



Roope Lyytikäinen

Jakeluperävaunun suunnittelu ja kokoonpano

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

25.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Roope Lyytikäinen
Otsikko: Jakeluperävaunun suunnittelu ja kokoonpano
Sivumäärä: 33 sivua + 2 liitettä
Aika: 25.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka
Ammatillinen pääaine: Koneautomaatio
Ohjaajat: Lehtori, Maria Sjöholm

Tämä opinnäytetyö tehtiin osana Big-Flash-hanketta Metropolian Ammattikorkeakoululle. Big-Flash-projektin tarjoavana yrityksenä toimi Pickdelso Oy. Opinnäytetyön aiheena oli jakeluperävaunun prototyypin valmistaminen. Jakeluperävaunulla pyritään optimoimaan logistiikkaa noutomyynnissä ja kotiin toimituksissa. Jakeluperävaunu muistuttaa yleistä postin jakeluautomaattia/pakettiautomaattia, mutta se on tehty perävaununmuotoon, jotta se on helposti siirrettävissä. Kun jakeluautomaattia voidaan siirtää, se voidaan täyttää jo varastolla ja toimittaa suoraan paikkaan, josta kuluttajan on helppo noutaa tuotteensa. Tämä eliminoi ylimääräisen kuljetuksen lastaamisen ja purkamisen tuotteiden kuljettamisessa varastolta jakelupaikkaan. Jaeltavia tuotteita tai paketteja lastataan sekä jakeluperävaunuun että sitä vetävään ajoneuvoon, joten kuljetuskapasiteetti ja jakelukapasiteetti kasvavat.

Opinnäytetyössä keskityttiin suurimmaksi osaksi valmistettavien osien mallintamiseen ja valmistukseen. Mallintamalla saatiin varmistettua konseptin mitat ja teräslevyosien valmistamiseen tarvittu ohjeistus. Teräslevyosien malleista tehtiin piirustukset ja niistä saatiin ohjeistus teräslevyjen laserleikkaukseen ja särmäykseen. Muista osista tehtiin myös osapiirustukset, joita käytettiin osien valmistuksessa avuksi.

Prototyyppi saatiin osittain valmistettua. Joidenkin mittatilattujen levyosien valmistuksessa kesti liian kauan ja ne eivät ehtineet saapua ajoissa. Tehtyjen osa- ja kokoonpanopiirustusten mukaan kokoonpanoa ja osien valmistusta on kuitenkin helppo jatkaa.

Avainsanat: logistiikka, perävaunut, suunnittelu, kokoonpano

Abstract

Author: Roope Lyytikäinen
Title: Delivery Trailer Design and Assembly
Number of Pages: 33 pages + 2 appendices
Date: 25 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Machine Automation
Supervisors: Maria Sjöholm, Senior Lecturer

This Bachelor's thesis was conducted as part of the Big Flash program for Metropolia University of Applied Sciences. This thesis was commissioned by Pickdelso Oy. The goal of this thesis was to manufacture a prototype for a delivery trailer. The delivery trailer aims to optimize the logistics of the delivery of ecommerce products from the warehouse to the customer. The delivery trailer resembles a general parcel locker, but it is constructed on top of a trailer for easy transportation. As the parcel locker can be moved it can be filled at the warehouse and moved to the delivery location where the customer can pick up their parcel. This removes the need for separate transportation of the parcels from the warehouse to the delivery location. The parcels or products to be delivered are loaded into the delivery trailer as well as into a vehicle that tows it, thus the transportation capability and the delivery capacity will grow.

The thesis focused mainly on modeling and manufacturing the parts needed for the assembly of the prototype delivery trailer. By modeling the parts in the CAD software, the dimensions of the concept could be verified. The modeled parts could also be used to create instructions for the manufacturing of sheet metal parts and used in the assembly. Drawings were made for the sheet metal parts which could be used as instructions for the laser cutting and bending of the sheet metal. Drawings were also made for the rest of the parts as well, which could be used to aid in their manufacturing.

The prototype was partially manufactured and assembled. The production of some of the custom-ordered sheet metal parts took too long and did not arrive in time. However, the assembly and part manufacturing can easily be continued with the help of the drawings created.

Keywords: logistics, parcels, trailers, design, assembly

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Viimeisen kilometrin ongelma	2
3	Jakeluperävaunun toimintaperiaate	3
3.1	Lukitus ja sen ohjaus	5
3.2	Vinssi	7
3.3	Virta	7
4	Työn vaiheet	8
5	Mallinnus ja mitoitus	9
5.1	Siemens NX	10
5.2	Katto	11
5.3	Seinät	14
5.4	Etulevy	17
5.5	Alusta	18
5.6	Alaslaskettava ovi	20
5.7	Piirustukset	22
6	Materiaalit	23
6.1	Ruostumaton teräs ja musta teräs	23
6.2	Alumiini	23
6.3	Kertopuu ja vanerit	23
6.4	Muovit	24
7	Valmistusmenetelmät	25
7.1	Laserleikkaus	25
7.2	Särmäys	25
7.3	Puu- ja vanerituotteiden työstö	26
8	Valmistus ja kokoonpano	26
8.1	Osien liittäminen	27

8.2	Alusta	27
8.3	Kehykset/Seinät	28
8.4	Tolpat, karmit ja luukut	29
8.5	Katto	30
8.6	Etulevy	31
8.7	Alaslaskettava ovi	32
9	Yhteenveto	32
	Lähteet	34
	Kokoonpanopiirustuksia	1
	Osapiirustuksia	1
	Liitteet	
	Liite 1: Kokoonpanopiirustukset	
	Liite 2: Levymallien osapiirustukset	

Lyhenteet

IPR: *Intellectual Property Rights* eli teollis- tai tekijänoikeudet (1, s. 1).

PK-yritys: Tarkoittaa pieniä tai keskisuuria yrityksiä eli yrityksiä, joissa työskentelee enintään 250 työntekijää ja liikevaihto vuodessa on alle 50 miljoonaa (2, s. 1).

CAD: *Computer-aided Design*. Tietokoneavusteinen suunnittelu on tietokoneen käyttämistä digitaalisten mallien luomisessa, muokkaamisessa, analysoinnissa ja optimoinnissa.

DXF: *Drawing Exchange Format*. Vektoritiedostotyyppi. Tiedostoformaatti, jota AutoCAD-mallinnusohjelma ja monet muut mallinnusohjelmat voivat käyttää.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, mallintaa ja valmistaa prototyyppi jakeluperävaunulle. Jakeluperävaunu on helposti siirrettävä versio normaalista jakeluautomaatista. Jakeluperävaunun tarkoituksena on minimoida ylimääräistä työtä kuljetus- ja jakeluvaiheessa. Kun jakeluautomaatti on kokonaan siirrettävissä, se voidaan täyttää jo tuotteiden noutopaikassa tai varastolla.

Tämä tarkoittaa sitä, että kuorman ylimääräinen pakkaaminen ja purkaminen eliminoituu kuljetusprosessista. Kun jaeltavia tuotteita on sekä jakeluperävau- nussa että sitä vetävässä pakettiautossa tai kevytkuorma-autossa, niin jakelu- kierroksen aikana saadaan toimitettua suurempi määrä tuotteita perille verrat- tuna siihen, että tuotteita olisi lastina ainoastaan pakettiautossa tai kevyt- kuorma-autossa. Jakeluautomaatit ovat entisestään tarpeellisempia, kun verkko-ostokset ja kontaktittomien ostoksien tekeminen yleistyy. Jakeluauto- maattien ylläpidosta poistuva ylimääräinen työ helpottaa jakelupalveluyritysten toimintaa ja vähentää sen kustannuksia.

Työssä valmistettiin osia kokoonpanoa varten ja koottiin valmis prototyyppi. Mallinnus tehtiin Siemens NX-ohjelmalla. Mallinnuksen tarkoituksena on varmis- taa mitat valmistettaville osille ja luoda piirustukset avustamaan osien valmista- misessa.

Työ tehtiin Pickdelso Oy:lle. Pickdelso Oy on Suomessa 2015 perustettu logis- tiikkaan erikoistunut tutkimus- ja kehitysyritys. Yrityksen nimi tulee sanoista ”picking and delivery solutions” eli ”keräily- ja jakeluratkaisut”. Pickdelso pyrkii kehittämään logistiikkaratkaisuja, joilla minimoidaan tarpeettomia manuaalisia työvaiheita. Pickdelso on jo kehittänyt konsepteja, joilla tehostetaan verkko- kauppaostosten käsittelyä ja työn tuottavuutta. Konseptien lisäksi Pickdelso Oy tarjoaa myös IPR-palveluita PK-yrityksille ja yksityisille keksijöille.

2 Viimeisen kilometrin ongelma

Viimeisen kilometrin ongelma tarkoittaa viimeistä vaihetta paketin kuljetuksessa eli vaihetta, jossa paketti saavuttaa kuluttajan tai kuluttajan valitseman osoitteen. Paketin matka kuluttajalle on monimutkainen ja vaatii paljon työvoimaa.

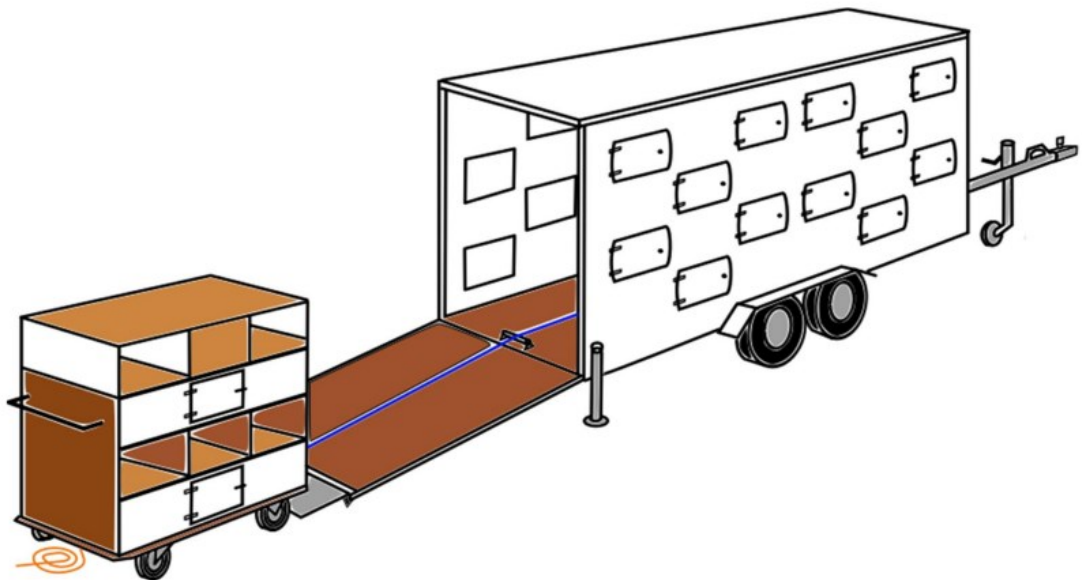
Oletetaan, että paketin sisällä on yksi tuote, joka on valmistettu sarjatuotantona tehtaalla ja tehdas sijaitsee jossakin valtameren takana. Paketti on lastattu miljoonan muun samanlaisen paketin kanssa konteissa rahtilaivaan ja rahtilaivalla voi olla noin kymmenen hengen miehistö. Tässä vaiheessa kuljetuksen työvoimakustannus pakettia kohti laskettuna on erittäin pieni. Kun laiva saapuu satamaan, kaksi konttia ja niissä olevat paketit lastataan rekkaan. Rekankuljettaja kuljettaa kerralla mahdollisesti tuhansia tuotteita varastoon, joten työvoimakustannus pakettia kohti laskettuna on edelleen pieni. Varastolta paketit jaellaan esimerkiksi pakettiautoilla asiakkaiden koteihin. Pakettiautoon mahtuu vain muutamia kymmeniä paketteja, joten työvoimakustannus pakettia kohti on suurempi kuin rekkakuljetuksessa, mutta jakeluvaiheessa pakettiauto on toki oikea ajoneuvotyyppi. Sitten pakettiauton kuljettajan täytyy löytää asiakkaan osoite ja sopiva pysäköintipaikka. Jos asiakas asuu omakotitalossa, tieltä on matkaa asiakkaan ovelle yleensä kymmeniä metrejä. Jos asiakas asuu kerros- tai rivitalo-alueella, kuljettajan täytyy löytää oikea talo ja oikea rappu, joten kävelymatkaa yhden paketin kanssa saattaa kerääntyä satoja metrejä. Toisin sanoen, ”viimeisen kilometrin” puitteissa työntekijä kuljettaa tai kantaa vain yhtä pakettia kerrallaan ja työvoimakustannus pakettia kohti laskettuna on varmasti suuri edellä mainittuihin kuljetuksen aiempiin vaiheisiin verrattuna.

Viimeisen kilometrin ongelma ei ole yhtä hankala, mikäli paketit jaellaan pakettiautomaatteihin. Silloin pakettiauton yhtä pysäköintiä kohti jaellaan kerrallaan tyypillisesti useita paketteja. Jakelua nopeuttaa sellainen käytäntö, että samaan pakettiautomaattiin tarkoitetut paketit on lastattu samaan rullakkoon.

3 Jakeluperävaunun toimintaperiaate

Jakeluperävaunulla pyritään minimoimaan ylimääräistä tehtyä työtä kuljetus- ja jakeluprosessissa. Koska jakeluperävaunu on helposti siirrettävissä, se voidaan täyttää jo varastolla/noutopisteellä, eikä välissä tarvitse enää täyttää ja purkaa erillistä kuljetusta. Jakeluperävaunua siirretään kohteeseen kiinnittämällä se jakeluajoneuvon peräkoukkuun. Jakeluperävaunu on siis helposti siirrettävä jakeluautomaatti, joka lisää jakelukierroksen kapasiteettia, koska jaeltavia tuotteita on sekä perävaunussa että sitä vetävässä jakeluajoneuvossa.

Jakeluperävaunun täyttämistä varten perävaunun sisällä on kääryt, joissa on hyllyjä perävaunun sivuilta löytyvien luukkujen kohdilla. Prototyypissä kääryjä mahtuu jakeluperävaunuun kaksi kappaletta. Kääryt siirretään täyttöalueelle täyttämistä varten. Päivittäistavaroiden keräilymyymälä on eräs esimerkki täyttöalueesta. Kääryjä voi olla enemmän kuin yksi pari, jotta tyhjt kääryt voidaan täyttää sillä aikaa, kun toiset kääryt ovat kuljetuksessa perävaunun sisällä. Jakeluperävaunun (kuva 1) sisältä löytyy myös vinssi, jolla voidaan avustaa kääryjen lastaamista perävaunuun.



Kuva 1. Jakeluperävaunun konseptipiirustus

Jakeluperävaunun luukut ovat lukittu sähköisesti ja ne ovat avattavissa Raspberry Pi:lla ohjatulla järjestelmällä. Raspberry Pi -tietokone on ohjelmoitu siten, että se avaa luukut PIN-koodilla, joka annetaan kuluttajalle/asiakkaalle. Kun jakeluperävaunu on täytetty, se kuljetetaan pisteeseen, josta kuluttaja voi hakea tuotteensa. Tällainen piste on esimerkiksi huoltoasema. Kuluttaja saa koodin, esimerkiksi tekstiviestitse, jolla hän voi avata tilaamansa tuotteen tai tuotteet sisältävän luukun ja useita luukkuja, jos tuotteet ovat suuria tai niitä on paljon. Koodi syötetään Raspberry Pi -tietokoneelle siihen kytketyllä näppäimistöllä.

