

## **Huoltovaunun tuotekehitys**

### **Prototyyppi älyviherseinien huollolle**

Pekka Uuttu

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), hyvinvointiteknologian tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Uuttu, Pekka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 15.5.2017
	Sivumäärä 123	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Huoltovaunun tuotekehitys</b> Prototyyppi älyviherseinien huollolle		
Tutkinto-ohjelma Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Jorma Matilainen, Matti Siistonen		
Toimeksiantaja(t) NaturVention Oy (Naava), Samu Toikkanen		
<p>Tiivistelmä</p> <p>NaturVention Oy:n tuotteina ovat luonnonmukaiseen sisäilmanpuhdistukseen tarkoitetut älyviherseinät. Yrityksen toiminta on laajentumassa käsittämään suurkaupunkialueita, joissa yhtenä vaihtoehtona on viherseinien huollon liikkuminen kävellen. Työvälineeksi kehitettiin huoltovaunu, josta valmistettiin kaksi prototyyppiä. Huoltovaunun kehitystyön tuloksena olivat myös osa- ja kokoonpanopiirustukset. Tuotekehityksessä painopiste oli asiakastarpeen ymmärtämisessä, tuotevaatimusten määrittelyssä sekä tuotekonseptoinnissa. Oli otettava huomioon, ettei vaunu ollut yrityksen tuote vaan tuotantoväline. Tämä asetti rajoitteita mm. käytettäville materiaaleille ja valmistusmenetelmille. Prototyyppihin liittyvä valmistus ja testaus tehtiin yrityksen toimitiloissa ja niihin liittyvistä metallitöistä vastasi EV-Metalli Ky.</p> <p>Kehittämistehtävässä tehtiin ensin vaatimusten määrittely ja niiden pohjalta asetettiin vaunun spesifikaatiot. Teknisen suunnittelutyön kohteena olivat huoltovaunun lämpöeristetty säilytystila, alusta- ja jarrurakenne sekä tarvittavien valmisosien valitseminen. Ensimmäisellä prototyyppillä hahmotettiin kärryn mitoitusta, etsittiin pyörien oikeaa sijoituspaikkaa, vertailtiin säilytystilan luokkurakenteita käyttäjän näkökulmasta ja todennettiin suunnitellun jarrumekanismin toimivuus. Toisella prototyyppillä tehtävänä oli todentaa vaunun toimivuus huollon työvälineenä.</p> <p>Lämpöeristyksen toimivuus ja vedenpitävyys täytyy todentaa. Vaunun omamassaa pitää tarvittaessa vähentää ja suunnitellun päällysmateriaalin iskunkestävyys varmistaa. Vaunun ulkonäköä voisi kehittää edelleen ja suunnitella jarrukaapelin kiinnitys uudelleen asennuksen kannalta. Lisäksi jatkokehitykseen kuuluvat valmistuksen ja kokoonpanon työmenetelmien kehittäminen.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Tuotekehitys, tuotesuunnittelu, tuotekonsepti, prototyyppi, kuljetusvälineet		
Muut tiedot		

