu tuotteiden nopean valmistumisen sijaan.

Työ antoi hyvän käsityksen työkalusuunnittelun pääperiaatteista, projektitoiminnasta sekä töiden aikatauluttamisesta.

LÄHTEET

- Finikor. (i.a.). *Twin Busch 2500kg siirrettävä 1-Pilarinostin*. <https://www.finikor.fi/tuotteet/nostimet>
- Goengineer. (20.8.2018). SOLIDWORKS Intersection Curve Tool Explained. *GoEngineer Blog*. <https://www.goengineer.com/blog/solidworks-intersection-curve-tool-explained>
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., & Miettinen, A. (2009). *Teollisuustalous* (6.p.). Infacs
- Hietikko, E. (2016). *Solidworks Tietokoneavusteinen suunnittelu*. (7.p.). BoD
- Huhtala, P., & Pulkkinen, A. (2009). *Tuotettavuuden kehittäminen: Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta*. Teknologiateollisuus
- Lecklin, O., & Laine, R. (2009). *Laadunkehittäjän työkalupakki: Innovatiivisen johtamisjärjestelmän rakentaminen*. Talentum
- Lehtonen, J-M. (2004). *Tuotantotalous*. WSOY.
- Logistiikan maailma. (i.a.). *Lean-ajattelu*. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/proses-sien-kehittaminen/lean-ajattelu/>
- SolidWorks. (i.a.-a). *Intersection curves*. https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/sldworks/c_intersection_curves.htm
- SolidWorks. (i.a.-b). *Mates*. https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/sldworks/c_mates_overview_assemblies.htm

LIITTEET

Liite 1. Työpaikkaselvitys

Liite 2. Kelluketyökalun rungon kokoonpanopiirustus osaluetteloineen

Liite 1. Työpaikkaselvitys

TYÖPAIKKASELVITYS	
Päiväys	6.10.2020
Yritys	Inhan Tehtaat Oy Saarikyläntie 21 63700 Ähtäri
Kohde	Osavalmistus Uretaanivalu C-halli
Osallistujat	Työsuojelupäällikkö Jari Peltoniemi, työsuojeluvaltuutettu Kari Nokelainen, työnjohtaja Marko Multaniemi, osavalmistuksen työntekijä Jani Katajamäki Työfysioterapeutti Taina Tynjälä ja työterveyshoitaja Elisa Hirvilampi
Työpaikkaselvityksen tavoite	Työpaikkaselvityksessä työterveyshuolto yhteistyössä työpaikan kanssa arvioi työstä, työympäristöstä ja työyhteisöstä aiheutuvien terveysvaarojen ja haittojen, kuormitustekijöiden sekä voimavarojen terveydellistä merkitystä henkilöstön työkyvylle. Tavoitteena on työn ja työolosuhteiden terveellisyyden ja turvallisuuden varmistaminen sekä työntekijöiden terveyden edistäminen. Käynnin pohjana on työturvallisuuslaki (738/2002), työterveyshuoltolaki (1383/2001) ja valtioneuvoston asetus hyvästä työterveyshuoltokäytännöstä /708/2013).
Käytetyt menetelmät ja mittarit	Haastattelua, havainnointia, valokuvaus, melumittaus Selvityksessä hyödynnettiin 26.8.2020 työpaikan tekemään riskinarviointi työkohteeseen
1. Yleistietoa kohteen toiminnasta	
Uretaanivalu on osittain siirretty saneerattuun C-halliin (kuva 1 ja 2). Työpisteessä tehdään venekohtaiset laita- ja kakkuvalu ruiskuttamalla polyuretaania muotteihin (kuva 3 ja 4). Ensin muotit vahataan siveltimeillä, ettei uretaani tartu muottiin kiinni (kuva 5). Vahan levitystä on kokeiltu puhaltamalla, mutta tämä ei käytännössä ollut toimiva. Vahauksen jälkeen muotin kansi suljetaan (kuva 6) ja massa annostellaan suoraan muottiin kannen aukosta valuletkulla (kuva 7 ja 8). Osa uretaanivalusta tehdään kuitenkin muotin kansi auki. Valuprosessin aikana syntyy kemiallinen reaktio, jossa uretaani lämpiää jopa 80 asteeseen muotin sisällä. Valun aikana työntekijä käyttää akkukäyttöistä hengityssuojainta. Jos muotti on hyvin vahattu ja uretaanimassa kuivunut, ei muottia yleensä tarvitse puhdistaa. Valumuotista poistetusta uretaanikellukkeesta leikataan ylimääräiset roiskeet pois (kuvat 9, 10, 11).	
2. Työntekijöiden määrä ja työaika	
Uretaanivalussa työskentelee yksi miestyöntekijää. Työaika klo 6.00 - 14.30.	
3. Havaitut vahvuudet, myönteiset asiat ja toimivat ratkaisut	
Työkohteen riskinarviointi oli tehty 26.8.2020. Radon mittaus on tehty kevään 2020 aikana. Lattia on käsitelty liukastumista ehkäisevällä aineella. Lattia voi olla hyvin liukas, jos siihen on roiskunut, muottien pintaan sivellään vahaa (kuva 12). Halliin on asennettu uudet led-valaisimet keväällä 2020. Työntekijä käytti työssään ihoa suojaavaa työvaatetusta ja akkukäyttöistä raitisilmakypärää. Työntekijän haastattelun perusteella työtyytyväisyys on hyvä. Työntekijä vaikutti työstään innostuneelta ja osallistui työpaikkakäyntiin aktiivisesti. Työpaikalla on ohjeet henkilösuojainten käyttöön, päihdeohjelma ja varhaisen välittämisen malli käytössä.	