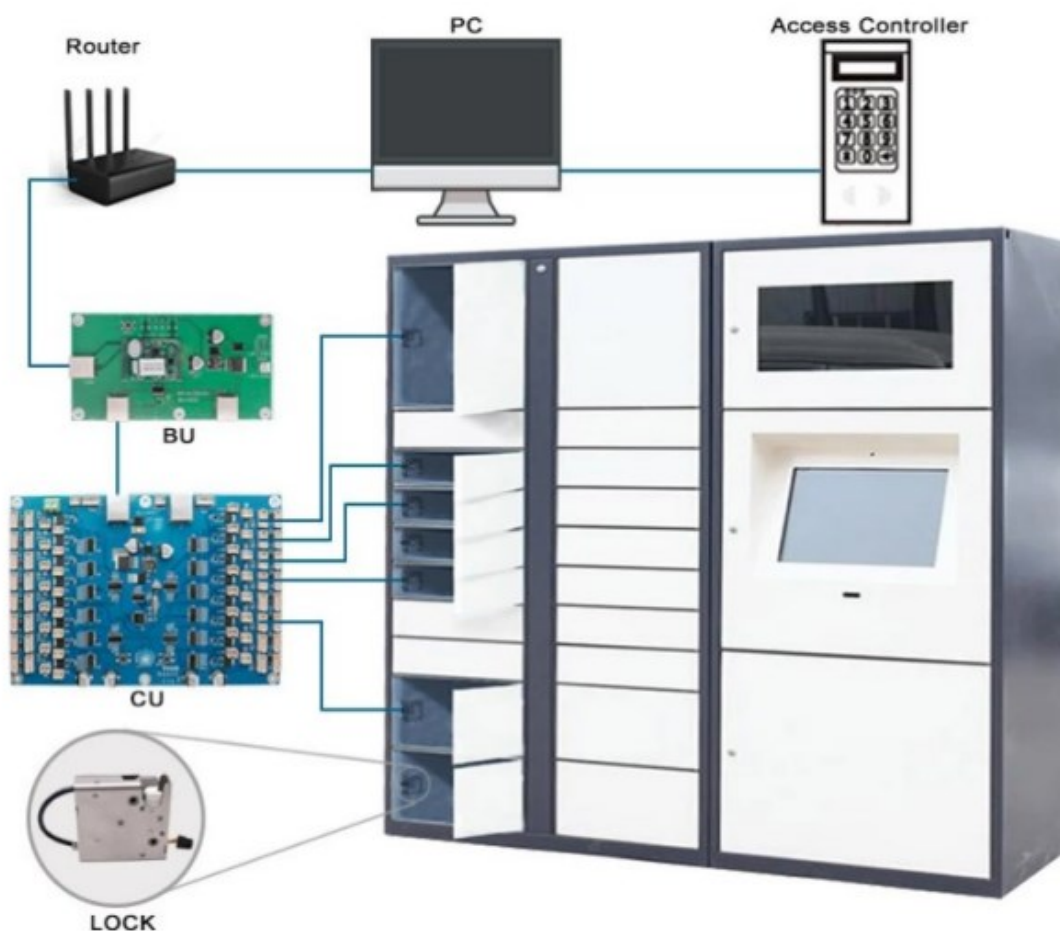
Jakeluperävaunun oletetaan olevan kohteessaan vain päiväsaikaan, jotta säästytään mahdolliselta ylimääräiseltä ilkivallalta. Jakeluperävaunun toiminnalle varattu akku on myös suunniteltu kestämään päivän ajan. Eli jakeluperävaunu on kuljetettava takaisin noutopisteelle tai varastolle päivän päätteeksi.

Päivittäistavaroiden osalta kuluttajat ovat tottuneet lyhyeen toimitusaikaikkunaan, jonka pituus on esimerkiksi kolme tuntia. Silloin on mahdollista, että jakeluperävaunu täytetään useammin kuin kerran saman päivän aikana. Myös muiden kuin päivittäistavaroiden osalta saattaa olla mahdollista, että kolmen tunnin toimitusaikaikkuna on riittävän pitkä kuluttajalle. Tämä tarkoittaa yleensä sitä, että kuluttaja saa valita eri päivien ja useiden aikaikkunoiden joukosta omaan aikatauluunsa sopivan aikaikkunan, jolloin hän pystyy noutamaan ostoksensa jakeluperävaunusta.

Jos saman päivän sisälle saadaan 2–3 toimitusaikaikkunaa yhden toimitusaikaikkunan sijaan, niin jakeluperävaunun käyttöaste kaksin- tai kolminkertaistuu. Tällöin jakeluperävaunusta tulee erityisen kiinnostava investointikohde kuljetusyritykselle tms. yritykselle, joka hyödyntää jakeluperävaunua omassa liiketoiminnassaan.

3.1 Lukitus ja sen ohjaus

Jakeluperävaunun luukut ovat lukittu sähkölukkoilla. Lukot saa avattua syöttämällä oikean PIN-koodin näppäimistöllä Raspberry Pi -tietokoneelle, joka puolestaan ohjaa isäntää (BU). Isäntä ohjaa renkiä (CU), joka ohjaa lukkoja. Tietokoneen ja isännän välillä on myös reititin (kuva 2).



Kuva 2. Periaatekuva jakeluperävaunun sähkölukkojärjestelmästä

Lukot lähettävät tiedon rengille ollessaan auki tai kiinni ja renki lähettää tietoa sitä ohjaavalle isännälle, joka puolestaan lähettää tietoa ohjaavalle tietokoneelle. Yksi renki voi ohjata maksimissaan 16 lukkoa kerralla. Luukkuja on 18, joten renkejä tarvitaan kaksi.

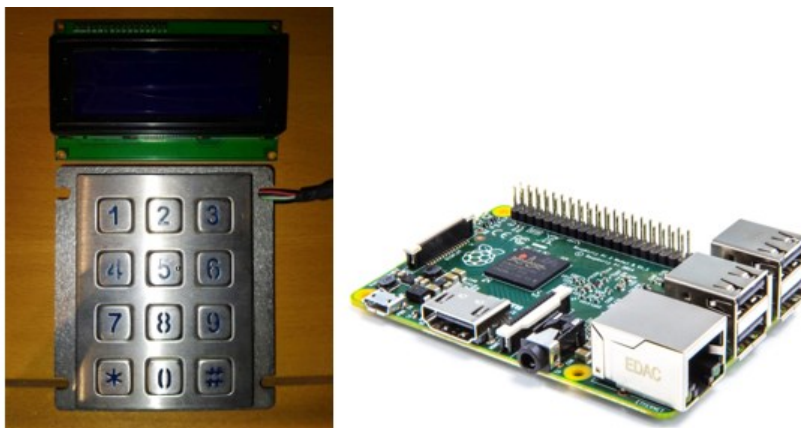
Sähkölukkojärjestelmän valmistaja on Kerong ja lukot ovat mallia KR-S79 (kuva 3). Lukkojen mukana tulee isäntä-piirilevy ja renki-piirilevyt. Lukot ovat

vedenkestäviä ja valmistettu ruostumattomasta teräksestä, eli ne ovat sopivia käytettäväksi jakeluperävaunussa, joka tulee olemaan suurimman osan ajastaan ulkotiloissa. Minimilämpötila lukoilta on -40°C , joten lukot sopivat Suomen ilmastoon.



Kuva 3. Kerong KR-S79 Lukko

Tietokoneena lukituksessa käytettiin Raspberry Pi -minitietokonetta (kuva 4). Raspberry Pi on yhden piirilevyn minitietokone. Se voidaan ohjelmoida halutulla tavalla ohjaamaan lukkojen toimintoja. Raspberry Pi:hin liitettiin näyttö ja näppäimistö (kuva 4).

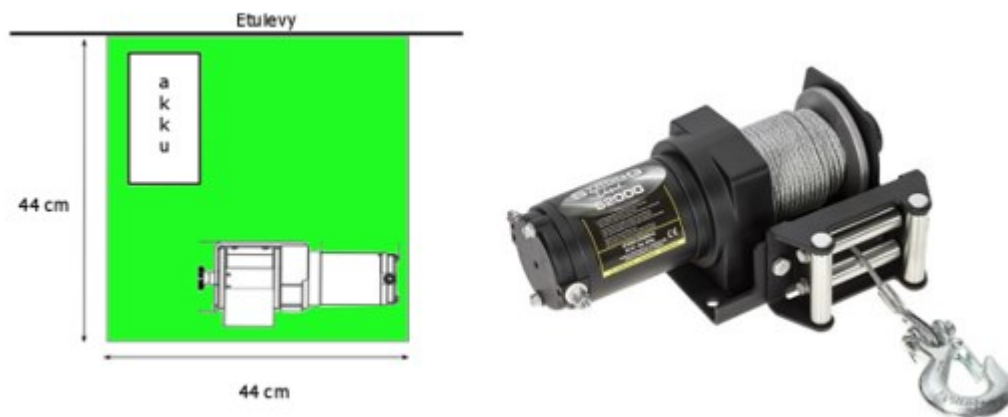


Kuva 4. Raspberry Pi ja siihen kytkettävät näyttö ja näppäimistö

Näppäimistöllä voidaan syöttää noutoon annettu koodi tietokoneelle ja näyttö näyttää, mitä kuluttajan on tehtävä pakettiansa noudettaessa. Näyttö voi lisäksi näyttää muuta tietoa esimerkiksi lukituksesta tai virrasta.

3.2 Vinssi

Jakeluperävaunun sisällä on vinssi (kuva 5), jolla avustetaan painavien kärriin siirtämistä perävaunun sisälle perävaunun alaslaskettavaa ovea pitkin.



Kuva 5. Vinssi ja hahmotelma sille varatusta tilasta

Vinssi kiinnitettiin perävaunun vanerilattiaan ja sen alla oleviin rautoihin. Kärriin eteen ja vetoköyden päähän tulee mekanismi, joka auttaa irrottamaan vetoköyden kärriä, kun kärri on vedetty riittävän pitkälle perävaunun sisään. Jakeluperävaunussa vinssinä käytetään Strong:n S2000 mallin vinssiä. Vinssin vetokyky on 907 kiloa, joka on riittävä suunnitellussa käytössä. Vinssille on varattu tilaa perävaunun etuosasta ja se on riittävän pieni mahtuakseen kärriin alle jäävään tilaan. Vinssistä löytyy myös automaattinen kuormanpitojarru, joka lisää turvallisuutta vinssiä käytettäessä. Vinssin vetoköyden pituus on 15,2 metriä.

3.3 Virta

Jakeluperävaunussa olevat luukkujen lukot ovat sähköisesti ohjattavia. Lukkojen ohjaukseen tarvitaan myös tietokone ohjelmointia varten ja

sähkölukkojärjestelmään sisältyvät piirilevyt. Tietokoneen ja lukkoja ohjaavien piirilevyjen välillä on reititin, joka toimii lisäksi langattomana modeemina. Modeemin kautta tietokoneen muistiin siirretään tietokoneen toimintaa ohjaava tiedosto. Kyseinen tiedosto sisältää PIN-koodin ja luukkunumeropareja. Kun käyttäjä syöttää PIN-koodin, tietokone tarkistaa, löytyykö käyttäjän syöttämä koodi tiedostosta? Jos löytyy, tietokone avaa sen luukun, jonka kyseinen PIN-koodi ja luukkunumeropari ilmaisee.

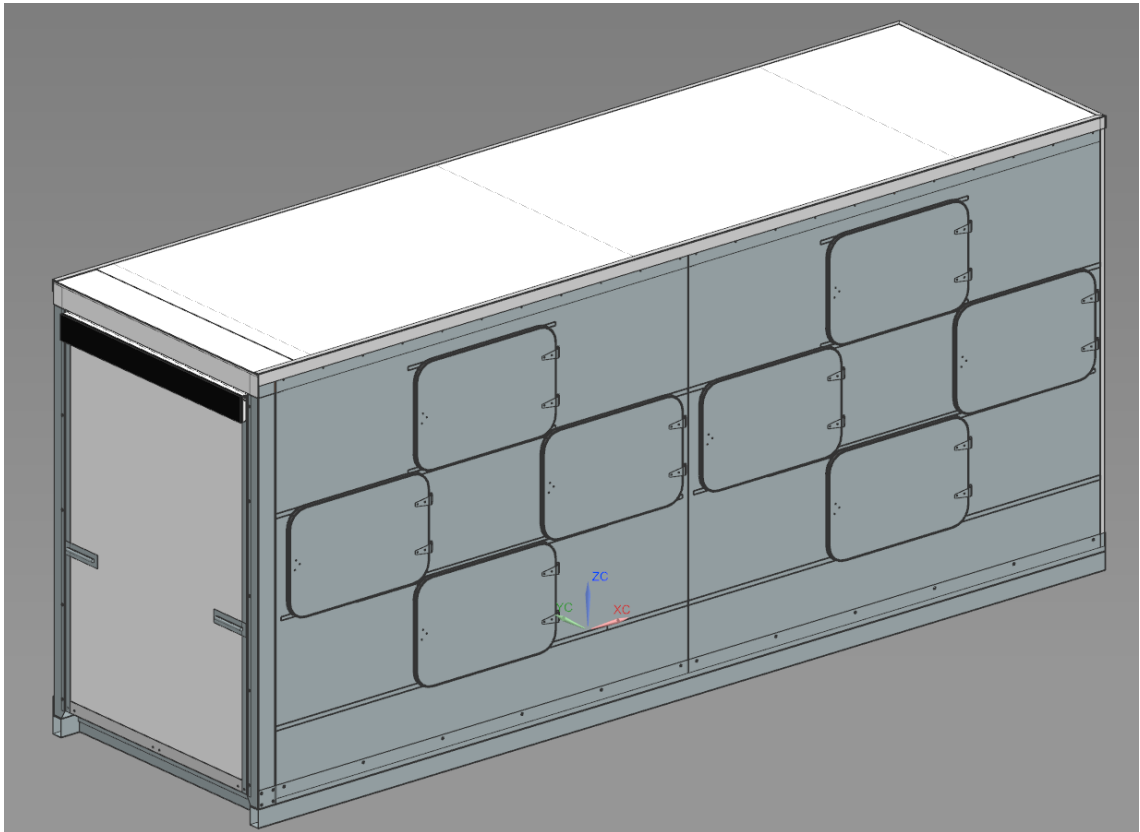
Virtaa vinssille ja kaikille jakeluperävaunun elektronisille komponenteille antaa akku. Akku kestää yhdellä latauksella tarvittavan ajan, jonka jälkeen se voidaan ladata uudelleen verkkovirrasta. Sähköistystä suunniteltaessa todettiin, että lataaminen auton virrasta ei olisi riittävää. Perävaunun valot toimivat normaalin perävaunun tapaisesti ja ovat valmiiksi asennettuna tilatussa perävaunun pohjassa.

4 Työn vaiheet

Työ aloitettiin aloituspalaverilla, jossa kaikki projektiin osallistuvat kokoontuivat. Aloituspalaverissa käytiin läpi, mitä projektissa tultiin tekemään ja jaettiin työt. Projektissa tehtiin suunnittelua, mallinnusta, mitoitusta, sähköistystä, komponenttien valintaa ja lopuksi osien valmistusta ja kokoonpanon tekemistä. Sähköistys jaettiin erilliselle mukana projektissa olleelle työryhmälle. Tämä työryhmä valitsi sähköistykseen tarvittavat komponentit. Lukitusjärjestelmäratkaisu oli jo päätetty. Lopputyöntekijälle jaettiin mallinnus, suunnittelu ja mitoitus. Jotkut osista teetettiin mittatilaustyönä, tilaustyötä varten mallinnuksesta tehtiin ohjeistus tilauksia varten. Projektin loppupuolella ryhmään kuuluvat osallistuivat osien valmistamiseen ja perävaunun kokoonpanoon.