Author(s) Uttu, Pekka	Type of publication Bachelor's thesis	Date 15.5.2017
	Number of pages 123	Language of publication: Finnish
		Permission for web publication: x
Title of publication <b>Product Development of a Service Trolley</b> Prototype for the service of the smart green wall		
Degree programme Degree Programme in Wellness Technology		
Supervisor(s) Matilainen, Jorma; Siistonen, Matti		
Assigned by NaturVention Ltd (Naava), Mr. Samu Toikkanen		
Description  <p>NaturVention Ltd produces smart green walls with natural air purification. The business was expanding to metropolitan areas and big cities, so the best approach for on-site maintenance in heavy traffic areas posed a question. Maintenance work done by foot was considered as an option, so a maintenance trolley was developed with two prototypes. In addition, the part and assembly drawings of the designed trolley were included in development.</p> <p>The focus in the development was on understanding the customer need, product specification and product concepts. The service trolley was tool, not an actual product. Limitations for e.g. manufacturing and materials existed. EV-Metalli LP was responsible for the metal fabrication and the rest of the manufacturing and testing of prototypes were done in the company premises.</p> <p>The development started with the definition of the product qualities and precise product specifications. The technical design included the thermal container for green plants, the undercarriage of trolley, brake mechanism and the selection process of components. Overall dimensions of the trolley, the right wheel configuration, the evaluation of hatch designs and the verification of brake design were studied with the first prototype. The overall function of the service trolley in the maintenance work was to be studied with the second prototype.</p> <p>The thermal insulation and the waterproofing has to be verified. The curb weight of the trolley has to be reduced and the impact strength of the container cover material has to be examined. The visual aspects of the trolley could be further developed and the brake cable fixing redesigned. Equally the methods of the manufacturing and assembly needs developing.</p>		
Keywords ( <a href="#">subjects</a> )  Product development, product design, prototypes, product concept, delivery equipment		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Opinnäytetyön lähtökohdat</b> .....	4
1.1	Opinnäytetyön aihe.....	4
1.2	Opinnäytetyön tavoite.....	5
1.3	Opinnäytetyön resurssit ja aikataulu.....	5
1.4	Opinnäytetyön tutkimusaineisto ja tiedonhaku.....	6
<b>2</b>	<b>Tuotekehitys</b> .....	6
2.1	Tuotekehitysprosessi.....	6
2.2	Käyttäjätarpeen tunnistamisen menetelmät.....	8
2.3	Tuotteen spesifiointi.....	8
2.4	Konseptien luominen eli ratkaisuvaihtoehtojen tuottaminen.....	9
2.5	Konseptien arviointi.....	11
2.6	Prototyypit.....	12
2.7	Lämpöeristäminen.....	14
<b>3</b>	<b>Huoltovaunun kehitystyö</b> .....	15
3.1	Lähtötilanne.....	15
3.2	Vaatimusten määrittely ja tuotteen spesifiointi.....	16
3.3	Huoltovaunun konseptointi.....	17
3.3.1	Taustaselvitys.....	17
3.3.2	Konseptit.....	17
3.3.3	Huoltovaunun konseptien vertailu.....	20
3.4	BOX-konseptin kehittäminen.....	21
3.4.1	Huoltovaunun pyörät.....	21
3.4.2	Ohjauksen suunnittelu.....	23
3.4.3	Jarrun suunnittelu.....	25
3.4.4	Huoltovaunun säilytystila.....	27
3.4.5	Huoltovaunun alustan suunnittelu.....	31

	2
3.5	Prototyyppien valmistus ja testaus .....33
3.5.1	Huoltovaunun mallinnus .....33
3.5.2	Prototyyppi 1 .....33
3.5.3	Prototyyppi 2 .....36
<b>4</b>	<b>Pohdinta</b> .....39
4.1	Aihevalinta.....39
4.2	Tietoperusta ja tutkimusaineisto .....39
4.3	Vaatimusmäärittely ja spesifiointi.....40
4.4	Konseptit .....41
4.5	Prototyypit.....43
4.6	Jatkokehitys .....43
	<b>Lähteet</b> .....45
	<b>Liitteet</b> .....47
Liite 1.	Opinnäytetyön alustava aikataulusuunnitelma .....47
Liite 2.	Huoltovaunun suunnitteluvaatimusten näkökohtia .....48
Liite 3.	Huoltovaunun vaatimuslista.....49
Liite 4.	Morfologinen matriisi.....53
Liite 5.	Konseptien arviointi.....55
Liite 6.	Lämpöenergian johtuminen eristekerroksen läpi .....56
Liite 7.	Materiaalien ja liitosten lujuustekninen mitoitus .....57
Liite 8.	Prototyyppien valokuvia .....59
Liite 9.	Kustannuslaskelma .....63
Liite 10.	Huoltovaunun piirustukset .....66
<b>Kuviot</b>	
Kuvio 1.	Perinteinen tuotekehitysprosessi.....7
Kuvio 2.	Viisivaiheinen konseptien luominen .....10

Kuvio 3. Kahvinkeittimen toimintakaavio .....	10
Kuvio 4. Konsepti ”Pehmeä” .....	18
Kuvio 5. Konsepti "Cooler" .....	19
Kuvio 6. Konsepti BOX .....	19
Kuvio 7. Huoltovaunun pyörämalli.....	23
Kuvio 8. Rollaattorin jarru .....	26
Kuvio 9. Materiaalien sijoittelu säilytystilaan .....	29
Kuvio 10. Säilytystilan seinärakenne .....	30
Kuvio 11. Säilytystilan tukirakenne .....	30
Kuvio 12. Alustan kehikko .....	31
Kuvio 13. Jarrumekanismin kuvaus .....	32
Kuvio 14. Huoltovaunun ensimmäinen prototyyppi.....	34
Kuvio 15. Jarrumekanismin toteutus prototyypissä 2 .....	36