4. Työn kuormitustekijät / altisteet sekä niiden terveydellinen merkitys

Riskien arviointi perustuu työterveyshuollon asiantuntijuuteen arvioitujen kuormitustekijöiden ja vaaratekijöiden terveydellisistä merkityksistä.

Terveysriskien luokittelu perustuu seurauksien vakavuuteen ja todennäköisyyteen: www.ttl.fi

Terveysriskien luokittelu Seurauksien vakavuus / Todennäköisyys

Seurauksien vakavuus/ todennäköisyys	vähäiset	haitalliset	vakavat
	epämukavuus, ärsytys, nopeasti ohimeneviä (muutama tunti) kuormituksen aiheuttamia oireita (kipu, väsymys)	pitkäkestoisia (päiviä, viikkoja) vakavia kuormituksen aiheuttamia sairauksia tai oireita (kipu, väsymys, toimintarajoitukset), satunnaisia poissaoloja, pysyvät lievät haitat	kroonisia (kuukausia kestäviä) kuormituksen aiheuttamia vakavia sairauksia tai oireita, pitkiä tai toistuvia työkyvyttömyysjaksoja
epätodennäköinen, kuormittuminen satunnaista	1 merkityksetön riski (ei toimenpiteitä)	2 vähäinen riski (seuranta)	3 kohtalainen riski (toimenpiteitä tarvitaan)
mahdollinen, kuormittuminen päivittäistä	2 vähäinen riski (seuranta)	3 kohtalainen riski (toimenpiteitä tarvitaan)	4 merkittävä riski (toimenpiteet välttämättömiä)
todennäköinen, kuormittuminen jatkuvaa	3 kohtalainen riski (toimenpiteitä tarvitaan)	4 merkittävä riski (toimenpiteet välttämättömiä)	5 sietämätön riski (välittömät toimenpiteet)

Altiste	Lisätiedot, havainnot, huomiot
Fysikaaliset vaaratekijät	26.8.2020 työpaikan tekemä riskinarviointi Melu: ei Työpaikan lämpötila: ei Yleisilmanvaihto ja kohdepoistot: ei Vetoisuus: ei Kylmät tai kuumat esineet ja pinnat: ei Työskentely ulkotiloissa: ei Yleisvalaistus: ei. Kohdevalaistus työpisteissä: ei Ulkovalaistus: ei Käsiin kohdistuva värinä: ei Koko kehoon kohdistuva värinä: ei Ionisoiva säteily: ei. Ultraviolettisäteily: ei Lasersäteily: ei Infrapunasäteily: ei Mikroaallot: ei <u>Sähkömagneettiset kentät: esiintyy</u> Terveystieteellisen merkityksen arviointi: vähäinen terveysriski (seuraukset haitalliset ja altistuminen epätodennäköinen, kun suojaamia käytetään) Urethanivalun aikana mitattiin työntekijän korvan läheltä melumittarilla 87-88 dB. Lisäksi työntekijä altistuu melulle silloin kuin viereisessä sahaustyöpisteessä on toimintaa. Mikäli työpaikalla meluallistustaso ylittää ylemmän toimenpiderajan, 85 dB, työntekijän on käytettävä kuulonsuojauksia. Työpaikan lämpöolosuhteista ei talviaikaan ole vielä kokemusta. Ilmastointi C-halliin on asennettu kesällä 2020. Kohdepoistoja ei ole.

