

---

# Jatkoprofiilin käyttökelpoisuus työpisterakenteessa

Lean-ajattelun merkitys tuotekehityksessä




Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tuotekehityksen koulutusohjelma

Hämeenlinna, 11.5.2012

Lauri Holm



HÄMEENLINNA  
Tuotekehityksen koulutusohjelma

Työn nimi                      Jatkoprofiilin käyttökelpoisuus työpisterakenteessa

Tekijä                          Lauri Holm

Ohjaava opettaja            Antti Simpura

Hyväksytty                  \_\_\_\_\_.\_\_\_\_.2012

Hyväksyjä

HÄMEENLINNA  
Tuotekehityksen koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Lauri Holm	<b>Vuosi</b> 2012
<b>Työn nimi</b>	Jatkoprofiilin käyttökelpoisuus työpisterakenteessa	

---

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi kokonaisvaltainen tuotekehitysprojekti. Suunnittelun lisäksi tuotteesta valmistettiin myös prototyyppi. Lopuksi esitellään kehitysideoita prototyypin pohjalta. Opinnäytetyön tilasi Sovella Oy Jyväskylästä, millä on pitkä historia teollisissa kalusteissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Sovella Oy:n ideoimasta jatkoprofiilista toimiva tuote ja sen avulla rakentaa kokonainen työpiste. Materiaalina oli ohutlevy ja osat valmistettiin Sovella Oy:n tuotantolaitoksella. Jatkoprofiilin lisäksi opinnäytetyö piti sisällään tarvittavien lisäosien suunnittelun.

Työn teoria perustuu lean-ajatteluun, joka käydään tässä raportissa tiivistysti läpi. Opinnäytetyö myös sisältää, mitä lean-ajattelu tarkoittaa Sovella Oy:lle, heidän asiakkaille ja suunnittelijalle tuotekehitysprojektissa.

Prototyyppi rakennettiin Sovella Oy:n toimitiloissa. Tämä oli tuotekehityksen kannalta tärkeä vaihe, sillä se auttoi havainnollistamaan suunnitteluvirheitä. Tämän pohjalta osien rakennetta kehitettiin pidemmälle parantaakseen niitä. Lopuksi analysoitiin jatkoprofiilin tulevaisuutta, sekä sen soveltuvuutta työpisteisiin ja muihin Sovella Oy:n tuotteisiin.

Jatkoprofiili on todella kevyt, ja siten se soveltuu parhaiten kevyisiin ja hyvin tuettuihin rakennelmiin. Se ei ole vielä valmis tuote, joten jatkokehitystä tarvitaan.

**Avainsanat** Tuotekehitys, työpiste, ohutlevy, lean-ajattelu

**Sivut** 59 s. + liitteet 9 s.

HÄMEENLINNA  
Degree Programme in Product Development

---

**Author** Lauri Holm **Year** 2012

**Subject of Bachelor's thesis** Usability of the Extendable Profile in a Workstation

---

ABSTRACT

This thesis details a comprehensive product development project. A prototype was built, in addition to the design phase. Finally, development ideas based on the prototype will be introduced. The thesis was commissioned by Sovella Oy, which has a long history in industrial furniture.

The purpose of this thesis was to develop a usable product from an extendable profile, based on Sovella Oy's idea, and to build a complete workstation from it. The material used was sheet metal, and the parts were manufactured in Sovella Oy's facility. The thesis also includes designing the necessary accessories, as well as the extendable profile itself.

The theory of this thesis is based on lean manufacturing, which is introduced briefly. The thesis includes information about what it means for Sovella Oy, its customers and designers, with respect to product development.

The prototype was built in Sovella Oy's office. This was an important phase for the product development because it helped to demonstrate design errors. The component designs were then developed further, to improve them. To conclude, there was an analysis about the future of the extendable profile, and its suitability for workstations and other Sovella Oy's products.

The extendable profile is very light, so it is best suited for light, well supported structures. It is not yet a final product and so further development is needed.

**Keywords** Product development, workstation, metal sheet, lean manufacturing

**Pages** 59 p. + appendices 9 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SOVELLA OY .....	2
2.1	Historia.....	2
2.2	Tuotteet.....	2
3	OPINNÄYTETYÖN ESITTELY .....	4
3.1	Tavoitteet.....	4
4	LEAN-AJATTELU .....	6
4.1	Lean yleisesti.....	6
4.2	Seitsemän arvoa tuottamatonta toimintoa .....	6
4.3	Lean käytännössä .....	8
4.3.1	Lean-ajattelun merkitys Sovella Oy:lle .....	8
4.3.2	Lean-ajattelun merkitys Sovella Oy:n asiakkaille .....	9
4.3.3	Lean-ajattelu tässä opinnäytetyössä .....	9
5	SUUNNITTELUVAIHE .....	10
5.1	Lähtökohta.....	10
5.1.1	Vaatimuslista .....	10
5.1.2	Alkuperäinen prototyyppi.....	11
5.1.3	Neliöputki .....	12
5.1.4	Ympyräputki.....	12
5.2	Profiilin suunnittelu.....	13
5.2.1	Profiilirakenteen pituussäätö .....	13
5.2.2	Epäsymmetriset kyljet .....	14
5.2.3	Kaksi erilaista profiilia .....	15
5.2.4	Urien korvaaminen rei'illä .....	16
5.2.5	Tapoja liittää kaksi L-profiilia toisiinsa .....	16
5.3	Profiilien määrä ja mitat .....	17
5.4	Lisäosat.....	18
5.4.1	Kulmapala.....	18
5.4.2	Pyöräkiinnitin .....	21
6	RATKAISU .....	23
6.1	Etuprofiili .....	23
6.2	Takaprofiili.....	25
6.3	Lisäosat.....	27
6.3.1	Kulmapala.....	27
6.3.2	Pyöräkiinnitin A .....	29
6.3.3	Pyöräkiinnitin B.....	30
6.4	Kokoonpano .....	31
6.4.1	Jalka.....	32
6.4.2	Lyhyt vaakapalkki .....	34
6.4.3	Pitkä vaakapalkki.....	36
6.4.4	Säätöputket .....	38

7	PROTOTYYPPI.....	40
7.1	Osien valmistus .....	40
7.1.1	Etu – ja takaprofiili .....	40
7.1.2	Kulmapala.....	40
7.1.3	Pyöräkiinnikkeet.....	41
7.2	Kulmapalan liitokset .....	41
7.2.1	Kahden profiilin liitokset.....	42
7.2.2	Kolmen profiilin liitos .....	42
7.3	Rungon kasaus.....	43
7.3.1	Säätöputkien ja pöytälevyn asennus .....	44
7.4	Pyörien kiinnitys .....	45
8	PROTOTYYPIN TESTAUS .....	46
8.1	Jalan säätö .....	46
8.2	Pyörien aiheuttama momentti.....	46
8.3	Säätöputkien aiheuttama takapainoisuus.....	47
8.4	Rungon huteruus .....	48
8.5	Mittaheitot .....	49
9	PROTOTYYPIN ANALYSOINTI KILPAILJOIHIN .....	50
10	PROTOTYYPIN JOHTOPÄÄTÖKSET .....	51
10.1	Profiilit .....	51
10.2	Pyöräkiinnikkeet ja pyörät .....	52
10.3	Kulmapala .....	52
10.4	Kierrelatta.....	53
10.5	Kiinnitysruuvit .....	54
11	PROFIILIN TULEVAISUUS .....	55
11.1	Profiili työpisteessä .....	55
11.2	Profiili Sovella Oy:n muissa tuotteissa .....	56
11.3	Profiilin pituudet .....	56
11.4	Lean-ajattelun mukainen tuotevalikoima .....	57
12	LOPPUSANAT .....	58
	LÄHTEET .....	59

Liite 1	Vaatimuslista
Liite 2	Tekniset piirustukset

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sovella Oy. Työn tavoitteena on kehittää pidemmälle yrityksen ideoimaa teräksistä jatkoprofiilia ja saada se soveltumaan työpisterakenteeseen. Jatkoprofiilin täytyy olla yhteensopiva Sovella Oy:n nykyisten varusteluosien kanssa.

Suunnittelun pohjalla on lean-ajattelu. Työssä käydään läpi sen perusteet, pohditaan, mitä se merkitsee eri osapuolille ja kuinka se näkyy työpisteen tuotekehityksessä. Suunnittelussa työkaluna toimii Vertex G4 CAD-ohjelmisto. Jatkoprofiilin ja mahdollisten lisäosien täytyy olla valmistettavissa ohutlevystä Sovella Oy:n nykyisellä laitteistolla.

Suunnittelutyön pohjalta rakennetaan työpisteestä prototyyppi Sovella Oy:n tiloissa Jyväskylässä. Lopuksi prototyypin tuloksia analysoidaan ja pohditaan jatkoprofiilin etuja ja haittoja, sekä sen tulevaisuutta.

Sovella Oy on panostanut merkittävästi tuotteiden ergonomisuuteen. Tämä opinnäytetyö hyödyntää olemassa olevaa tietoa työpisteen mitoituksessa, joten ergonomiaan ei oteta sen enempää kantaa tai tutkita sitä pidemmälle.

## 2 SOVELLA OY

Sovella Oy on teollisiin kalusteisiin keskittyvä yritys. Sen pääkonttori ja tuotantolaitos sijaitsevat Jyväskylässä. Erilliset myyntiyksiköt löytyvät Alankomaista, Kiinasta, Ranskasta, Saksasta ja Yhdysvalloista. (Sovella Human Workspace 2012.)

Työpiesteeseen Sovella Oy:llä on tarjolla muun muassa työpöytiä, tuoleja, kaapistoja, hyllyjä, laatikostoja ja näihin liittyviä varusteluosia. Sen lisäksi yritykseltä löytyy kokoonpanoratoja ja läpivirtaushyllyjä. (Sovella Human Workspace 2012.)

### 2.1 Historia

Sovella Oy:n juuret on vuodessa 1876, jolloin G.W. Sohlberg perusti peltisepänerstaan Helsinkiin. Vuonna 1896 hän valtuutti molemmat poikansa huolehtimaan tehtaasta. Teolliset kalusteet astuivat mukaan vuonna 1975 ja vuonna 1982 he esittelivät ergonomisen työpisteen konseptin. 80-luku oli voimakasta kasvun aikaa ja he perustivat lukuisia tytäryhtiöitä ulkomaille.

Vuonna 1993 organisaatiomuutosten myötä Suomeen muodostettiin GWS Systems Oy, jonka tehtäväksi tuli teollisten kalusteiden ja työpisteiden suunnittelu ja valmistus. Vuonna 2006 kaikki GWS Systems Oy:n tuotteet siirrettiin Sovella-brändin alle. Tämän jälkeen Sovella-nimi on laajentunut myyntikonttoreiden ja tytäryhtiöiden nimiin. (Sovella Human Workspace 2012.)

### 2.2 Tuotteet

Sovella Oy:n iskulauseena on ”suunniteltu ihmisten käyttöön”. Tämä näkyy heidän ihmislähtöisestä suunnittelusta, missä ergonomia ja työpisteiden helppo säädettävyyden nousevat esiin. Yrityksen tuotteet ovat modulaarisia ja keskenään yhteensopivia, jolloin työpistettä voidaan laajentaa ja muokata tarpeen mukaan. Sovella Oy tarjoaa asiakkailleen myös työtilojen ja tehtaiden pohjaratkaisujen suunnittelua. (Tuoteluettelo 2010, 2-3.)

Tuotevalikoimasta Sovella Oy:ltä löytyy neljä erilaista työpisteratkaisua käyttötarpeen mukaan. Nämä on suunniteltu käyttötarkoituksen, työn raskauden ja muiden työhön liittyvien erityisominaisuuksien mukaan. Eri työpistemallien välillä kuitenkin käytetään samoja varusteluosia. (Tuoteluettelo 2010, 8-29.)

Concept-työpöydät on suunniteltu etenkin elektroniikkateollisuudelle ja niihin on saatavissa joko moottorilla tai käsisäädöllä toimiva korkeussäätö. Tällöin työpiste on helppo säätää työntekijän tarpeisiin. (Tuoteluettelo 2010, 10.)



Basic-työpöydät ovat nimensä mukaisesti peruspöytiä, joista saadaan rakennettua ratkaisu moniin eri käyttötarpeisiin. Basic-työpöytä on lähimpänä tässä opinnäytetyössä tutkittavaa ratkaisua. (Tuoteluettelo 2010, 14.)

Workshop-työpöydät on suunniteltu raskaisiin olosuhteisiin, kuten konepajoille ja korjaamoille. Täten pöydät ovat erittäin jämäköitä ja niiden kantavuus on mitoitettu 750 kg:n jatkuvaan kuormaan saakka. (Tuoteluettelo 2010, 18.)

Neljäntenä ratkaisuna on TowerLine-työpöydät, jotka on suunniteltu etenkin nykyaikaisia laboratorioita silmällä pitäen. TowerLine-mallisto mahdollistaa kaksipuolisen pöytäratkaisun, jolloin samoja laitteistoja voidaan hyödyntää tehokkaammin. (Tuoteluettelo 2010, 22.)

Perinteisempien työpisteiden lisäksi Sovella Oy:ltä löytyy läpivirtaushyllyjä, Multiline-kokoonpanoratkaisuja ja pakkaustyöpisteitä. Tuotevalikoima pitää sisällään myös laatikostoja, vaunuja, hyllyjä ja kaappeja, sekä työtuoleja. Työpöytiin yrityksellä on tarjolla laaja valikoima erilaisia varusteluosia, kuten reikälevyjä ja valaisimia. (Tuoteluettelo 2010.)

Sovella Oy tarjoaa asiakkailleen myös työtilojen ja tehtaiden pohjaratkaisujen suunnittelua. Laajan väriskaalan ja tuotevalikoiman kautta asiakas saa juuri heille räätälöidyn ratkaisun. (Tuoteluettelo 2010, 3-5.)

### 3 OPINNÄYTETYÖN ESITTELY

Tässä opinnäytetyössä perehdytään lean-ajatteluun, sekä pohditaan sen merkitystä Sovella Oy:n, heidän asiakkaiden ja tuotesuunnittelun näkökulmista. Tähän nojaten opinnäytetyössä suunnitellaan uudenlainen työpisteen runko jatkokehittämällä Sovella Oy:n aiemmin ideoimaa teräsprofiilia.

Suunnittelun pohjalta valmistetaan tarvittavat osat ja niistä rakennetaan kokonainen työpisteen prototyyppi. Lopuksi prototyypin tuloksia analysoidaan. Sitä myös verrataan kilpailijoiden tuotteisiin, sekä pohditaan kuinka jatkoprofiilia tulisi kehittää ja mikä on sen tulevaisuus.

Opinnäytetyö antaa laajan kuvan tuotekehityksestä yritysmaailmassa, jossa kilpailijat, kustannustehokkuus ja asiakkaan tarpeet on otettava huomioon.

#### 3.1 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää eteenpäin Sovella Oy:n ideoimaa prototyyppiä teräsprofiilista. Profiileja toisiinsa yhdistelemällä niistä voidaan rakentaa pidempiä palkkeja ja rakenteita. Tarkoituksena on myös selvittää profiiliin soveltuvuus työpisteen rakentamiseen ja tarvittaessa suunnitella tarvittavat lisäosat sen kokoamiseen ja varusteluosien liittämiseen. (Opinnäytetyö-ilmoitus 2011.)

Varsinainen työ koostuu kolmesta vaiheesta. Suunnitteluosuudessa määritellään teräsprofiilin yksityiskohdat ja suunnitellaan mahdollisesti tarvittavat lisäosat työpisteen kokoonpanoa ajatellen. Tavoitteena on pitää osien määrä mahdollisimman pienenä. Suunnittelutyö pohjautuu lean-ajatteluun.

Suunnitteluvaiheen päätteeksi Sovella Oy valmistaa uusien piirustusten mukaiset osat ja niistä kasataan työpisteen prototyyppi. Sen mallina toimii Sovella Oy:n tuoteluettelossa oleva Basic-työpiste (Kuva 1). Tähän rakenteeseen kuuluu 1500x750 mm kokoinen pöytälevy, säätöputket ja niihin liitettävät reikälevyt, sekä alahylly (Taulukko 1).



Kuva 1. Basic-työpiste (Sovella Oy 2012)

Taulukko 1. Basic-työpisteen osaluettelo

Määrä (kpl)	Nimike	Koko (mm)
1	Runko	1500 x 750
1	Laminaattitaso	1500 x 750
3	Säätöputki	30 x 60 x 790
1	Ylähylly	1500 x 370
1	Alahylly	1500 x 370
2	Reikätausta	718 x 389
1	Kiinnityssarja säätöputkiin	

Kolmannessa vaiheessa analysoidaan työpisteen prototyypin toimivuutta ja käytettävyyttä. Työpistettä myös verrataan kilpailijoiden ratkaisuihin, jolloin tutkitaan sen etuja ja haittoja niihin verrattuna, sekä tutkitaan kuinka monipuolisesti se soveltuu erilaisiin ratkaisuihin. Lopuksi pohditaan parannusehdotuksia jatkoprofiilille ja lisäosille.

## 4 LEAN-AJATTELU

Lean-ajattelu on kokonaisvaltainen yrityksen johtamisfilosofia. Sen vaikutukset näkyvät koko yrityksen rakenteessa ja toimintatavassa. Ne myös heijastuvat vahvasti sen alihankkijoihin. Lean-ajattelun laajuudesta johtuen tässä kappaleessa käydään läpi sen perusteet, keskitytään sen merkitykseen tuotesuunnittelussa, sekä pohditaan sen merkitystä eri osapuolien näkökulmista.

### 4.1 Lean yleisesti

Lean-ajattelu on todella kattava johtamistyyli. Käytännössä se voidaan tiivistää sanoihin ”enemmän vähemmällä”. Lean-periaatteen yhteydessä puhutaan seitsemän arvoa tuottamattoman toiminnon karsimisesta. Näiden avulla pyritään parantamaan laatua, karsimaan ylimääräiset kustannukset, nopeuttamaan tuotannon läpimenoaikaa ja parantamaan asiakastytyvyyttä. (Wikipedia 2012 a.)

Lean pohjautuu Toyotan toisen maailmansodan jälkeen vuosikymmenien saatossa kehittämään tuotantojärjestelmään. Alkujaan siinä pyrittiin arvoa tuottamattomien toimintojen karsimiseen. (Wikipedia 2012 b.) Vuonna 2001 Toyota julkisti filosofiansa, arvonsa ja toimintatapansa. Niiden runkona toimii neljä periaatetta. Ensimmäisenä periaatteena on pitkänajan filosofia. Toiseksi Toyota uskoo, että oikea työtapa tuottaa oikean tuloksen. Kolmanneksi Toyota pyrkii lisäämään organisaation arvoa kehittämällä työntekijöiden ja yhteistyökumppanien osaamista. Viimeisenä periaatteena Toyota pyrkii ratkaisemaan ongelmien perimmäiset syyt ja täten kehittämään organisaatiota. (Wikipedia 2012 c.)

Kari Tuominen (2010) kuvaa lean-ajattelua sanoin: ”Se on jatkuva oppimisen ja kehittymisen prosessi.” (Tuominen 2010, 6.) Täten yritys ei ole koskaan täydellinen, vaan aina löytyy tilaa kehittymiselle. Lean ei ole lyhyen aikavälin ratkaisu, sillä suuremmat tulokset näkyvät vasta tarkasteltaessa pidempää aikaväliä. Tämä vaatii johdolta sitoutumista työntekijöihin ja luomaan edellytykset jatkuvalla parantamiselle. Tätä voidaan pitää yhtenä lean-ajattelun keskeisistä periaatteista. (Tuominen 2010, 6.)

Toisena lean-ajattelun keskeisenä periaatteena Kari Tuominen pitää keskeytymättömän virtauksen luomisena kaikilla yrityksen osa-alueilla (Tuominen 2010, 6). Tähän liittyy myös termi JIT, joka on lyhenne sanoista Just In Time. Suomalaisittain siitä käytetään nimitystä Juuri oikeaan tarpeeseen, eli lyhennettynä JOT. Käytännössä tällä pyritään vastaamaan juuri kulloiseenkin kysyntään, toisin sanottuna valmistamaan tuote juuri ajallaan suoraan asiakkaalle toimitettavaksi ilman ylimääräisiä osien tai valmiiden tuotteiden varastointia. (Wikipedia 2012 d.)

### 4.2 Seitsemän arvoa tuottamatonta toimintoa

Lean-ajattelu ja Toyotan tuotantojärjestelmä realisoituu käytännössä seitsemän arvoa tuottamattoman toiminnon karsimiseen. Näiksi lasketaan kul-

jetukset, varastot, liike, odotusaika, ylituotanto, yliprosessointi ja viallinen tuote. Lean tarjoaa monia keinoja näiden poistamiseen. (Liker 2008, 28.)

Kuljetuksilla tarkoitetaan ylimääräistä tuotteen tai osien liikuttelua paikasta toiseen. Esimerkiksi tuotannon tulisi olla mahdollisimman virtaviivainen. Tällöin osia ei kuljeteta varaston välillä tai prosessista toiseen, eli turhat kuljetukset eliminoidaan. (Liker 2008, 29.)

Varastointia pyritään välttämään kaikissa vaiheissa ja kaikkien komponenttien osalta. Tämä on osa keskeytymätöntä virtausta, eli osat ja tuotteet menevät suoraan käyttöön tai eteenpäin ilman varastossa seisottamista. (Wikipedia 2012 a.) Suuri varastokapasiteetti piilottaa helposti tuotannon epätasapainon, mahdollistaa tuotteiden vanhentumisen ja vahingoittumisen, sekä kasvattaa turhaan kuljetus- ja varastokustannuksia. (Liker 2008, 29.)

Liikkeellä tarkoitetaan ylimääräisten ihmisten tai laitteiden liikkeiden ja liikuttamisen karsimista. Tällöin aika voidaan käyttää paljon tehokkaammin hyväksi. Tähän liittyy myös tarvittavien työkalujen helppo saatavuus, jolloin työntekijä ei joudu haeskelemaan niitä, vaan voi keskittyä tuottavan työn tekemiseen. (Liker 2008, 29.)

Odotusaika liittyy eri tuotantovaiheiden aikaiseen työntekijän turhaan joutoaikaan jolloin hänellä ei mitään tehtävää. Turhaa odottelua voi syntyä esimerkiksi komponenttien loppumisen vuoksi, käsittelyviiveiden, laitteisto-ongelmien tai tuotantokapasiteetin riittämättömyyden vuoksi. Työntekijä ei myöskään pidä seisottaa automatisoidun koneen vieressä. (Liker 2008, 28.) Käytännössä tuotantojärjestelmä on kehitettävä niin, että työntekijän taitoja voidaan hyödyntää jatkuvasti. Myös tämä liittyy erittäin vahvasti keskeytymättömään virtaukseen.

Ylituotanto on vahvasti yhteydessä varastointiin. Lean-ajattelussa pyritään vastaamaan juuri kulloinkin voimassa olevaan kysyntään, jolloin turha varastointi saadaan karsittua ja siten säästettyä kuljetus-, varastointi- ja palkkakustannuksissa. (Liker 2008, 28.)

Yliprosessointi tai virheellinen käsittely on seuraamusta huonosta työkalusta tai suunnittelusta. Tässä näkyy lean-ajattelun kokonaisvaltaisuus, sillä suunnittelussa on huomioitava tuotteen valmistuksen vaiheet ja siinä käytettävät työkalut. Hukkaa syntyy myös tuottamalla laadukkaampia tuotteita kuin todellisuudessa olisi tarvetta. (Liker 2008, 29.)

Viallisella tuotteella viitataan niiden löytämiseen ja korjaamiseen käytettävään aikaan. Virheisiin, niiden korjaamiseen tai tuotteen pois heittämiseen menee turhaa aikaa ja resursseja, jotka ovat pois tuottavalta työltä. (Liker 2008, 29.) Viemällä ajatusta pidemmälle, keskeytymättömän virtauksen mukaisesti valmis tuote tai osa menee suoraan käyttöön, jolloin mahdollinen virhe huomataan nopeasti ja virheen syyhyn voidaan puuttua ilman, että virheellisiä tuotteita valmistetaan suuri määrä.

Joskus lean-ajattelun yhteydessä puhutaan myös kahdeksannesta arvoa tuottamattomasta toiminnosta. Tällä voidaan tarkoittaa joko asiakkaan tarpeita vastaamattomalla tuotteella tai palvelulla, tai työntekijän taitojen käyttämättä jättämistä. (Wikipedia 2012 a.)

### 4.3 Lean käytännössä

Työpisteeseen, kuten kaikkiin muihinkin tuotteisiin ja palveluihin, liittyy kaksi osapuolta eli tuotteen tarjoaja ja sen käyttäjä. Molemmat asettavat tuotteelle täysin omanlaiset vaatimukset. Jotta toimintaa voitaisiin kehittää, on tärkeitä kyetä hahmottamaan tuote molempien osapuolen näkökulmasta. Tämä on välttämätöntä opinnäytetyön onnistumisen kannalta.

#### 4.3.1 Lean-ajattelun merkitys Sovella Oy:lle

Sovella Oy:n nykyisestä valikoimasta löytyy jo monia lean-ajatteluun soveltuvia ratkaisuja ja yksityiskohtia. Yritys käyttää työpisteissään moduulimittoja ja sen tarjoamat varusteluosat ovat yhteensopivia kaikkien työpisteiden kanssa. Tuotteet ovat visuaalisesti selkeitä ja yksiselitteisiä.

Opinnäytetyö ei ota kuitenkaan enempää kantaa onko Sovella Oy:n nykyinen tuotantojärjestelmä ja yritystoiminta lean-ajattelun mukainen. Painopiste on puhtaasti jatkoprofiilissa ja kuinka se noudattaa lean-periaatteita. Suunnittelu pohjautuu siihen, että osat olisivat mahdollisimman monikäyttöisiä ja täten erilaisten nimikkeiden määrä pysyy mahdollisimman vähäisenä.