5 Mallinnus ja mitoitus

Ennen jakeluperävaunun prototyypin rakentamista haluttiin varmistaa kaikkien valmistettavien osien mitat. Mittojen varmistaminen onnistuu hyvin mallintamalla haluttu tuote ensin digitaalisesti (kuva 6). Mallinnus tehtiin Siemens NX CAD-ohjelmalla.



Kuva 6. Jakeluperävaunun kopan kokonainen mallinnettu kokoonpano

Mallinnetuista osista tehtiin piirustukset, joita käytettiin osien valmistamisen ohjaamisessa. Mallinnetuista teräsohutlevyosista saatiin myös laserleikkaukseen tarvittavat DXF-tiedostot. Teräsohutlevyjä oli lisäksi taivutettava eli särmättävä ja mallintamalla ne ensin. Näin saatiin ohjeistus myös särmäämiseen, jotta kapaleista tulisi oikeanlaiset. Mallinnus auttoi myös hahmottamaan jakeluperävauunun kokonaisuudessaan.

5.1 Siemens NX

Siemens NX on CAD-ohjelma, jolla voidaan luoda, muokata ja analysoida digitaalisia malleja. Työssä käytettiin Siemens NX 1953 -versiota, josta käytettiin sovelluksia/työkaluja Sheet Metal, Modeling, Assembly ja Drafting.

Sheet Metal -sovellusta käytetään ohutlevyn mallintamiseen. Mallinnuksessa annetaan muoto halutulle levyille, jonka jälkeen siihen voidaan lisätä taivutuksia. Taivutuksille annetaan parametrit, joilla kontrolloidaan esimerkiksi taivutuksien sisäsädettä tai taivutuksen neutraalitasoa. Kun levy on taivutuksiensa kanssa halutun muotoinen, se voidaan tasoittaa. Tasoitetusta levystä saadaan lopullinen muoto leikattavalle ohutlevylle. Tasoitetusta muodosta voidaan tehdä vektorimalli, joka voidaan syöttää laserleikkurille levyn leikkaamista varten.

Modeling-sovelluksessa mallinnetaan normaalit kolmiulotteiset kappaleet. Ensin haluttuun tasoon piirretään muoto, joka pursotetaan kolmiulotteiseksi kappaleeksi. Kappaleelle voidaan jälkikäteen tehdä erilaisia muokkauksia, kuten esimerkiksi tasoittaa tai pyöristää teräviä kulmia tai lisätä reikiä. Kappaleeseen voidaan lisätä myös uusia pursotuksia, jotta saadaan aikaisempi monimutkaisempi kappale.

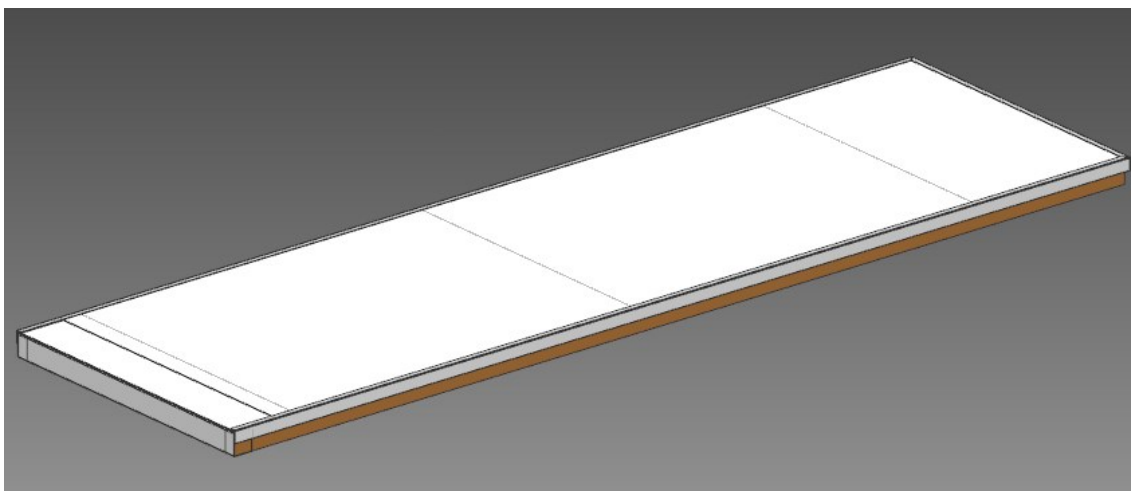
Assembly-työkalulla voidaan tehdä kokoonpanoja eri kappaleista. Kappaleita voidaan myös lisätä pienempinä kokoonpanoina suurempaan kokoonpanoon. Kappaleet saadaan paikoilleen asettamalla ensin yhden kappaleen ankkuriksi, jotta se ei liiku enää. Ankkurikappaleeseen voidaan kiinnittää muita kappaleita antamalla kappaleelle rajoitteet, jotka estävät liikettä x-, y-, ja z-suunnissa. Rajoitteet asetetaan yleensä kahden kappaleen välille. Ne voivat olla esimerkiksi kosketusta, yhdensuuntaisuutta tai samankeskiyysyyttä. Digitaalisella kokoonpanolla voidaan varmistaa tarkasti halutut mitat kaikille kappaleille.

Drafting-sovelluksessa voidaan luoda piirustukset mallinnetuista kappaleista tai kokoonpanoista. Kappaleiden piirustuksissa voidaan esittää halutut mitat kappaleelle kaksiulotteisesta kappaleen projektiosta. Kokoonpanopiirustuksessa esitetään kokoonpanon ulko- ja liitännämitat ja kokoonpanoon kuuluvat osat.

Osat nimetään ja numeroidaan osaluetteloon, jonka jälkeen numerot merkitään osoittamaan viittaamiinsa osiin kokoonpanopiirustukseen.

5.2 Katto

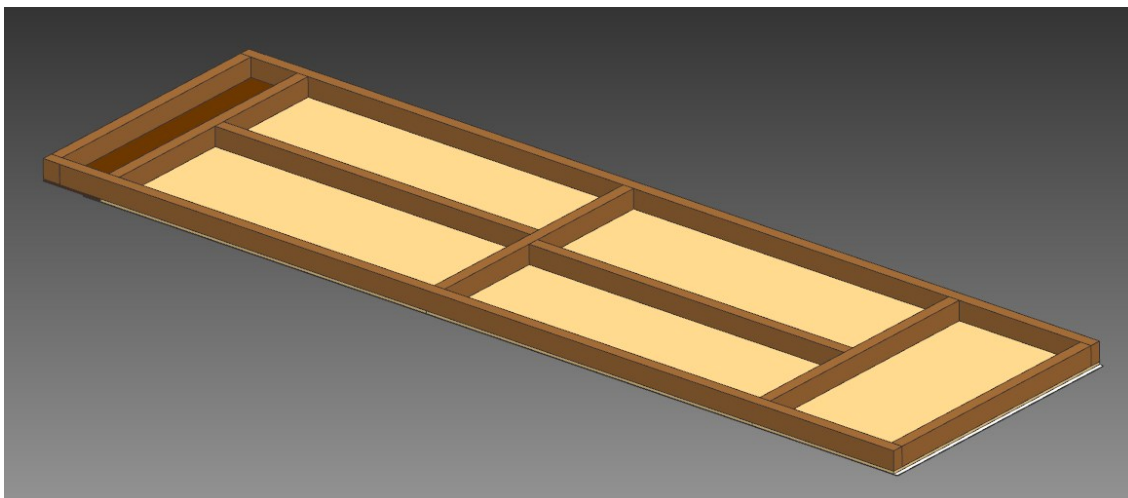
Katosta tehtiin pienempi kokoonpano (kuva 7), joka lopuksi lisättiin kopan kokonaiseen kokoonpanoon. Katon kokoonpanoon mallinnettiin osat, jonka jälkeen ne aseteltiin paikoilleen katon kokoonpanoon asettamalla niille rajoitteet.



Kuva 7. Katon mallinnettu kokoonpano

Katon mallinnus aloitettiin mallintamalla sille runko 39 mm x 66 mm kertopuupalkeista (kuva 8). Rungossa käytettiin kolmea eri pituista kertopuupalkkia. Pisimmät kertopuupalkit ovat katon pituus suunnassa ja ovat 3185 mm pitkät. Näiden palkkien perävaunun takaosan päätyihin tehtiin lovet tolpissa olevia lippoja varten. Lipat tolpissa peittävät osan kertopuurungosta esimerkiksi kosteudelta. Loput rungon sivuista peittää kehyksessä oleva lippa ja kopan etulevy. Katon kertopuurunkoon mallinnettiin myös viisi poikittaista 872 mm pituista kertopuupalkkia. Poikittaiset kertopuupalkit asetettiin koskettamaan päistään pisimpiä kertopuupalkkeja katon kokoonpanossa. Kolmen poikittaisen kertopuupalkin väliin mallinnettiin kaksi 1180 mm pituista kertopuupalkkia, jotka asetettiin

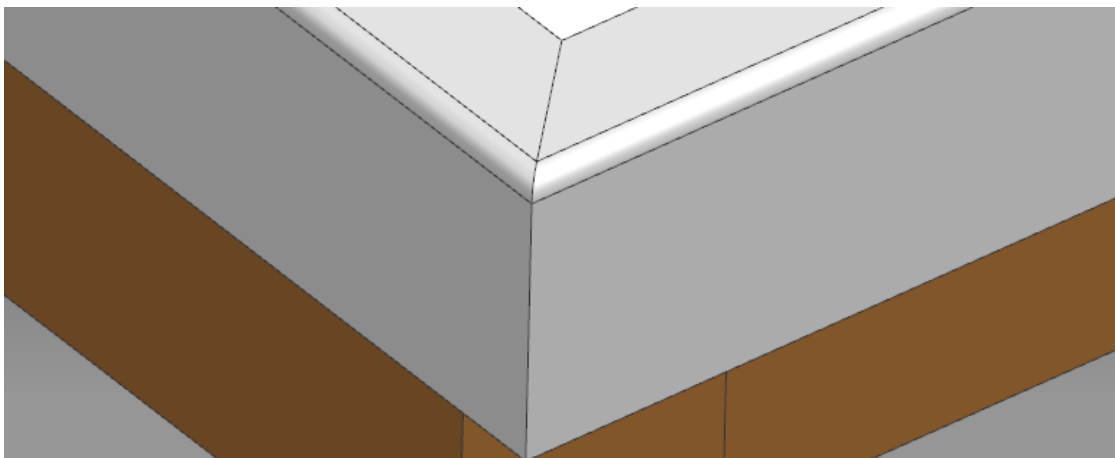
koskettamaan poikittaisia kertopuupalkkeja päistään. Nämä palkit ovat samansuuntaisia pisimpien palkkien kanssa.



Kuva 8. Kertopuurunko ja vanerit

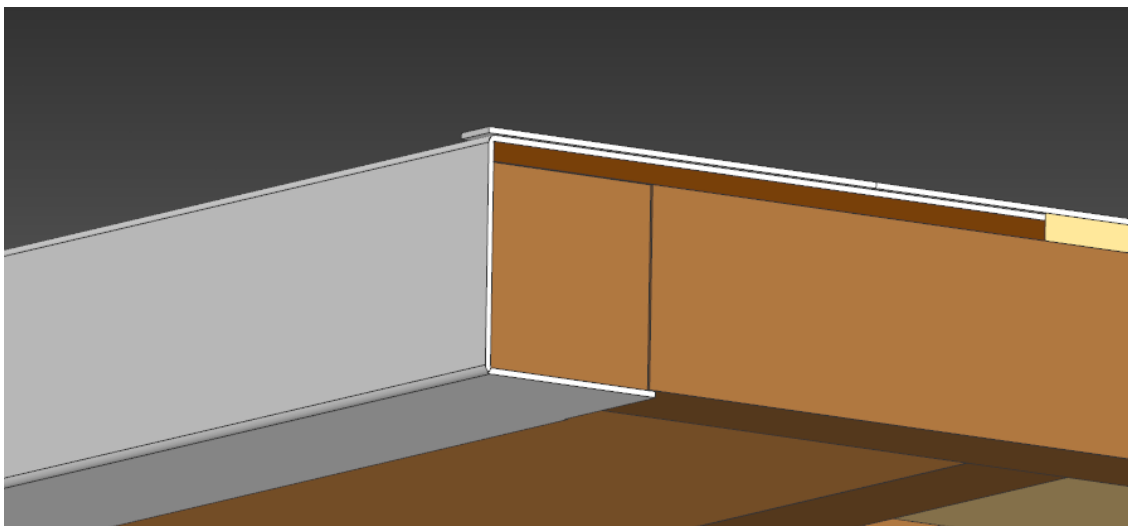
Katon kertopuurungon päälle mallinnettiin kolme koivuvaneri palaa peittämään suurimman osan rungosta. Koivuvaneri paloja mallinnettiin kaksi mitoilla 9 x 950 x 1220 mm ja yksi mitoilla 9 x 950 x 530 mm. Loput rungosta peitettiin 6.5 x 950 x 215 mm filmivaneri palalla. Vanereita kosteudelta suojaamaan mallinnettiin 2 x 950 x 3050 mm kokoinen vaahto-PVC-levy. Vaahto-PVC-levy menee perävauunun etupään puolelta rungon laidan yli 14 mm, jotta se peittää myös etulevyn. Vaahto-PVC-levyn päälle mallinnettiin alumiini-L-profiilit, jotka asetettiin peittämään etuyläkulman ja sivujen yläkulmat. Pidemmät profiilit ovat 3205 mm pitkät

ja profiilin mitat ovat 2 x 20 x 40 mm. Jotta etupäätyyn ei jää aukkoa, profiilien pätyihin mallinnettiin viisteet (kuva 9).



Kuva 9. Alumiini-L-profiilit katon kokoonpanossa

Lopuksi katon kokoonpanoon mallinnettiin taivutettu ABS-muovilevy peittämään katon takaosan. ABS-muovilevy peittää filmivanerin, kertopuurungon päädyn ja 68 mm rungon alta (kuva 10).