	Ulkona työskentelyä tulee vähän, kun uretaanikakkukärkyt haetaan ja viedään lastausliuskaan. Työpisteen uretaanivalukoneessa on kaksi suuritehoista sähkömoottoria, jotka aiheuttavat sähkömagneettisen kentän. Henkilö, jolle on asennettu tahdistin ei voi työskennellä tiloissa.
Kemialliset kuormitustekijät	26.8.2020 työpaikan tekemä riskinarviointi Vaaralliset ja haitalliset kemikaalit: - Desmodur 44 V 20 L di-/polyisosyanaattikomponentti (kuva 13) - Baymer CX-37-A-130/W polyolikomponentti (kuva 14) - valumuottien vahaukseen Acmos P35-7205 polyuretaanin irroite <u>Syöpää aiheuttava, perimää vaurioittava, lisääntymisterveyden kemikaalit:</u> - Desmodur 44 V 20 L <u>Allergiaa aiheuttavat kemikaalit:</u> - Desmodur 44 V 20 L <u>Höyryt, huuрут ja savut:</u> esiintyy <u>Pölyt ja kuidut:</u> esiintyy <u>Kemikaaliluettelo:</u> kemikaaliluettelo työpisteessä <u>Käyttöturvallisuustiedotteet:</u> työpisteessä <u>Kemikaalit hävitetään</u> jätehuoltolainsäädännön mukaisesti (Lassila & Tikanoja). Terveydellisen merkityksen arviointi: kohtalainen terveysriski (seuraukset haitalliset ja altistuminen mahdollinen) Käytetyistä kemikaaleista oli hankittu käyttöturvallisuustiedotteet, joissa on tuotteen vaara- ja turvalausekkeet sekä tarkat ohjeet suojautumisesta ja kemikaalin käyttöön ja säilytykseen liittyvissä asioissa sekä ohjeet ensiaputoimenpiteisiin. Hengityssuojaimen aktiivihilisuodatin vaihdettiin työpaikkakäynnin jälkeen ja jatkossa sen tiheämpi, säännöllinen vaihtaminen tulee huolehtia. Uretaaninvalun kemiallisessa reaktiossa syntyy lämpöä ja huurua, mikä leviää työskentelytilaan varsinkin valumuotin kannen avauksen yhteydessä. Muottivahaa käytettäessä leviää ilmaan voimakastuoksua huurua. Työtilan hyvä ilmanvaihto ja kohdepoistot vähentävät osaltaan altistusta esim. uretaanin kuivumisen aikana, jolloin tapahtuu haihtumista. Valusta otetusta kellukkeesta leikataan ylimääräiset roiskeet ja terävät kulmat pois, josta syntyy hienojakoista pölyä. Uretaanin kovettimet, isosyanaatit voivat aiheuttaa terveydellistä haittaa, koska ne ovat hengitysteitä, ihoa ja silmiä voimakkaasti herkistäviä ja ärsyttäviä yhdisteitä sekä niiden epäillään aiheuttavan syöpää. Isosyanaatit ovat kemikaaliryhmä, joka aiheuttaa eniten ammattiasmoja Suomessa. Lisäksi altistuminen isosyanaateille voi aiheuttaa allergista kosketusihottumaa. Suuret isosyanaattipitoisuudet voivat aiheuttaa akuutteja ärsytysoireita, kuten kutinaa, polttoa tai pistelyä nielussa, nenän tukkoisuutta ja ärsytysyskää. Desmodur 44 V 20 L epäillään aiheuttavan syöpäsairauden vaaraa. Työntekijät perehdytetään raaka-aineiden haittavaikutuksiin (käyttöturvallisuustiedotteet) hyvin työtapoihin ja henkilösuojaimiin, joilla voidaan vähentää iho- ja hengitystiealtistumista oman työprosessin isosyanaateille. Huolehditaan tehokkaasta yleisilmanvaihdon lisäksi hyvin toimivista paikallispoistoista riskialttiissa työvaiheissa. Raskaana olevaa ei tule käyttää työssä, jossa altistumista syöpäsairauden vaaraa aiheuttavalle aineelle ei voida estää. Tieteellisesti perusteltua turvallista raja-arvoa raskaudenaikaisen työskentelyn liuotainepitoisuuksille ei voida antaa. Yleensä työskentelyä liuottimien kanssa pidetään sikiölle turvallisena, jos työilman pitoisuudet eivät ylitä 10 % HTP-tasosta.