Pitämällä erilaisten osien määrä pienenä, siten niiden mahdollisesti tarvitsemaa varastointitilaa saadaan pienennettyä verrattuna suurempaan määrään nimikkeitä. Valmistuksen kannalta on myös tehokkaampaa valmistaa vähemmän eri nimikkeitä, jos se ei lisää merkittävästi kappaleen valmistusaikaa. Täten myös valmistusmäärät ovat paremmin arvioitavissa, joten ylituotanto on helpommin hallittavissa.

Toisena tärkeänä seikkana Sovella Oy:lle on valmistuskulut. Suunnittelussa tämä näkyy yksinkertaisilla ja edullisesti valmistettavilla muodoilla. Tällä pystytään vähentämään tehokkaasti yliprosessoointia. Samojen laitteiden ja työkalujen tehokas hyödyntäminen pienentää läpimenoaikaa ja odotusaikaa. Jokainen ylimääräinen työvaihe lisää valmistukseen käytettävää aikaa ja kustannuksia. Huolellisella suunnittelulla ja valmistettavuuden huomioimisella pystytään karsimaan mahdollisia ongelmakohtia ja siten vaikuttamaan viallisten tuotteiden määrään.

Kustannustehokkuus ja osien vähäinen määrä eivät itsessään tee tuotteesta lean-ajattelun mukaista. Valmiin tuotteen täytyy olla käytettävyydeltään hyvä ja myös visuaalisesti selkeä. Kaikkein tärkeintä on kuitenkin, että se vastaa asiakkaan tarpeita ja vaatimuksia.

#### 4.3.2 Lean-ajattelun merkitys Sovella Oy:n asiakkaille

Sovella Oy on keskittynyt teollisiin kalusteisiin ja myös tämän opinnäytetyön työpisteratkaisun kohderyhmä löytyy teollisuudesta. Tämä asettaa täysin omanlaiset vaatimukset loppukäyttäjän puolelta työpisteelle.

Tässä työssä kehitettävä työpiste on tarkoitettu helposti muunneltavaksi ja siirrettäväksi ratkaisuksi muuttuvaan teolliseen työympäristöön. Piensarjatuotannoissa työpistettä on mahdollisesti muunneltava tai siirrettävä kuu-kausittain vastaamaan uusia vaatimuksia. Tällöin työpiste itsessään ja sen säädettävyyden täytyvät olla selkeitä ja toimivia, jotta lean-periaatteen mukaiset ylimääräiset liikkeet saadaan karsittua. Tarvittavien työkalujen täytyy olla helposti saatavilla. Sovella Oy on panostanut paljon työpisteiden ergonomiaan, joten ne luovat tukevan pohjan tälle opinnäytetyölle.

Työpisteen ollessa jatkuvan muutoksen alla, siinä käytettävien osien täytyy olla uudelleenkäytettävissä ja niiden täytyy mukautua mahdollisimman laajasti eri mittoihin. Tällöin työpistettä muunneltaessa, siihen ei tarvitse välttämättä ostaa uusia osia ja vanhoja osia jää mahdollisimman vähän ylimääräiseksi. Mahdolliset ylimääräiseksi jääneet osat voidaan hyödyntää seuraavan työpisteen muutoksen yhteydessä.

Tärkeimmät ominaisuudet asiakkaan kannalta ovat siten työpisteen helppo muokattavuus ja selkeys. Tällöin työympäristön mukauttaminen vaatii mahdollisimman vähän aikaa ja siten voidaan keskittyä enemmän tuottavaan työskentelyyn. Selkeällä työpisteratkaisulla saadaan karsittua turhat liikkeet pois.

#### 4.3.3 Lean-ajattelu tässä opinnäytetyössä

Sovella Oy:n ja loppukäyttäjän vaatimukset vaikuttavat vahvasti tämän opinnäytetyön suunnitteluosuuteen. Tärkeimmäksi seikaksi nousee kunollinen aiheeseen perehtyminen ja nykyisten tuotteiden analysointi. Asian kokonaisvaltainen hahmottaminen luo toimivan pohjan suunnittelutyölle.

Suunniteltava työpiste täytyy koostua mahdollisimman vähästä määrästä erilaisia osia. Osien tulee olla myös edullisesti ja mahdollisimman vähillä työvaiheilla valmistettavissa. Se ei vielä ole lean-periaatteen mukaista, vaan jokainen ratkaisu on pystyttävä perustelemaan myös käytettävyyden näkökulmasta.

Loppukäyttäjän täytyy pystyä muuntelemaan valmista työpistettä helposti, mikä on ehdottoman tärkeää huomioida suunnittelussa. Tällöin myös nousevat esiin osien monikäyttöisyys, selkeys ja yksiselitteisyys. Osista on kyettävä näkemään heti niiden käyttötarkoitus ja mahdollisuudet kokoonpanon suhteen.

Lean ei keskity pelkästään oman yrityksen kehittämiseen, vaan myös alihankkijoiden ja asiakkaiden toiminnan parantamiseen. Täten suunniteltavan työpisteen on autettava sekä Sovella Oy:tä että heidän asiakkaitaan tehokkaaseen ja laadukkaaseen työskentelyyn.

## 5 SUUNNITTELUVAIHE

Suunnittelu etenee normaalin tuotekehitysprojektin kaltaisesti. Täten suunnittelun aluksi perehdytään vastaaviin Sovella Oy:n ja heidän kilpailijoiden tuotteisiin. Alussa laaditaan myös vaatimuslista, jossa käydään läpi kaikki suunniteltavalle tuotteelle asetetut kriteerit.

Varsinaisessa suunnittelussa Sovella Oy oli aktiivisesti mukana antaen palautetta luonnoksien ja ideoiden pohjalta. Täten vaihtoehtoja saatiin karsittua ja kehitettyä useamman ideointikierroksen kautta. Näiden pohjalta lopulta laadittiin lopulliset mittatarkat mallinnukset ja piirustukset.

### 5.1 Lähtökohta

Suunnittelun pohjalla on Sovellann aiemmin valmistama prototyyppi profiilista. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää siitä toimiva tuote ja tutkia sen mahdollisuuksia kilpailijoiden tuotteisiin verrattuna. Sovella Oy:llä on nykyisissä tuotteissa käytössä nelikulmaista putkea, jota voidaan pitää vertailupisteenä uuden profiilin suunnittelulle.

#### 5.1.1 Vaatimuslista

Vaatimuslista (Liite 1) sisältää kaikki työlle asetetut kiinteät vaatimukset, vähimmäisvaatimukset ja toiveet. Toiminnaltaan profiilirakenteen täytyy olla helposti kasattavissa, säädettävissä ja purettavissa. Toiveena on, että työpisteen rakentaminen on yksinkertaista ja se onnistuu pääsääntöisesti ilman ohjeita. Profiilin ja lisäosien avulla täytyy pystyä rakentamaan suoran rakenteen lisäksi 45 ja 90 asteen kulmia.

Profiilin täytyy olla yhteensopiva Sovella Oy:n tarjoamien varusteluosien kanssa. Profiilirakenne täytyy olla myös loppukäyttäjän huollettavissa, jolloin hän voi esimerkiksi vaihtaa vaurioituneen osan kerrallaan. Tämä tarkoittaa, että profiileja myydään myös yksittäisinä kappaleina, eikä pelkästään kokonaisina työpistepaketteina. Mitoitus ja pöydän kantavuus tulevat Basic-työpisteestä. Jatkoprofiilin pääkäyttäjryhmä on teollisuus, mutta tietenkin sitä voidaan soveltaa myös kuluttajamarkkinoille.

Jatkoprofiilin materiaalina on teräs ja se valmistetaan levytyöstönä ohutlevystä. Kiinnitys täytyy onnistua standardiruuveilla. Toisin sanoen kalliita erikoisosia ja ratkaisuja täytyy välttää. Täten profiilin valmistushinta on pidettävä mahdollisimman alhaalla. Elinkaari jatkoprofiililla on periaatteessa ikuinen, sillä se voidaan käyttää uudelleen toisenlaisessa rakenteessa, jos itse profiili on vahingoittumaton.

Mahdollisilla lisäosilla on samat kustannus- ja valmistettavuusvaatimukset kuin itse jatkoprofiililla. Niiden määrä on pyrittävä pitämään minimissään. Niiden avulla täytyy onnistua vähintään pöytälevyn ja reikälevyjen kiinnitys, sekä profiililiitokset.



### 5.1.2 Alkuperäinen prototyyppi

Opinnäytetyön lähtökohtana toimii Sovella Oy:n aiemmin ideoima ja valmistama prototyyppi (Kuva 2). Sen kantavana idea on portaaton pituussäätö kahden profiilin välillä, sekä uuden profiilin liittäminen edellisten jatkoksi. Täten sen avulla voidaan rakentaa vaaditun pituinen palkki. Prototyyppiin kuitenkin liittyy monta epäkohtaa ja tarkoituksena on saada siitä käyttökelpoinen ja toimiva ratkaisu.



Kuva 2. Alkuperäinen prototyyppi

Kahden profiilin liitoksessa käytetään M8 ruuvia ja 35 x 25 x 5 mm:n kokoista kierrelattaa, jossa on M8 kiertainen reikä keskellä. Kierrelatta asetuu profiilin sisäreunan kanssa linjaan, jolloin se antaa hyvän kiinnityksen, eikä se pääse vapaasti pyörimään ruuvia kiristettäessä. (Kuva 3)



Kuva 3. Kahden profiilin liitos tapahtuu ruuveilla ja kierrelatoilla

Selkein ongelma prototyypissä on kahden profiilin kiinnitys toisiinsa, sillä profiilissa olevat kiinnitysurat eivät osu kohdakkain asetettaessa kaksi profiilia päällekkäin (Kuva 4). Tämä johtuu profiilin symmetrisistä kyljistä, sillä profiilin paksuus siirtää profiilin uraa 2 mm syrjään toiseen profiilin nähden. Profiilissa ongelmaa on korjattu tekemällä levennyksiä joidenkin urien päihin. Tästä huolimatta prototyypillä ei voida täysin testata urasäädön toimivuutta.



Kuva 4. Kahden profiilin asettuminen päällekkäin

Toisena ongelmana on profiilin ulkonäkö. Koska prototyypissä käytetään kahta samanlaista profiilia, päällekkäin asetettaessa alemman profiilin reunat pilkistävät päällimmäisen profiilin alta (Kuva 4). Ulkonäköön vaikuttaa myös kiinnityksessä käytettävä ruuvi, sillä sen korkea kanta jää näkyviin profiilin etupuolelle.

Prototyyppi herättää myös pohdintaa käytännöllisyydestä. Sen avulla täytyy pystyä rakentamaan kokonainen työpiste, jonka rakennetta voidaan tarpeen mukaan säätää ja muokata. Tällöin pituussäädön täytyy olla yksiselitteinen ja helposti toteutettavissa. Myös kahden profiilin kulmaliitos on ongelmana, sillä prototyypissä kiinnitys onnistuu vain yhdestä pisteestä tarjoten siten riittämättömän kiinnityksen.

Sovella Oy:llä on ennestään laaja kirjo erilaisia varusteluosia työpisteisiin. Suurin osa niistä kiinnittyy säätöputkiin ja niihin kiinnitettäviin reikälevyihin. Toisena tärkeänä varusteluosana ovat pyörät ja säätötassut jalkoihin. Näiden täytyy olla yhteensopivia uuden profiilin kanssa. Luonnollisesti näiden lisäksi valmiiseen työpisteeseen on pystyttävä kiinnittämään pöytälevy.

### 5.1.3 Neliöputki

Neliöputken suurin etu on sen tukeva ja symmetrinen muoto. Käyttämällä kahta erikokoista putkea saadaan pituussäätö toteutettua helposti liu'uttamalla pienempi putki suuremman sisään. Symmetrisyydestä johtuen rakenne on yksiselitteinen ja 90 asteen liitokset ovat helppo toteuttaa.

Neliöputki on laajalti käytössä oleva ratkaisu ja sitä käytetään Sovella Oy:llä muun muassa Basic-työpöydässä. Se on kuitenkin ratkaisuna liian kallis, eikä sitä voida valmistaa ohutlevyistä, joten siten se ei sovellu ratkaisuksi.

### 5.1.4 Ympyräputki

Ympyräputki on profiililtaan tukeva ja myös sillä saadaan rakennettua pituussäädettäviä rakenteita. Muotonsa vuoksi siihen voidaan kiinnittää lisäosia miltä suunnalta tahansa. Tämä on sekä etu että haitta, sillä tällöin suorakulmaiset liitokset ovat haastavampia.

Ympyräputki on käytössä laajalti Sovellan kilpailijoilla ja tavoitteena on kehittää uudenlainen profiili kilpailemaan sitä vastaan. Ympyräputkirakenteista käytetään yleisesti nimitystä bamburakenne, sillä kasattuna niiden ulkonäkö muistuttaa bambun vartta.

Pääsääntöisesti bamburakenteet rakennetaan yksilöllisten mittojen mukaan katkomalla putkesta oikean mittaiset pätkät. Tämä tarkoittaa, että ajan myötä yksittäinen putki lyhenee lopulta käyttökelvottomaan mittaan, jolloin se on korvattava uudella.

Mika Kuhmonen (2011) perustelee bamburatkaisun kilpailuetua sen mahdollistamalla laajalla tuotevalikoimalla, sillä siitä saadaan rakennettua todella monipuolisesti erilaisia rakenteita. Bamburakenteen etuja on myös sen nopea muunneltavuus. Vakioprofiilin käyttö mahdollistaa suuret volyymit, mikä on kustannustehokkuuden kannalta merkittävä seikka. (Kuhmonen 2011.)

Käytön kannalta bambussa tärkeitä huomioita ovat nopeat ja helpot liitokset putkien välillä. Tämä on mahdollista vakioituilla liitosratkaisuilla ja -elementeillä. Myös säätömekaniikka on vakioitu, mikä edesauttaa asennuksen helppoutta. (Kuhmonen 2011.)

### 5.2 Profiilin suunnittelu

Suunnittelussa keskeisenä tekijänä toimii valmistustekniikka. Uusi profiili ja mahdolliset lisäosat ovat tarkoitus valmistaa ohutlevystä hyödyntäen Sovella Oy:n nykyistä tuotantolaitteistoa.

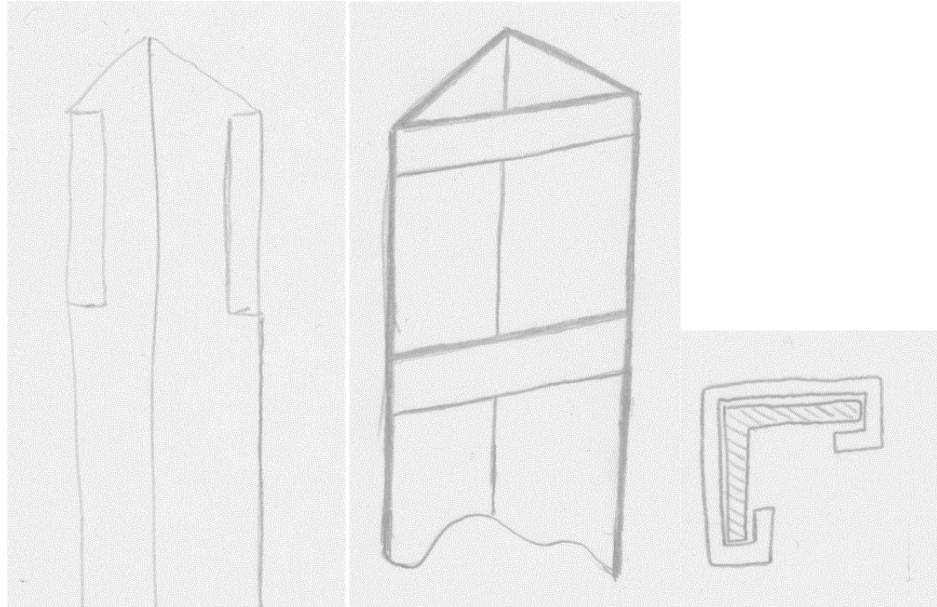
Toisena suurena tekijänä on lean-ajattelu. Suunnittelussa täytyy pitää jatkuvasti mielessä ratkaisujen toimivuus käytännössä. Valmistaa työpistettä on pystyttävä helposti säätämään ja mukauttamaan uusiin käyttökohteisiin, joten suunnittelussa on huomioitava työpisteen kokoonpanon muuttuvat mitat ja säädön helppous.

Sovella Oy:n puolelta lean-ajattelu tarkoittaa, että kappale on pystyttävä valmistamaan mahdollisimman vähäisillä ja kustannustehokkailta työvaiheilla. Myös materiaalimenekki on otettava osittain huomioon, jotta kustannukset pysyvät myös niiltä osin kurissa.

#### 5.2.1 Profiilirakenteen pituussäätö

Suunnittelussa pohdintaa herätti, kuinka profiilirakenne pysyy kasassa, jos etu- ja takaprofiilin välinen kiinnitys avataan. Alkuperäisen profiilin idea on, että pituutta säädettäessä profiileja voidaan liu'uttaa ura kerrallaan. Kuitenkin, jos pituutta täytyy säätää enemmän kuin yksi ura, niin silloin kiinnitysruuveja ja kierrelattoja täytyy siirtää moneen kertaan urasta toiseen hyppiessä. Tämä vähentää profiilin käytettävyyttä.

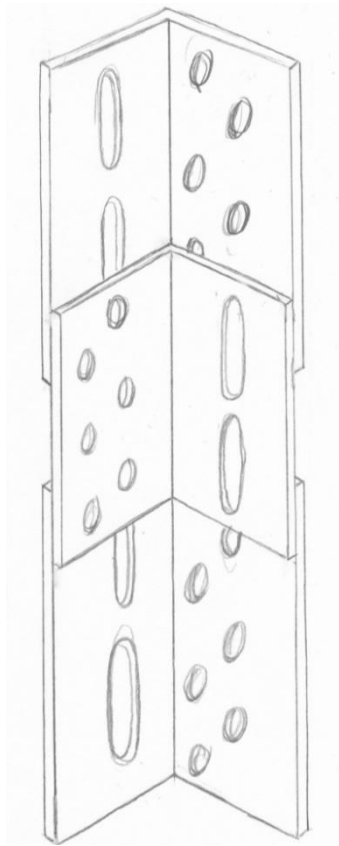
Yksi ratkaisu on tuoda reunaan muotoa, mikä estää rakenteen täydellisen hajoamisen kiinnityksen aukaisemisen yhteydessä (Kuva 5). Nämä kuitenkin nopeasti vaikeuttavat ja rajoittavat mahdollisten lisäosien kiinnitystä. Toisena seikkana on valmistettavuus, sillä profiili on pystyttävä valmistamaan ohutlevystä taittelemalla. Ylimääräisiä työvaiheita, kuten hitsausta, on vältettävä.



Kuva 5. Keinoja helpottaa profiilirakenteen pituussäätöä

### 5.2.2 Epäsymmetriset kyljet

Suurin ongelma prototyypissä on urien epäkeskisyys kokoonpanon yhteydessä. Tämä on mahdollista korjata korvaamalla toisen sivun urat kahdessa lomittaisessa rivissä olevilla rei'illä (Kuva 6). Tällöin toisen rivin reiät osuvat uran kanssa päällekkäin riippumatta siitä onko profiili edessä vai takana. Tämä tosin lisää profiilin epäsymmetrisyyttä, mikä vaikuttaa kokoonpanoon merkittävästi. Tällöin kokoonpanossa jokainen profiili tulee olla juuri oikein päin, mikä suurentaa merkittävästi virheellisen kasauksen mahdollisuutta. Tämä on otettava huomioon myös lisäosien kiinnityksessä, jotta ne soveltuvat urille ja rei'ille.

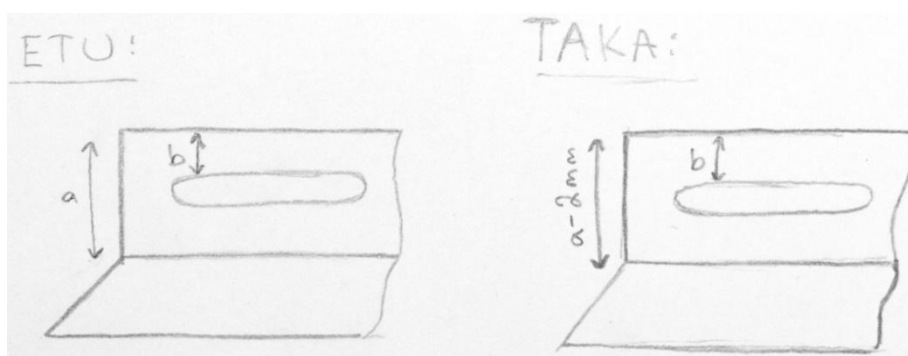


Kuva 6. Luonnos kaksirivisestä rei'ityksestä kokoonpanossa

### 5.2.3 Kaksi erilaista profiilia

Urien epäkeskisyys voidaan myös ratkaista tekemällä kaksi erilaista profiilia (Kuva 7). Etummainen profiili voi säilyä nykyisen kaltaisena, mutta sen taakse kiinnitettävän profiilin ura mitoitetaan etummaisen uran mukaan. Tällöin urat asettuvat päällekkäin.

Takimmaisessa profiilissa on materiaalin paksuuden verran lyhyemmät kyljet, jolloin sen reuna asettuu samaan tasoon etummaisen profiilin kanssa. Tämä ratkaisee alkuperäiseen prototyyppiin liittyvän visuaalisen ongelman, missä takimmaisen profiilin reuna tulee etummaisen profiilin reunan yli. Käyttämällä kahta erikokoista profiilia kokoonpanolle saadaan huolitellumpi ulkonäkö.



Kuva 7. Etu- ja takaprofiili

#### 5.2.4 Urien korvaaminen rei'illä

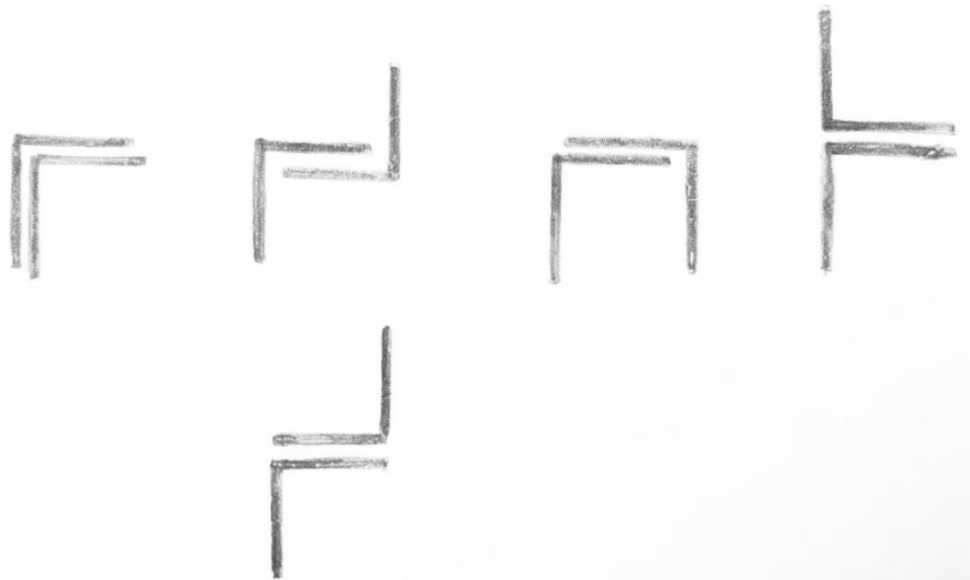
Urat voidaan korvata kokonaan rei'illä, jolloin portaaton pituussäätö menetetään. Tällöin jalkojen hienosäätö tapahtuu portaattomasti tassujen ja pyörien oman säädön avulla, mutta muuten työpiste on vain portaallisesti säädettävissä.

Ongelmaksi tässä tapauksessa muodostuu lisäosien kiinnitys, sillä niissä portaattomuus ja täysin vapaasti valittava kiinnityspiste ovat välttämättömät. Esimerkiksi säätöputkia kiinnitettäessä niiden korkeutta on pystyttävä hienosäätämään muutamia millimetrejä. Säätöputket on myös pystyttävä asentamaan tarkalleen moduulimitaansa, eli kahden säätöputken väli säätöputken täytyy olla moduulimitasta riippuen 500, 750 tai 903 mm. Säätöputkien väli mitataan säätöputken keskipisteestä. Moduulimita esitellään tarkemmin kappaleessa 5.3.

Reikiä voi olla kahdessa rivissä per kylki, jolloin selvittäisiin yhdenlaisella profiililla. Toinen vaihtoehto on mukailta kappaleessa 5.2.4 esiteltyä ratkaisua ja tehdä kaksi erikokoista profiilia. Tällöin reiät voivat olla yhdessä rivissä.