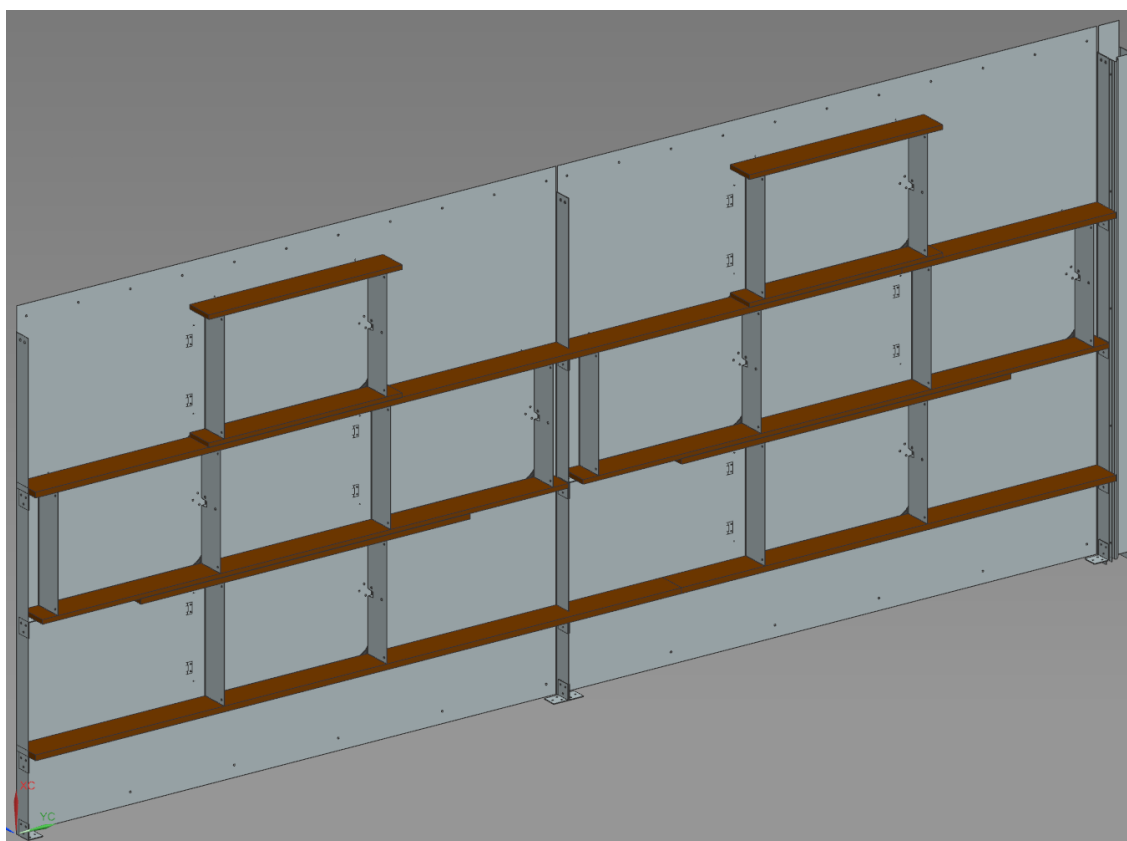
Kuva 10. Taivutettu ABS-levy ja vaahto-lisäpalat katon kokoonpanossa

ABS-muovilevyyn mallinnettiin myös lovet tolppien lippoja ja kehyksien pitkiä siivekkeitä varten. ABS-muovilevyn ja alumiini-L-profiilien väliin mallinnettiin myös

pienet lisäpalat vaahto-PVC-levystä täyttämään niiden väliin jäävä tila (kuva 10).

5.3 Seinät

Seinien kokoonpanot koostuvat teräslevykehyksistä, tolppista ja vaakatuista (kuva 11). Kopan kokonaiseen kokoonpanoon tulee kaksi seinää: oikea ja vasen seinä. Molemmissa seinissä on kaksi kehystä, kaksi tolppaa ja 12 mm ja 15 mm paksuisista ja 80 mm leveistä vaneripaloista tehtyjä vaakatuksia. Oikean seinän kehyksissä (kuva 11) on neljä aukkoa luukuille ja vasemman seinän kehyksissä viisi. Seinien kiinnityksessä käytetään myös naulauskulmia, jotka ovat mukana kokoonpanossa.



Kuva 11. Oikeanpuoleisen seinän kokoonpano

Seinien mallintaminen aloitettiin mallintamalla kehykset. Kehykset tehtiin Siemens NX -ohjelman Sheet Metal -sovelluksessa. Kehykselle tehtiin ensin

haluttu muoto, nelikulmio mitoilla 1560 x 1352 mm, jonka jälkeen levy pursotettiin 1 mm paksuiseksi. Levyn laitoihin lisättiin pitkät siivekkeet. Siivekkeet ulottuvat 50 mm levyn pinnasta sisäänpäin. Siivekkeiden yläpäästä poistettiin 66 mm, sillä katto asetetaan lepäämään siivekkeiden päälle. Kehyksissä taivutuksien sisäsaiteeksi asetettiin 1 mm ja neutraalitasona pidettiin 0.33 mm.

Siivekkeiden jälkeen mallinnettiin aukot luukkuja varten. Aukot ovat 316x468 mm kokoisia. Jokaisen aukon oikeaan ja vasempaan reunaan tehtiin 80 mm siivekkeet. Siivekkeiden kulmiin tehtiin 5 mm reiät vaakatukien kiinnitystä varten. Alin aukko sijaitsee 229 mm päässä kehyksen alareunasta. Aukot sijaitsevat 66 mm päässä kehyksen laidoista. Pystysuunnassa aukkojen väliin jätettiin 26 mm. Vaakasuunnassa aukot ovat 12 mm päässä toisistaan. Kehyksien yläreunaan tehtiin reikiä 150 mm välein ja alareunaan 300 mm välein kiinnitystä varten.

Luukut mallinnettiin tekemällä ensin luukun aukon peittävä kuvio, jonka kulmat pyöristettiin. Kuvio pursotettiin ja sen kaikkiin laitoihin luotiin taivutus, jonka sivunpituudeksi asetettiin 10 mm. Pyöristettyihin kulmien taivuksiin tehtiin vielä raot, jotka helpottivat taivutuksen tekemistä.

Seinien kokoonpanoihin mallinnettiin myös vaakatuett 12 mm ja 15 mm paksuisista ja 80 mm leveistä vaneripaloista. Vaneripaloja mallinnettiin seitsemää eri pituutta. Vaakatukia mallinnettiin oikeanpuoleiseen seinään:

- 4 kpl mitoilla 12 x 80 x 558 mm
- 2 kpl mitoilla 12 x 80 x 1518 mm
- 2 kpl mitoilla 15 x 80 x 950 mm
- 1 kpl mitoilla 15 x 80 x 2500 mm
- 1 kpl mitoilla 15 x 80 x 618 mm
- 1 kpl mitoilla 15 x 80 x 1864 mm

- 1 kpl mitoilla 15 x 80 x 1254 mm

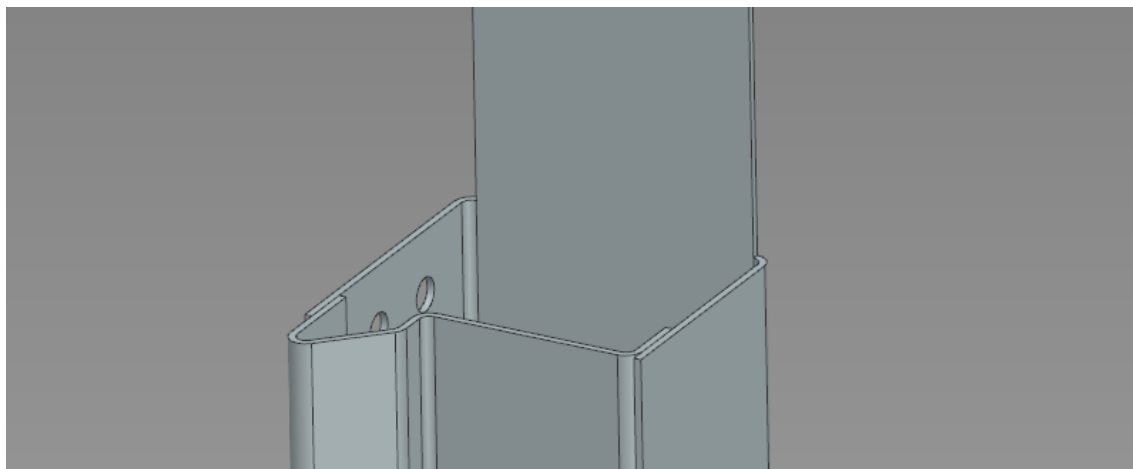
Vasemmassa seinässä vaakatukia on neljää eri pituutta:

- 2 kpl 15 x 80 x 2500 mm
- 2 kpl 15 x 80 x 618 mm
- 2 kpl 15 x 80 x 558 mm
- 6 kpl 12 x 80 x 558 mm
- 2 kpl 12 x 80 x 1518 mm

Vaakatuettavat tukemaan 1 mm paksuista kehystä ja toimivat samalla osana luukkujen kattoja ja lattioita. Vaakatuettavat lisättiin seinän kokoonpanoon naulauskulmien kanssa. Seinän kokoonpanossa vaakatuettavat koskettavat kehyksen sisäpintaa ja luukkujen siivekkeiden päätyjä. Kun naulauskulmat saatiin kokoonpanoon, voitiin tehdä reiät kehyksien siivekkeisiin oikeille korkeuksille naulauskulmien sijaintien mukaan. Naulauskulmia tulee yhteen seinän kokoonpanoon 16 kappaletta ja ne koskettavat sivuillaan vaakatukia ja kehysten pitkiä siivekkeitä.

Molempiin seinäkokoonpanoihin mallinnettiin myös tolpat vahvistamaan rakennetta ja muodostamaan karmit alaslaskettavalle ovelle. Tolpat tehtiin kahdessa osassa, koska umpinaista muotoa on todella vaikea särmätä (kuva 12). Tolppaa varten mallinnettiin itse tolppa ja sille karmi. Tolpan osat mallinnettiin Sheet Metal -sovelluksessa. Osat tehtiin 1.5 mm paksusta ruostumattomasta teräslevystä. Taivutusten sisäsäteeksi asetettiin 2 mm ja neutraali taso pidettiin 0.33 millimetrissä. Tolpassa sivujen pituuksiksi asetettiin 60x66x50 mm. Taivutukset ovat 90 astetta ja tolppasta tulee U:n mallinen. Tolpan koko pituudeksi tuli 1367 mm. Tolpan yläpäästä poistettiin myös samanlainen tila katolle kuin kehyksien pitkistä siivekkeistä. U-muodon yläreunoihin mallinnettiin 5 mm reiät karmien

kiinnitykselle 300 mm välein. Tolpan yhdessä laidassa on myös 7 mm reiät myöhemmin mallinnetulle poikittaistuelle.



Kuva 12. Tolpan ja karkin yläpäätty

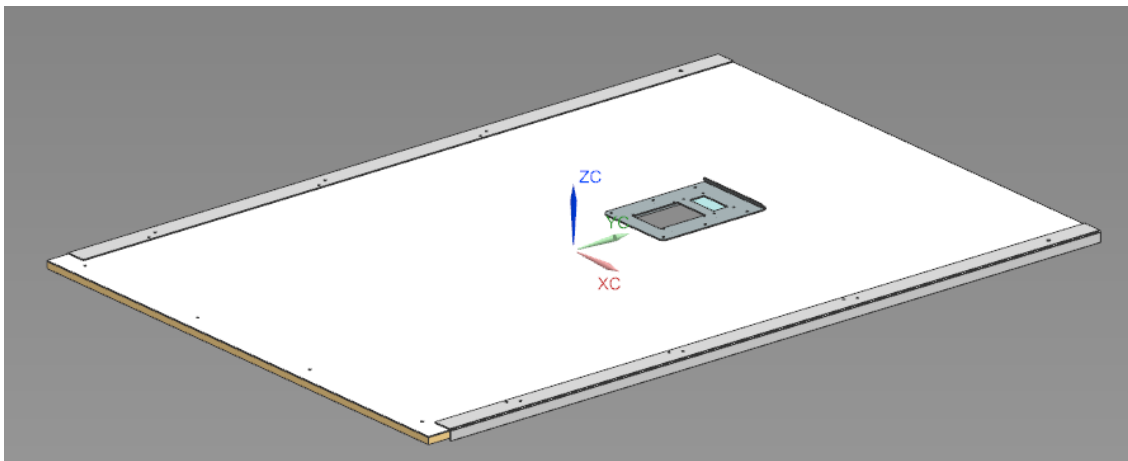
Tolppiin mallinnettiin myös karmit. Karmin muoto on hieman monimutkaisempi. Sen mitoiksi asetettiin 15 x 46 x 10 x 24,042 x 23,879 mm. Karmissa on kaksi 90 asteen kulmaa, yksi 45 asteen kulma ja yksi 135 asteen kulma. Karmiin mallinnettiin myös 5 mm reiät 300 mm välein kiinnitystä varten. Karmista tehtiin symmetrinen, jotta molempien tolppien karmeille ei tarvinnut mallintaa erillistä mallia.

Teräsohutlevymalleista tehtiin lopuksi tasoitetut mallit, joista saatiin laserleikkausta varten tarvittavat mitat ja DXF-tiedostot. Ohutlevymalleista saatiin myös tarvittavat tiedot särmäystä varten.

5.4 Etulevy

Etulevyn kokoonpanoon (kuva 13) mallinnettiin ensin filmivanerilevy mitoilla 12 x 950 x 1361 mm, jonka päälle sitä peittämään mallinnettiin 2 mm paksu vahto-PVC-levy. Levyyhin mallinnettiin aukko lukitusjärjestelmän näppäimistöä ja näyttöä varten. Aukon koko on 170 x 110 mm ja se sijaitsee 371 mm päässä etulevyn yläreunasta ja 420 mm päässä etulevyn laidasta. Näppäimistölle ja

näytölle mallinnettiin myös 210 x 150 mm kokoinen paneeli teräslevystä. Paneelin ylälaitaan mallinnettiin 14 mm pitkä lippa. Paneeliin mallinnettiin näppäimistön ja näytön kokoiset aukot ja niiden ympärille 4 mm kokoisia reikiä niiden kiinnitystä varten. Paneelilevyn kulmat pyöristettiin 10 mm säteelle. Paneelista löytyy myös kuusi 5 mm reikää sen kiinnittämiseen etulevyyn.

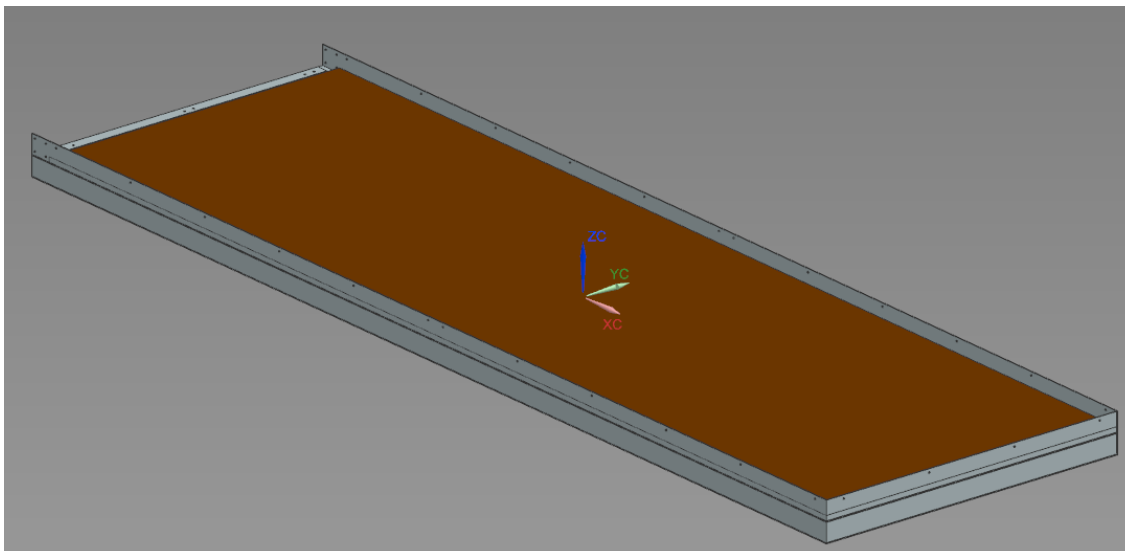


Kuva 13. Etulevyn mallinnettu kokoonpano

Etulevyn kokoonpanoon mallinnettiin myös kaksi 20 x 40 mm alumiini-L-profiilia, joissa on reikiä seinien kokoonpanoissa sijaitsevien naulauskulmien kohdilla. Samat reiät tehtiin myös etulevyn filmivaneri- ja vaahto-PVC-levyihin. Profiilit ovat 1318 mm pituisia ja koskettavat etulevyn kokoonpanossa vaahto-PVC-levyä. Profiilit ovat lyhyempiä kuin koko etulevy, jotta ne eivät jää alustan ja etulevyn väliin kopan kokonaisessa kokoonpanossa. Etulevyn alareunaan mallinnettiin 5 mm reiät 300 mm välein kiinnitystä alustaan varten.