	28.3.2017 Työterveyslaitoksen työhygieeninen selvitys (edellinen on tehty 2003) Koska isosyanaattien herkistymisen kynnysarvoa ei tiedetä, isosyanaatit on todettu syöpävaarallisiksi ja toistuva altistuminen hyvinkin pienille pitoisuuksille voi olla haitallista, on altistuminen pyrittävä pitämään niin pienenä kuin se teknistaloudellisesti on mahdollista. Hengityksensuojainten ja ihon suojausta tulee edelleen jatkaa. Ihon suojaaminen on tärkeää, koska ihoaltistumisen on todettu olevan yhteydessä astman syntyyn. Roiskeita vaatteille ei saa tulla, koska aine imeytyy materiaalien läpi. Paljaat käsivarret tulee suojata hihansuojilla tai käyttää pitkähihaisia työvaatteita. Työvaiheissa, joissa vaatteiden läpi tapahtuva altistuminen on mahdollista, tulee käyttää kemikaalisuojavaatteita. Kemikaalisuojakäsineet tulee vaihtaa päivittäin, jos niissä on polyuretaania tai ne ovat rikkoutuneet. Jos käytössä on kertakäyttöinen nitrilikumikäsine, on se vaihdettava heti likaantumisen jälkeen. Työalueella säilytettävät kemikaalit tulee olla kannellisissa astioissa (ei avoin) tai aineet huuhdellaan suoraan kanistereihin, jolloin aineiden tarpeeton haihtuminen työtilaan vähenee.
Biologiset kuormitustekijät	26.8.2020 työpaikan tekemä riskinarviointi Bakteerit ja virukset: ei Hiiva- ja homesienet: ei, tarvittaessa asiantuntijan tehtävä. Alkueläimet, loiset, hyönteiset: ei Terveydellisen merkityksen arviointi: vähäinen terveysriski (seuraukset vähäiset ja altistuminen mahdollinen). 9.3.2018 halliin on tehty selvitys koskien tilojen mikrobi- ja pölypitoisuutta, yleisiä olosuhteita ja ilmanvaihtoa. Selvityksessä todettiin kosteus- ja mikrobivaurio. Selvityksessä esiin nousseita asioita on korjattu.
Psykososiaaliset kuormitustekijät	26.8.2020 työpaikan tekemä riskinarviointi <u>Yksipuolinen työ</u>: esiintyy Työn laadulliset vaatimukset: ei <u>Työtehtäviin sisältyvä vastuu</u>: esiintyy Valppaana olo: ei Tiedon käsittely: ei <u>Työn keskeytykset</u>: esiintyy Työtehtäviin sisältyvät vuorovaikutustilanteita: ei Väkivallan uhka: ei Työnjako, tehtäväkuva ja tavoitteet: ei Vaikutusmahdollisuudet omaan työhön: ei Työn määrä ja työtahti: ei Työajat: ei Liikkuva työ: ei Työsuhteen epävarmuus: ei Työskentelyolosuhteet ja työvälineet: ei <u>Yksintyöskentely</u>: esiintyy Esimies ja työyhteisön tuki: ei Yhteistyö ja tiedonkulku: ei Häirintä ja epäasiallinen kohtelu: ei Syrjivä kohtelu: ei Terveydellisen merkityksen arviointi: vähäinen terveysriski (seuraukset vähäiset ja kuormittuminen epätodennäköinen) Työ on yksintyöskentelyä ja itsenäistä. Yksipuolinen työ, jossa työvaiheet toistuvat useasti päivän aikana. Työtehtäviin sisältyy henkilökohtainen vastuu tuotantomäärästä ja tuotteiden laadusta. Työn sujumista haittaa valukoneen huono toimivuus ja välillä tiedonkulussa on katkosta tai