#### 5.2.5 Tapoja liittää kaksi L-profiilia toisiinsa

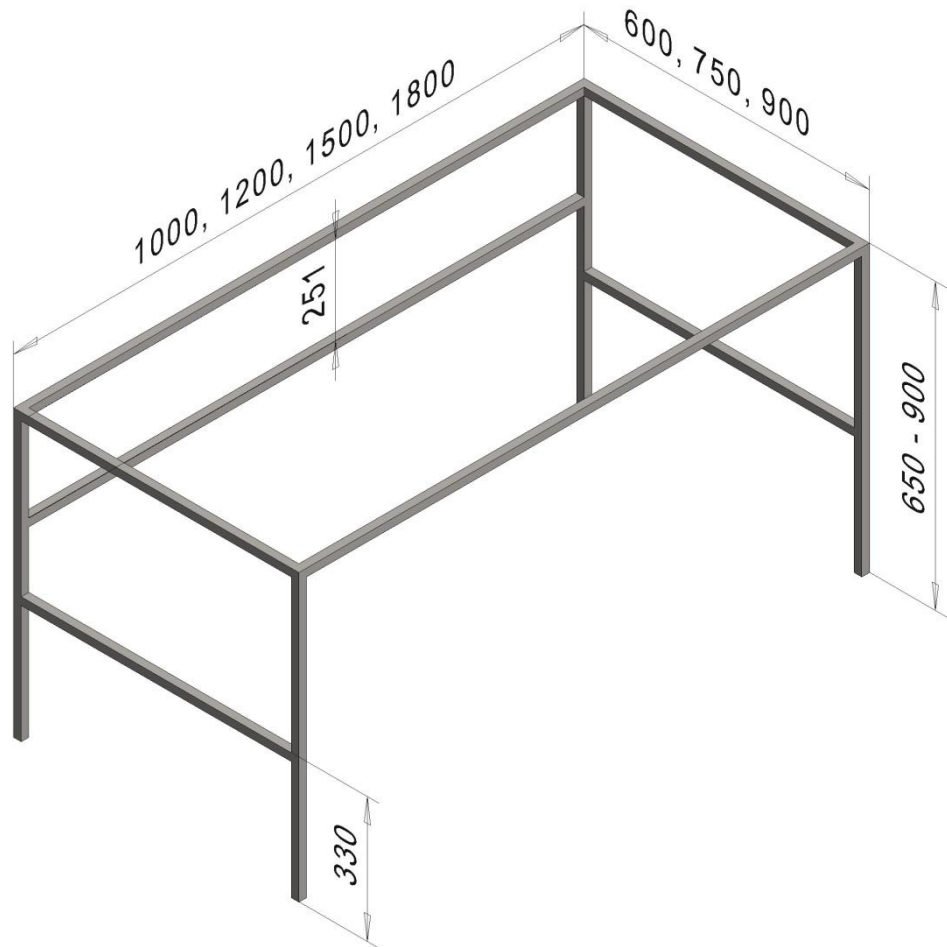
Pelkkä L-profiili tarjoaa lukuisia keinoja liittää profiileja toisiinsa (Kuva 8). Tämä mahdollisuus auttaa osaltaan pitämään lisäosien määrää kurissa. Tosin tämä ei ole mitenkään automaattisesti parempi ratkaisu, sillä aina on punnittava mikä on käytännöllisyyden ja toiminnallisuuden kannalta parasta. Kuitenkin nämä luovat lisää mahdollisuuksia erilaisille rakennelmille.



Kuva 8. Keinoja kahden L-profiilin liitokselle

### 5.3 Profiilien määrä ja mitat

Tutkittaessa työn pohjana toimivan Basic-työpisteen runkoa yhtenä kokonaisuutena, sitä kautta päästään käsiksi rungon mittoihin ja rajoittaviin tekijöihin (Kuva 9). Pöytälevyjä löytyy neljää eri leveyttä ja kolmea eri syvyyttä. Pöydän korkeus on säädettävissä välillä 650 mm ja 900 mm. Alatasen on noin 330 mm:n korkeudella. Tärkeänä tekijänä on rungon takaosasta löytyvät kaksi pitkää vaakapalkkia, sillä säätöputket kiinnittyvät näihin. Säätöputken kiinnitysreiät ovat 251 mm:n etäisyydellä toisistaan, mikä määrittää tarkoin alemman pitkän vaakapalkin paikan.



Kuva 9. Basic-työpöydän päämitat

Jatkoprofiilin täytyy täten soveltua todella moneen mittaan. Tavoitteena on pitää erilaisten osien määrä kurissa, mikä koskee myös erimittaisia profiileja. Täten on tärkeitä tarkkaan tutkia, millä mitoilla erimittaisten profiilien määrä saadaan pidettyä mahdollisimman pienenä.

Koska pöydässä on monta mitta, ne ovat syytä priorisoida. Rungon leveys ja syvyys määräytyvät pöytälevyn mukaan. Pöytälevy on tuotteena kiinteämittainen ja sitä tullaan harvemmin vaihtamaan. Täten nämä ovat toissijaisia mittoja ja kyseisten palkkien rakentaminen voi olla työläämpää.

Mietittäessä valmiin työpisteen käyttöä, kaikkein useimmin siinä tullaan säätämään jalkojen pituuksia. Täten jalka määrittää tärkeimmät mitat pro-

fiileille. Jalan säädön täytyy olla mahdollisimman helppoa ja nopeata. Toisinsanottuna jalkaa säädettäessä siinä täytyy olla mahdollisimman vähän säädettäviä ja aukaistavia liitoksia. Tämä myös rajoittaa yhteen jalkaan käytettävien profiilien määrää.

Säätöputkien kiinnityksen määrittelevä mitta 251 mm on tärkeä. Suunnittelussa on huomioitava, että alempi pitkä vaakapalkki saadaan tarkalleen oikealle korkeudelle ylempään pitkään vaakapalkkiin nähden.

Viimeisenä merkittävänä mittana on säätöputkien etäisyys toisistaan eli moduulimitta. Sovella Oy:llä on käytössä kolmea moduulimittaa 500 mm, 750 mm ja 903 mm, joita sovelletaan eri pöytäleveyksille (Taulukko 2). Moduulimitta mitataan säätöputken keskipisteestä ja yhdessä pöydässä voi olla kahdesta kolmeen säätöputkea.

Taulukko 2. Moduulimittojen soveltuvuus eri pöytäleveyksiin

Moduulimitta	Soveltuvuus pöytäleveyksiin			
	1000	1200	1500	1800
<b>1 x M750</b>	x	x	x	x
<b>1 x M900</b>	x	x	x	x
<b>2 x M500</b>	x	x		
<b>2 x M750</b>			x	x
<b>2 x M900</b>				x
<b>3 x M500</b>			x	x

## 5.4 Lisäosat

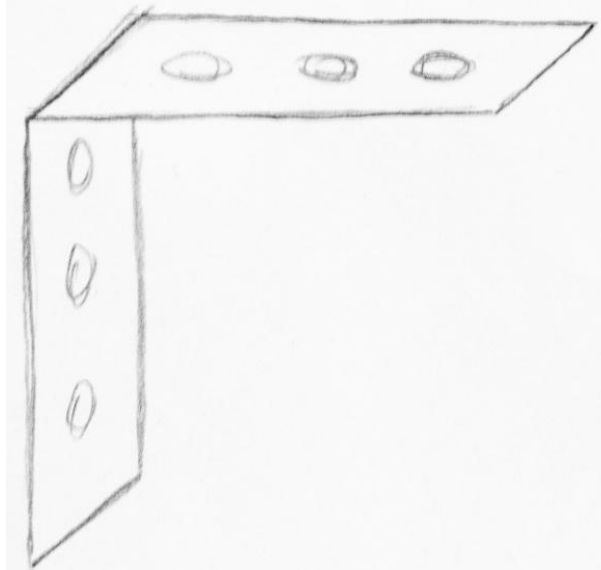
Työpisteen kokoonpanossa kulmakiinnitykset ovat merkittävässä roolissa. Ilman erillistä lisäosaa kahden profiilin kulmakiinnityksestä ei saada riittävän tukevaa. Toiseksi profiiliin täytyy pystyä liittämään monia varuste-  
luosia, kuten pyörät ja säätöputket. Mahdollisten lisäosien määrä on kuitenkin pyrittävä pitämään minimissä.

### 5.4.1 Kulmapala

Profiili täytyy pystyä liittämään toiseen profiiliin 45 ja 90 asteen kulmissa. Kahden profiilin liitoksen lisäksi myös kolmen profiilin liitos on oltava mahdollista. Kaikille näille ei välttämättä ole käyttöä työpisteen rakenteessa, mutta jatkoa ajatellen jatkoprofiilin käyttömahdollisuuksia voidaan siten laajentaa myös muihin kohteisiin.

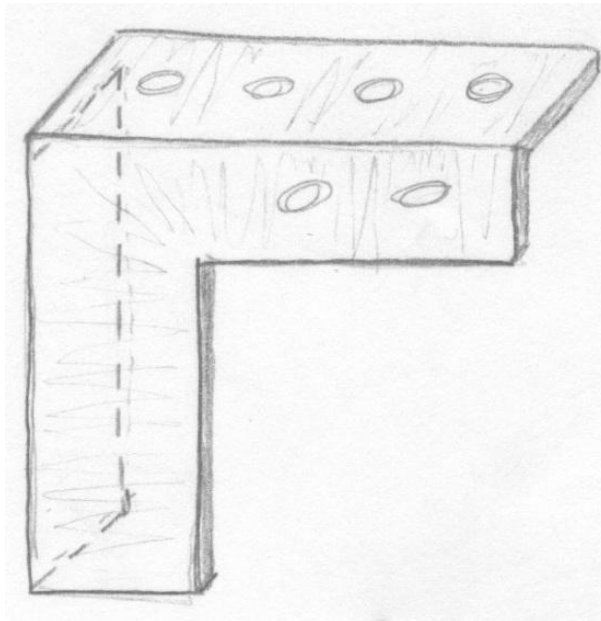
Yksinkertaisimmillaan lisäosa kahden profiilin liitokselle voidaan tehdä taittamalla ohutlevyn liuska suorakulmaan (Kuva 10). Tämä ei kuitenkaan ole rakenteeltaan kestävä ratkaisu, vaan kulmapala on altis taipumiselle.





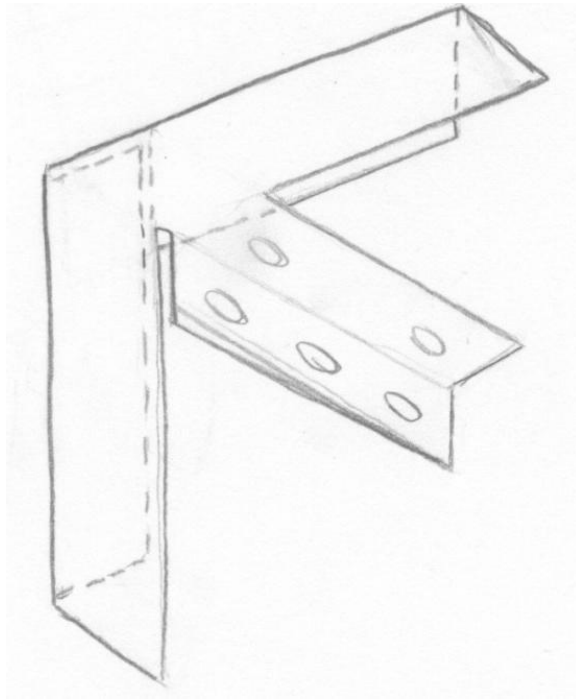
Kuva 10. Kulmapala yksinkertaisimmillaan

Tuomalla kulmapalaan kolmiulotteista muotoa (Kuva 11) saadaan siitä rakenteeltaan tukevampi. Tällöin kulmapalan ehjä sivu ottaa vastaan pystysuuntaista rasiutusta. Kyseinen kulmapala on yksinkertainen ja edullinen valmistaa. Se ei kuitenkaan mahdollista 45 asteen kulmaliitosta tai kolmen profiilin liitosta.



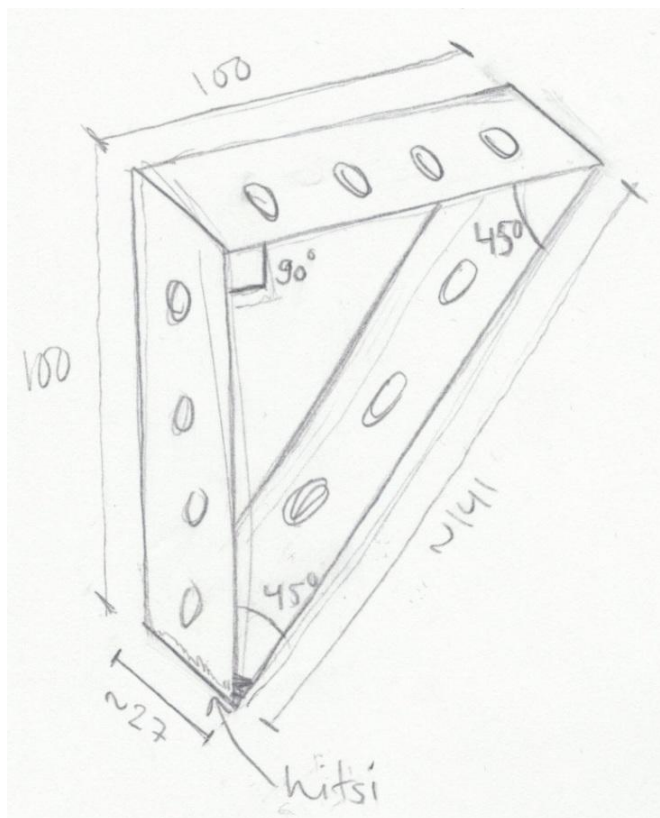
Kuva 11. Monimutkaisempi kulmapala

Kolmen profiilin liitos onnistuu tuomalla kuvan 11 kulmapalaan yksi uloke lisää (Kuva 12). Tämän kulmapalan suurin ongelma on sen yksipuolinen käyttötarkoitus, sillä käytännössä se ei sovellu mihinkään muuhun kuin kolmen profiilin liitokseen. Tällöin kulmapaloja on jo kahta erilaista kahden ja kolmen profiilin liitokseen, eikä kumpikaan mahdollista vielä 45 asteen liitosta.



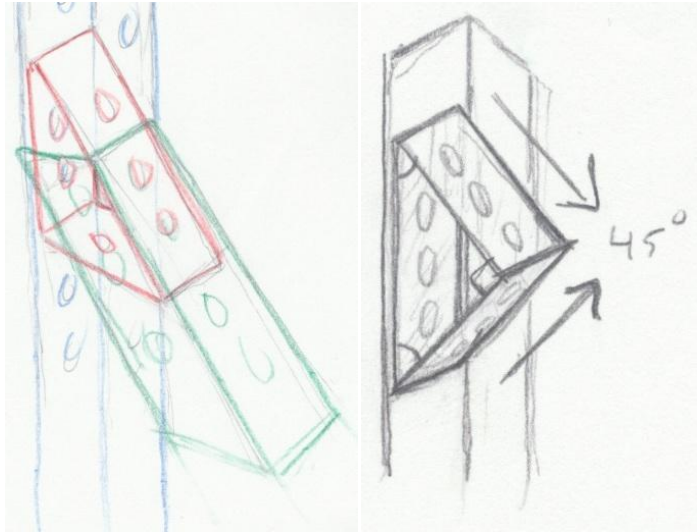
Kuva 12. Kulmapala kolmen profiilin liitokseen

Jos yksinkertaisimpaan kulmapalaan (Kuva 10) lisätään yksi sivu, siitä saadaan suljettu kolmio (Kuva 13). Suorakulmaisessa kolmiossa, jossa kateetit ovat yhtä pitkiä, hypotenuusa asettuu 45 asteen kulmaan kateetteihin nähden. Kolmio on suljettava hitsaamalla ohutlevyliuskan päät toisiinsa kiinni, mutta muuten se on muodoltaan yksinkertainen ja tukeva.



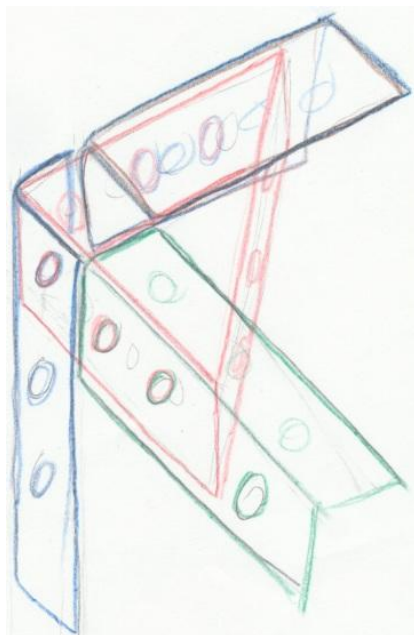
Kuva 13. Kolmion muotoinen kulmapala

Kolmio tarjoaa kahden profiilin suorakulmaisen liitoksen lisäksi myös kahden profiilin 45 asteen liitoksen. Kolmio mahdollistaa liitoksen tekemisen kahdella tapaa (Kuva 14).



Kuva 14. 45 asteen liitos kolmiolla

Kolmion muotoisella kulmapalalla on mahdollista toteuttaa myös kolmen profiilin liitos (Kuva 15). Tällöin on kuitenkin kiinnitettävä paljon huomiota mitoittamiseen, jotta kaikki osat sopivat paikoilleen. Täten kolmio täyttää kaikki kulmapalalle asetetut vaatimukset.

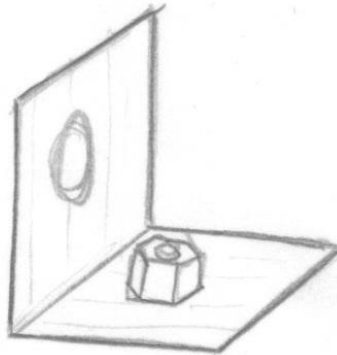


Kuva 15. kolmen profiilin liitos kolmiolla

### 5.4.2 Pyöräkiinnitin

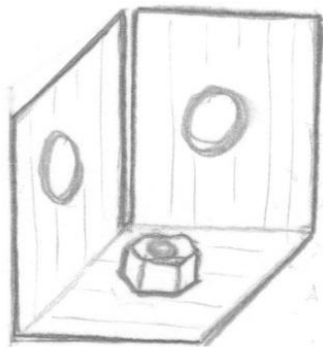
Tärkeänä varusteluosana ovat pyörät. Nykyisissä pyörissä on M10 tai M12 kierteiset tapit, joilla ne kiinnitetään pöytäjalkoihin. Vaihtoehtoisesti pyörien tilalle on mahdollista asentaa tassu, jotka menevät samoille kierteille.

Yksinkertaisimmillaan pyöräkiinnittimissä voi olla vain kaksi sivua (Kuva 16), joista toinen kiinnitetään pöytärunkoon ja toinen pyörään. Tämä ei kuitenkaan tarjoa minkäänlaista lisätukea taipumista vastaan.



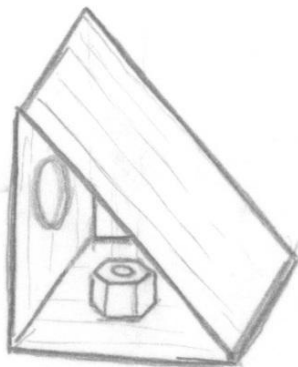
Kuva 16. Pyöräkiinnitin yksinkertaisimmillaan

Jos pyöräkiinnittimeen lisätään kolmas sivu (Kuva 17), se saadaan kiinnitettyä pöytärunkoon kahdelta sivulta. Tällöin pyöräkiinnittimessä on enää yksi vapaa kulma, joka on altis taipumiselle.



Kuva 17. Pyöräkiinnitin kolmella sivulla

Soveltamalla kulmapalasta tuttua kolmiomuotoa, pyöräkiinnittimeen ei jää yhtään vapaata kulmaa taipumiselle (Kuva 18). Tosin tällöin sen kiinnitys runkoon onnistuu vain yhdeltä sivulta. Valmistuskustannuksia lisää hitsattava sauma.



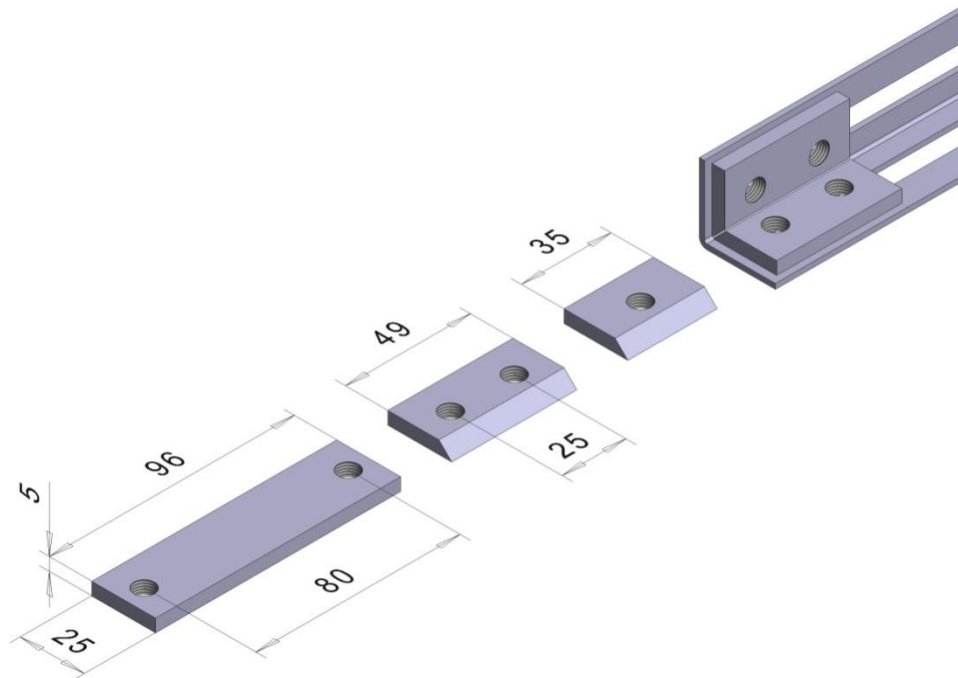
Kuva 18. Kolmion muotoinen pyöräkiinnitin

## 6 RATKAISU

Lopullinen prototyypistielle vietävä suunnitelma pitää sisällään etu- ja takaprofiilin, sekä kolme lisäosaa. Lisäosiin kuuluvat kulmapala ja kaksi erilaista versiota pyöräkiinnittimestä. Pyöräkiinnittimiä on kaksi kappaletta, jotta voidaan käytännössä kokeilla riittääkö siitä kevyempi versio vai toimiiko monimutkaisempi versio paremmin.

Kokoonpano toteutetaan pääosin käyttämällä 49 x 25 x 5 mm:n ja 96 x 25 x 5 mm:n kokoisia kierrelattoja sekä M8 ruuveja, joita löytyy Sovella Oy:ltä jo ennestään. Kolmen profiilin liitoksessa joudutaan käyttämään myös 35 x 25 x 5 mm:n kokoisia kierrelattoja.

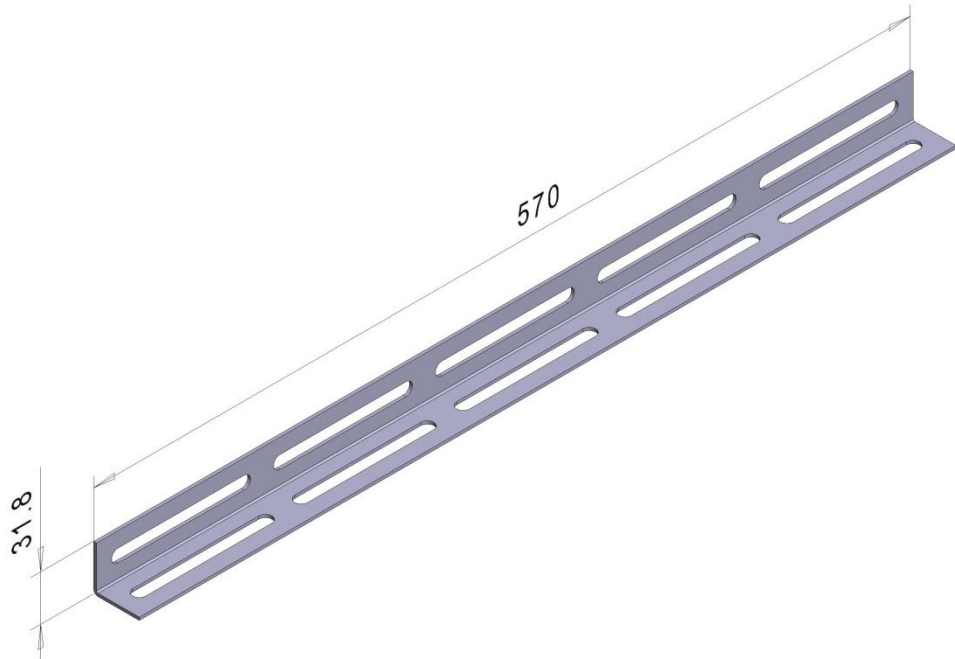
49 x 25 x 5 mm:n ja 35 x 25 x 5 mm:n kokoisissa kierrelatoissa yhdelle pitkistä sivuista tehdään 45 asteen viiste. Tällöin kaksi kierrelattaa voidaan asentaa samalle kohdalle profiilia. (Kuva 19)



Kuva 19. Kokoonpanossa käytettävät kierrelatat ja esimerkki asennuksesta

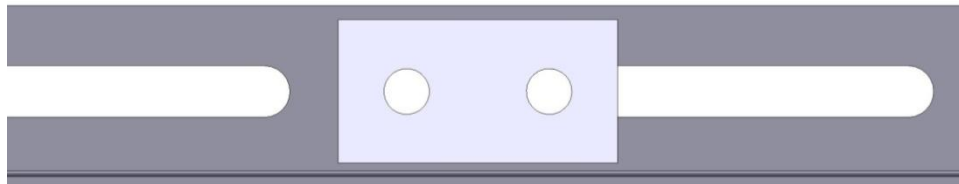
### 6.1 Etuprofiili

Etuprofiili valmistetaan 570 x 60 x 2 mm kokoisesta ohutlevystä (Kuva 20). Valmiin etuprofiilin sivun korkeus on noin 32 mm ja sen pituus määräytyy 600 mm syvän pöytälevyn mukaan. Tällöin etuprofiilia voidaan käyttää yksinään lyhyenä poikittaisena vaakarautana. Jos etuprofiili on tätä pidempi, niin 600 mm syvää pöytälevyä ei voida käyttää ollenkaan. Lyhyempi etuprofiili taas lyhentäisi pöytäjalan maksimipituutta.