## **Taulukot**

Taulukko 1. Yksinkertainen ns. morfologinen matriisi.....	11
Taulukko 2. Konseptien vertailutaulukko.....	12
Taulukko 3. Ohjauslaitteen arviointi .....	24
Taulukko 4. Eristemateriaalien arviointi .....	28
Taulukko 5. Teräksen ja alumiinin vertailu .....	32

# 1 Opinnäytetyön lähtökohdat

## 1.1 Opinnäytetyön aihe

Tämä opinnäytetyö käsittelee tuotekehitysprojektia, jossa kehitettiin huoltovaunun prototyyppi NaturVention Oy:n huollolle. NaturVention Oy:n tuotteina ovat luonnonomukaiseen sisäilmanpuhdistukseen tarkoitettut viherseinät (Naturvention n.d.). NaturVentionin huollon esimiehenä toimivan Samu Toikkasen mukaan, yrityksen toiminta on laajentumassa käsittämään suurkaupunkialueita, joissa yhtenä vaihtoehtona on viherseinien huoltohenkilöstön liikkuminen kävellen autokuljetusten sijaan. Tällöin tarvitaan työväline huollon materiaalien kuljettamiseen. (Toikkanen 2016a.).

Aihe kiinnosti minua siksi, että näen siinä paljon yhtymäkohtia omiin ammatillisiin toiveisiini. Haluaisin olla omassa työssäni kehittämässä mm. uusia liikkumisen apuvälineitä. Huoltovaunulla toimitaan siis osittain samassa ympäristössä ja kohdataan samoja haasteita kuin esim. pyörätuolilla liikuttaessa. Molempien käytössä korostuu mielestäni sosiaalinen hyväksyttävyys ja ihmisten kohtaaminen.

Opinnäytetyö oli luonteeltaan kehittämistutkimus, koska sillä pyrittiin ensisijaisesti parantamaan huollon toimintaedellytyksiä suurkaupunkiympäristössä ja ratkaisemaan huollon materiaalikuljetuksiin liittyvää ongelmaa. Tutkimusote oli luonteeltaan kvalitatiivinen, koska tutkimusaineistoa kerättiin havainnoinnin, haastattelun ja dokumenttien muodossa. Kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä soveltui paremmin, koska kysymykset olivat luonteeltaan avoimia ja ne kohdistettiin tietyille yksilöille satunnaisotannan sijaan.

Opinnäytetyössä ratkaistiin aitoa työelämälähtöistä ongelmaa. Huoltovaunun prototyyppin oli tarkoitus antaa yritykselle konkreettinen ratkaisuvaihtoehto siihen, miten huollon liikkuminen asiakaskohteisiin toteutettaisiin (Toikkanen 2016). Opinnäytetyössäni pyrin ennen kaikkea arvioimaan kriittisesti työhön liittyviä valintojani käytetyn lähdeaineiston, toteutusmenetelmien ja tulosten osalta. Opinnäytetyö auttaa minua kehittämään ongelmanratkaisukykyäni. Lisäksi hyödynnän työn tekemisessä mm. tiedonhaun, mallinnuksen, tuotekehityksen, koneensuunnittelun ja käyttäjätestauksen oppejani. Opinnäytetyö toteutettiin 6/2016 – 5/2017 välisenä aikana.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli valittua tuotekehitysprosessia hyödyntäen suunnitella ja valmistaa asetettujen vaatimusten mukainen huoltovaunun prototyyppi. Opinnäytetyön tekemisen aikana oli tarkoitus selvittää huoltovaunun vaatimuksia. Näiden pohjalta oli tarkoitus luoda suunnitteluratkaisuja, sekä arvioida tehtyjen ratkaisujen vastaavuutta asetettuihin vaatimuksiin. Suunnittelutyön tuloksena olisivat huoltovaunun työ-, osakokoonpano- ja kokoonpanopiirustukset sekä osaluettelo. Konkreettisenä tuotoksena olisi huoltovaunun prototyyppi.