5.5 Alusta

Alusta tilattiin mittatilausperävaunuja valmistavalta Calipso yhtiöltä. Heiltä saatiin alustavaa tietoa millainen perävaunun pohjan rungosta tulisi, jonka perusteella mallinnettiin halutuilla mitoilla ja kiinnityskohdilla pohja perävaunulle (kuva 14). Valmiin mallinnetun alustan piirustukset lähetettiin Calipsolle, joista he valmistivat tilaamamme perävaunun alustan.



Kuva 14. Alustan mallinnettu kokoonpano

Alustaan mallinnettiin ensimmäiseksi runko profiiliputkista. Runkoon mallinnettiin kaksi pidempää profiiliputkea perävaunun pituussuuntaan ja kaksi lyhyempää profiiliputkea poikittain niiden väliin. Pidemmät profiiliputket leikattiin 45 asteen viistoon ja sama tehtiin toisen lyhyemmän profiiliputken päätyihin, jotta rungon etupäätyyn ei jää aukkoja.

Profiiliputken mallinnus aloitettiin piirtämällä haluttu profiili mitoilla 40 x 60 mm ja seinäpaksuudeksi asetettiin 2 mm. Tämä profiili pursotettiin haluttuun pituuteen. Pidempien profiiliputkien pituudeksi asetettiin 3204 mm. Etupäädyssä olevan profiiliputken pituudeksi asetettiin 956 mm. Takapäädyssä olevan profiiliputken pituudeksi asetettiin 876 mm. Alustan kokoonpanossa takapäädyssä sijaitseva profiiliputki asetettiin 68 mm päähän pidempien profiiliputkien päädyistä kohti etupäätyä.

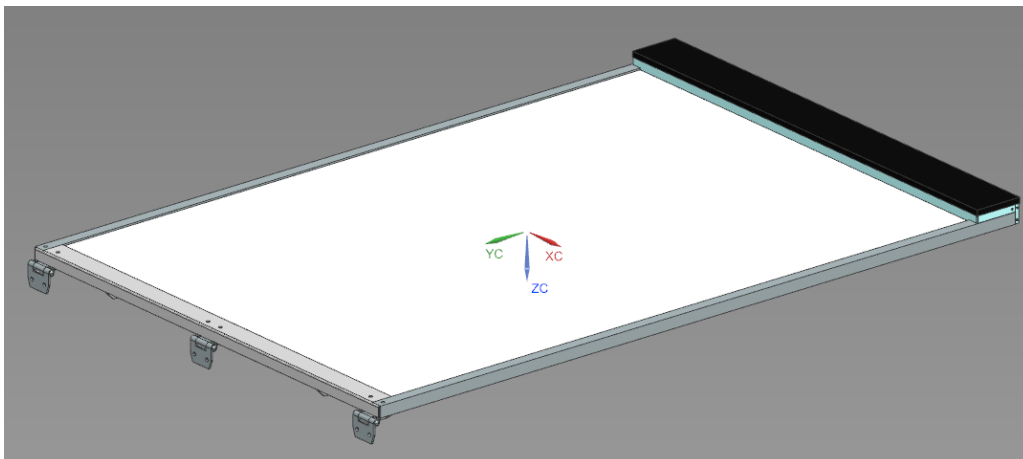
Etupäädyn profiiliputken ja pidempien profiiliputkien päälle mallinnettiin kulmaraudat mitoilla 60 x 40 x 2 mm, joihin kopan kiinnitysreiät tehtiin. Kulmaraudat ovat yhtä pitkät ja ovat leikattu päädyistä samalla tavalla viistoon kuin profiiliputket, joiden päällä ne lepäävät. Kulmaraudat muodostavat alueen, jonka päälle mallinnettiin lattia filmivanerista. Lattian mitoiksi asetettiin 3134 x 952 x 15 mm. Alustan kokoonpanossa filmivaneri kulmat koskettavat kulmarautojen

sisäkulmia. Filmivaneri lepää kulmarautojen päällä. Takapäätyyn filmivanerin ja kulmaraudan päädyn väliin jää tilaa tolpile, jotta ne on mahdollista hitsata suoraan kiinni runkoon tarvittaessa. Alaslaskettavan oven kiinnitystä varten runkoon mallinnettiin kulmarauta mitoilla 40 x 40 x 4 mm. Toinen kulmaraudan sivuista on samalla tasolla lattian kanssa ja toinen koskettaa rungon poikittaista profiiliputkea.

Alaslaskettavan oven kiinnitystä varten tehdyssä kulmaraudassa on kolme reikäparia saranoille. Reikäparit mallinnettiin 365 mm etäisyydelle toisistaan ja sarran reiät ovat 30 mm toisistaan. Pidempien kulmarautojen takapäätyihin mallinnettiin neljä 5 mm reikää tolppien kiinnitystä varten. Kehysten kiinnitystä varten, pidempiin kulmarautoihin mallinnettiin 5 mm reikiä 300 mm välein. Etupäädyn kulmarautaan mallinnettiin myös 5 mm reikiä 280 mm välein etulevyn kiinnitystä varten.

5.6 Alaslaskettava ovi

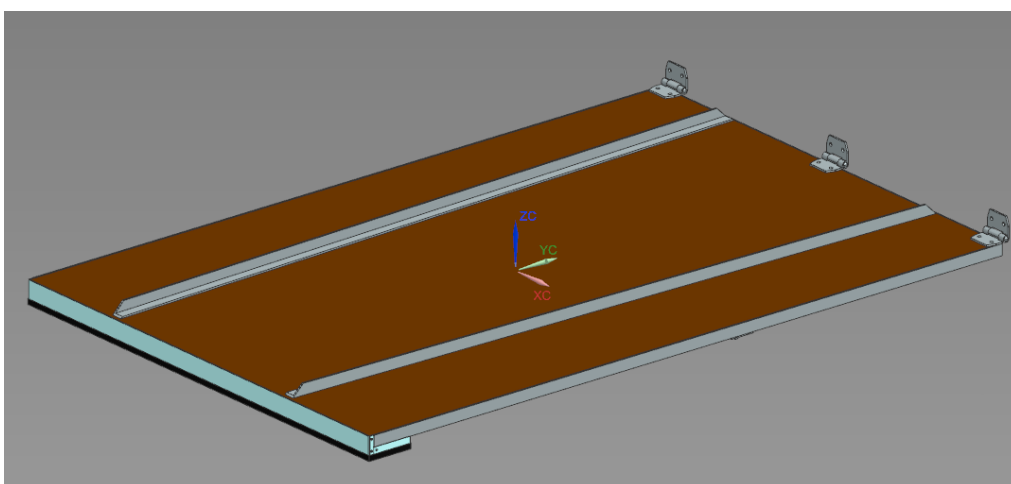
Jakeluperävaunuun tehtiin myös ovi (kuvat 15 ja 16). Ovelle mallinnettiin samalla tavalla ensin filmivanerilevy mitoilla 1263 x 834 x 15 mm, jota peittämään mallinnettiin samankokoinen mutta 2 mm paksuinen vaahto-PVC-levy. Seuraavaksi oveen mallinnettiin 20 x 20 x 3 mm kulmaraudasta laitojen suojat ja pyöräohjaimet, joilla saadaan kärret ohjattua perävaunun keskelle. Kulmaraudat ovat 11 mm lyhyempiä kuin oven levyosat. Oven alapäädyn laita suojaamaan mallinnettiin 60 x 40 x 2 mm alumiini-L-profiili. Koska alumiini-L-profiili on millin ohuempaa kuin ovesa käytetty kulmarauta, mallinnettiin sen ja vaahto-PVC-levyn väliin 1 mm paksuinen PS-muovilevypala, jotta alumiini-L-profiili tulee kulmarautojen kanssa samaan tasoon.



Kuva 15. Alaslaskettavan oven mallinnettu kokoonpano ulkopuolelta

Oven yläpäätyyn mallinnettiin kumipuskuri, joka tulee koskettamaan maata oven avatessa ja laskettaessa alas. Puskuri koostuu 12 mm paksusta filmivaneripalasta, jonka päällä on 10 mm paksuinen pala kumia. Filmivanerin laidat ovat suojattu kahdella taivutetulla ABS-muovilevyllä. Puskuri ylettyy oven laidasta laitaan.

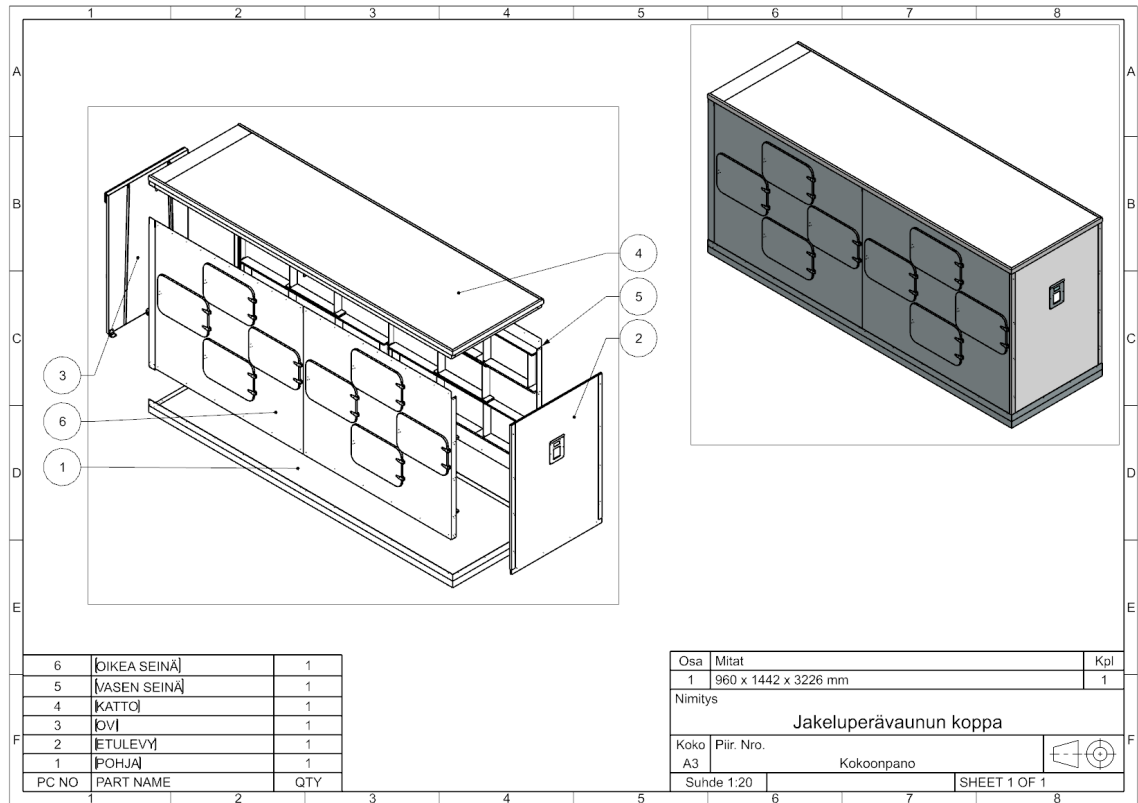
Lopuksi haettiin mallit saranoille traceparts.com:sta. Saranat asetettiin paikoilleen asettamalla niiden reiät ja niille tehdyt reiät ovesa samankeskisiksi ja koskettamaan toisiaan. Reiät saranoille tehtiin saranoiden mukaan pareittain ja parit ovat 365 mm päässä toisistaan.



Kuva 16. Alaslaskettavan oven mallinnettu kokoonpano sisäpuolelta

5.7 Piirustukset

Kun osien mallinnus oli valmis ja mitat oli varmistettu sopiviksi, osista tehtiin piirustukset, joita voitiin käyttää osien valmistuksessa ja kokonaisuuksien hahmotamisessa. Piirustukset tehtiin jokaisesta osasta ja kokoonpanosta.



Kuva 17. Kokoonpanopiirustus jakeluperävaunun kopalle

Piirustukset tehtiin Siemens NX -ohjelman Drafting-sovelluksessa (kuva 17). Piirustuksiin lisättiin projektiot osista tai kokoonpanoista. Osien projektioihin merkittiin tärkeimmät mitat ja kokoonpanoihin merkittiin kokoonpanon ulkomitat ja mahdolliset liitänämmitat. Kokoonpanopiirustuksiin merkittiin myös osaluettelo, jonka perusteella osoitettiin kokoonpanosta löytyvät osat numeropallojen avulla (kuva 17).

6 Materiaalit

6.1 Ruostumaton teräs ja musta teräs

Teräslevyosien materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs ja pulverimaalattu musta teräs, koska perävaunu tulee olemaan suurimman osan ajasta ulkotiloissa ja haluttiin välttyä mahdollisimman paljon korroosiolta. Lisäsuojaa saatiin levyosille pintakäsittelyllä. Pintakäsittely suoritettiin joko pulverimaalaamalla, sinkittämällä tai käyttämällä pohjamaalia, maalia ja lakkaa.

Ruostumaton teräs eroaa normaalista teräksestä siten, että rautaseokseen on lisätty kromia. Ruostumattoman teräksen rautaseoksessa kromia on enemmän kuin 10 prosenttia ja hiiltä vähemmän kuin 1,2 prosenttia. Seos voi myös sisältää nikkeliä. Ruostumattoman teräksen korroosionkestävyys perustuu siinä olevan kromin ja ilmassa olevan hapen teräksen pinnalle muodostamaan suojakalvoon. (3, s. 1.)

6.2 Alumiini

Alumiini on helposti muokattavissa ja ei myöskään syövy pelkän kosteuden ansiosta. Alumiinin lujuus on hyvä ja se on myös kevyttä, joten se sopii perävaunun kulmien suojaamiseen. Alumiinin korroosionkestävyys perustuu sen pintaa muodostuvaan oksidikerrokseen. (4, s. 1.)

6.3 Kertopuu ja vanerit

Perävaunun valmistamisessa haluttiin käyttää teräksen lisäksi sellaisia materiaaleja, joita oli helppo työstää ja jotka olivat kestäviä ja kevyitä. Kokoonpanossa käytettiin mm. kertopuuta, filmivaneria ja koivuvaneria. Näitä materiaaleja käytetään yleisesti katetuissa perävaunuissa, asuntovaunuissa sekä kuorma-autojen kuormatilojen seinissä ja katoissa eli ”päällysrakenteissa”. Kertopuun ja vanerin valmistustavat tekevät niistä melko hyvin säänkestäviä. Filmivanerissa, jota

käytettiin myös paljon jakeluperävaunun rakentamisessa, on pinta, joka suojaa puumateriaalia kosteudelta, mutta filmivanerin reunat pitää suojata.

Vaneri valmistetaan ohuista puuviiluista, jotka liimataan toisiinsa. Kerrosmainen rakenne tekee vanerista vahvaa. Filmivanerissa on vielä päällimmäisenä kerroksena muovikalvo, joka tekee pinnasta säänkestävän. Kertopuu valmistetaan melko samanlaisella tavalla, mutta toisiinsa liimatut puukerrokset ovat paksumpia kuin vanerissa ja puun syyt ovat asetettu vastakkain.

Vanereille pitää tehdä sahaussuunnitelma, jotta puutavaraliike osaa sahata vanerilevyn oikean kokoisiksi paloiksi. Vaneria myydään esimerkiksi 1250 x 2500 mm kokoisina levyinä tai 1220 x 2440 mm kokoisina levyinä. Vanerilevystä jää paljon yli, kun siitä sahataan esimerkiksi ovena käytettävä pala. Siksi ylijäävästä levyn osasta sahattiin 80 mm levyisiä soiroja, joita käytettiin seinän vaakatuukien tekemisessä. Raaka-aine kuten vanerilevy kannattaa käyttää tarkkaan.