Kuva 20. Etuprofiili

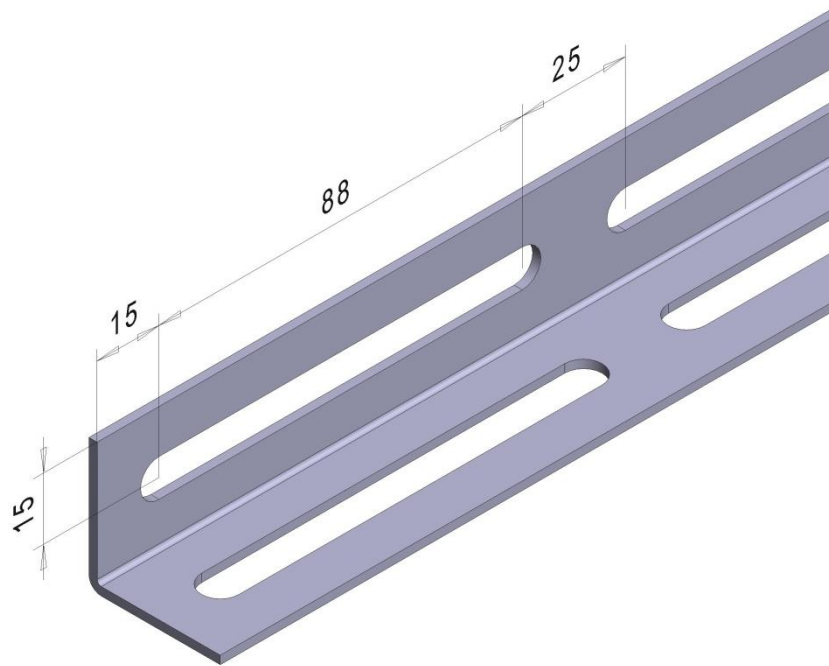
Uran leveys on 9 mm, jolloin se vastaa säätöputkissa olevien kiinnitysreikien halkaisijaa ja siten etuprofiili on suoraan yhteensopiva Sovella Oy:n muiden tuotteiden kanssa. Uran keskipiste on 15 mm etäisyydellä etuprofiilin ulkoreunasta. Tällöin kierrelatta jää kokonaan profiilin taakse piiloon. Kierrelatta ei myöskään pääse pyörimään, sillä profiilin toinen kylki estää sen (Kuva 21).



Kuva 21. Kierrelatan asettuminen etuprofiilin taakse

Uran kokonaisuuspituus on 97 mm ja sen molemmissa päissä on 4,5 mm säteellä tehdyt pyöristykset. Tällöin ura mahdollistaa 88 mm pitkän säätövaran. Uria on molemmilla kyljillä viisi kappaletta. Pitkä ura antaa laajan säätövaran ja se myös vähentää ongelmia kokoonpanossa, sillä tällöin urien väli epätodennäköisemmin peittää kulmapalan tai kierrelatan kiinnitysreiät. Pitkä ura mahdollistaa myös kulmapalan kiinnittämisen pelkästään yhden uran matkalle. (Kuva 22)

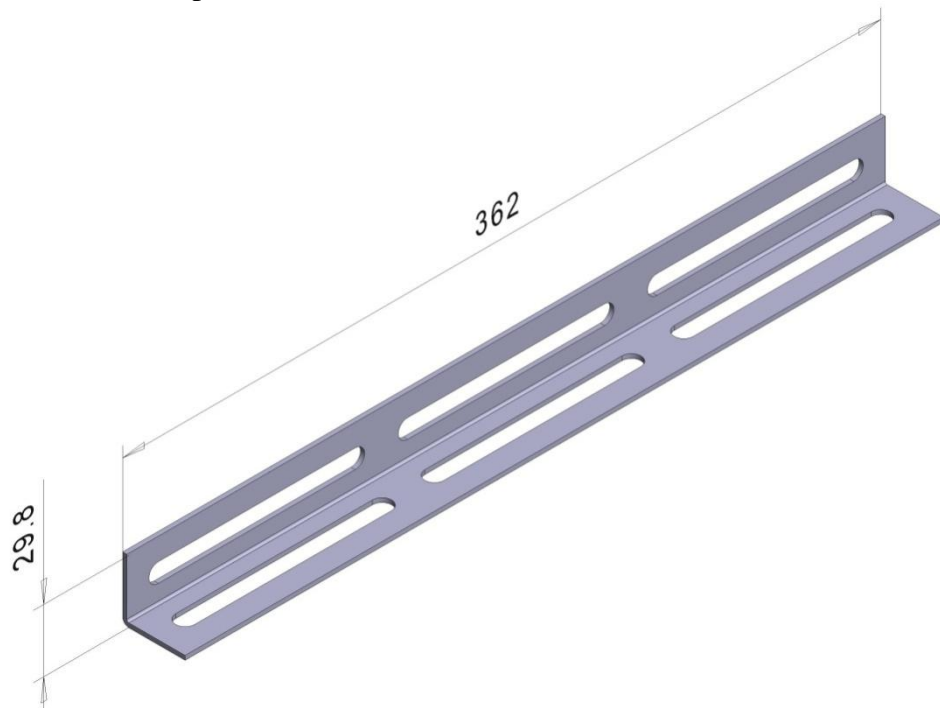
Urien väli on 16 mm. Kun pyöristykset huomioidaan, säätövaran väli on 25 mm, mikä on myös 49 mm pitkän kierrelatan reikien väli. Tällöin kierrelatta voidaan tarvittaessa kiinnittää uravälin kohdalle. Tämä osaltaan monipuolistaa kiinnitysmahdollisuuksia.



Kuva 22. Etuprofiilin urien mitat

## 6.2 Takaprofiili

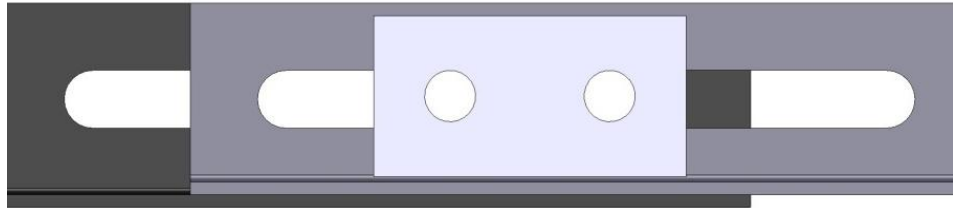
Takaprofiili valmistetaan 362 x 56 x 2 mm kokoisesta ohutlevystä (Kuva 23). Koska levypaksuus on 2 mm, takaprofiilin levyn täytyy olla yhteensä 4 mm kapeampi kuin etuprofiilissa käytettävän. Tällöin kokoonpanossa takaprofiilin sivureuna tulee samaan tasoon etuprofiilin sivureunan kanssa. Valmiissa takaprofiilissa sivun korkeus on noin 30 mm.



Kuva 23. Takaprofiili

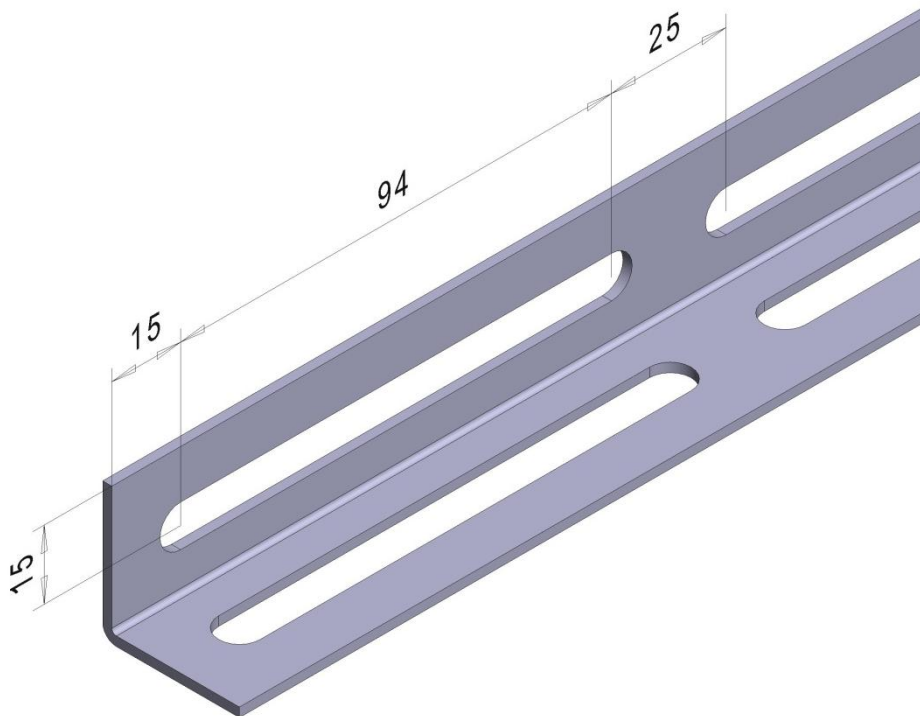
Takaprofiilin pituus määräytyy pöytäjalan säätövaaran mukaan. Pidemmällä takaprofiililla pöytäjalan minimipituus kasvaisi. Lyhyemmällä takaprofiililla taas pöytäjalan maksimipituus lyhenisi.

Etuprofiilin tavoin takaprofiilin ura on 9 mm leveä ja sen keskipiste on 15 mm:n etäisyydellä profiilin ulkoreunasta. Täten etu- ja takaprofiilin urat asettuvat kokoonpanossa päällekkäin. Kiinnityksessä käytettävä kierrelatta mahtuu kokonaan takaprofiilin taakse piiloon, jolloin kokoonpanosta tulee siistin ja huolitellun näköinen. Se myös tukeutuu profiilin toiseen kylkeen, jolloin se ei pääse vapaasti pyörimään. (Kuva 24)



Kuva 24. Profiilien ja kierrelatan asettuminen päällekkäin

Takaprofiilissa uran kokonaispituus on 103 mm ja uraväli on etuprofiilin tavoin 16 mm. Tällöin yksi ura mahdollistaa 94 mm pitkän säätövaaran ja kahden uran säätöväli on 25 mm (Kuva 25). Uria on molemmilla kyljillä kolme kappaletta. Uran mittojen perusteluihin pätevät samat kohdat kuin etuprofiilin kohdalla, eli pitkä ura vähentää kiinnitysongelmia ja mahdollistaa kulmapalan kiinnityksen yhden uran matkalle.



Kuva 25. Takaprofiilin urien mitat



### 6.3 Lisäosat

Lopullisessa ratkaisussa on lisäosia kahteen eri käyttötarkoitukseen. Kulmapalan avulla tehdään profiilien kulmakiinnitykset ja pyöräkiinnittimen avulla kiinnitetään pyörät tai tassut muuhun rakenteeseen.

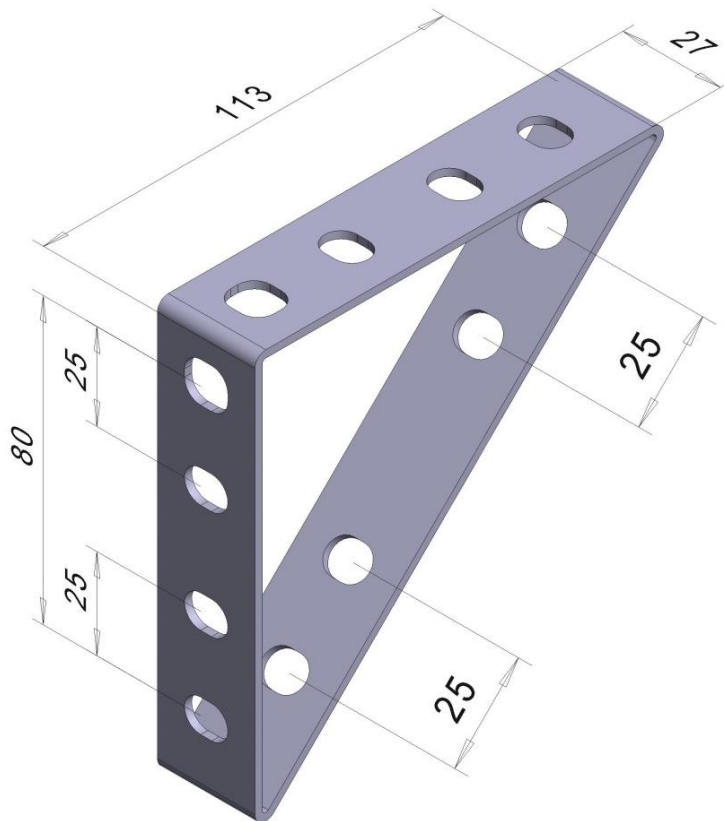
Sovella Oy käyttää pyöriä ja tassuja, jotka kiinnittyvät M10 tai M12 kier-teille. Sovimme, että tässä opinnäytetyössä käytämme M12 kier-teelle so-pivia pyöriä.

Pyöräkiinnittimestä on kaksi erilaista versiota. Näistä molemmista valmis-tetaan prototyypit, jotta niiden toimivuutta voidaan verrata käytännössä.

#### 6.3.1 Kulmapala

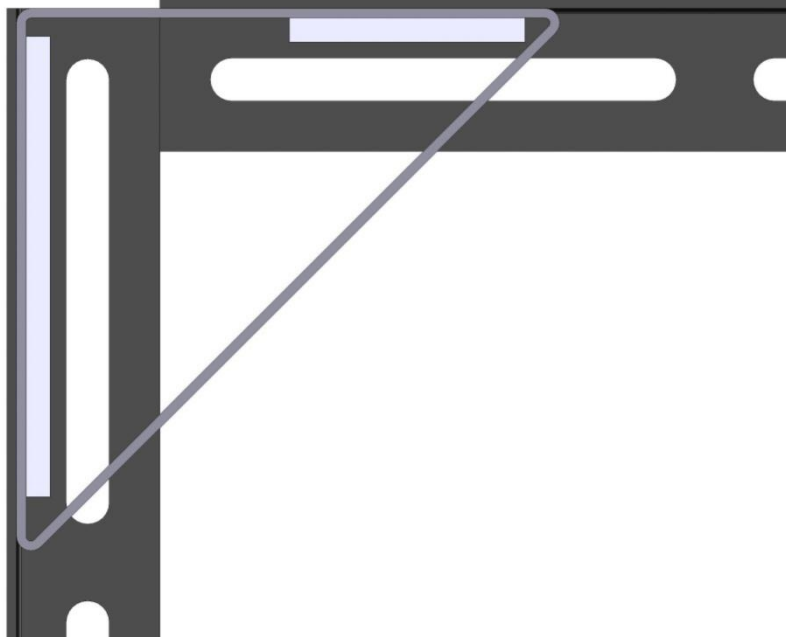
Kulmapala valmistetaan 374 x 27 x 2 mm kokoisesta ohutlevystä. Valmis kulmapala on muodoltaan tasakylkinen kolmio ja kyljen pituus on 113 mm (Kuva 26). Reikäväli kyljissä on mitoitettu sen mukaan, että kiinnityksessä voidaan käyttää joko yhtä 96 mm tai kahta 49 mm pitkää kierrelattaa. Tämä mahdollistaa monipuoliset kiinnitysratkaisut. Kolmion pisimmällä si-vulla on kaksi reikäparia mitoitettuna 49 mm pitkälle kierrelatalle.

Reiät ovat 9 x 12 mm kokoisia soikioita, jotta kulmapala voidaan asentaa kiinni etu- tai takaprofiiliin. Suorakulman viereiset reiät ovat muita reikiä leveämpiä, jotta kolmen profiilin liitos on mahdollista. Näiden reikien päämitat ovat 11 x 12 mm.



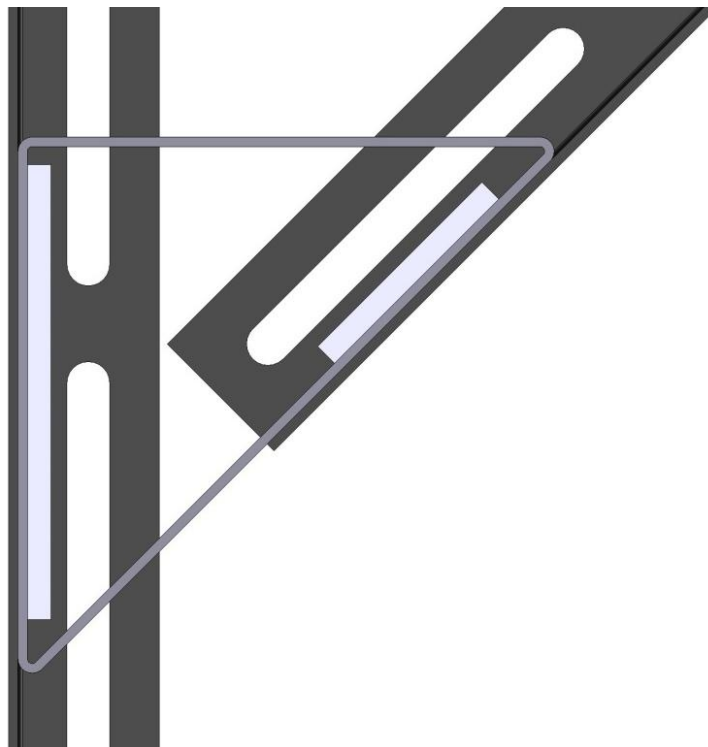
Kuva 26. Kulmapala

Kulmapala on ensisijaisesti suunniteltu liittämään kaksi profiilia suora-  
kulmaan. Tällöin kiinnitys tapahtuu 96 mm ja 49 mm pitkällä kierrelatoil-  
la. Reikien paikat profiileissa ja kulmapalan mitat ovat suunniteltu siten,  
että kulmapala voidaan asentaa samaan tasoon profiilin päädyn kanssa.  
(Kuva 27)



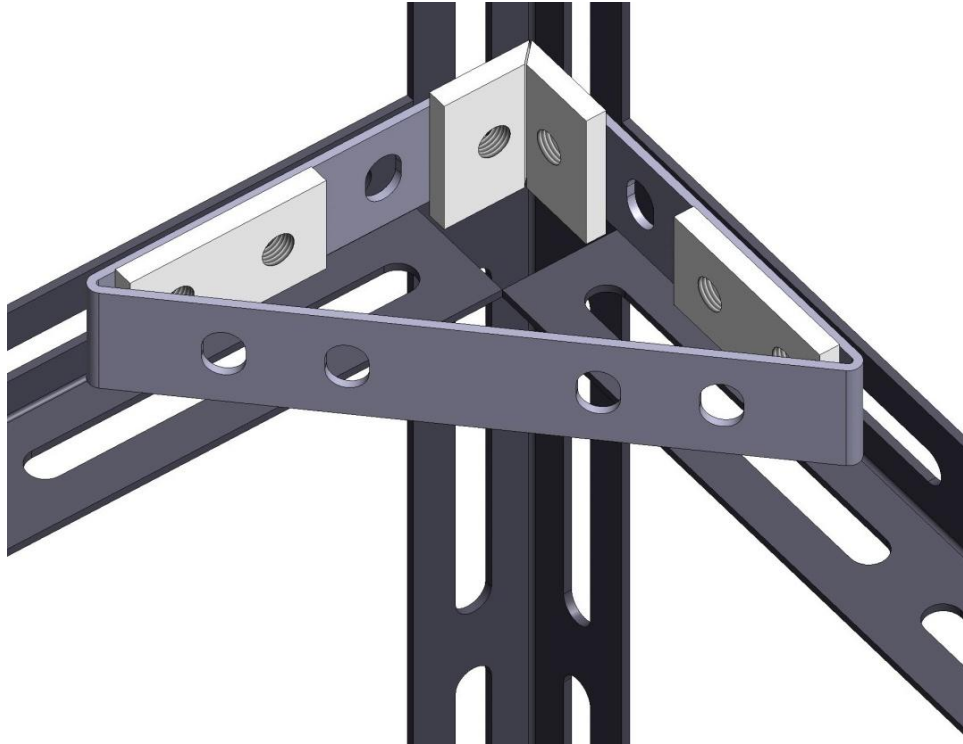
Kuva 27. Kahden profiilin suorakulmainen liitos kulmapalalla ja kierrelatoilla

Kulmapalan avulla voidaan liittää kaksi profiilia 45 asteen kulmaan toi-  
siinsa nähden. Myös tällöin kiinnitys tapahtuu 96 mm ja 49 mm pitkällä  
kierrelatoilla. (Kuva 28)



Kuva 28. Kahden profiilin kiinnitys 45 asteen kulmaan

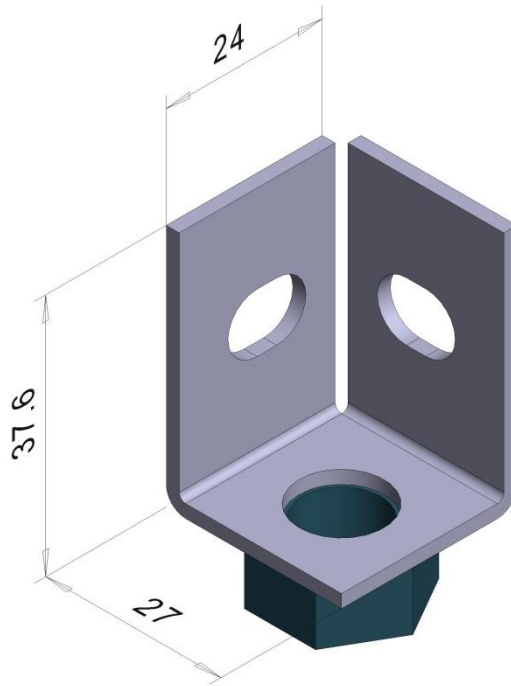
Kolmen profiilin liitoksessa kulmapala käännetään kyljelleen (Kuva 29). Vaakasuuntaiset profiilit kiinnitetään 49 mm pitkällä kierrelatoilla. Pystysuuntainen profiili taas kiinnitetään kahdella 35 mm pitkällä kierrelatalla. Nämä kierrelatat ovat asennettava pystyyn, jolloin niiden reunat tulevat kulmapalan reunojen yli. Tämä on huomioitava, jos asennus halutaan tehdä pystysuuntaisen profiilin päähän. Toisena epäkohtana on, että pystysuuntainen profiili täytyy olla etuprofiili, sillä takaprofiilin kohdalla 35 mm pitkät kierrelatat ovat liian leveitä. Täten on hyvä miettiä uudenlaista kierrelattaa, mutta nykyisten avulla voidaan kuitenkin kokeilla ratkaisun toimivuus.



Kuva 29. Esimerkki kolmen profiilin liitoksesta

### 6.3.2 Pyöräkiinnitin A

Pyöräkiinnitin A:n pohjassa on halkaisijaltaan 13 mm:n reikä. Tämän reiän alapuolelle hitsataan M12 kierteinen mutteri, johon pyörä tai tassu kiinnitetään. Pyöräkiinnitin A:n päämitat ilman mutteria ovat noin 38 x 27 mm. (Kuva 30)



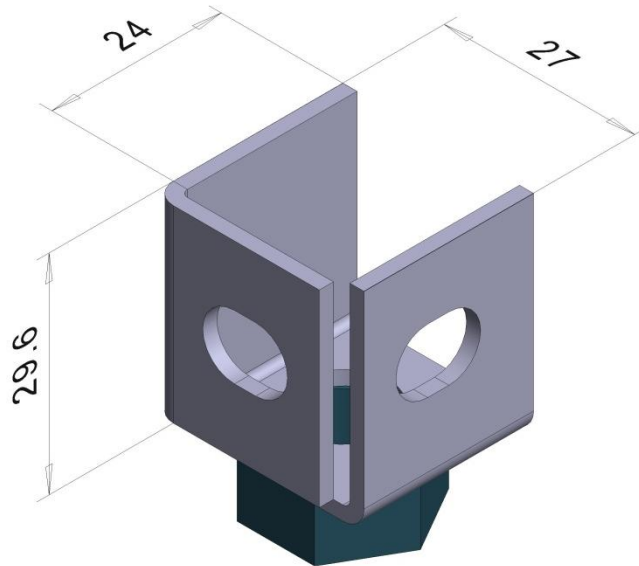
Kuva 30. Pyöräkiinnitin A

Pyöräkiinnittimen kyljissä on 9 x 12 mm:n kokoiset soikeat reiät, joiden avulla se voidaan kiinnittää etu- tai takaprofiiliin. Kiinnityksessä käytetään M8 ruuveja ja muttereita. Vaihtoehtoisesti kiinnityksessä voidaan käyttää 35 mm pitkiä kierrelattoja, jos pyöräkiinnitin asennetaan etuprofiiliin. Rakennettavan prototyypin kohdalla pyöräkiinnitin kuitenkin asennetaan takaprofiiliin. Pyöräkiinnitin jää profiilin taakse kokonaan piiloon.

### 6.3.3 Pyöräkiinnitin B

Pyöräkiinnittimen vaihtoehtoinen versio on pääpiirteiltään samanlainen kuin versio A. Molemmissa on pohjassa halkaisijaltaan 13 mm:n kokoinen reikä, jonka alapuolelle on hitsattu M12 kierteinen mutteri. Myös kylkien reiät ovat identtiset, eli 9 x 12 mm kokoiset soikiot. Pyöräkiinnitin B:n päämitat ilman mutteria ovat noin 30 x 27 mm. (Kuva 31)

Eroavaisuus pyöräkiinnittimien välillä löytyy sivujen määrästä. Siinä missä ensimmäisessä versiossa on vain kaksi pystysivua, niin tässä vaihtoehtoisessa versiossa on kolme pystysivua. Kaksi sivua on vastakkain ja ne ovat tehty horisontaalisella taitoksella pohjasta, mutta kolmas sivu on tehty vertikaalisella taitoksella toisesta sivusta. Tämän tarkoituksena on estää pyöräkiinnittimen mahdollinen taipuminen raskaan kuorman alla.



Kuva 31. Pyöräkiinnitin B

Pyöräkiinnitin B:n kiinnitys tapahtuu M8 ruuveilla ja muttereilla. Kierrelattoja ei voida käyttää, sillä kylkien väli on liian kapea niille. Jos pyöräkiinnitin B olisi leveämpi, niin silloin se ei jäisi piiloon profiilin taakse.

#### 6.4 Kokoonpano

Kierrelattojen toimivuuden kokeileminen alkuperäisessä prototyypissä aiheutti huolta yksireikäisen 35 mm pitkän kierrelatan riittävydestä. Tästä johtuen kokoonpanossa käytetään kaksireikäistä 49 mm pitkää kierrelattaa profiilien liitoksissa. 96 mm pitkää kierrelattaa taasen käytetään ainoastaan kulmapalan kiinnityksessä.