	viivettä esim. minkä veneen tuotanto keskeytyy tai alkaa. Työn määrä vaihtelee, varsinkin keväisin on ajoittain kiire. Työskentelyolosuhteet ja työvälineet ovat layout muutoksen myötä parantuneet. Kaikki kakkumuotit ovat samassa paikassa eikä enää tule kulkua kahden hallin välissä. Työhön perehdytykseen ja työhönopastukseen on työohjeet ja vanhemman työntekijän perimätiedolla opastus.
Fyysiset kuormitustekijät	26.8.2020 työpaikan tekemä riskinarviointi Työpaikkeen siisteys ja työvälineiden sijoittelu: ei Työskentelytilan riittävyys: ei <u>Työskentelytason korkeus:</u> esiintyy Näytöt ja näyttöpäätteet: ei <u>Selän asento:</u> esiintyy <u>Hartioiden ja käsien asento:</u> esiintyy <u>Ranteen ja sormien asento:</u> esiintyy <u>Pään ja niskan asento:</u> esiintyy Jalkojen asento: ei <u>Jatkuva istuminen tai seisominen:</u> esiintyy Kiipeäminen ja liikkuminen tasolta toiselle: ei Työn tauotus ja työtahti: ei <u>Jatkuvasti samana toistuvat työliikkeet:</u> esiintyy Käsien tehtävät nostot, siirrot tai taakan kannattelu: ei Työkohteet, koneet ja laitteet: ei Terveydellisen merkityksen arviointi: kohtalainen terveysriski (seuraukset haitalliset ja altistuminen päivittäistä) <u>Hankalat työasennot olkavarret, niska ja selkä</u> (kuva 15, 16, 17,18) Valujigien korkeudet ja syvyydet vaihtelee. Välillä joutuu olemaan etukumarassa ja välillä taas nousemaan portaille yltääkseen levittämään vahaa valupinnoille. Uretaanikakkujen pois ottamiseen liittyy kurotusta. Selän pitkäkestoisia etukumara-asentoja tulee ja näin staattista kuormitusta selkään. Valmiita uretaanikakkuja nostellaan, siirrellään ja pakataan käsin. Kappaleet ovat suhteellisen kevyitä. Työvuoron aikana tulee usein lyhytkestoista yli hartiatason tehtävää työtä. Valujigin avattu kansi on niin korkealla, että työntekijä joutuu työskentelemään yli hartiatason. Kannen aukaisua on keventämässä nosturi/vastapaino. Työssä tulee runsaasti pään/ niska etukumara-asentoja. Valujigit ovat syviä minkä takia pitää kurkotella jigien sisään saadakseen levitettyä vahaa joka paikkaan. - Toistuvat tai pitkäkestoiset niskan ja selän kiertyneet ja taipuneet asennot kuormittavat rangan rakenteita ja altistavat niska- ja selkävaivoille. - Toistuvat tai pitkäkestoiset olkavarren kohoasennot tai yläraajojen kurkottavat asennot tai nivelten ääriasennossa toistuvat liikkeet lisäävät olkapään alueen kudosten kuormitusta ja lisäävät olkapään alueen vaivojen riskiä. Etenkin pitkäkestoiset ja toistuvat. - Toistuvat käsin tehtävät nostot kuormittavat selän rakenteita ja yli hartiatason tapahtuessaan myös olkanivelen rakenteita ja voivat johtaa rasitusoireisiin sekä tapaturmiin. Mikäli nostotilanteessa vartalon asento on kiertynyt tai voimakkaasti taipunut, selän kipeytymisen riski kasvaa. <u>Käden ja kyynärvarren alueen kuormitus</u> (kuva 19, 20) Ranteisiin ja sormiin kohdistuu kuormitusta, kun käytettävä vaha on tahmeaa/kankeaa ja sen levittäminen pensselillä vaatii paljon sutimista.