Prototyypin käytännön toteutus esim. käytettävissä olevien materiaalien osalta täsmentyisi työn tekemisen aikana. Prototyypin valmistus esim. mahdollisten hitsaus- ja levytöiden osalta oli tarkoitus selvittää toimeksiantajalta. Huomionarvoista oli, että huoltovaunu ei ollut yrityksen tuote vaan tuotantoväline. Tuotekehityksessä oli siis huomioitava käytännön mahdollisuudet eri valmistusmenetelmiin ja materiaaleihin.

## 1.3 Opinnäytetyön resurssit ja aikataulu

Opinnäytetyön aikana voitiin olettaa syntyvän jonkin asteisia rahallisia kustannuksia mm. prototyypin rakentamisessa komponenttihankintojen, materiaalikäytön ja valmistuskustannusten muodossa. NaturVentionin huollon esimiehen Samu Toikkasen mukaan toimeksiantaja järjestäisi tarvittavat resurssit näiden osalta (Toikkanen 2016b). Nämä kustannukset eivät olleet etukäteen arvioitavissa, koska ne riippuivat valituista ratkaisuista. Toimeksiantaja osoittaisi projektin aikana syntyvien kustannusten enimmäismäärän. Opinnäytetyön luonteen johdosta, toimeksiantajan henkilöstön sitoutuminen oli suotavaa ainakin konsultoinnin, palautteen antamisen ja työskentelyn sekä sen tulosten arvioinnissa. Opinnäytetyön tehtävät ja alustava aikataulu on kuvattu liitteessä 1.



## 1.4 Opinnäytetyön tutkimusaineisto ja tiedonhaku

Tutkimusaineisto kehittämistyössä koostui tuotteen toiminnan testaamisen aikana saatavasta mittaustiedosta ja subjektiivisista havainnoista. Tutkimusaineistoa kerättiin testauksen aikana kirjallisesti ja valokuvaten. Yksinkertaisin järjestelyin mitattavissa olevista vaatimuksista suoritettiin mittaukset. Tulosten analysointi tapahtui vaunulle asetettujen vaatimusten ja testauksessa saatujen tulosten vertailulla.

Opinnäytetyön tiedonhankinnassa hyödynnettiin Jyväskylän Ammattikorkeakoulun kirjaston tietopalveluja. Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjastolla oli saatavissa runsaasti painettua kirjallista lähdeaineistoa. Lisäksi keskeinen tiedonhaun lähde oli toimeksiantaja. Tiedonhaussa apuna käytettiin asiasanasto- ja ontologiapalveluja kuten esim. Finto ja YSO. Opinnäytetyön keskeisiä käsitteitä ja hakusanoja olivat mm.

- tuotekehitys (*product development*), tuotekehitysprosessi, tuotekehitystoiminta, tuotekehitysprojekti
- tuotesuunnittelu (*product design*), tuotemallinnus, 3D-mallinnus, prototyyppi
- konstruktitekniikka (*mechanical engineering design*), teollinen muotoilu
- käytettävyys (*usability*), käyttäjäkeskeinen suunnittelu, käyttäjättestaus
- ergonomia (*ergonomics*), fyysinen ergonomia, kognitiivinen ergonomia, antropometria, työasennot, työfysiologia
- tuoteturvallisuus (*product safety*), turvallisuustekniikka.

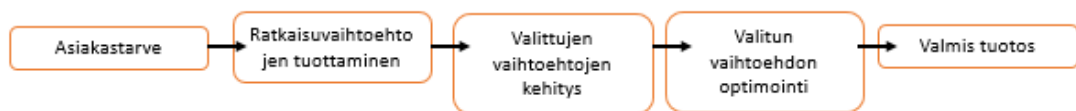
## 2 Tuotekehitys

### 2.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitysprosessi voidaan kuvata sarjana peräkkäisiä vaiheita, joiden aikana yritys ideoi, kehittää ja kaupallistaa tuotteen. Hyvin määritellyn tuotekehitysprosessin avulla yritys saa vakuutuksen siitä, että kehityksen kohteena oleva tuote saavuttaa sille asetetut laatuvaatimukset. Lisäksi tuotekehityksessä osallisena olevat saavat selkeän käsityksen siitä, missä vaiheessa prosessia heidän työpanostaan tarvitaan. Li-

säksi hyvin määritellyn prosessin eri vaiheiden selkeän erottelun avulla saadaan tuotekehitysprojektin aikatauluun selkeät virstanpylväät. Huolellisesti toteutetulla prosessin ajantasaisella seurannalla ja arvioinnilla saadaan selkeä käsitys todellisuuden toiminnan ja optimaalisen tuotekehitysprosessin eroavaisuuksista ja mahdollisista kehityksen ongelmakohtista. (Ulrich & Eppinger 2012, 12–13).