Opinnäytetyön ensisijaisena vertailukohtana käytetään Sovella Oy:n Basic-työpistettä. Täten sen runkorakenne toimii suunnittelun oletuksena ja prototyypin kokoonpano on suunniteltu sen pohjalta (Kuva 32).



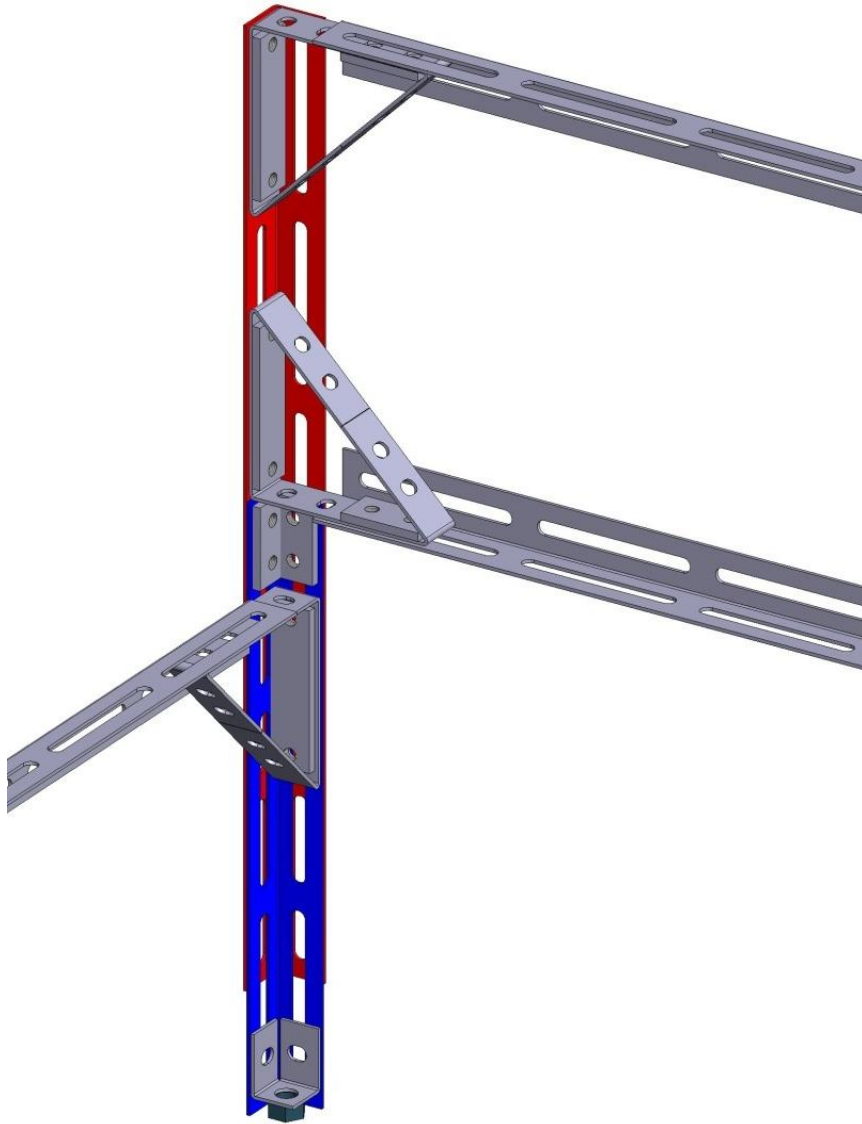
Kuva 32. Rungon kokoonpano 1500 x 750 mm kokoiselle pöytälevylle

### 6.4.1 Jalka

Pöydän jalka rakentuu yhden etu- ja yhden takaprofiilin ympärille. Näiden kiinnityksessä käytetään 49 mm pitkiä kierrelattoja, joiden yhteen syrjään on tehty 45 asteen viiste. Tällöin kierrelatat voidaan asentaa samalle korkeudelle profiiliin.

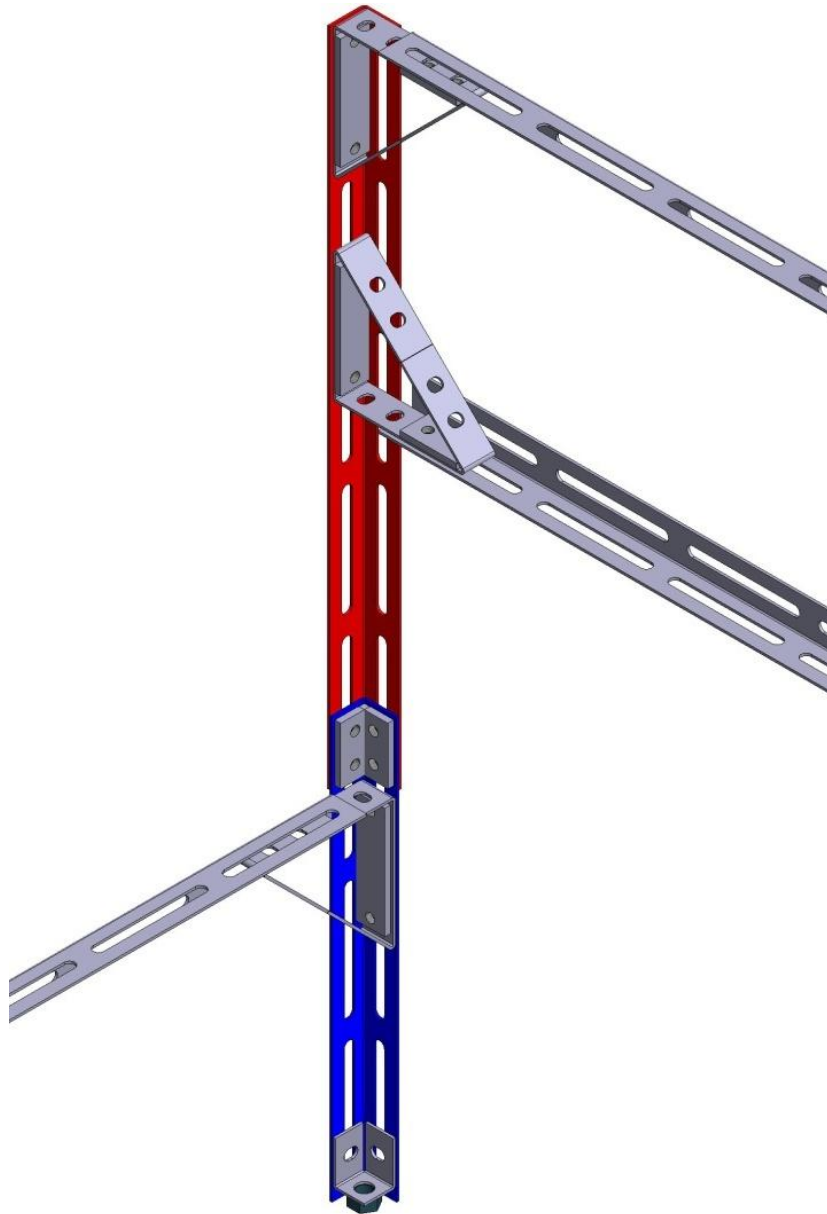
Jalan minimipituus on 643 mm ilman pöytälevyä ja pyörää (Kuva 33). Minimipituuden rajoittavana tekijänä on pitkä vaakapalkki, johon jalassa käytettävä takaprofiili törmää. Periaatteessa takaprofiili voidaan asentaa kyseisen vaakapalkin taakse, mutta asennuksesta tulee tällöin erittäin monimutkainen ja jalan pituussäädöstä todella epäkäytännöllistä.

Jos halutaan vielä lyhyempi jalka, vaihtoehtona on irrottaa takaprofiili kokonaan jalasta. Tällöin jalan pituus on etuprofiilin mitta eli 570 mm.



Kuva 33. Jalka minimipituudessa

Jalan maksimipituus on 877 mm. Tällöin 49 mm:n pituiset kierrelatat vielä ylettyvät kiinnittymään kokonaan molempiin profiileihin (Kuva 34). Jalkaan saadaan vielä aavistus lisää pituutta asentamalla pyöräkiinnitin mahdollisimman alas jalkaan. Myös pyörät ja tassut sekä pöytälevy lisäävät pöydän korkeutta, mikä on otettava huomioon jalan lopullista pituutta säädetäessä.



Kuva 34. Jalka maksimipituudessa

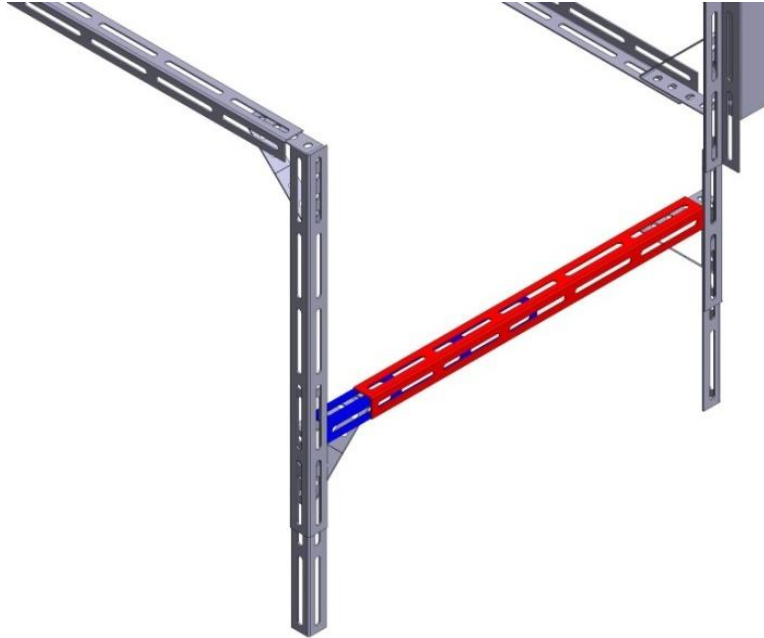
Jalan pituutta säädettäessä siitä on irrotettava lyhyt vaakapalkki, jonka päälle mahdollinen alataso tulee. Tämän jälkeen jalkaa voidaan säätää va-  
paammin.

#### 6.4.2 Lyhyt vaakapalkki

Lyhyt vaakapalkki kiinnittää pöydänpäätysten jalat toisiinsa ja määrittää rungon syvyyden. Basic-pöydässä käytetään 600, 750 ja 900 mm syviä pöytälevyjä. Lyhyen vaakapalkin päälle asennetaan mahdollinen alataso, mikä on Basic-työpisteessä noin 300 mm:n korkeudessa. Rakennettavan prototyypin kohdalla se voidaan kiinnittää vapaasti halutulle korkeudelle, maksimikorkeuden ollessa 312 mm. Jalkaa säädettäessä sen korkeus vaihtelee 25 mm kulmapalan kiinnitysreikien peittymisen vuoksi.

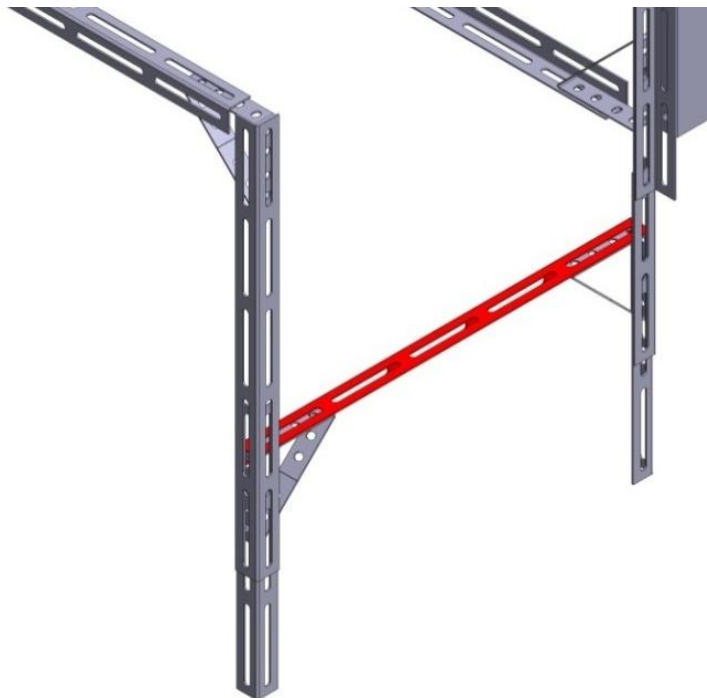


Käytettäessä 750 ja 900 mm syviä pöytälevyä lyhyen vaakapalkin rakenne koostuu yhdestä etu- ja yhdestä takaprofiilista (Kuva 35). Alatasoa käytettäessä se asettuu kokonaisuudessaan lepäämään etuprofiilin päälle, joten kahden profiilin tuoma kynnyksen korkeudessa ei haittaa sen asennusta. Ainoan ongelman muodostavat mahdolliset ruuvinkannat.



Kuva 35. Lyhyen vaakapalkin rakenne 750 ja 900 mm syville pöytälevyille

600 mm syvyisen pöytälevyn kohdalla lyhyt vaakapalkki rakentuu pelkästään etuprofiilista (Kuva 36). Sen kylki on myös käännettävä pöydän sisäpuolelle, jolloin vaakapalkki voidaan asentaa jalan taakse. Tällöin rungon todelliseksi minimileveydeksi muodostuu 582 mm.

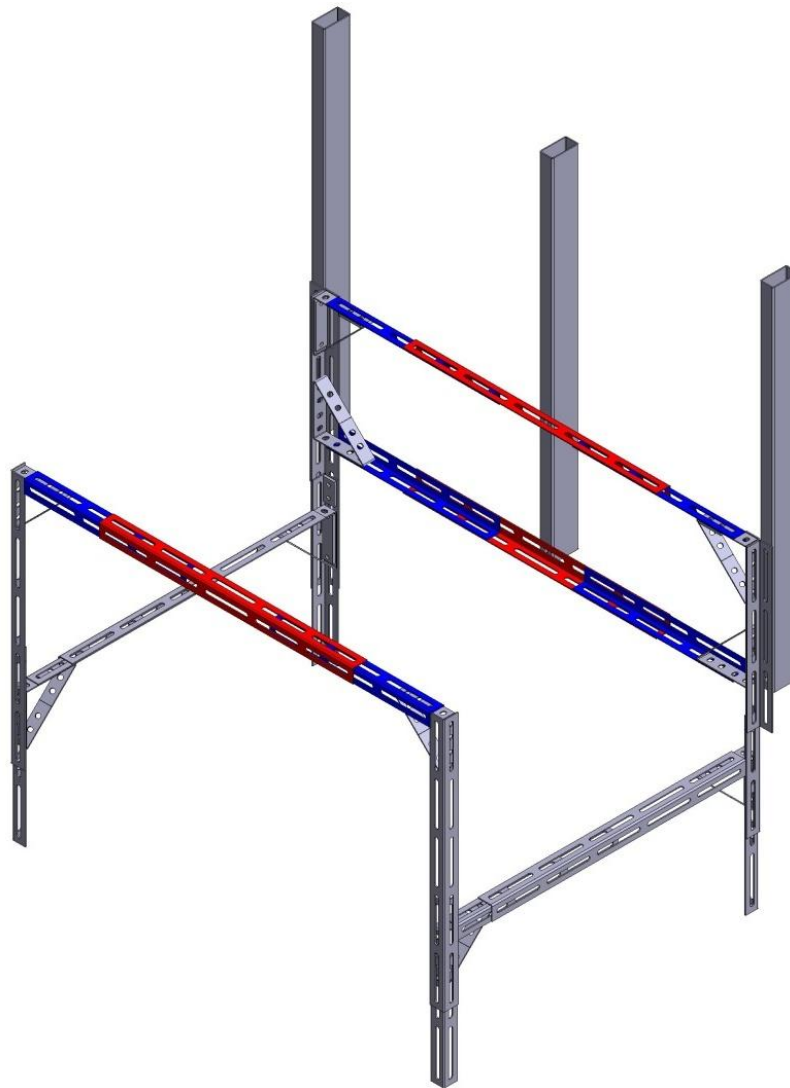


Kuva 36. Lyhyt vaakapalkki 600 mm syvälle pöytälevylle

### 6.4.3 Pitkä vaakapalkki

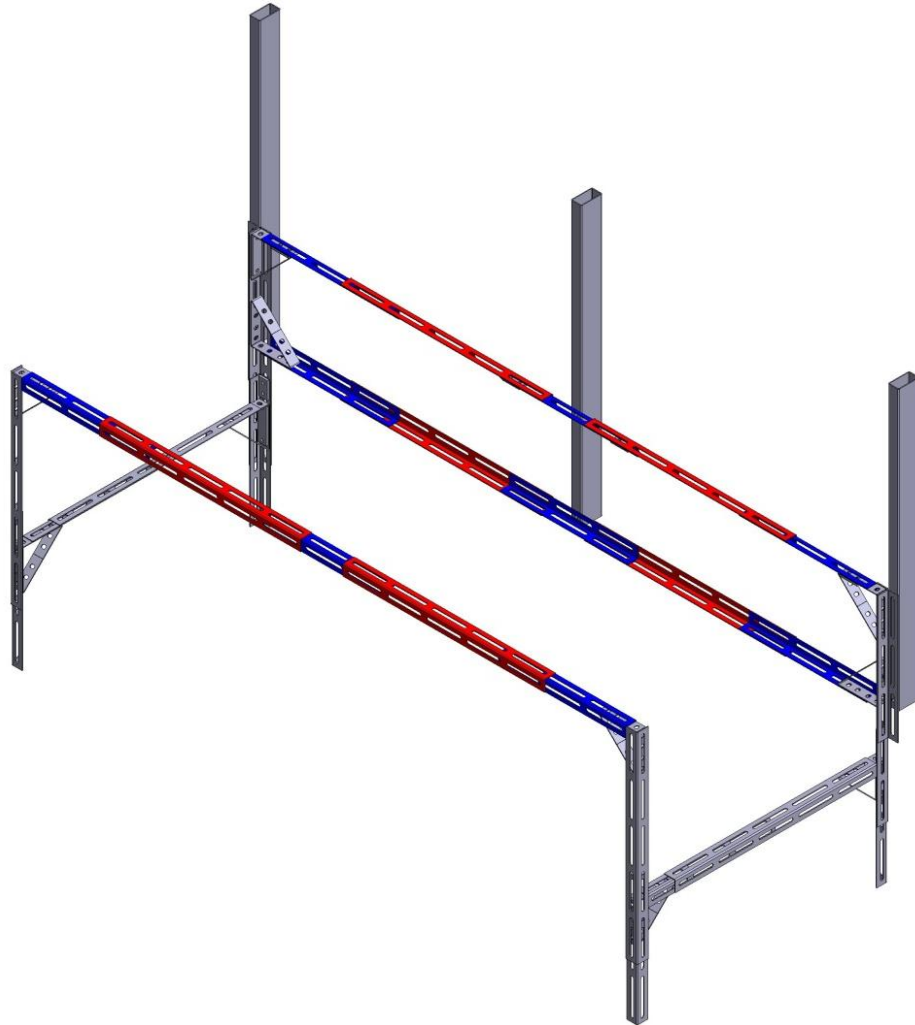
Pitkä vaakapalkki määrittelee rungon leveyden ja niitä on kokoonpanossa yhteensä kolme. Rungon on sovelluttava 1000, 1200, 1500 ja 1800 mm leveille pöytätasolle. Rungon on pysyttävä kokonaan pöytälevyn alla piilossa.

1000 ja 1200 mm leveillä pöytälevyillä yksittäinen pitkä vaakapalkki rakentuu kahdesta takaprofiilista ja yhdestä etuprofiilista. Kaikkiaan pitkiin vaakapalkkeihin menee siis kuusi takaprofiilia ja kolme etuprofiilia. (Kuva 37)



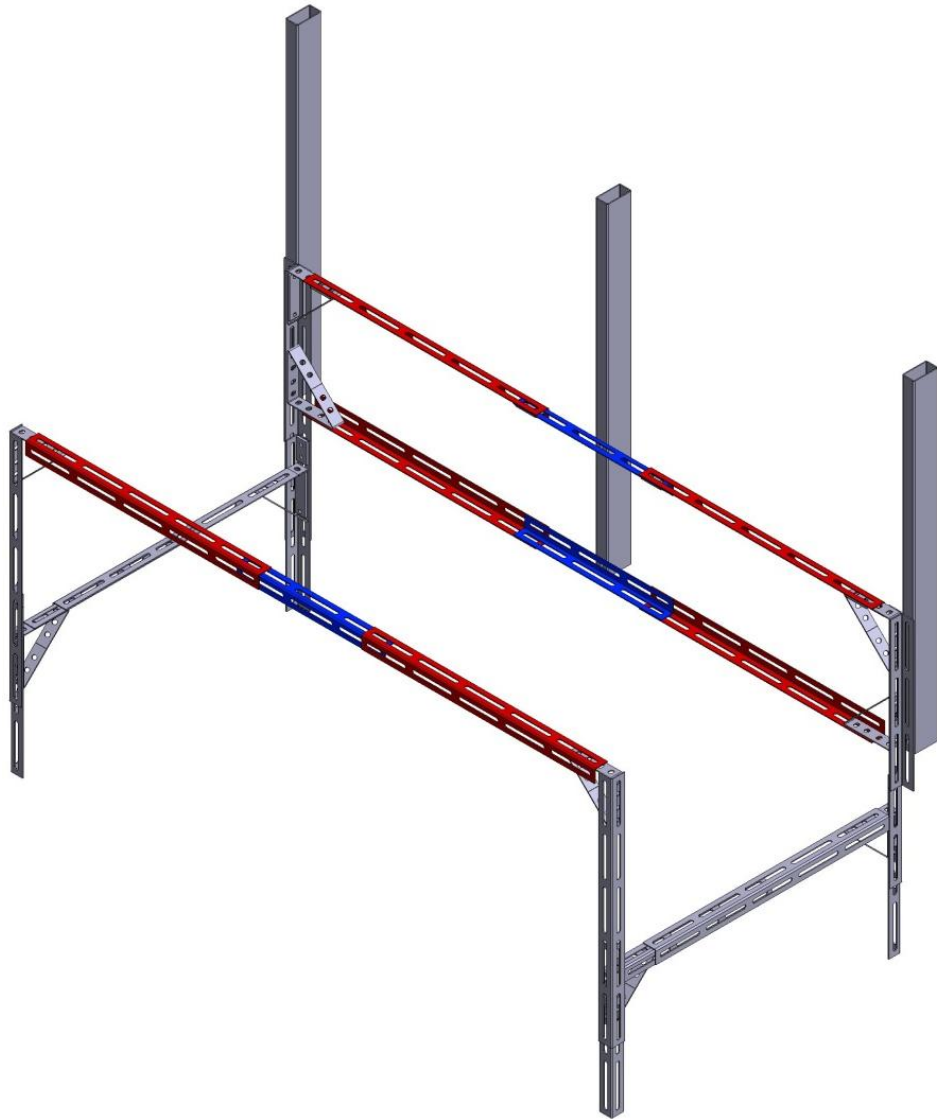
Kuva 37. Pitkien vaakapalkkien rakenne 1000 ja 1200 mm levyisille pöytälevyille

1500 ja 1800 mm levyisille pöytälevyille pitkä vaakapalkki rakentuu kahdesta etuprofiilista ja kolmesta takaprofiilista. Täten vaakapalkki pitenee yhdellä etu- ja takaprofiililla verrattuna 1000 ja 1200 mm leveydessä käytettävään rakenteeseen. Tällöin pitkiin vaakapalkkeihin menee yhteensä yhdeksän takaprofiilia ja kuusi etuprofiilia. (Kuva 38)



Kuva 38. Pitkien vaakapalkkien rakenne 1500 ja 1800 mm levyisille pöytälevyille

1500 mm levyiselle pöytälevylle löytyy myös yksinkertaisempi ratkaisu. Tällöin yksi vaakapalkki koostuu kahdesta etuprofiilista ja yhdestä takaprofiilista. Tämä yksinkertaa vaakapalkin rakennetta kahden takaprofiilin verran, jos sitä vertaa myös 1800 mm leveydelle sopivaan ratkaisuun. Yhteensä vaakapalkkeihin tarvitaan kuusi etuprofiilia ja kolme takaprofiilia. Prototyyppi rakennetaan tämän ratkaisun pohjalta. (Kuva 39)

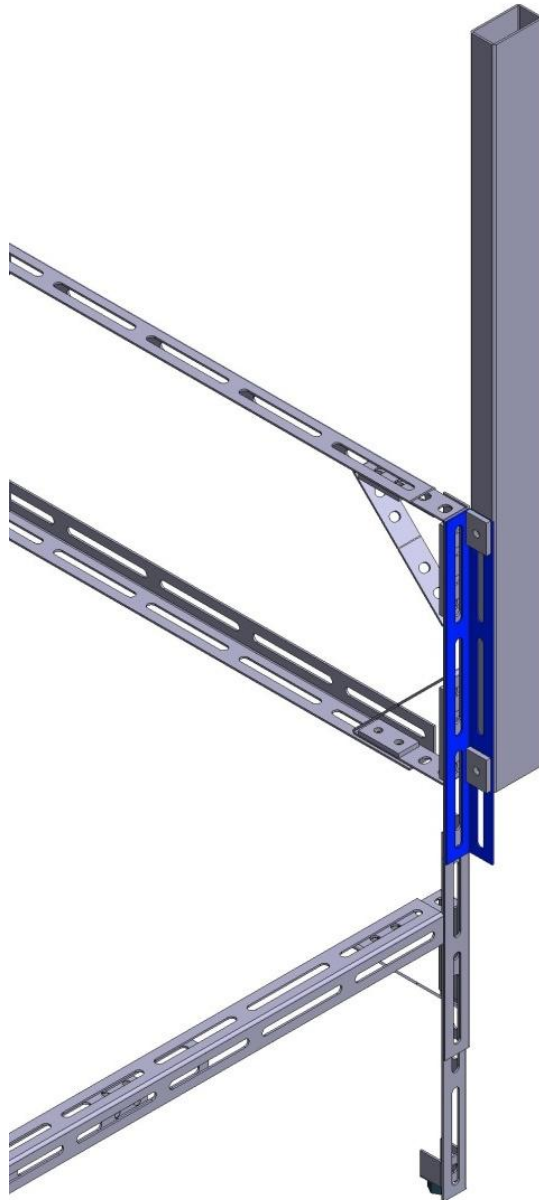


Kuva 39. Pelkästään 1500 mm levyiselle pöytälevylle sopiva ratkaisu

#### 6.4.4 Säätöputket

Sovella Oy:llä on käytössä moduulimitat, jotka määrittävät säätöputkien etäisyydet toisistaan. Moduulimitat ovat 500, 750 ja 903 mm ja ne laskeaan säätöputken keskipisteestä. Säätöputkia voi olla yhdessä työpöydässä kahdesta kolmeen kappaletta. Säätöputkessa on kiinnitystä varten kaksi kappaletta halkaisijaltaan 9 mm:n reikää. Reiät ovat 251 mm:n etäisyydeltä toisistaan. Kiinnitys runkoon tapahtuu säätöputken läpi menevillä pitkillä M8 ruuveilla ja 35 mm pitkillä kierrelatoilla.