6.4 Muovit

Joihinkin pienempiin väleihin tarvittiin helposti muokattavaa ja vedenkestävää materiaalia. Helposti muokattavana muovina käytettiin ABS-muovia. Sitä voitiin taivuttaa helposti lämmön avulla. Kokoonpanossa käytettiin myös vaahto-PVC-muovia suurimpien alueiden peittämiseen. Oven kokoonpanossa on myös pieni pala PS-muovia. Käytetyt muovit olivat myös jossain määrin iskunkestäviä, joten ne olivat sopivia suojaamaan puuosia kokoonpanossa.

Muovilevyt muistuttavat vanereita siinä, että myös muovilevyille pitää tehdä sahaussuunnitelma, jotta myyjäryitys osaa sahata muovilevypalat oikein. Esimerkiksi Foiltek Oy:stä saa muovilevyä sopiviin paloihin sahattuina.

7 Valmistusmenetelmät

7.1 Laserleikkaus

Laserleikkausta voidaan käyttää erilaisten teräslevyjen tarkkaan ja tehokkaaseen leikkaamiseen. Laserleikkurilla voidaan leikata monimutkaisia muotoja teräslevyistä. Prosessissa käytetään lasersädettä, joka on riittävän intensiivinen halutun levyn leikkaamiseen. Lasersäde sulattaa levyä nopeasti leikkauskohdasta. Laserleikkaus on nopea ja energiaa säästävä tapa leikata teräslevyä. Laserleikkurit ovat kuitenkin kalliita ja vaativat paljon osaamista niiden käyttäjiltä, joka voi nostaa levyn työstämisen kustannusta. Laserleikkurit ovat myös hyvin turvallisia, sillä laitteissa on otettu huomioon tarpeelliset suojautumiskeinot ja turvamekanismit.

Laserleikkuri ohjelmoidaan tekemään haluttu työ, jonka se tekee automaattisesti ohjelmoinnin jälkeen. Laserleikkuri tarvitsee ääriviivat, jotta se voi leikata halutun kappaleen levystä. Ääriviivat syötetään laserleikkurille DXF-tiedostoina. DXF tarkoittaa sanoja *Drawing Exchange Format*. DXF-tiedostot ovat formaatti, jota AutoCAD-mallinnusohjelma käyttää. Kyseinen formaatti on myös avoimen lähdekoodin muodossa, eli sitä voidaan käyttää monella eri mallinnus ohjelmalla ilman Autodeskin ohjelmistoa. Laserleikkuri tarvitsee kaksiulotteisen vektorimallin leikkauksen ohjaamiseen, joka voidaan toteuttaa DXF-formaatissa.

7.2 Särmäys

Jakeluperävaunussa tarvittavat teräslevyosat tarvitsivat särmäystä, jotta tasaisesta levystä saatiin halutun muotoisia kappaleita. Särmäys tehtiin särmäyskoneella. Särmäyskoneella voidaan tehdä tarkkoja taivutuksia teräslevyyn. Särmäyskonetta käytetään syöttämällä sille haluttu taivutuskulma ja laittamalla oikeanlainen työkalu laitteeseen. Tietokoneohjattu särmäyskone tekee taivutuksen automaattisesti annettujen ohjeiden mukaan. Särmäyskoneita on myös manuaalisia, jotka eivät takaa yhtä tarkkaa jälkeä kuin tietokoneella ohjattu särmäyskone. Tässä työssä käytettiin tietokoneella ohjattua särmäyskonetta.

Särmäykset tehtiin mittatilaustyönä laserleikkauksen yhteydessä.



Kuva 18. Metropolian Leiritien kampuksen konetyölaboratorion särmäyskone ja laserleikkuri

Osa työstä teetettiin Metropolian konetyölaboratoriossa (kuva 18) ja osa Mitta-metalli Oy:llä.

7.3 Puu- ja vanerituotteiden työstö

Suuri osa työssä tehdyistä osista vanerista ja kertopuusta. Vanereita ja kertopuuta on helppo työstää itse ilman laajempaa osaamista, jolla saatiin pienennettyä kustannuksia osien valmistamisessa. Vanereita ja kertopuuta voidaan sahata oikeisiin mittoihin esimerkiksi käsisahalla, pyörösahalla, jiirisahalla tai pöytäsaahalla. Tässä työssä vanereiden ja kertopuun työstö tehtiin pöytäsaahalla puutavaraliikkeessä (Etelän Puutavara Oy). Pöytäsaahalla saadaan työ tehtyä nopeammin ja jälki on myös tarkkaa pöytäsaahan pöydässä olevien mitta- ja ohjaustyökalujen kanssa.

8 Valmistus ja kokoonpano

Jakeluperävaunun prototyypin valmistusta varten tehdyt osat tehtiin osittain tilustyyönä ja osittain itse. Osia oli esimerkiksi teräsohutlevystä, kertopuusta, filmivanerista ja erilaisista muoveista. Osien valmistuksessa käytettiin apuna mallinnettuja piirustuksia, jotta valmistettujen osien mitat olisivat oikeat.

8.1 Osien liittäminen

Kokoonpanosta ei haluttu tehdä liian monimutkaista, joten päädyttiin ratkaisuihin, jotka olisi mahdollista toteuttaa helposti ilman suurempia hankkeita. Helpoja itse toteutettavia liitoksia käyttämällä pidettiin kustannukset pienempinä.

Kokoonpanossa osien liittämiseen päätettiin käyttää suurimmaksi osaksi vetoniittejä. Vetoniittien käyttö on helppoa akkukäyttöisellä vetoniittikoneella, eivätkä ne tarvitse erillistä osaamista, kuten esimerkiksi hitsaaminen. Vetoniitit ovat myös halpa kiinnitysratkaisu, sillä työtä ei tarvitse teettää tilauksena. Oikea määrä niittejä takaa riittävän lujuuden kyseisessä kokoonpanossa.

Kokoonpanossa käytettiin myös pultti-, mutteri-, ja ruuviliitoksia, jotka ovat myös helppo itse toteuttaa ilman erillistä osaamista. Kosteuden kestävyys tarvitsemissä liitoksissa käytettiin kateruuveja. Kateruuvit pitävät kosteuden poissa ruuvin kannassa olevan tiivisteiden ansiosta. Ruuvi- ja niittiliitoksia vahvistamassa käytettiin liimaa/polyuretaanimassaa.

Kokoonpanossa käytettiin myös hitsausta liittämismenetelmänä, mutta se oli osana mittatilausta. Perävaunun pohjan valmistus tehtiin erillisenä mittatilaustyönä, joten hitsausta ei tarvinnut tehdä itse.

8.2 Alusta

Perävaunun alusta teetettiin mittatilaustyönä Calipso yrityksellä (kuva 19). Alustan rungolle saatiin suuntaa antava piirustus, jonka perusteella sille mallinnettiin tarvittavat muodot. Alusta on normaalin perävaunun mallinen, sille on vain annettu tarvittavat mitat ja lisätty tarvittavat kiinnityskohdat. Alustassa on vaneripohja, joka istuu teräsrungon päällä. Teräsrungon liitokset tehtiin hitsaamalla ja vaneri kiinnitettiin runkoon vetoniiteillä. Perävaunussa käytettiin myös pultti/mutteri liitoksia esimerkiksi perävalojen kiinnittämiseen. Perävaunun kopan osat liitettiin alustaan vetoniiteillä.

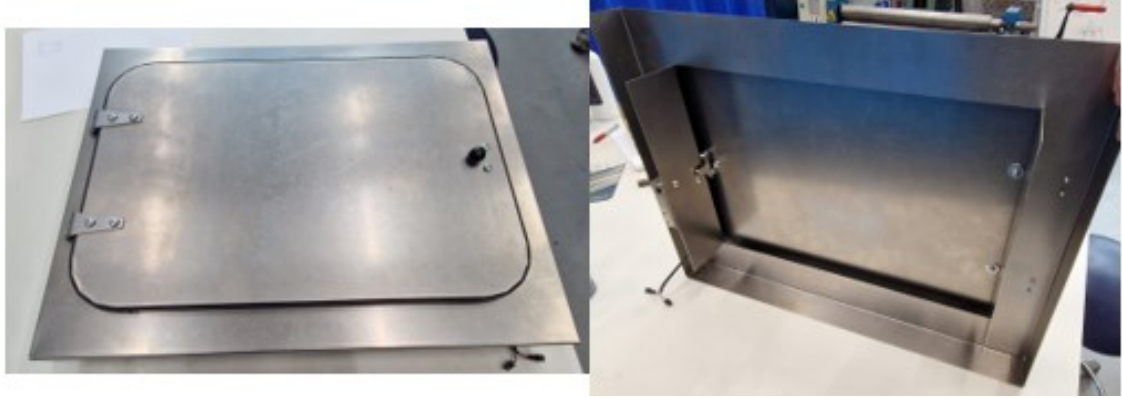


Kuva 19. Valmis perävaunun alusta

Alustassa on etu- ja sivulaidoissa L-profiilit, joissa on reikiä 300 mm välein kopan kiinnitystä varten vetoniiteillä. Sivujen L-profiileissa on myös perävaunun takapäädyn puolella neljä reikää, joista kopan tolpat kiinnitettiin alustaan vetoniiteillä.

8.3 Kehykset/Seinät

Kehysten valmistusmateriaali on edullinen, ns. musta teräs. Materiaalina käytettiin 1 mm vahvuista teräslevyä ja teräslevyn särmäystä. Laserleikkaus ja särmäys tehtiin mittatilaustyönä Mittametalli Oy:llä, sillä tarvittava särmäys oli melko monimutkainen. Monimutkaisuus syntyi osan särmättävien kohtien sijainnista. Osa särmäyksistä piti tehdä levyn keskellä, joka on vaikeampaa kuin laidoista särmäminen. Mittametalli Oy:lle toimitettiin malli halutusta levykappaleesta, jonka he valmistaisivat. Koska kehykset olivat todella suuret, koulun koneyölaboratoriossa teetettiin testikehys, joissa on vain yksi luukku (kuva 20). Sovittamalla luukku ja lukitus testikehykseen todettiin, että mitat olivat sopivat ja voitiin tehdä tilaus kokonaisille kehyksille.



Kuva 20. Testikehys ja luukku

Valitettavasti odotusaika kokonaisten kehysten tilausten kanssa oli noin 5 viikkoa, joten kehyksiä ei saatu valmistettua enää ajoissa ennen opinnäytetyön loppua. Kehykset ja luukut oli tarkoitus vielä maalata, joko pulverimaalaamalla tai käyttämällä pohjamaalia, maalia ja lakkaa.

Kehyksiin valmistettiin myös vaakatuet filmivanerista. Ne sahattiin oikean kokoisiksi pöytäsaamalla ja ruuvattiin kiinni kehyksiin kalustekulmia ja naulauskulmia apuna käyttäen. Kehykset kiinnitettiin vetoniiteillä alustaan, tolppiin ja toisiinsa. Kehykset kiinnitettiin ruuveilla kattoon ja etulevyyn. Liitoksissa käytettiin myös polyuretaanimassaa tiiviiden varmistamisessa.

8.4 Tolpat, karmit ja luukut

Tolpat, karmit (kuva 21) ja tarvitsivat myös laserleikkausta ja särmäystä, mutta olivat riittävän helppoja valmistaa, joten laserleikkaus ja särmäys saatiin teetettyä koulun konelaboratoriossa.



Kuva 21. Valmiit tolpat ja karmi

Tolpista, karmeista ja luukuista tehdyistä malleista saatiin ohjeistus laboratoriossa töitä tekeväille. Tolpat ja karmit tulivat valmiiksi nopeasti ja luukkuja oli 18, joten niiden valmistamisessa meni hieman kauemmin. Tolpat ja karmit eivät vaadi maalausta, koska ne on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Kun kärry siirretään perävaunun sisälle, kärry voi osua karmiin. Siksi karmiin ei ole syytä laittaa maalikerrosta, joka vain rikkoutuisi kärryn takia. Luukkujen valmistusmateriaali on 1 mm vahvuinen ”musta” teräsohutlevy, jolle sopiva pintakäsittely on pulverimaalaus.

Tolpat kiinnitettiin vetoniiteillä alustaan ja kehykseen. Karmit kiinnitettiin vetoniiteillä tolppiin. Luukuille valmistettiin myös kannattimet, joihin kiinnitettiin saranat. Kannattimet kiinnitettiin luukun M5 pulteilla ja lukkomuttereilla. Saranat kiinnitettiin kannattimiin ja kehyksiin vetoniiteillä.

8.5 Katto

Katon kokoaminen aloitettiin sahaamalla kertopuupalkit ensin oikean pituisiksi, jonka jälkeen ne kiinnitettiin toisiinsa ruuveilla, muodostaen rungon perävaunun kopan katolle.



Kuva 22. Katon runko ja koivuvanerit

Rungon päälle asetettiin taso koivuvanerista (kuva 22) ja filmivanerista, jonka päälle liimattiin kerros vaahto PVC-levystä (kuva 23), jotka ruuvattiin kertopuurunkoon. Rungon yläkulmia suojaamaa kiinnitettiin palat alumiini-L-profiilista. Katon takapäättyyn liimattiin pala ABS-muovista taivutettuna suojaamaan katon takapäättyä sateelta ja kosteudelta. Katto kiinnitettiin kehyksiin ja etulevyyn ruuveilla ja polyuretaanimassalla.

8.6 Etulevy

Etulevyyn hankittiin puutavaraliikkeestä oikean kokoinen vanerilevy, jonka päälle liimattiin samankokoiseksi sahattu vaahto-PVC-levy (kuva 23). Levyihin porattiin tarvittavat reiät ja laitoihin kiinnitettiin alumiini-L-profiilit.



Kuva 23. Vaahto-PVC-levyt liimattuna katon, etulevyn ja oven varien päälle

Etulevyyn kiinnitettiin myös paneeli näytön ja näppäimistön kanssa. Lopulta etulevy kiinnitettiin alustaan vetoniiteillä ja kehyksien siivekkeisiin ruuveja ja vetoniittejä käyttäen.

8.7 Alaslaskettava ovi

Alaslaskettavaan oveen hankittiin puutavaraliikkeestä oikean kokoinen filmivanerilevy, jonka päälle liimattiin samankokoinen vaahto-PVC-levy (kuva 23). Kulmaraudat ja alumiini-L-profiili muokattiin tarvittavaan muotoon ja oikean pituiseksi kulmahiomakoneella katkaisulaikalla, jonka jälkeen ne kiinnitettiin oveen. Oveen tulevaan puskuriin tehtiin oikean kokoinen filmivaripala ja kumipala. Niihin porattiin reiät ja ne kiinnitettiin oveen pulteilla ja muttereilla. Vanerin laitoja suojaamaan taivutettiin ja liimattiin palat ABS-muovista. Oveen kiinnitettiin myös salvat, joilla ovi pidettäisiin kiinni. Lopuksi oveen kiinnitettiin saranat pulteilla ja muttereilla ja saranat kiinnitettiin alustaan samalla tavalla.