Perinteisesti tuotekehitysprosessia voidaan pitää ratkaisukeskeisenä. Suunnittelutarpeen ilmaantumisen jälkeen suunnittelija tekee jonkinasteisen perehtymisen suunnitteluongelmaan ja suuntaa sitten katseensa kohti suunnitteluratkaisujen luomista. (Ks. kuvio 1). Suunnitteluratkaisuille on leimallista suunnittelijan oma kokemus ja niin sanottu näppituntuma. Tuotekehitys on luonteeltaan kokeilevaa yrityksen ja erehdyksen kautta toimimista. Perinteinen tuotekehitysprosessi on jaettu selkeisiin toimintavaiheisiin mutta ei ota kantaa siihen, miten kussakin vaiheessa tulisi toimia. Prosessiin kuuluu iteratiivisuus, jossa suunnittelutyön tuloksia arvioidaan suhteessa vaatimuksiin. Lopulta saavutetaan riittävä taso asetettuihin vaatimuksiin nähden. (Cross 2008, 29–34.)



Kuvio 1. Perinteinen tuotekehitysprosessi (Dym & Little 2009, 23)

Tuotekehitykseen on olemassa myös menetelmiä jotka antavat yksityiskohtaisempia toimintaohjeita, miten tuotekehityksen eri vaiheissa tulisi toimia. Front-end -tuotekehitysmenetelmissä painopistettä on siirretty alkuvaiheeseen. Perinteisen tuotekehitysmallin vaarana on epämääräinen tuotevaatimusten määrittely. Tämän seurauksena tuotteelle asetetut piilevät tarpeet tulevat esiin vasta myöhemmässä vaiheessa kehitystyötä. Tuotekehityksen myöhemmissä vaiheissa muutosten tekeminen on kalliimpaa. Front-end -tyyppisessä tuotekehityksessä asiakastarpeen ja tuotevaatimusten määrittämiseen ja erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen luomiseen käytetään enemmän resursseja todellisten tarpeiden ja ongelmien ymmärtämiseksi. (Cross 2008, 34–36; Dym & Little 2009, 24–27; Ulrich & Eppinger 2012, 13.)

## 2.2 Käyttäjätarpeen tunnistamisen menetelmät

Tuotekehitysprojektin lopputuloksena syntyy konkreettinen esitys tuotteesta mm. erilaisten tuotedokumenttien muodossa. Käyttäjän odotuksia tuotteelta täytyy selvittää, jotta kehitettävä tuote vastaisi ominaisuuksiltaan asiakkaan odotuksia. Menetelminä käyttäjätarpeen tunnistamisessa voivat olla omakohtaisen kokemuksen hankkiminen eli tuotteen käyttäjänä oleminen, käyttäjien toiminnan tarkkailu tuotteen käytön aikana ja käyttäjien haastatteleminen. (Hietikko 2015, 62–67.) Uuden tuotteen kohdalla ongelmana voi olla konkreettisen tuotteen tai käyttäjän puuttuminen. Tällöin voidaan turvautua esim. tarkastelemaan vastaavia tuotteita, tai suunnittelijat voivat käyttää tuotteen prototyypin omakohtaisen kokemuksen saamisessa.

Tärkeää on dokumentoida käyttäjiltä saatu palaute, sillä se toimii tuotekehityksen myöhemmissä vaiheissa muistilistana. Palaute toimii lähtökohtana, kun asetetaan tuotteeseen liitettäviä ominaisuuksia. Liian tarkkoja määritelmiä on kuitenkin tarkoitus välttää. Lukumäärältään suurta aineistoa kannattaa jaotella niin, että lopullisia tarpeita olisi noin kymmenkunta. Tämän jälkeen voidaan selvittää tuoteominaisuuden painoarvoa suhteessa toisiin ominaisuuksiin esim. käyttäjäkyselyn avulla. Kyselyssä kannattaa selvittää vain niiden ominaisuuksien painoarvo joiden katsotaan aiheuttavan myöhemmässä vaiheessa kompromissitilanteen. (Cross 2008, 78–82; Hietikko 2015, 62–67; Ulrich & Eppinger 2012, 86.)