1500 mm leveän pöytälevyn kanssa käytetään yleensä M750 moduulimitaa, jolloin säätöputkia tulee kolme kappaletta ja reunimmaisesta kiinnittyvät rungon päihin. Reunimmaisista säätöputkia varten pöydänrunkoon kiinnitetään ylimääräinen takaprofiili (Kuva 40). Tällöin pöytärunгон leveys pysyy pöytälevyä kapeampana. Keskimäinen säätöputki kiinnittyy pitkiin vaakapalkkeihin. Tämä on huomioitava runkoa katatessa, jotta alempi pitkä vaakapalkki on säätöputken asennuksen kannalta oikealla korkeudella.



Kuva 40. Säätöputken kiinnitys runkoon

Pöydän leveydestä ja käytettävästä moduulimitasta riippuen säätöputket eivät välttämättä aina kiinnity pöytärungon päätyihin. Tällöin kaikki säätöputket kiinnittyvät pitkiin vaakapalkkeihin ja rungon päädyistä voidaan jättää ylimääräiset takaprofiilit pois.

Pitkien vaakapalkkien vaihtelevasta rakenteesta johtuen keskimmäinen säätöputki voi olla syvyysuunnassa 2 - 4 mm eritasossa kuin reunimmais- set säätöputket. Jos tämä aiheuttaa käytännössä ongelmia, asiaa voidaan korjata käyttämällä aluslevyjä säätöputken ja pöytärungon välissä. Toisena ratkaisuna rungon päätyyn kiinnitettyjä säätöputkia voidaan siirtää 2 mm taaksepäin vaihtamalla kiinnityksessä apuna käytettävät takaprofiilit etu- profiileihin.

## 7 PROTOTYYPPI

Osat valmistettiin Sovella Oy:n tehtaalla Jyväskylässä, missä myös prototyyppi kasattiin. Tässä kappaleessa käydään läpi osien valmistus, tutkitaan osien toimivuutta yksinkertaistetuissa kokoonpanoissa, kasataan prototyyppi työpisteestä, sekä testataan sen toimivuutta.

### 7.1 Osien valmistus

Osat valmistettiin Sovella Oy:n normaalilla tuotantolaitteistolla, jolla valmistetaan myös yrityksen muut tuotteet. Prototyypin osat maalattiin vaaleanharmaalla maalilla, joka on Sovella Oy:n vakiotehdasväri runkorakenteissa (Tuoteluettelo 2010, 5). Täten prototyypin osista saa hyvän kuvan kuinka hyvin ne soveltuvat nykyiseen laitteistoon.

#### 7.1.1 Etu – ja takaprofiili

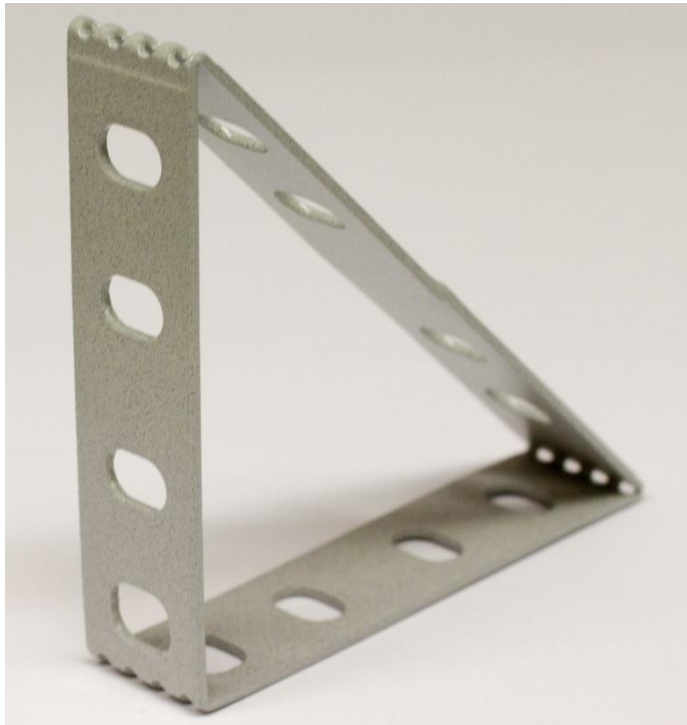
Etu- ja takaprofiilien (Kuva 41) valmistus sujui piirustusten mukaisesti. Kappaleita tarkasteltaessa niiden kyljissä on nähtävissä pientä aaltoilua. Myöskään taitoskulma ei ole täysin suorakulmainen koko matkalta vaan siinä on pientä vaihtelevuutta profiilien välillä. Tämän seurauksena etu- ja takaprofiilin liitoksessa profiilien päät saattavat hieman irvistää. Siihen voidaan kuitenkin vaikuttaa miettimällä kiinnityksen paikkaa profiileissa.



Kuva 41. Valmis takaprofiili

#### 7.1.2 Kulmapala

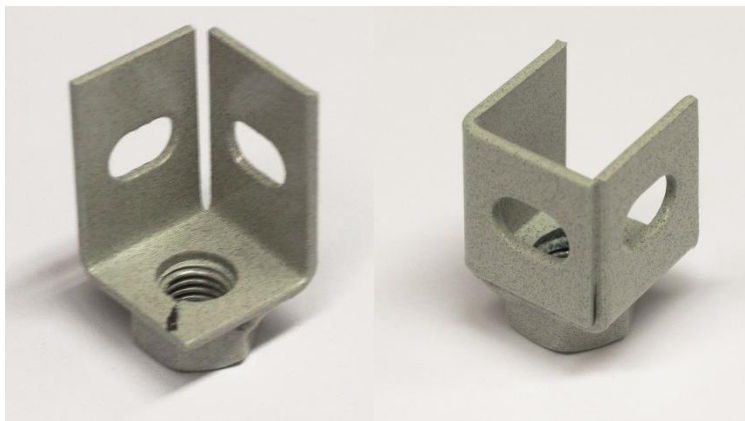
Kulmapalan (Kuva 42) valmistuksessa alkuperäiseen piirustukseen tehtiin pari pientä muutosta. 9 x 12 mm:n kokoiset soikeat reiät korvattiin 9 x 15 mm:n kokoisilla soikeilla rei'illä, koska Sovella Oy:ltä löytyi sen kokoinen työkalu jo valmiina. Toisena muutoksena kulmapalan taitoslinjoille tehtiin pieniä reikiä siltä varalta, että sen taittaminen täytyisi tehdä tuotantolaitteiston sijasta käsin. Lopulta taitos pystyttiin tekemään koneellisesti, jolloin ainoastaan hitsisauma jäi käsin tehtäväksi.



Kuva 42. Kulmapalan prototyyppi

### 7.1.3 Pyöräkiinnikkeet

Myös pyöräkiinnikkeiden kohdalla 9 x 12 mm:n kokoiset soikeat reiät korvattiin 9 x 15 mm:n kokoisilla rei'illä. Pohjiin hitsattiin käsin M12 mutterit, mikä ei ole jatkon kannalta paras ratkaisu, mutta oli toimiva ratkaisu näin prototyypin kohdalla. (Kuva 43)



Kuva 43. Pyöräkiinnikkeiden prototyypit

### 7.2 Kulmapalan liitokset

Kulmapala on suunniteltu mahdollistamaan kahden profiilin suorakulmisen ja 45 asteen kulman liitokset, sekä kolmen profiilin suorakulmainen liitos. 45 asteen ja kolmen profiilin liitoksia ei tarvita varsinaisessa työpisteen kokoonpanossa, mutta on kuitenkin syytä tutkia yksinkertaistetuissa kokoonpanoissa kaikkien eri liitosten toimivuus.

### 7.2.1 Kahden profiilin liitokset

Kahden profiilin suorakulmainen liitos kulmapalan avulla onnistui suunnitelmien mukaisesti (Kuva 44). Liitoksessa käytetään 96 x 25 x 5 mm:n ja 49 x 25 x 5 mm:n kokoisia kierrelattoja. Liitos on tukeva pystysuorassa suunnassa, sillä tällöin kierrelatta ottaa kiinni koko kulmapalan sivun mitalta. Vaakasuunnassa kulmapala kuitenkin joustaa, sillä tällöin kiinnitys on vain kulmapalan päässä.



Kuva 44. Suorakulmainen liitos käytännössä

45 asteen liitos onnistui suunnitelmien mukaisesti. Tosin myös tässä liitoksessa esiintyy joustoa, mikä osaltaan kertoo kulmapalan jatkokehittämisen tarpeesta.

### 7.2.2 Kolmen profiilin liitos

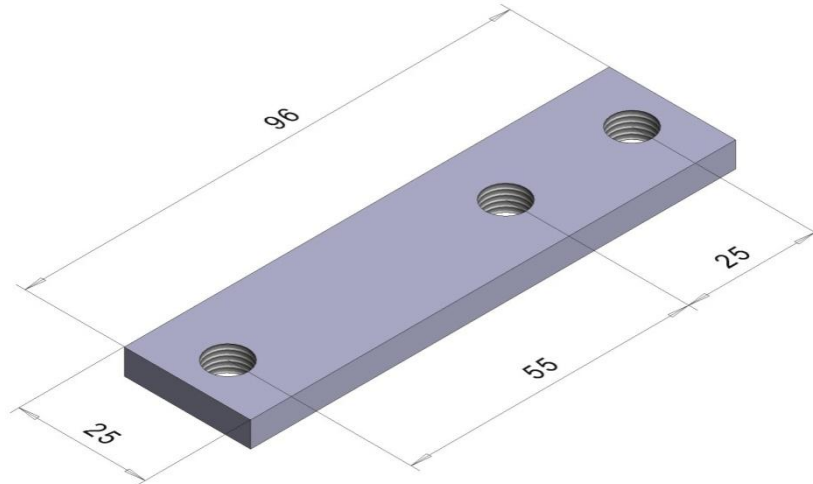
Kulmapala mahdollistaa myös kolmen profiilin liitoksen (Kuva 45), vaikka sitä ei varsinaisessa työpisteen prototyypin rakenteessa käytetä. Vaakasuuntaiset profiilit asettuivat mallikkaasti kulmapalan päälle. Kulmapala oli myös helppo kiinnittää pystysuuntaiseen etuprofiiliin.



Kuva 45. Kolmen profiilin liitos



Pystysuunnassa ei kuitenkaan voida käyttää takaprofiilia nykyisillä kierrelatoilla, sillä ne ovat liian leveitä ja ottavat toisiinsa kiinni kulmassa. Parhaiten kulmapalan liitos onnistuisi tekemällä nykyiseen 96 x 25 x 5 mm:n kokoiseen kierrelattaan kolmas reikä (Kuva 46). Tällöin se kiinnittyisi sekä pystysuuntainen että vaakasuuntaiseen profiiliin. Rakenteen kasaamiseen näitä tarvittaisiin vain kaksi kappaletta. Ero on merkittävä, sillä nykyisiä kierrelattoja tarvitaan yhteensä neljä kappaletta kolmen profiilin liitoksessa.



Kuva 46. Kolmireikäinen kierrelatta

### 7.3 Rungon kasaus

Prototyyppi on suunniteltu 1500 x 750 mm kokoisen pöytälevyn mukaan ja rakenteelta prototyyppi vastaa Basic-työpistettä. Yhteensä prototyypin kasaamiseen vaaditaan 12 etuprofiilia, 11 takaprofiilia ja 10 kulmapalaa. Pyöräkiinnittimistä valmistettiin molempia versioita kaksi kappaletta, jolloin niiden toimivuutta voidaan vertailla keskenään. (Kuva 47)

Koska erilaisia osia on vähän, ja samoja osia käytetään monessa kohdassa runkoa, kasaamisessa on syytä olla huolellinen. Osien käyttö ei ole yksiselitteistä, ja kasaamisvirheiltä on vaikea välttyä.

Profiilien suunnittelun lähtökohdaksi oli niiden portaaton säädettävyys. Tämä aiheutti kasaamisessa ongelmia, sillä pieniltä mitaheitoilta oli vaikea välttyä. Käytännössä säätö oli tehtävä uran päähän, jotta esimerkiksi jaloista sai tehtyä samanmittaiset. Täten portaattoman säädön edut menetti.

Toisena ongelmakohtana on osien valmistuslaatu ja rungon rakenne. Profiileissa on pientä aaltoilua ja kulma ei aina ole aivan 90 astetta. Se ei aiheuttanut ongelmia, jos palkki oli kiinnitetty vain toisesta päästä kuten jalassa. Ongelmaksi muodostuivat pitkät vaakapalkit, jotka rakentuvat yhteensä kolmesta profiilista. Näiden kohdalla rakenteen pienet mitaheidot moninkertaistuivat ja aiheuttivat pitkiin vaakapalkkeihin kiertymää ja vääntöä. Kasaaminen kuitenkin onnistui pakottamalla osat paikoilleen, mutta samalla se vähensi merkittävästi työpisteen laadun tuntua.



Kuva 47. Runko ilman pöytälevyä ja säätöputkia

Lukuisten pienten vääntöjen, jännitysten ja mittaheittojen vuoksi runko ei ollut kasattuna suorakulmio vaan vinokulmio. Täten etujalat olivat sivussa takajalkoihin verrattuna. Varsinainen ongelma se ei kuitenkaan ollut, sillä ilman pöytälevyä runko oli hyvinkin joustava. Runko oli helppo suoristaa pöytälevyn kiinnityksen yhteydessä. Kuitenkin myös tämä vähensi laadun tuntua työpisteessä.

### 7.3.1 Säätöputkien ja pöytälevyn asennus

Ilman pöytälevyä runko oli erittäin huterana. Myös sen säätäminen moduulimittaan pelkän mittanauhan avulla osoittautui hankalaksi. Tämän vuoksi ennen pöytälevyn asennusta, runkoon asennettiin säätöputket ja reikälevyt, jotta moduulimitta saatiin niiden avulla säädettyä kohdalleen. Pöytälevyn asennusta varten ne täytyi kuitenkin irrottaa, jotta runko pystyttiin kääntämään ylösalaisin. Tällöin pöytälevy saatiin kiinnitettyä helposti puuruuvien avulla. Pöytälevy kiinnitettiin runkoon profiilien liitoskohtien vierestä, jolloin kiinnityskohtia tuli yhteensä kahdeksan. Rungon ja pöytälevyn väliin laitettiin mutterit, jotta pöytälevy nousisi profiilin kiinnityksessä käytettävien ruuvinkantojen yläpuolelle (Kuva 48).



Kuva 48. Yksityiskohta pöytälevyn kiinnityksestä

Pöytälevyn asennuksen jälkeen pöytä voitiin kääntää takaisin oikeinpäin ja asentaa säätöputket normaalisti. Koska pöytä oli säädetty jo aiemmin modulimitaan, reikälevyt asettuivat vaivattomasti säätöputkiin.

#### 7.4 Pyörien kiinnitys

Pyöräkiinnittimet asennettiin jalkoihin ruuvien ja mutterien avulla. Samalla havaittiin, että normaalikokoiset mutterit ottavat toisiinsa kiinni, joten vähintään toisen mutterin täytyy olla madallettu. Pyörä kiinnittyi pyöräkiinnittimeen pitkällä M12 pultilla. (Kuva 49)



Kuva 49. Pyöräkiinnittimen asennus

## 8 PROTOTYYPIN TESTAUS

Valmis työpiste antoi paljon analysoitavaa. Ensimmäiseksi tässä kappalessa käydään läpi pöydän säädettävyys ja sen toimivuus. Sen jälkeen keskitytään esiin nousseisiin epäkohtiin ja pohditaan niihin johtaneita syitä.

Alun perin tarkoituksena oli myös tehdä kantavuustesti työpisteen prototyypille latomalla sen päälle tasainen kuorma. Tästä kuitenkin luovuttiin esiin tulleiden ongelmien vuoksi.

### 8.1 Jalan säätö

Jalan pituussäätö osoittautui todella hankalaksi. Käytännössä siinä täytyy yhtä aikaa hallita kahden profiilin sijaintia toisiinsa nähden, sekä samalla säätää kierrelatat oikeille urille. Lisää haastetta tuo lyhyt vaakapalkki ellei sitä ensin irrota kokonaan. Jalan säätö osoittautui todella hankalaksi hallittavaksi yhdelle henkilölle, ja käytännössä säätö onnistui korkeintaan yhden profiiliuran sisällä. Seuraavalle uralle hyppääminen olisi vaatinut kierrelattojen irrottamista kokonaan, jolloin tarvittaisiin jo apukäsiä. Jotta jalkojen säädöstä saisi helpompaa, teoriassa pöytä olisi saatava nostettua kokonaan ilmaan roikkumaan.

Toisena ongelmana on jalkojen tarkka pituussäätö. Urien mahdollistama portaaton säätö ei toimi käytännön tasolla, vaan tekee säädöstä todella epätarkkaa. Tämän vuoksi pituus on käytännössä säädettävä uran päähän. Sen lisäksi yhdessä jalassa on sen verran monta liitoskohtaa, että kiinnityskohta saattaa lipsahtaa eri uralle kuin toisessa jalassa. Tällöin jaloista tulee väkisin erimittaisia ja ongelman paikallistaminen on turhauttavaa.

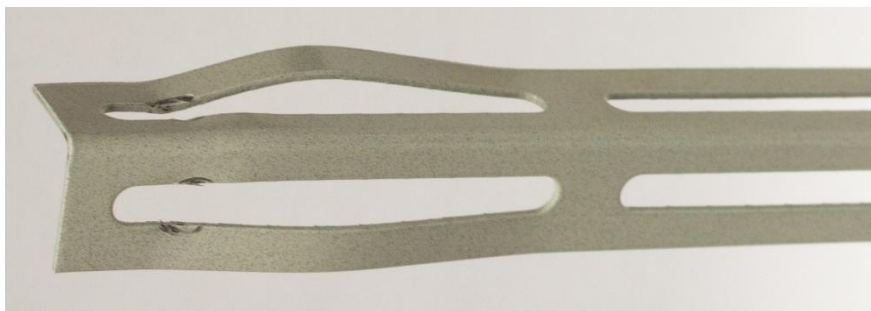
### 8.2 Pyörien aiheuttama momentti

Prototyypin testauksessa käytetyt pyörät eivät asettuneet jalan alle. Tällöin pöytää kuormittaessa pyöräkiinnittimen kohdalle muodostui nopeasti riittävän suuri momentti taivuttaakseen jalassa oleva takaprofiili mutkalle. (Kuva 50)



Kuva 50. Momentin jälkiä

Taipunutta takaprofiilia (Kuva 51) analysoitaessa ongelmakohdat nousevat selkeästi näkyville. Koska takaprofiilin uran kokonaispituus on 103 mm, materiaali käyttäytyi uran kohdalta lattaraudan lailla. Täten se menetti profiilin kolmiulotteisen muodon luoman jäykkyyden.



Kuva 51. Momentin taivuttama takaprofiili

Pyöräkiinnittimet osoittautuivat heikoiksi molempien versioiden osalta. Molemmat taipuivat testauksen alla herkästi ja täten osoittautuivat toimimattomiksi nykyisellään.

### 8.3 Säätöputkien aiheuttama takapainoisuus

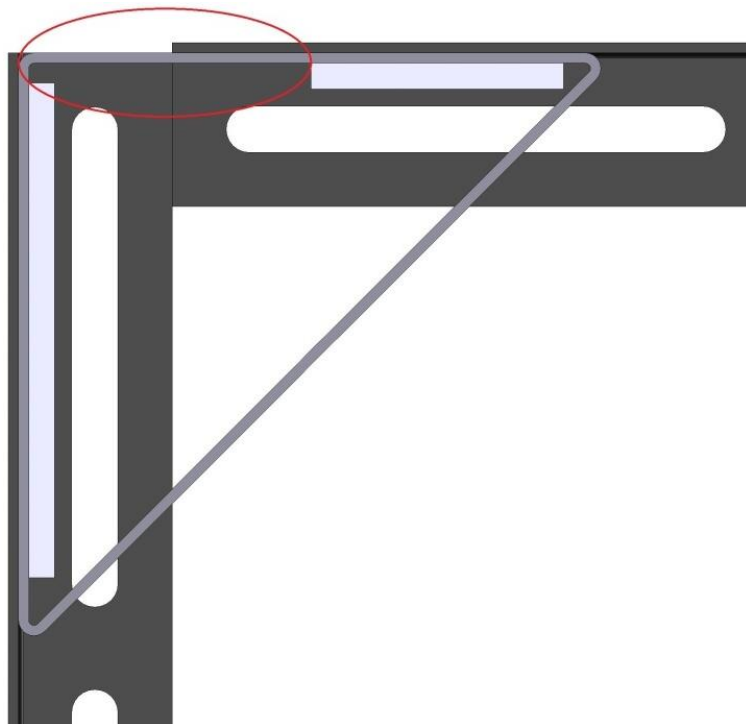
Runko on painoltaan erittäin kevyt, jolloin säätöputket ja reikälevyt painavat itsessään suunnilleen saman verran kuin pelkkä runko. Tästä johtuen säätöputket tekivät pöydästä todella takapainoisen. Pöytä olisi täten ollut erittäin helppo kaataa selälleen pöydän etureunasta nostamalla. Syytä on

myös huomioida, että prototyypissä käytettiin kevyempiä 30 x 30 mm:n kokoisia säätöputkia normaalisti käytettävien 30 x 60 mm kokoisten säätöputkien sijasta.

### 8.4 Rungon huteruus

Prototyypin runko pysyi huterana vielä pöytälevyn kiinnityksen jälkeen. Säätöputket ja reikälevyt vakauttivat hieman rakennetta sivuttaissuunnassa, mutta eivät tehneet pöydästä vielä käyttökelpoista.

Pöytää tutkimalla ongelmakohtaksi ilmenivät kulmapalat. Ne toimivat jousen lailla antaen periksi ja palautuen muotoonsa pöytää heilutettaessa. Nykyisellä rakenteella ne täytyisi kiinnittää koko sivun matkalta, jotta jousto vähenisi. (Kuva 52)



Kuva 52. Kulmapala mahdollistaa jouston vapailta osuuksiltaan

Sivuttaissuuntaista heiluntaa saatiin korjattua lisäämällä ylimääräiset kiinnitysruuvit pöytälevyn ja rungon nurkkiin. Tällöin pöytätason alla olevat kulmapalat kiinnittyivät kahden sivun matkalta ja siten osittain pienensivät kulmapalojen jousimaisuutta. Tämä ei kuitenkaan tehnyt pöydästä vielä riittävän tukevaa.

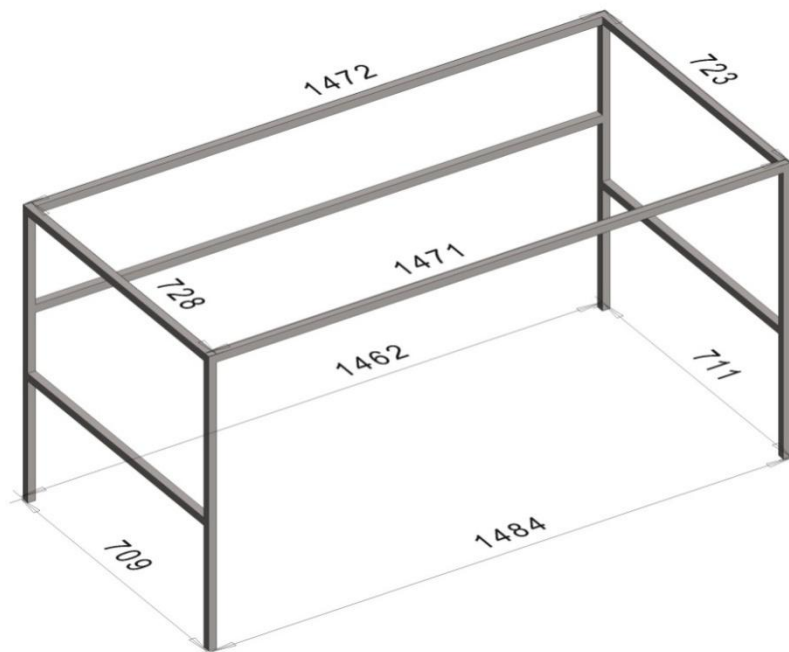
Parhaimmaksi ratkaisuksi heiluntaan osoittautui ristikkorakenne. Lisäämällä ylimääräiset profiilit, sekä pöydän sivuille että päähän, pöytä saatiin vakautettua merkittävästi. Tällöin pöydästä tuli jo kohtalaisen vakaa kestääkseen ihmisen painon pöydän päällä. Tukevuus ei kuitenkaan vielä antanut laadukasta vaikutelmaa, jota sopii odottaa teolliselta kalusteelta. (Kuva 53)



Kuva 53. Ylimääräinen tuki pöydän päädyssä

### 8.5 Mittaheetot

Valmiin pöydän mittoja tarkistettaessa siitä löytyi lukuisia mittaheitoja. Jalat olivat pituudeltaan samat, koska ne oli säädetty urien päihin, mutta muuten yksikään muu mitta ei ollut yhtenevä muiden kanssa (Kuva 54). Mittaheetot ovat seurausta palkkien haastavasta säädettävyydestä samaan mittaan ja rungon rakenteellisesta heikkoudesta. Käytännössä etujalkojen alapäätt liikkuivat sivusuunnassa niihin kevyesti potkaisemalla.