9 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli valmistaa toimiva jakeluperävaunun prototyyppi. Jakeluperävaunun prototyypin valmistamisessa oli eri vaiheita, jotka olisi suoritettava. Vaiheisiin kuului sähköistys ja sen komponenttien valinta, osien mallinnus ja suunnittelu, osien valmistus ja kokoonpano. Sähköistyksen teki erillinen ryhmä osana Big-Flash-projektia. Mallinnus oli hyvä tapa varmistaa ja hahmottaa kokoonpanon mitat, mutta aikaa siihen kului melko paljon, sillä mitat varmistettiin osakohtaisesti konseptin kehittäjällä. Suuri osa valmistettavien osien tekemisestä onnistui itse, mutta teräslevyosien valmistamiseen tarvittiin erillistä osaamista. Teräslevyosat tehtiin mittatilaustyönä, mutta yrityksellä, jolta monimutkaisemmat osat tilattiin mittatilaustyönä, oli liian pitkä jono ja valmistus ei onnistunut ajoissa. Osista ja kokoonpanoista tehtiin kuitenkin osa- ja kokoonpanopiirustukset, joiden mukaan projektin valmistusta voitaisiin helposti jatkaa.

Tulevaisuudessa tätä prototyyppiä voidaan kehittää vielä lisää. Prototyyppi tulee näyttämään, kuinka tällainen konsepti tulee toimimaan käytännössä. Jos

konsepti todetaan toimivaksi, siitä voidaan myös tehdä muunnoksia esimerkiksi koon suhteen. Tämä prototyyppi tehtiin tavoittelemalla edullisuutta ja kokoonpanon yksinkertaisuutta, jotta perävaunun valmistus olisi mahdollista ilman suurempaa työryhmää. Tulevaisuudessa suuremmalla budjetilla jakeluperäväunukonseptia voidaan kehittää vielä paremmaksi ja sen tuotantoa voidaan parantaa suuremmilla työryhmillä.

Kun jakeluperävaunu saadaan laajempaan käyttöön, se tulee eheyttämään verkko-ostosten tekemisen prosessia, lyhentämällä kuljetusten aikoja ja pienentämällä logistiikan kustannuksia. Ja jos jakeluperävaunusta kehitetään vielä isompia versioita, logistiikan kustannukset pienevät entisestään.

Lähteet

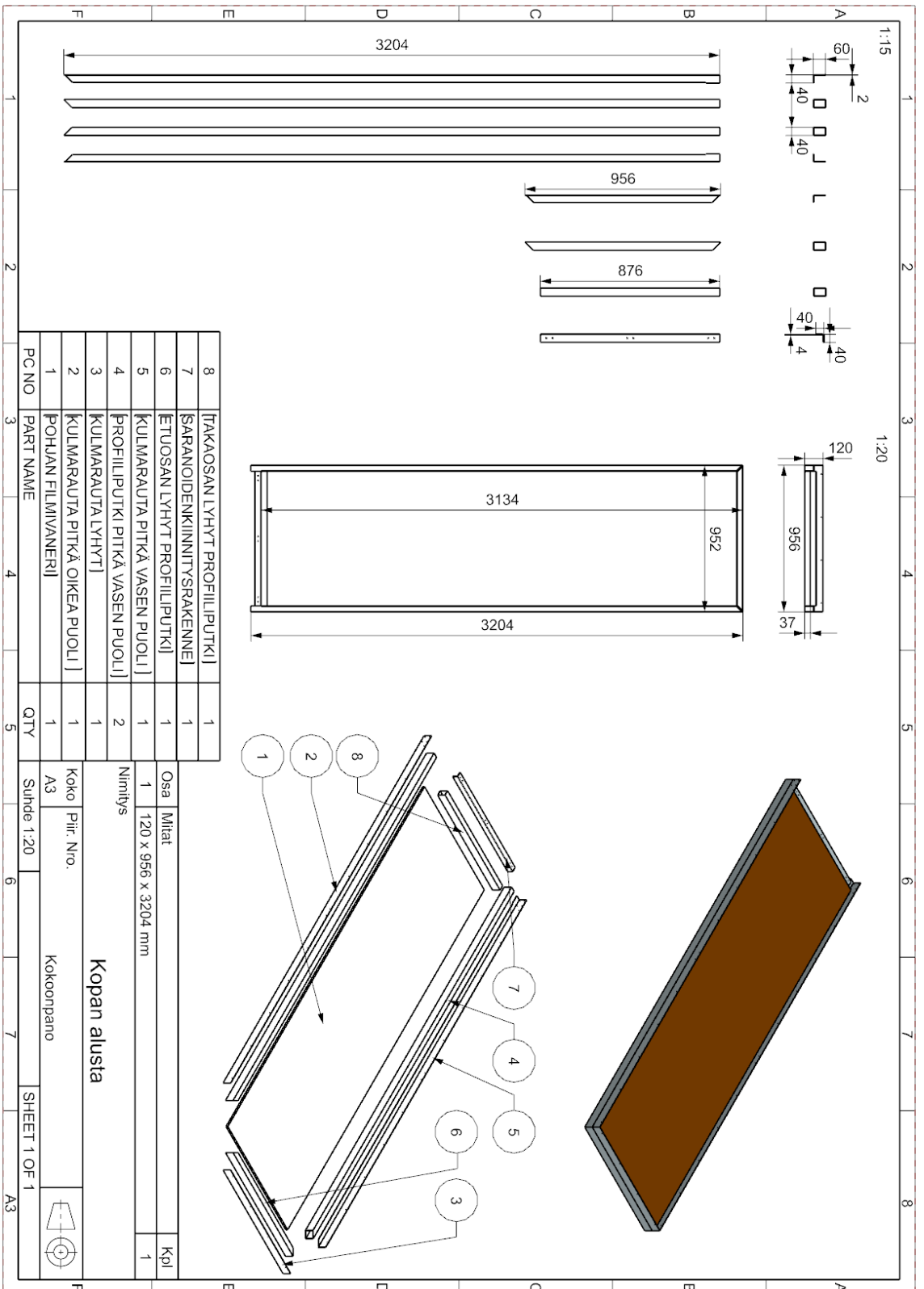
- 1 IPR:n merkitys. Verkkoaineisto. Patentti-insinöörit ry. <https://www.patentti-insinoorit.fi/ipr_n_merkitys/>. [Luettu 23.3.2023].
- 2 PK-yritys. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.tilastokeskus.fi/meta/kas/pk_yritys.html>. [Luettu 23.3.2023].
- 3 Ruostumaton teräs 100 vuotta – tietopaketti rosterin ominaisuuksista ja sen hoidosta. Verkkoaineisto. Neuvokit. 8.8.2017. <<https://www.metos.fi/news/neuvokit/ruostumaton-teras-materiaalina/>>. [Luettu 26.4.2023].
- 4 Alumiini ja sen epäorgaaniset yhdisteet. Verkkoaineisto. Vesa Riihimäki. Työterveyslaitos. <<https://web.archive.org/web/20180613234417/http://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/Alumiini.pdf>>. [Luettu 26.4.2023].

Kokoonpanopiirustuksia

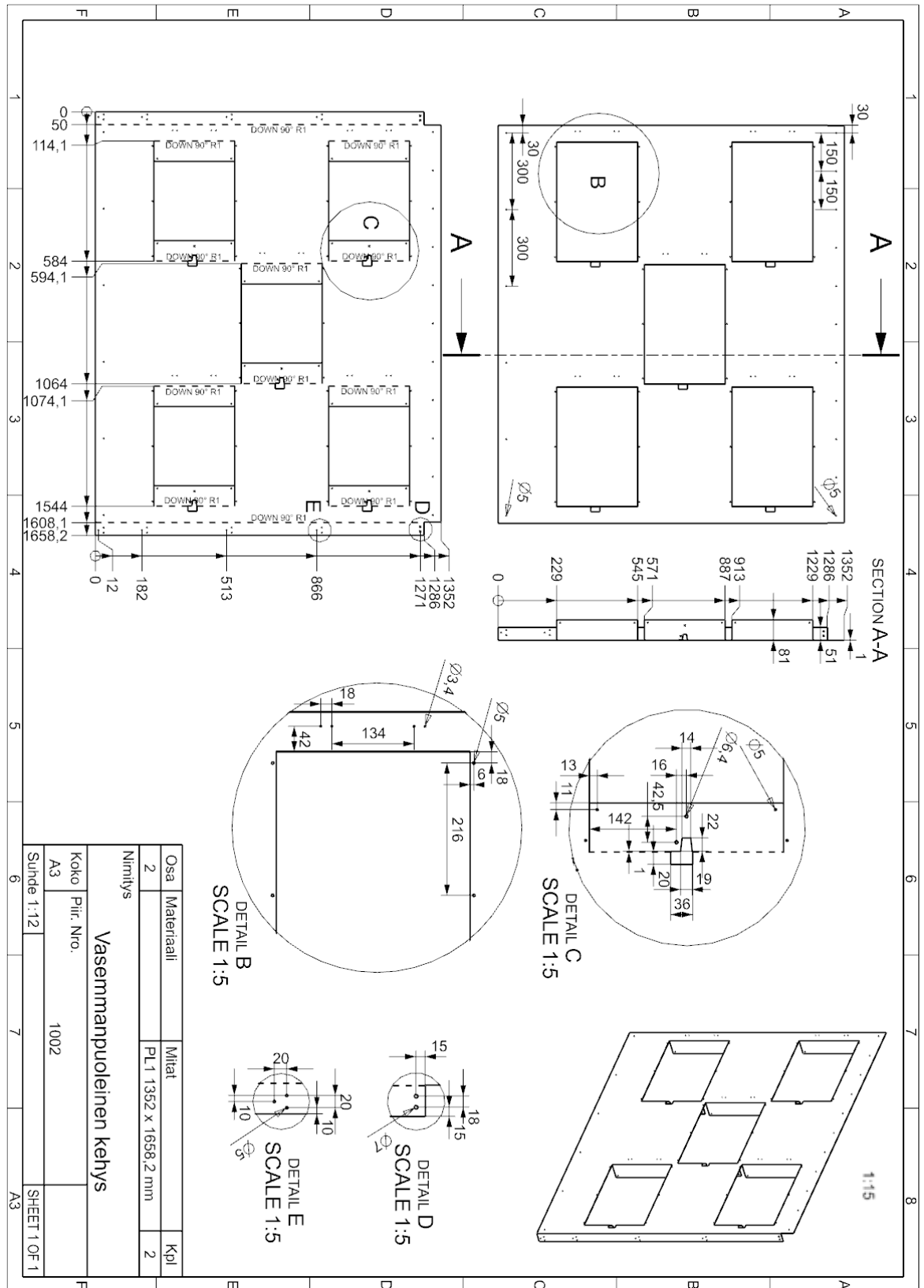
The diagram shows an exploded view of a distribution cabinet. The main view is an exploded perspective from the top-left, showing the front panel (1), side panels (2), top cover (3), and internal components (4, 5, 6). A grid with letters A-E and numbers 1-8 is overlaid on the diagram. A second view on the right shows the cabinet with a grey finish.

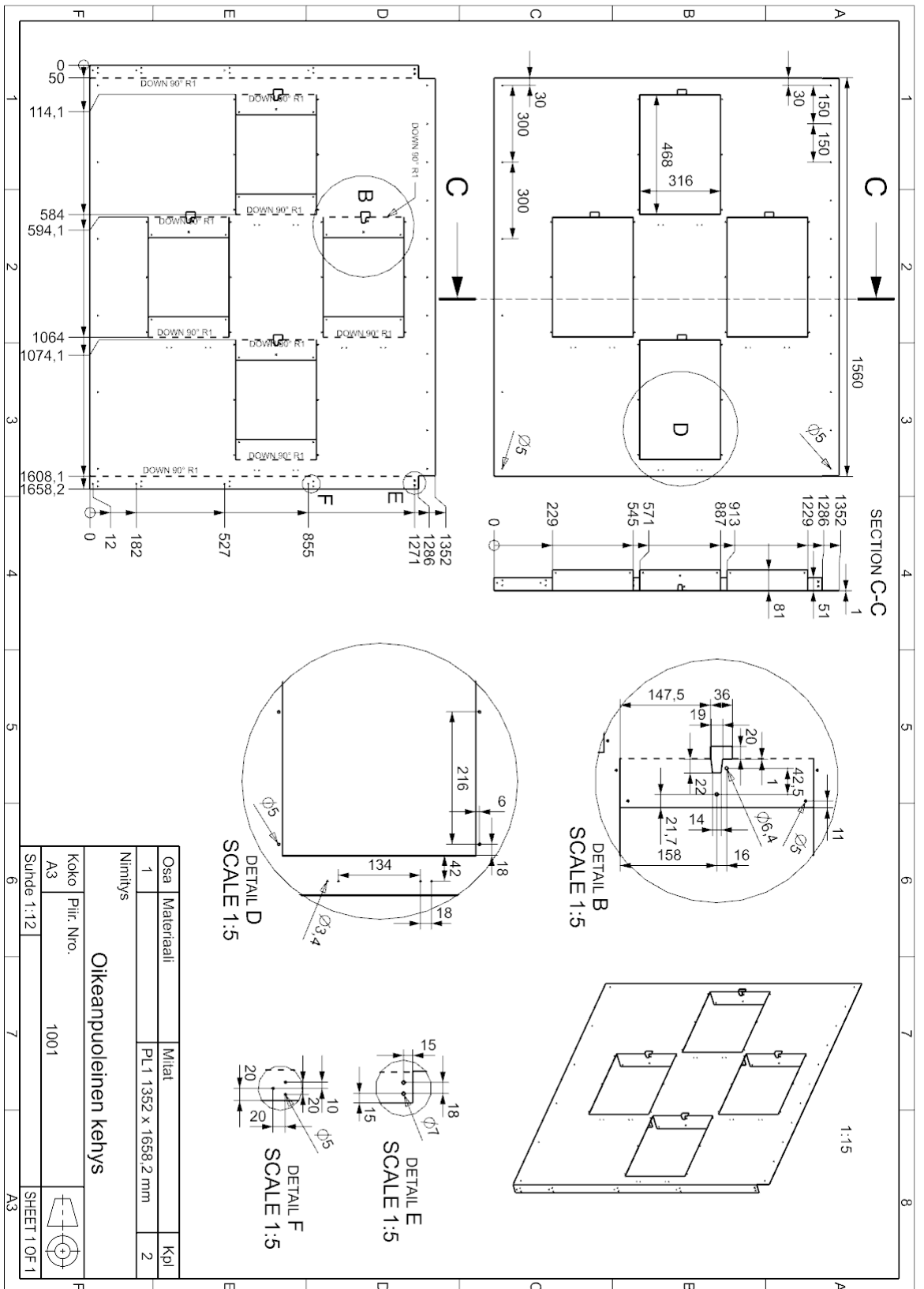
6	[OIKEA SEINÄ]	1
5	[VASEN SEINÄ]	1
4	KATTO	1
3	[OVI]	1
2	ETULEVY	1
1	POHJA	1
PC NO	PART NAME	QTY

Osa	Mitat	Kpl
1	960 x 1442 x 3226 mm	1
Nimitys		
Jakeluperävaunun koppa		
Koko	Piir. Nro.	
A3	Kokoonpano	
Suunde 1:20		
6	7	8
SHEET 1 OF 1		