Käyttäjien tarpeet saattavat olla joskus ilmaistu epämääräisesti. Tarve on osattava muotoilla uudelleen tuotteen ominaisuudeksi. Tuotteelle asetetun tarpeen täyttämiseksi riittää joskus yksi ominaisuus, mutta joskus joudutaan pohtimaan useampaa ominaisuutta jonkin tarpeen täyttämiseksi. Joskus tuotteeseen liitetty ominaisuus saattaa täyttää useamman tarpeen. (Hietikko 2015, 62–67; Ulrich & Eppinger 2012, 86.)

## 2.3 Tuotteen spesifointi

Käyttäjätarpeen tunnistamisen vaiheessa tehty tuoteominaisuuksien määrittely ei itsessään riitä, kun halutaan tarkastella tehtyjen suunnitteluratkaisujen vastaavuutta käyttäjätarpeeseen. Tuotekehityksen on asetettava jokaiselle ominaisuudelle specifi-

kaatio. Tuotteen spesifikaatio voi olla esim. leveys 800 mm tai massa 3,4 kg. Ominaisuuden pohjalta luodun spesifikaation valitsee suunnittelija. Spesifikaation tulisi olla järkevä ja mahdollisimman hyvin ominaisuuden täyttävä.

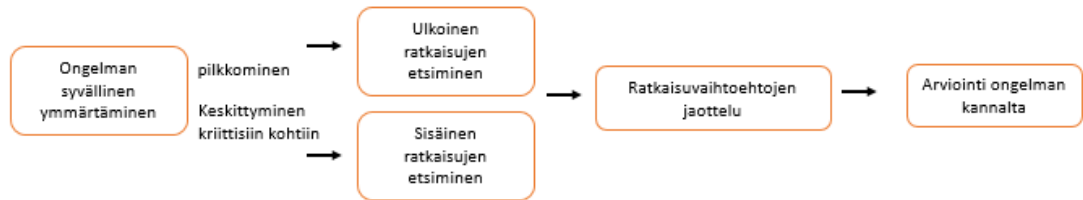
Subjektivista arviointia vaativien spesifikaatioiden täyttymistä on arvioitava esim. käyttäjäpalautteen avulla, koska sitä ei voi asettaa numeerisesti mitattavaan muotoon. Spesifikaatioita määritettäessä apuna voidaan käyttää vertailua muihin vastaaviin tuotteisiin. Spesifikaatiolle tulisi myös asettaa tavoitellun optimaalisen suoritusarvon lisäksi raja-arvot. Tuotteen täytyy siis esim. kantaa vähintään 100 kg kuorma tai tuotteen maksimileveys on 1200 mm. (Ulrich & Eppinger 2012, 91–103; Dym & Little 2009, 65–68.)

Spesifikaatiot tulisi valita siten, että niiden mittaaminen onnistuu ilman monimutkaisia ja kalliita laboratoriojärjestelyjä. Lisäksi spesifikaation mittaaminen tulisi olla helposti toistettava virheen mahdollisuuden vuoksi tai sen pienentämiseksi. Mittaustulos tulisi ilmoittaa sellaisessa muodossa, että se on kaikkien asianosaisten ymmärrettävissä. Spesifikaatio ei ota kantaa siihen, miten tuote tulisi suunnitella sen täyttämiseksi. Suunnittelun aikana usein joudutaan tekemään kompromisseja eri spesifikaatioiden välillä. Jonkin spesifikaation täyttäminen voi esim. vaikuttaa huomattavasti tuotteen kustannuksiin. Tehtyjä ratkaisuja on aina pyrittävä arvioimaan myös asetettujen spesifikaatioiden valossa, ja pohdittava onko jokin spesifikaatio tärkeämpi kuin toinen. (Ulrich & Eppinger 2012, 91–103; Dym & Little 2009, 65–68.)