Kuva 54. Rungon mitaheetot prototyypissä

## 9 PROTOTYYPIN ANALYSOINTI KILPAILIJOIHIN

Kilpailijoiden käyttämissä bamburakenteissa on ehdottomasti omat puolensa. Koska ne rakentuvat aina mittaansa pätkittävästä pyöreästä putkesta, niiden avulla voidaan rakentaa todella monipuolisia rakenteita. Samalla se on myös niiden heikkous, sillä rakennetta muutettaessa putkien pituutta ei voida säätää, vaan niitä on joko lyhennettävä lisää tai hankittava uudet pidemmät putket.

Kilpailijoiden käyttämien lisäosien määrät ovat myös omaa luokkaansa. Esimerkiksi Putkiaivot Oy tarjoaa pelkästään putkien liitoksiin kolmisenkymmentä erilaista lisäosaa. Tämän päälle löytyy vielä muovisia muhveja, sekä monia muita lisäosia. (Putkiaivot Oy 2012.)

Tässä opinnäytetyössä kehitetty jatkoprofiili kilpailee hyvinkin erilaisesta lähtökohdasta verrattuna bamburakenteisiin. Siinä missä jatkoprofiililla ei voida rakentaa yhtä monipuolisia ratkaisuja, niin sen kantavana ideana on osien uudelleenkäytettävyys. Rakenteen muutos tai säätö onnistuu olemassa olevilla profiileilla.

Jatkoprofiiliin liittyvien lisäosien määrä saatiin myös pidettyä minimissä. Kulmapala mahdollistaa todella laajan skaalan erilaisia liitoksia. Jatkon kannalta voidaan miettiä millaisia muita liitoksia ja lisäosia tarvitaan. Kokonaisuutena lisäosien määrä ja niiden monikäyttöisyys on kuitenkin täysin eri luokkaa kuin esimerkiksi Putkiaivot Oy:llä.

Pyöreän putken eduksi on mainittava sen tukevampi suljettu muoto. Tämä vaatii erityishuomiota jatkoprofiilin kehityksessä, jotta siitä saadaan riittävän kestävä rakenne.



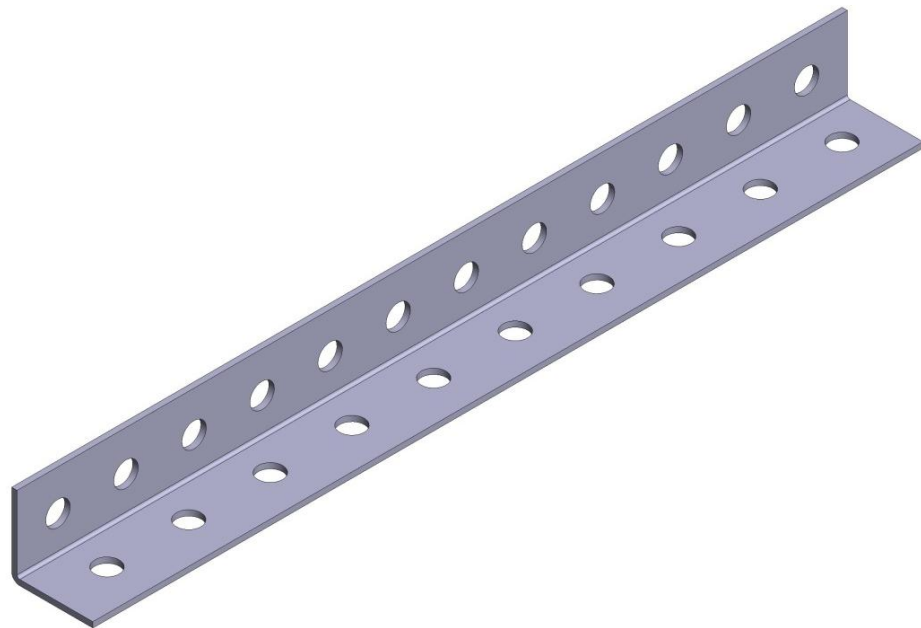
## 10 PROTOTYYPIN JOHTOPÄÄTÖKSET

Prototyypin rakentaminen ja testaaminen antoivat paljon jatkokehittävää. Pelkkien osien jatkokehittämisen lisäksi on myös syytä pohtia profiilin soveltuvuutta työpistekäyttöön.

Profiilit ja lisäosat eivät ole missään nimessä valmiita tuotteita, vaan niistä löytyy paljon kehittämisen tarvetta. Prototyypillä kuitenkin saatiin tutkittua rakenteen keveyden ääripää ja sen pohjalta voidaan pohtia kuinka osista saadaan käyttökelpoisempia.

### 10.1 Profiilit

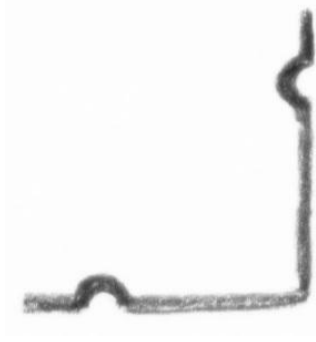
Profiileissa portaattoman säädön mahdollistamat urat toivat mukanaan paljon ongelmia. Urat tekevät tarkasta säädöstä todella haastavaa ja käytännössä profiilirakenteiden pituudet ovat säädettävä urien päihin. Varhaisista luonnoksista löytyy idea, jossa urien sijasta käytetään reikiä (Kuva 55). Tällöin profiili menettää portaattoman säädön, mutta siten rakenteiden pituudet ovat helpompi saada oikeaan mittaan. Tarvittava hienosäätö jaloissa saavutetaan tassujen ja pyörien hienosäädöllä. Rungon leveyden suhteen voi tulla kuitenkin ongelmia, jos halutaan pitää kiinni moduulimitoista.



Kuva 55. Takaprofiili rei'illä

Toinen urien aiheuttama ongelma on profiilin käyttäytyminen lattaraudan lailla urien ulkoreunoilla. Tämä on ongelmana erittäin haastava. Yksi keino korjata ongelma on tehdä lisää muotoa profiilin reunaan. Tosin tällöin helposti pilataan lisäosien sopivuus tai profiilien istuvuus päällekkäin.

Yksi mahdollinen ratkaisu on painaa urat profiilien ulkoreunaan (Kuva 56). Urat olisivat mitoitettu siten, että etu- ja takaprofiili istuvat edelleen päällekkäin, eli etuprofiilin ura painautuisi takaprofiilin uraan. Ongelmana ovat lisäosat, sillä niiden kiinnitys hankaloituu samalla paljon.



Kuva 56. Vaihtoehtoinen profiili

Toinen vaihtoehto olisi ajaa urat toiselle puolelle profiilia, jolloin ne työntyisivät ulospäin profiilista. Tällöin lisäosien kiinnitys profiilin sisäpintaan onnistuu entiseen tapaan. Tämän vaihtoehdon ongelmaksi muodostuu kahden profiilin vierekkäinen asennus, kuten kappaleessa 6.4.4 tehdään.

Helpoin ratkaisu on vaihtaa ohutlevy paksumpaan. Tämä kasvattaa profiilin poikkipinta-alaa, mikä lisää taivutusvastusta. Tällöin on kuitenkin huomioitava profiilien ja urien istuvuus päällekkäin, sillä paksumpi levy muuttaa profiilien mittoja ja urien suhteellista sijaintia.

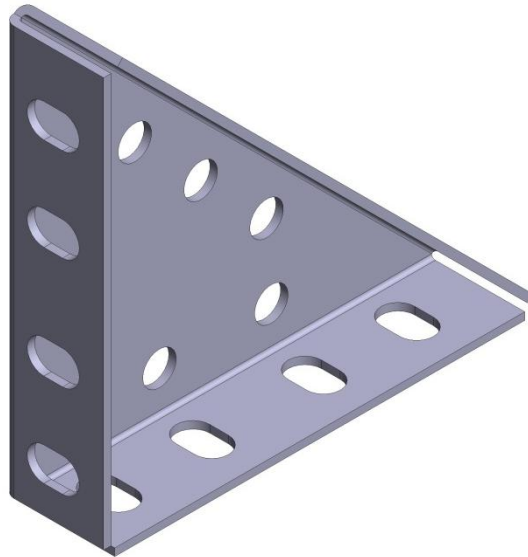
### 10.2 Pyöräkiinnikkeet ja pyörät

Pyöräkiinnikkeet osoittautuivat täysin riittämättömiksi prototyypin yhteydessä käytetyille pyörille. Pyöräkiinnikkeiden kohdalla on syytä punnita mikä on jatkoprofiilin käyttökohde tulevaisuudessa. Pyöräkiinnikkeet voisivat toimia reilusti kevyemmissä rakenteissa, joissa voidaan käyttää pienempiä pyöriä. Pyörän tulisi olla suoraan pyöräkiinnikkeen alapuolella, jotta vääntömomenttia ei pääsisi syntymään.

### 10.3 Kulmapala

Prototyyppi osoitti todella hyvin kulmapalan heikkoudet, sillä nykyisellään se toimii jousen lailla. Muotona kolmio on kuitenkin mielenkiintoinen ratkaisu mahdollistaen lukuisia eri rakenteita.

Yksi jatkokehitysmahdollisuus on tehdä kulmapalasta kuppimainen, jossa on pohja ja kyljet (Kuva 57). Tällöin siihen saa tehtyä reiät kahdelle sivulle, mikä tekee sen kiinnityksestä profiiliin tukevamman. Tällä rakenteella kulmapala ei voisi toimia jousimaisesti ja siten se tukevoittaisi rakennetta. Valmistuksen kannalta kuppimainen kulmapala olisi myös helpompi tehdä kuin prototyypissä käytetty, sillä kuppimaiseen rakenteeseen ei tule ollenkaan hitsausaumoja. Tämä vähentää työvaiheita ja valmistusaikaa.

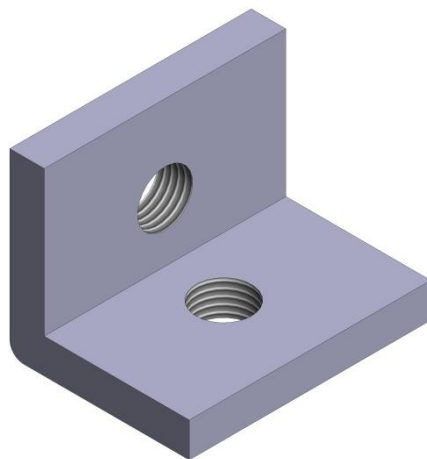


Kuva 57. Jatkokehitysidea kulmapalalle

### 10.4 Kierrelatta

Kierrelatan särmään tehty 45 asteen viiste osoittautui toimivaksi ratkaisuksi. Samalla tuli myös todettua, että kahden profiilin liitoksesta saadaan tukeva käyttämällä kahta kappaletta yksireikäisiä 35 x 25 x 5 mm:n kokoisia kierrelattoja. Kaksireikäinen 49 x 25 x 5 mm:n kokoinen kierrelatta on tähän käyttöön turhan järeä, joten sille voidaan etsiä mahdollista käyttökohdetta muualta rakenteesta.

Toisena vaihtoehtona 45 asteen viisteelle on tehdä L-muotoinen kierrelatta (Kuva 58). Tämä rakenne vähentäisi osien määrää ja siten helpottaisi kaasausta. Kierrelatan valmistuksessa on todella tärkeää, että se on tarkalleen suorakulmainen, sillä kierrelatta ei anna periksi, kuten etu- ja takaprofiilit tekevät. Kulmasärmässä täytyy olla pyöristys, jotta se istuisi profiiliin hyvin. Tämän lisäksi on tarkistettava reikien paikat profiileissa, sillä niissä ne ovat mitoitettu profiilin ulkoreunasta. Tämän kaltainen kierrelatta soveltuu ainoastaan etu- ja takaprofiilin liitokseen, joten on hyvä punnita sen tarpeellisuus.



Kuva 58. Esimerkki vaihtoehtoisesta kierrelatasta

### 10.5 Kiinnitysruuvit

Ulkoneva ruuvin kanta oli prototyypissä kaikkien eniten kosmeettinen ongelma. Työpisteen kasauksessa ruuvikantaan tuli kiinnitettyä huomiota kahdessa kohtaa. Toinen oli pöytälevyn kiinnitys ja toinen lyhyen vaakapalkin kiinnitys.

Pöytälevyn kiinnitys onnistui ongelmitta ruuvikantojen päälle, kun vaan muisti käyttää pöytäruuvien kohdalla pieniä korokepaloja. Tällöin pöytälevy saatiin jäämäkästi kiinni.

Toinen huomio liittyy lyhyen vaakapalkin kiinnitykseen, sillä jalan pituutta säädettyä se on irrotettava. Käytännössä riittää, että lyhyt vaakapalkki saataisiin kiinnitettyä pelkästään takaprofiiliin, sillä tällöin sitä ei tarvitsisi huomioida lainkaan jalan pituussäädössä. Tällöin täytyisi käyttää uppokantaista ruuvia, jotta kanta painuisi samaan tasoon takaprofiilin pinnan kanssa.

Uppokantaisen ruuvin käyttöä nykyisessä profiilissa estää käytettävän ohutlevyn ohuus. Ohutlevy vaihtaminen paksumpaan mahdollisesti ratkaisisi ongelman. Uppokantainen ruuvi olisi myös ulkonäöllisesti hyvä ratkaisu ja se poistaisi kaikki ruuvikantaan liittyvät ongelmat.

Toinen vaihtoehto on etsiä matalakantaisempaa ruuvia kuin nyt käytössä olevat. Tämä ei varsinaisesti poista ruuviin liittyviä epäkohtia, mutta sen avulla niitä voidaan pienentää. Esimerkiksi huonekaluissa käytetään matala- ja leveäkantaista ruuvia (Kuva 59). Ehkä näistä löytyisi myös tähän työpisteeseen sopiva ratkaisu.



Kuva 59. Huonekaluissa yleisesti käytettävä matala- ja leveäkantainen ruuvi

## 11 PROFIILIN TULEVAISUUS

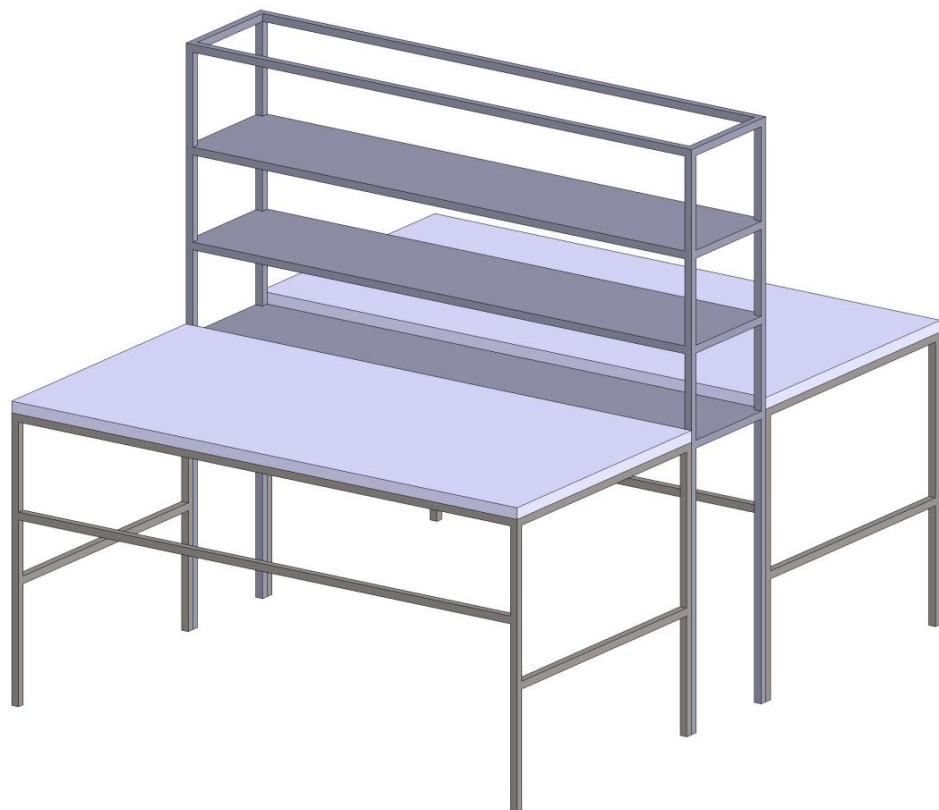
Työpisteen prototyyppi osoitti, että profiili on liian kevyt näin raskaaseen työpisteratkaisuun. Säädettävä jatkoprofiililla on paremmat elinehdot selkeästi kevyemmissä ratkaisuissa. Sen avulla on mahdollista rakentaa kevyille kuormituksille sopivia pöytiä.

### 11.1 Profiili työpisteessä

Prototyyppi paljasti lukuisia heikkouksia profiilissa. Sen vuoksi on tärkeätä pohtia millaiseen käyttöön profiilista tehtyä työpistettä halutaan tarjota. Jos halutaan säilyttää nykyinen rakenne, niin runkoa täytyy saada jäykistettyä merkittävästi ja profiilin taivutusvastukseen on kiinnitettävä huomiota. Jos halutaan käyttää säätöputkia ja reikälevyjä, niin pöytä olisi sijoitettava seinää vasten. Toisena vaihtoehtona olisi tuoda ylimääräiset tuet taakse.

Säätöputkien korvaaminen jatkoprofiililla on myös otollinen vaihtoehto. Tällöin rakenne pysyy kevyenä. Sovella Oy:llä on jo nykyisin käytössä säätölistoja, jotka voidaan ruuvata suoraan seinään kiinni. Tämä säätölista voidaan yhtä hyvin ruuvata kiinni jatkoprofiiliin, jolloin se korvaa säätöputken monelta osin.

Yksi mahdollisuus on hyödyntää TowerLine-työpöydistä löytyvää kaksipuolista pöytäratkaisua. Tällöin pöytien väliin voidaan rakentaa profiilin avulla hyllykkö (Kuva 60).



Kuva 60. Esimerkki profiilin hyödyntämisestä työpisterakenteissa

### 11.2 Profiili Sovella Oy:n muissa tuotteissa

Tutkimalla Sovella Oy:n nykyistä tuotevalikoimaa, jatkoprofiilille löytyy helposti mahdollisia käyttökohteita muista tuotteista, kuten kevytvaunuista. Esimerkiksi hyllyvaunu (Kuva 61) jo nykyään rakentuu hyvinkin pitkälti vastaavasta L-profiilista. Täten siinä käytettävä profiili ja tässä opinnäytetyössä kehitetty jatkoprofiili voitaisiin yhdistää, jolloin erilaisten profiilien määrää saataisiin vähennettyä. Tällöin hyllyvaunu voitaisiin helposti rakentaa eri mittaan nykyisen yhden vakiokoon sijasta.



Kuva 61. Hyllyvaunu (Sovella Oy 2012)

Jatkoprofiilia voitaisiin helposti käyttää myös kiinteissä hyllyissä. Tällöin hyllyt olisivat vapaasti säädettävissä asiakkaan tarpeiden mukaan. Profiilin soveltuvuutta myös läpivirtaushyllyyn on syytä tutkia.

Profiilin pituudet on todella tärkeää pohtia uusiksi, jos sen käyttökohteita aletaan monipuolistaa. Nykyiset pituudet ovat mitoitettu pelkästään Basic-työpisteen mukaan. Yksi mahdollisuus olisi tuoda useampaa eri pituutta esimerkiksi takaprofiilista. Tällöin etuprofiilin roolina olisi toimia säätövarana palkin päässä tai olla liitospalana kahden takaprofiilin välillä.

### 11.3 Profiilin pituudet

Prototyypin kohdalla kävi ilmi, kuinka paljon kasausta hankaloitti, että palkit rakentuivat useammasta profiilista. Sen vuoksi olisi paikallaan pohtia, että olisiko parempi käyttää vakiomittaisia profiileja pöydän leveydessä ja syvyydessä, sillä ne määräytyvät käytettävän pöytälevyn mukaan. Todennäköisesti näitä profiilipituuksia voitaisiin hyödyntää muissa mahdollisissa ratkaisussa, kuten hyllyissä tai hyllyvaunuissa.

### 11.4 Lean-ajattelun mukainen tuotevalikoima

Lean-ajattelun yhteydessä törmää termiin visuaalinen tehdas. Esimerkiksi tutkimalla kilpailevan Beewatec-yrityksen tuotteita huomaa, että se käyttää tuotteissaan värejä erittäin vahvasti hyväkseen (Beewatec 2012). Värien avulla pystytään helposti ohjaamaan katsetta, jolloin huomio saadaan kiinnitettyä oikeisiin asioihin.

Jatkoprofiilin tuotteistamisen kohdalla on sen vuoksi tärkeätä kiinnittää huomiota värien käyttöön. Tämä koskee luonnollisesti myös muuta tuotevalikoimaa. Täten esimerkiksi työkalut saadaan erottumaan taustasta paremmin, jolloin työntekijä löytää suoraan etsimänsä ja hänelle jää enemmän aikaa tuottavan työn tekoon.

Erimittaisten profiilien ja niiden käytettävyyden välille on myös tärkeätä löytää tasapaino. Useamman profiilipituuden valmistamisessa on tärkeätä huomioida, että niitä ei sekoiteta helposti toisten mittaisten profiilien kanssa. Täten profiilien täytyy selkeästi olla eripituisia. Profiilien erottamiseen toisistaan voidaan käyttää myös värejä tai tehdä niistä leveydeltään erikoisia.

## 12 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön alkuperäinen tavoite oli suunnitella teräksinen jatkoprofiili työpisterakenteeseen. Tavoitteet näiltä osin siis täyttyivät ja tulokset olivat paikoin yllättäviä.

Basic-työpisteen rungon käyttäminen suunnittelun lähtökohtana oli hyvä ratkaisu, vaikka jatkoprofiili osoittautui turhan kevyeksi rakenteeksi. Täten jatkoprofiilille saatiin selkeä vertailukohde nykyisistä tuotteista ja sen kautta on helppo miettiä uusiksi jatkoprofiilin tulevaisuutta.

Opinnäytetyö omalta osaltaan osoittaa kuinka tärkeitä tuotekehitysprojektille on saada valmistaa prototyyppi. Sen kautta suunnittelija pääsee paljon paremmin käsiksi ratkaisun toimivuuteen ja se voi paljastaa myös yllättäviä seikkoja. Prototyypin pohjalta on myös helppo jatkaa tuotteen kehittämistä.

Ratkaisu ei tavoittanut lean-ajattelun asettamia tavoitteita käytettävyydessä ja selkeydessä. Tuotteen tulee olla merkittävästi yksiselitteisemmin ja helpommin kasattavissa. Lean-ajattelun kannalta on äärimmäisen tärkeitä punnita mitä asiakas lopulta jatkoprofiilirakenteelta haluaa.

Uudenlaisen tuotteen kohdalla on mahdollista, että asiakas ei välttämättä hahmota sen tuomia etuja nykyiseen ratkaisuun. Tällöin Sovella Oy voi tarjota osaamistaan pohjaratkaisujen suunnittelussa ja siten havainnollistaa ratkaisujen käyttömahdollisuuksia.

Kokonaisuutena kuitenkin jatkoprofiilin tuotekehitys oli opinnäytetyöaiheeltaan erinomainen. Työn tulokset ovat hyvinkin kirjavat ja antavat paljon pohdintaa jatkokehitykseen, joten kokonaisuutena työtä voidaan pitää onnistuneena.



## LÄHTEET

### Kirjallisuus:

Liker, Jeffrey K. 2008. Toyotan tapaan. 2. painos. Helsinki: Readme.fi

Kuhmonen, M & Toivanen, K. 2011. Lean-työpisteen kehitys Sovella Oy:lle. Projektin loppuraportti. Elomatic Oy.

Sovella Oy. 2010. Tuoteluettelo 2010 – 2011. Sovella Human Workspace.

Tuominen, Kari. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. 1. painos. Helsinki: Readme.fi

### Sähköiset:

Beewatec. 2012. Beewatec. Viitattu 19.4.2012.  
<http://www.beewatec.de>

Putkiaivot Oy. 2012. Viitattu 17.4.2012. <http://www.putkiaivot.fi>

Sovella Oy. 2011. Opinnäytetyö-ilmoitus. Sähköpostiviesti. Vastaanotettu 21.11.2011.

Sovella Oy. 2012. Kuvapankki. Viitattu 9.5.2012

Sovella Human Workspace. 2012. Viitattu 8.3.2012.  
[www.sovella.fi](http://www.sovella.fi)

Wikipedia 2012 a. Lean manufacturing. Viitattu 15.3.2012.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing)

Wikipedia 2012 b. Toyota Production System. Viitattu 15.3.2012.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Production\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Production_System)

Wikipedia 2012 c. The Toyota Way. Viitattu 15.3.2012.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Toyota\\_Way](http://en.wikipedia.org/wiki/The_Toyota_Way)

Wikipedia 2012 d. Just-In-Time. Viitattu 15.3.2012.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Just-In-Time>

Wikipedia 2012 e. Lean. Viitattu 15.3.2012.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Lean>

.