	Työnkierto on nopeaa, joten samat työliikkeet toistuvat päivän aikana usein - Toistuvat puristusotteet tai pitkäkestoiset ranteiden taipuneet tai kiertyneet asennot ja puristusotteet lisäävät käden, ranteen ja kyynärvarren yllirasituseiden riskiä. - Voiman käytön tarve ja työliikkeiden runsas toistuvuus ja nopeus lisäävät riskiä. - Virallisesti toistotyönä pidetään työtä, jossa yksi työvaihe kestää vähemmän kuin 30 sekuntia tai työvaiheessa toistetaan samoja liikkeitä yli puolet työvaiheajasta. - Esimerkiksi nojaaminen tai työntäminen tai lyöminen kämmenellä tai muulla käden osalla aiheuttaa käteen kohdistuvaa mekaanista painetta. <u>Pitkäkestoinen seisominen (kuva 21)</u> Työssä ollaan jatkuvaa seisomista/jalkojen päällä olemista. Työpäivän aikana tulee kymmenkunta kertaa nousua metrin korkuiselle portaalle. - Pitkään jatkuva seisominen kuormittaa muun muassa selän ja alaraajojen rakenteita ja altistaa näiden ylikuormittumiselle. Paikallaan seisominen vähentää myös raajojen laskimoverenkiertoa lisäten suonikohjujen vaaraa.
Suojaimet	Työasu, kemikaalinsuojakäsineet, viiltosuojahanskat, turvajalkineet, kuulosuojaimet, akkukäyttöinen raitisilmakypärä
5. Työturvallisuus, ensiapuvalmius, sairauspoissaoloseuranta	
Työssä olevat tapaturmariskit	26.8.2020 työpaikan tekemä riskinarviointi Tapaturmavaarana - liukastuminen (lattia, piha-alue) - esineiden ja aineiden sinkoutuminen (käytetään suuren paineen alaisia aineita, mistä johtuen uretaani saattaa suihkuta valuletkusta / valureiästä) - viilto-, leikkautumis- ja pistovaara (valusta poistetusta öljyisestä ja liukkaasta uretaanikellukkeesta leikataan mattopuukolla ylimääräiset roiskeet ja terävät kulmat pois)
Työtapaturmat viimeisen parin vuoden aikana	Ei työtapaturmia viimeisen parin vuoden aikana.
Ensiapuvalmius (ensiaputarvikkeet, ensiapukoulutuksen voimassaolo)	Tapaturmavaara on tehdastyössä ilmeinen. Työpaikan 5 %:lla työntekijöistä on voimassa oleva EA-I koulutus. Ensiapuvälineet sijaitsivat työpisteen läheisyydessä (kuva 22).
Sairauspoissaolojen määrä	Käyntikohteessa on ollut viimeisen vuoden aikana toistuvia tai pitkittyneitä sairauksilomia. Ei ammattitautia.

6. Suositukset
1. Melulle altistuvilta otetaan kuulo terveystarkastuksissa työterveyslaitoksen ohjeen mukaisesti 2. Suositellaan työpaikan työsuojeluorganisaatiota harkitsemaan uudessa työpisteessä työntekijän altistumistason ja sisäilmaan leviävien päästöjen työhygieenistä selvitystä 3. Työnantajan on pidettävä omaa luetteloa työpaikalla käytettävistä ja esiintyvistä syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä ja perimää vaurioittavista aineista sekä altistuvista työntekijöistä. Altistuneet työntekijät on ilmoitettava ASA-rekisteriin. 4. Suositellaan huolehtimaan tehokkaan yleisilmanvaihdon lisäksi hyvin toimivista paikallispoistoista riskialttiissa työvaiheissa. Työtilan on hyvä olla suljettu muihin osastoihin muiden työntekijöiden turhan altistamisen takia. Sahauspisteen siirtämistä toiseen työtilaan suositellaan. 5. Uretaanivalajan tulee vaihtaa hengityssuojaimen aktiivihiihisuodattimen säännöllisesti 6. Kemiallisten vaaratekijöiden osalta terveystarkastuksessa astma-nuhakysely, tupakka-anamneesi, hengityksen toimintakoe (spiroD), ihon kunnon tarkistus sekä liuotainainekysely 7. Työpaikan sairauspoissaoloseurannassa tuki- ja liikuntaelinsairaudet ja oireet ovat poissaolojen yleisin syy. Jos työntekijöille tulee tuki- ja liikuntaelinoireita, jotka haittaavat työn sujumista, suositellaan hakeutumista työterveyshuoltoon työkykyarvioon. 8. Suositellaan ensiapukoulutuksen tarkistusta.

Liite 1. Kuvat

Päiväys 6.10.2020

Elisa Hirvilampi
Työterveyshoitaja

Taina Tynjälä
Työfysioterapeutti

Liite 2. Kelluketyökalun rungon kokoonpanopiirustus osaluetteloineen