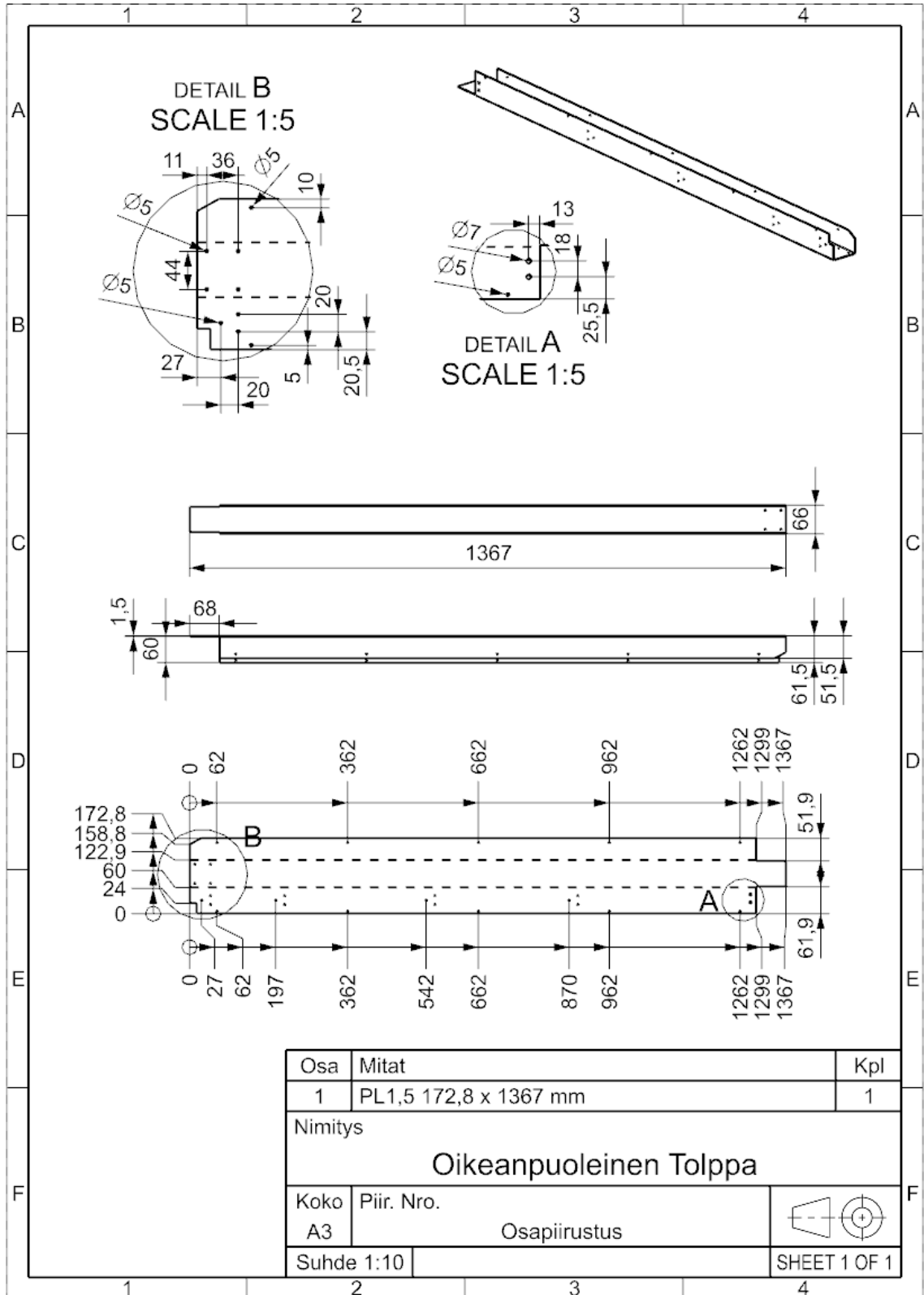
Osapiirustuksia



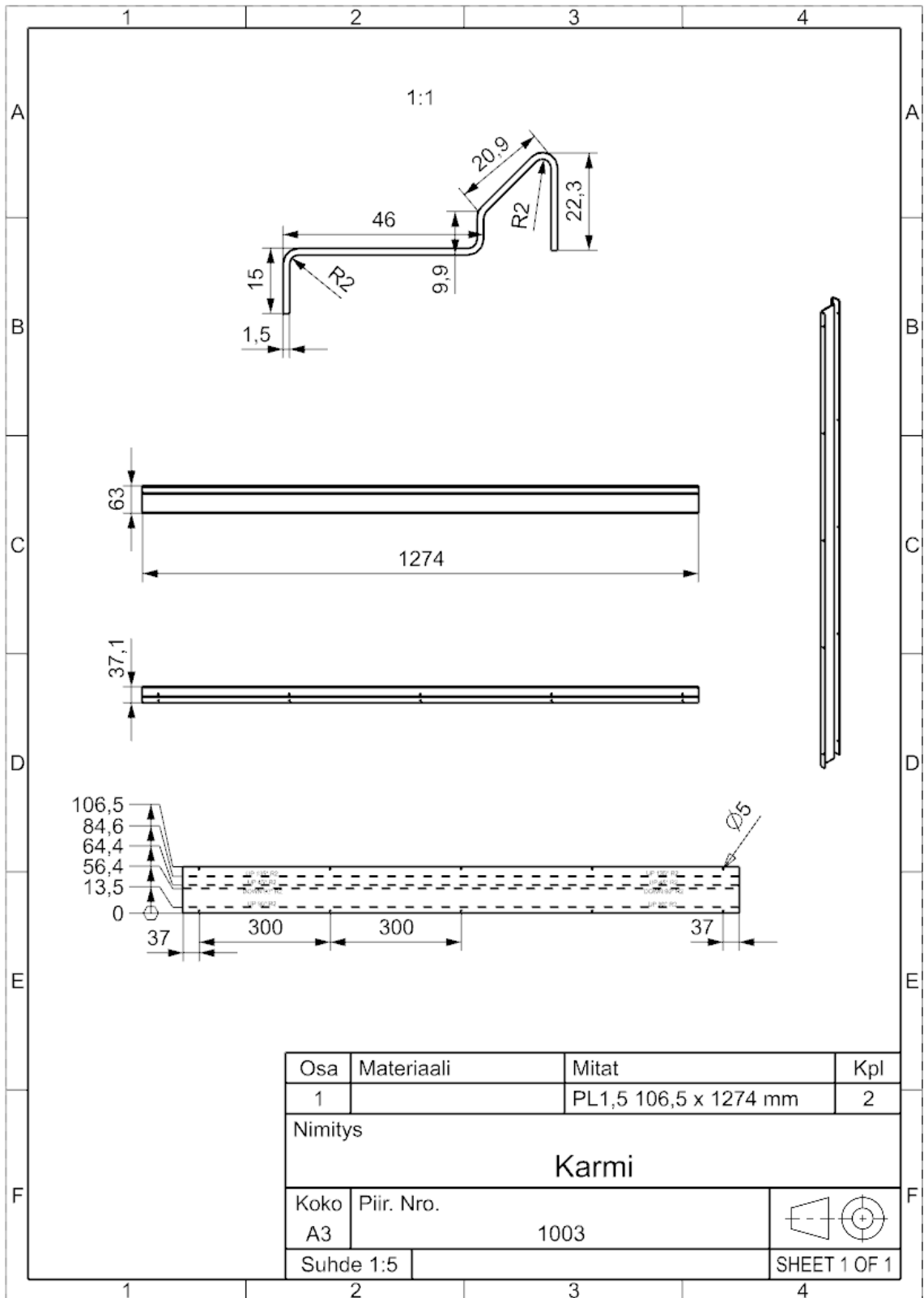


Oikeanpuoleinen kehys		Mitat	Kpl
Osa	Materiaali	PL1 1352 x 1658,2 mm	2
Nimitys			
Koko	Piir. Nro.	1001	
A3			
Suunde 1:12			
A3			

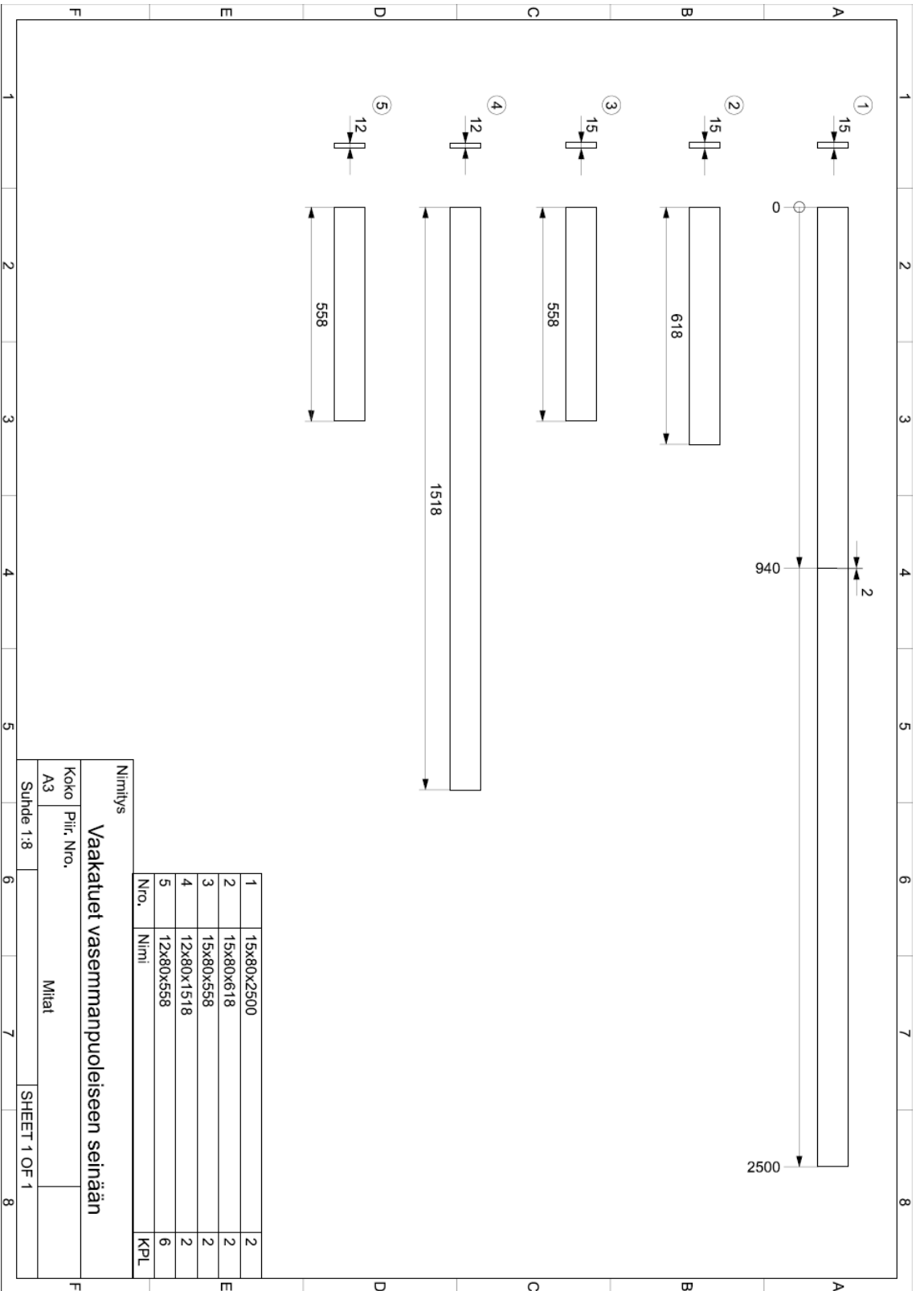
SHEET 1 OF 1



Osa	Mitat	Kpl
1	PL1,5 172,8 x 1367 mm	1
Nimitys		
Oikeanpuoleinen Tolppa		
Koko	Piir. Nro.	
A3	Osapiirustus	
Suhde 1:10	SHEET 1 OF 1	



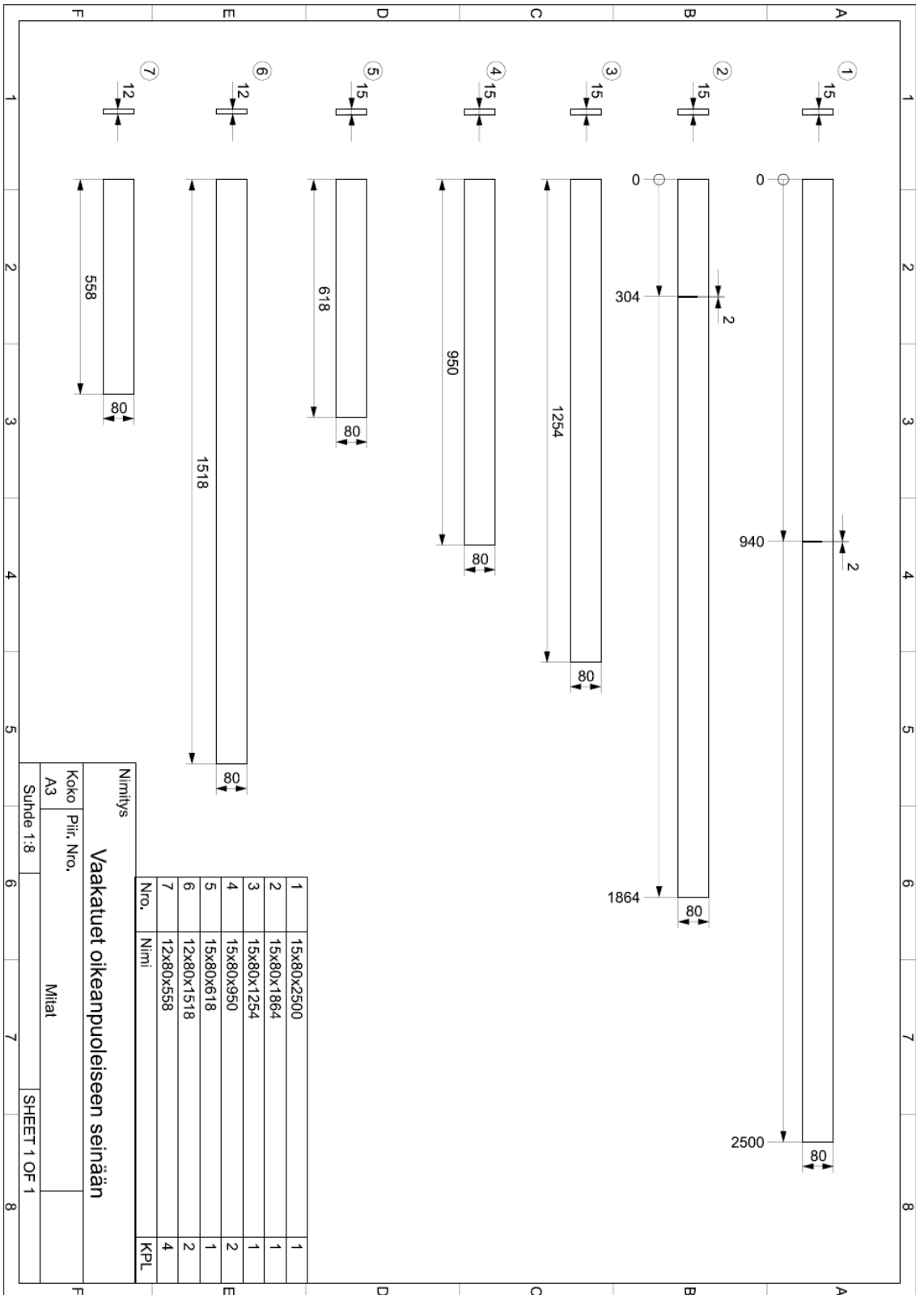
Osa	Materiaali	Mitat	Kpl
1		PL1,5 106,5 x 1274 mm	2
Nimitys			
Karmi			
Koko	Piir. Nro.		
A3		1003	
Suhde 1:5			
			SHEET 1 OF 1



Nro.	Nimi	KPL
1	15x80x2500	2
2	15x80x618	2
3	15x80x558	2
4	12x80x1518	2
5	12x80x558	6

Vaakatuet vasemmanpuoleiseen seinään

Nimitys	
Koko	Piir. Nro.
A3	Mitali
Suhde 1:8	SHEET 1 OF 1



Vaakatuot oikeanpuoleiseen seinään

Nimitys	
Koko	Piir. Nro.
A3	Mital
Suhde 1:8	SHEET 1 OF 1