## VAATIMUSLISTA

**Toimintojen vaatimukset**

- Säädettävyys
  - Helppo purkaa ja kasata uudelleen Kiinteä vaatimus
  - Helppo muuttaa mittasuhteita Kiinteä vaatimus
  - Valmista rakennetta pystytään jatkamaan ja laajentamaan Vähimmäisvaatimus
- Rakennettavuus
  - Yksinkertainen ja helppo rakentaa (ts. ilman ohjeita) Toive
  - Profiili liitettävissä suorassa kulmassa tai 45 asteen kulmassa toiseen profiiliin (Lisäosalla tai ilman) Kiinteä vaatimus

**Ympäristön vaatimukset**

- Yhteensopivuus
  - Yhteensopiva nykyisten varusteluosien kanssa (reikälevyt, pyörät yms.) Kiinteä vaatimus
  - Täytyy soveltua säätöputkien moduulimitaan Kiinteä vaatimus
- Huollettavuus
  - Käyttäjä voi korvata yksittäisen osan tai muuttaa/laajentaa rakennetta Kiinteä vaatimus
- Kantavuus
  - Työpiste kestää 300 kg kuorman (vrt. Basic) Vähimmäisvaatimus
- Kilpailukyky alumiiniprofiilia vastaan
  - Esteettisyys Toive
  - Säädettävyys Vähimmäisvaatimus
  - Kantokyky Vähimmäisvaatimus
- Pääkäyttäjärühmä teollisuus (teollisuuskaluste) Vähimmäisvaatimus
- Mitoitukseltaan vastattava Basic-työpistettä Vähimmäisvaatimus

**Valmistettavuuden vaatimukset**

- Materiaali: Teräs Kiinteä vaatimus
- Levytyöstönä Kiinteä vaatimus
- Standardiruuveilla yms. (ts. ei kalliita erikoisosia) Kiinteä vaatimus

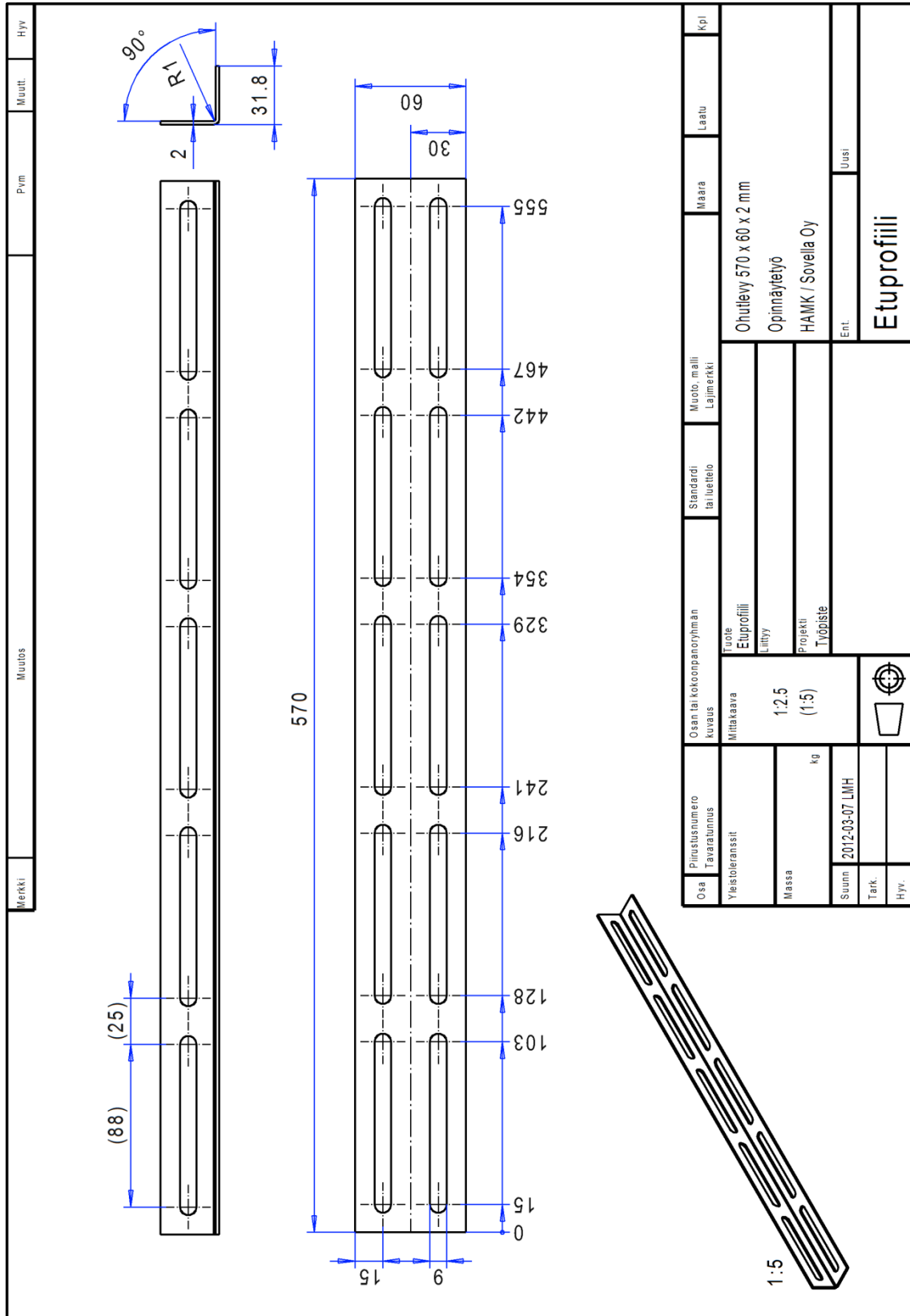
**Kustannusten vaatimukset**

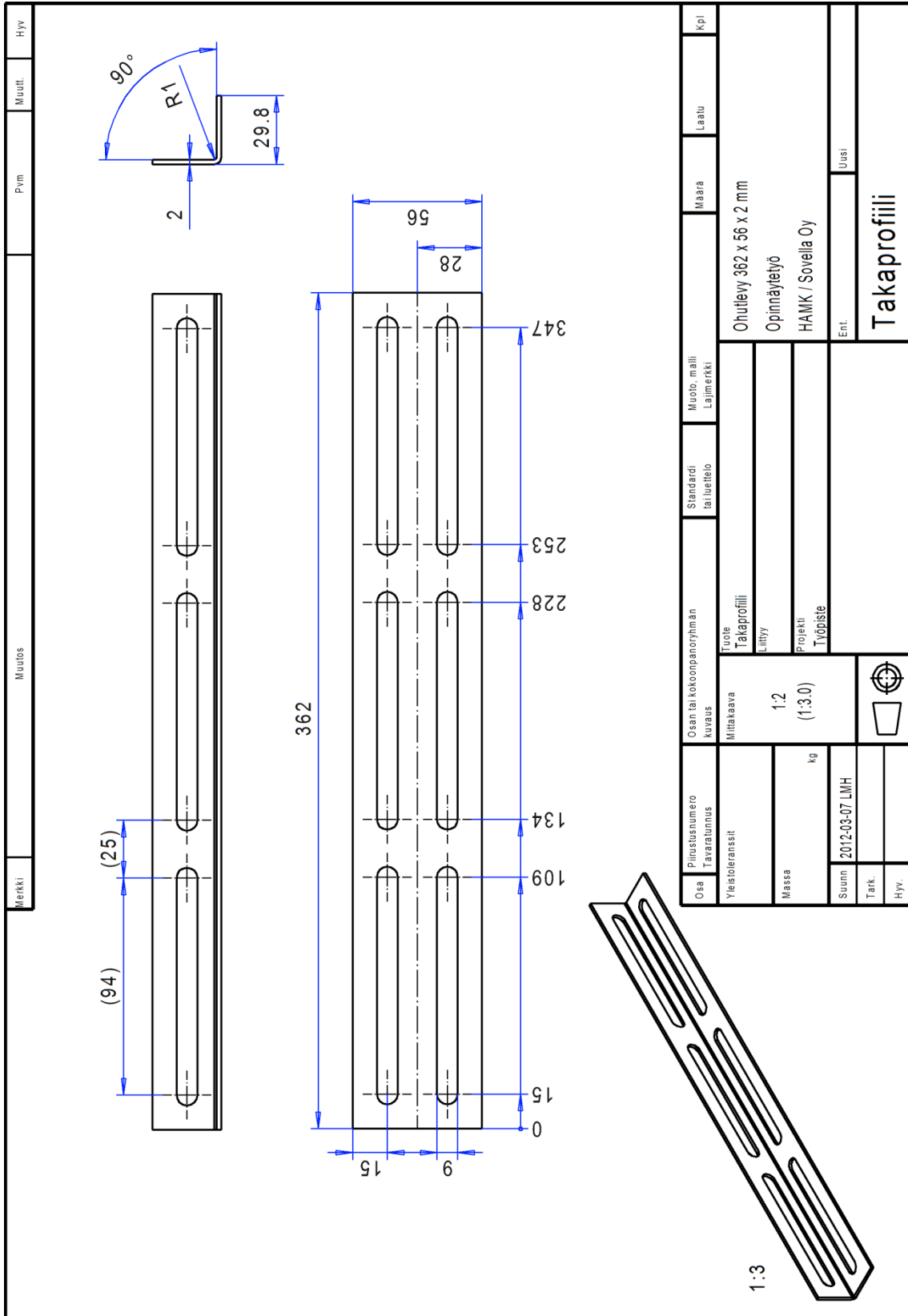
- Valmistushinta mahdollisimman edullinen Kiinteä vaatimus
- Mahdollisimman vähän lisäosia ja muita osia Kiinteä vaatimus
- Elinkaari ”ikuinen” muunneltavuuden vuoksi Toive

**Lisäosien vaatimukset**

- Samat kustannus- ja valmistettavuusvaatimukset kuin profiililla Kiinteä vaatimus
- Täytyy mahdollistaa seuraavat asiat: Vähimmäisvaatimus
  - Pöytälevyn kiinnitys
  - Reikälevyn kiinnitys
  - Profiilien toisiinsa liittäminen (suorakulmassa, 45 asteen kulmassa, suorassa)

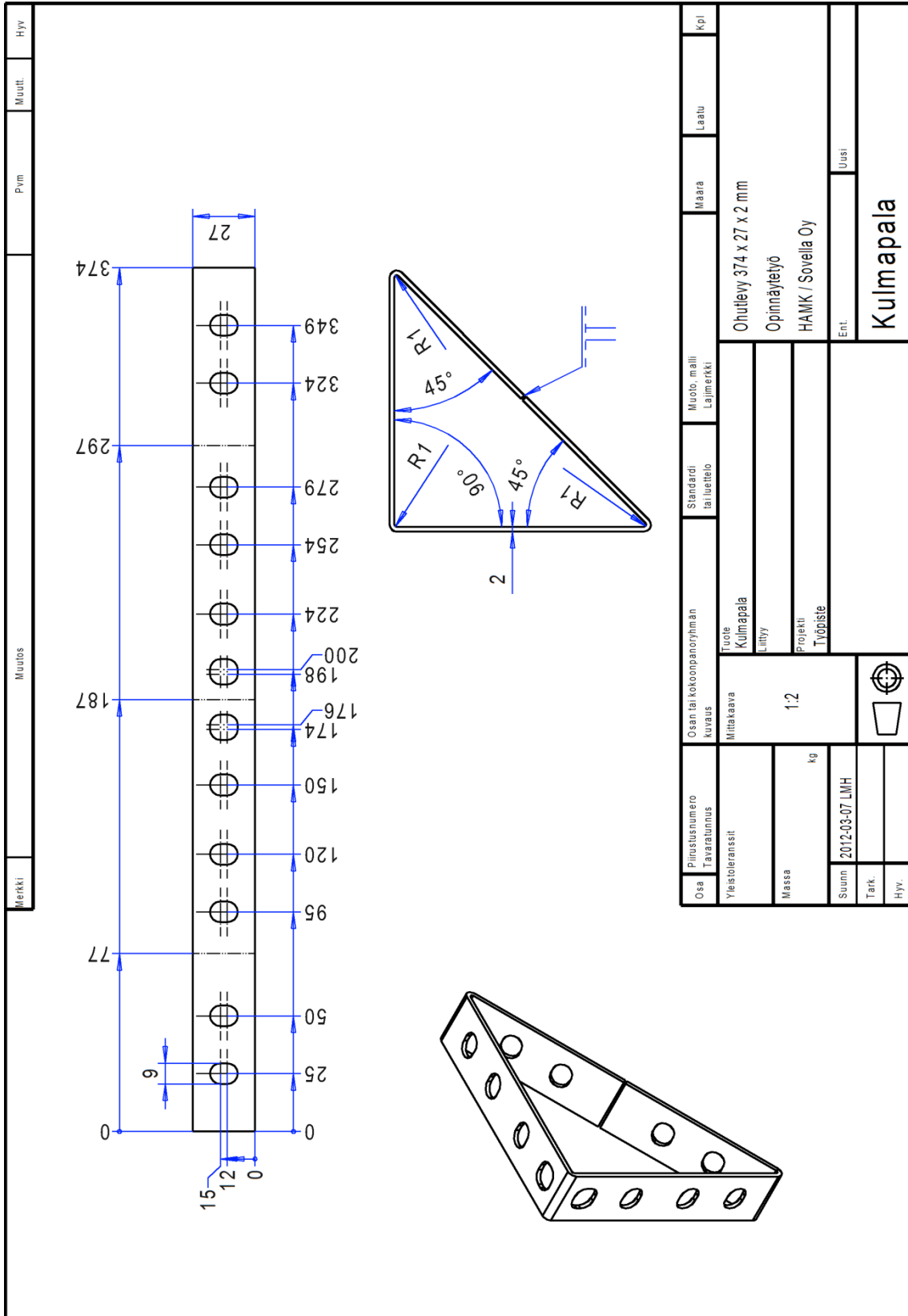
TEKNISET PIIRUSTUKSET





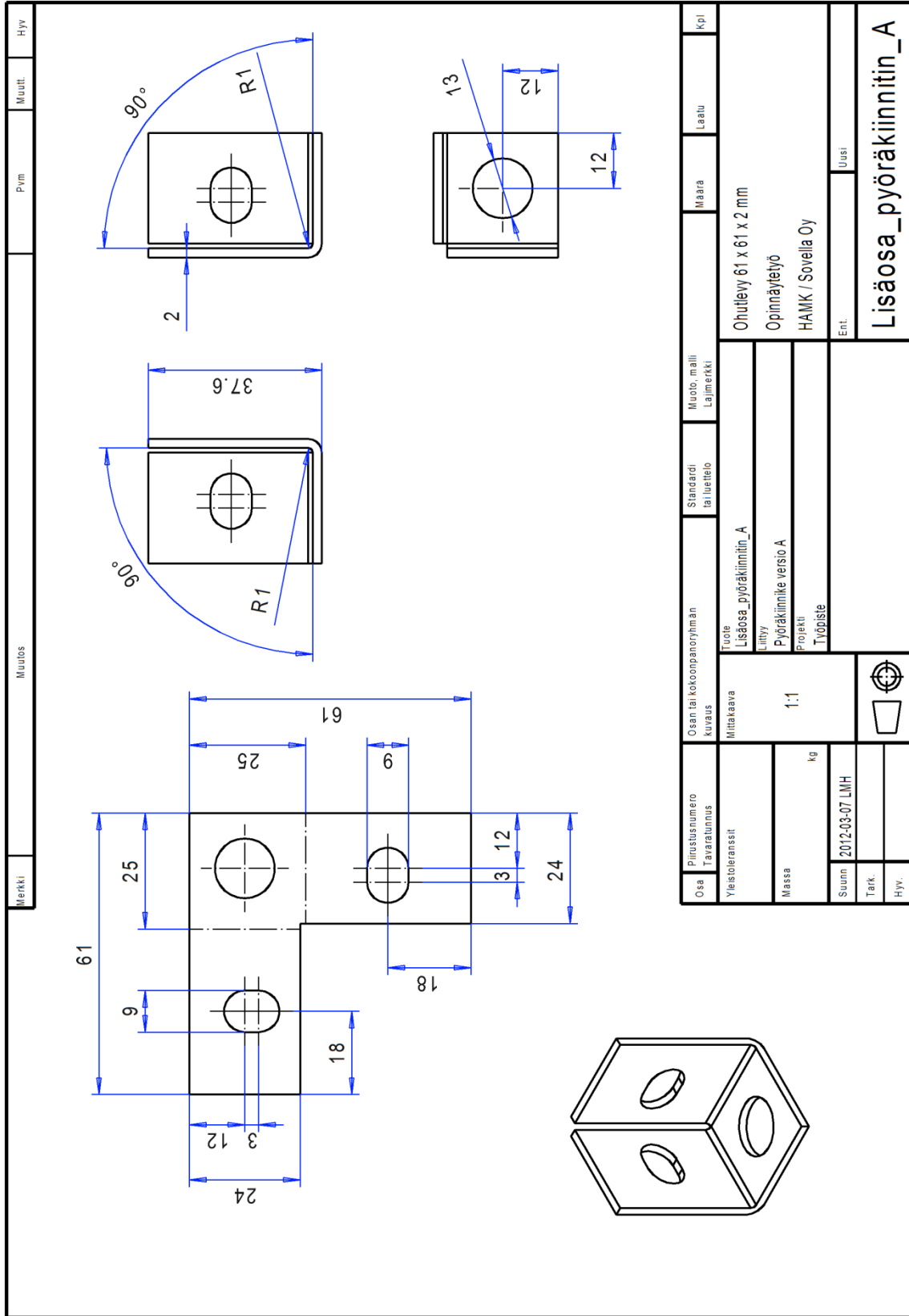
Merkki	Muutos	Pym	Muutt.	Hyy
Piirustusnumero Osa Tavaratunnus	Osan tai kokonpanoryhmän Kuvaus	Standardi tai luetelo	Muoto, malli Lajimerkki	Maara
Yleistoleranssit	Mittakaava	tuote Takaprofiili	Ohutlevy 362 x 56 x 2 mm	Kpi
Massa	1:2 (1:3.0)	Projektin Työpiste	Opinnäytetyö HAMK / Sovella Oy	Laatu
Suunn.	2012-03-07 LMH	Ent.	Uusi	
Tark.		Takaprofiili		
Hyy.				

# Jatkoprofiilin käyttökelpoisuus työpisterakenteessa

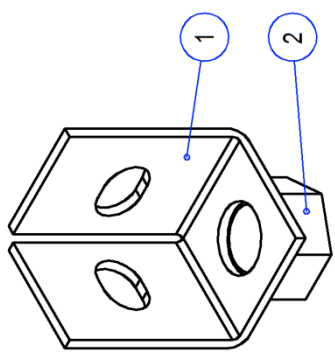
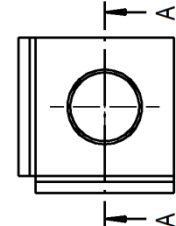
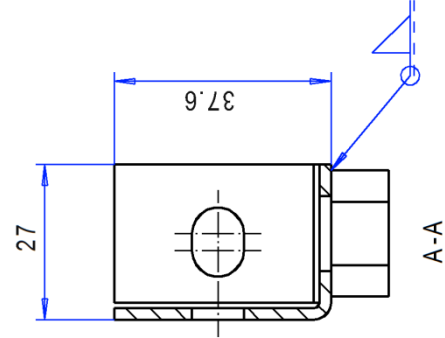


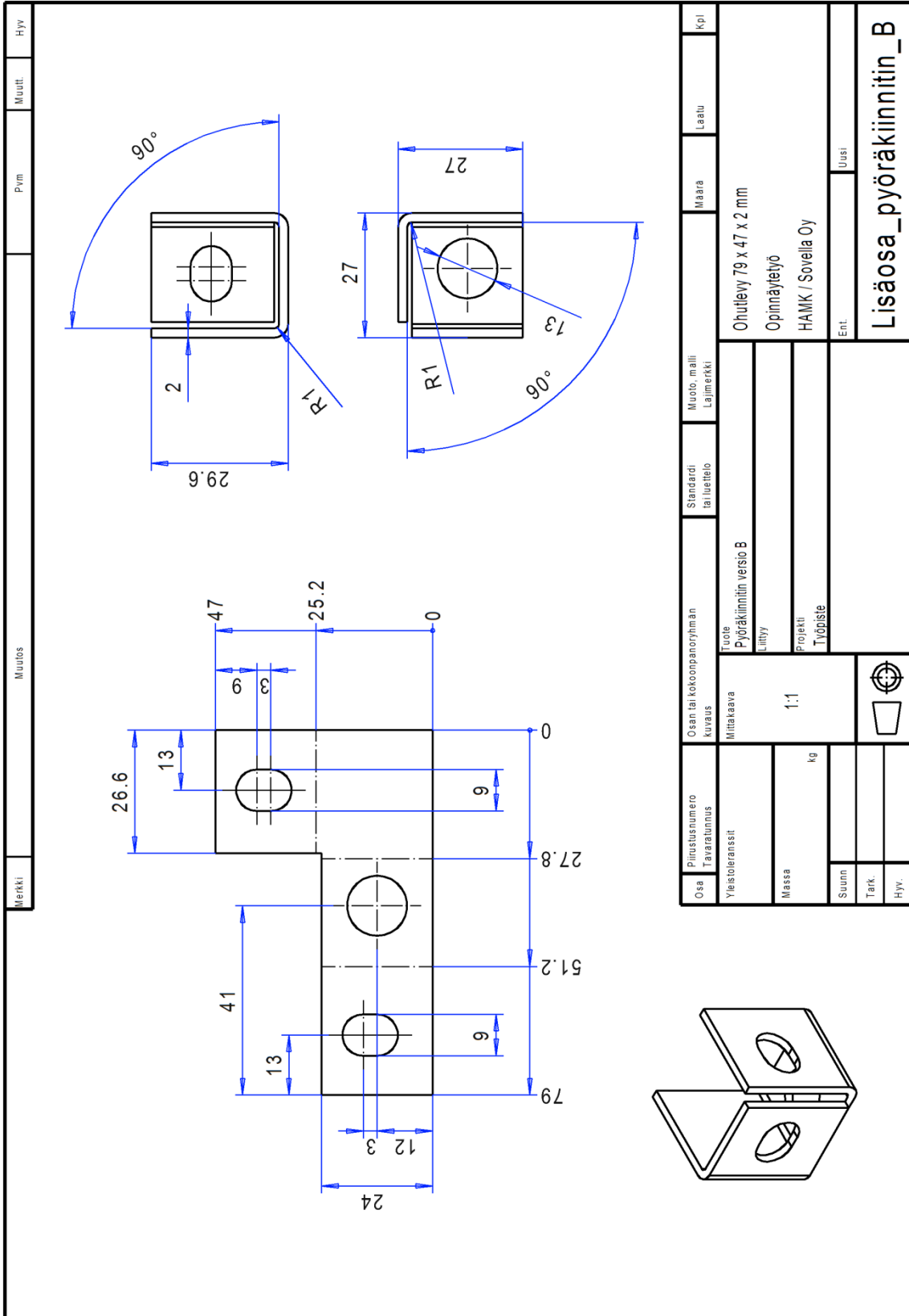
Pirustusnumero	Osa tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luetelo	Muoto, malli tai lajimerkki	Maara	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	tuote	Ohutlevy 374 x 27 x 2 mm			
Massa	1:2	Kulmapala	Opinnäytetyö			
Suunn.	2012-03-07 LMH	Projektin Työpiste	HAMK / Sovella Oy			
Tark.			Ent.			
Hyv.						
<b>Kulmapala</b>						

Jatkoprofiilin käyttökelpoisuus työpisterakenteessa



Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyy
Osä	Pinustusnumero Tavaralunus	Osan tai kokonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luetelo	Muoto, malli Lajimerkki
Yleistoleranssit	Mittakaava	Lisäosa_pyöräkiinnitin_A		
Massa	1:1	Ohutlevy 61 x 61 x 2 mm		
Suunn.	2012-03-07 LMH	Opinnäyte työ		
Tark.		HAMK / Sovella Oy		
Hyy.		Ert.		
		Uusi		
		Lisäosa_pyöräkiinnitin_A		

Merkki		Muutos		Pvm	Muutt.	Hyy
						
2	24032-M12	Kuusomitteri	EN24032	M12	88	1
1	Lisäosa, pyöräkinnin A	Ohjeleily 61 x 61 x 2 mm				1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhman kuvaus	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli	Maara	Kpl
Tavaratunnus				Lajimerkki		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Kokoonpano	
			Pyöräkinnike versio A		Opinnäyte työ	
Massa		1:1	Projekti		HAMK / Sovella Oy	
		kg	Työpiste		Ent.	
Suunn.	2012-03-07 LMH				Uusi	
Tark.						
Hyy.						
<b>Pyöräkinnike versio A</b>						





Merkki		Muutos		Pvm	Muutt.	Hyy
2	24032-M12	Kuusomitteri	EN24032	M12	88	1
1	Lisäosa_pöyräkinnin_B	Ohuilevy 79 x 47 x 2 mm				1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhman kuvaus	Standardi tai lueletto	Muoto, malli	Maara	Kpl
Tavaratunnus				Laajennus		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Pyöräkinnike versio B	Kokoonpano		
			Uusi	Opinnäyteilyö		
Massa	1:1		Projektin	HAMK / Sovella Oy		
	kg		Työpiste	Ent.	Uusi	
Suunn.	2012-03-07 LMH			<b>Pyöräkinnike versio B</b>		
Tark.						
Hyy.						

# Jatkoprofiilin käyttökelpoisuus työpisterakenteessa

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv.				
8	Takaprofiili	Ohutlevy 362 x 96 x 2 mm						11
7	Säätöputki, malli							3
6	Kulmapala	Ohutlevy 374 x 27 x 2 mm						10
5	Etuprofiili	Ohutlevy 570 x 60 x 2 mm						12
4	Kierrelatta 96 x 25 x 5							10
3	Kierrelatta 49 x 25 x 5							27
2	Pyöräkinnike versio B							2
1	Pyöräkinnike versio A							2
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava 1:11	Tuote Työpiste 1500 x 750		Kokoonpano Opinnäytetyö HAMK / Sovella Oy			
Massa kg			Liitty					
Suunn 2012-03-07 LMH		Projekti Työpiste palautus		Ent.		Uusi		
Tark.				<b>Työpiste kokoonpano</b>				
Hyv.								