## 2.4 Konseptien luominen eli ratkaisuvaihtoehtojen tuottaminen

Tuotekonsepti on aina suuntaa antava esitys tuotteen toimintatavasta, käytetyistä teknisistä ratkaisuista ja ulkomuodosta. Se voi olla luonnostelma ja lyhyt sanallinen kuvaus siitä, kuinka tuotekonsepti vastaa tarpeisiin. Konseptisuunnittelu on myöhempiin tuotekehityksen vaiheisiin verrattuna edullista, joten siihen kannattaa käyttää riittävästi aikaa. Konseptivaiheen huolellinen vaihtoehtojen kartoittaminen pienentää riskiä, että parempi ratkaisu tulisi esiin tuotekehityksen edetessä. (Ulrich & Eppinger 2012, 118–119.)

Tuotteen vaatimusten kannalta keskeisten ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen kannattaa tehdä järjestelmällisesti. Systemaattinen lähestymistapa konseptivaiheen suunnittelussa voidaan toteuttaa esim. kuvion 2 osoittamalla tavalla.



Kuvio 2. Viisivaiheinen konseptien luominen (Ulrich & Eppinger 2012, 120)

Suunnitteluratkaisuja luotaessa voidaan ongelmakohtia yksinkertaistaa pilkkomalla ongelma pienempiin osiin. Tuotteen toiminnosta luodaan toimintakaavio, jossa tuotteen toimintaa kuvataan sarjalla alitoimintoja (ks. kuvio 3). Toimintakaavio ei anna viitteitä siitä, miten ongelma olisi ratkaistava teknisesti, vaan sen avulla kuvataan tuotteen materiaalien ja energioiden liikkumista eri rajapintojen yli.



Kuvio 3. Kahvinkeitin toimintakaavio (Ulrich & Eppinger 2012, 122)

Ongelman tai sen osan ratkaisua kannattaa etsiä niin sisäisesti kuin ulkoisestikin. Uusia ratkaisuvaihtoehtoja voidaan ideoida itsenäisesti tai ryhmässä erilaisia ideointimenetelmiä käyttäen. On suotavaa, että ideointia tehtäisiin sekä yksin että ryhmässä. Usein ongelma on jo ratkaistu jonkun muun toimesta, eli myös ulkoista tiedonhakua olisi syytä tehdä. Ratkaisua etsittäessä kannattaa hyödyntää

- tuotteen tai vastaavan huippukäyttäjät
- oman alansa asiantuntijat

- patentit
- julkaisutoiminta painettuine ja sähköisine aineistoinen
- sekä vastaavat tuotteet.

On helpompaa käyttää jo olemassa olevaa tietoa ja keskittyä luomaan ratkaisuja niihin kriittisiin ongelmakohtiin, joihin ratkaisua ei ole helposti saatavilla. (Ulrich & Eppinger 2012, 121-130.) Tiedonhaun tulokset ovat yleensä osaratkaisuja ja ne täytyy järjestää ratkaistavan ongelman kannalta. Tässä voidaan käyttää taulukointia, jossa jokaisen alitoimintoon liitetään sen ratkaisu tai osaratkaisu (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Yksinkertainen ns. morfologinen matriisi (Dym & Little, 2009, 104)

<b>Toiminto/ ratkaisu</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Veden säilytys	säiliö	vesiverkko
Veden siirto	painovoima	pumppu
Veden kuumennus	sähkövastus	palava materiaali

Jo muutama toiminto eri ratkaisuvaihtoehtoinen tuottaa useita kokonaisratkaisuja. Esim. kuvion 3 tapauksessa saadaan kahvinkeitin toteuttamiseksi 8 ratkaisuvaihtoehtoa. Eri ratkaisuvaihtoehtoja taulukon avulla luotaessa kannattaa selkeä rajaus tärkeisiin ongelmakohtiin. Tulosten tulisi kuitenkin kuvastaa käyttäjätarpeen vastaavuutta, mahdollisia teknisiä menetelmiä ja omaa osaamista. Maalaisjärjen käyttö tässä kohtaa on toivottavaa, ja toteuttamiskelvottomien ratkaisujen karsinta tulisi tehdä ilman että luovuutta rajoitetaan. (Dym & Little 2009, 103–109.)

## 2.5 Konseptien arviointi

Luotujen ratkaisuvaihtoehtojen arvioimisessa olisi hyvä käyttää systemaattista menetelmää. Arviointikriteereiden tulisi kuvastaa eri osapuolten tuotteelle asettamia vaatimuksia ja tarpeita. Arviointikriteerit tulisi valita niin, että kilpailevien vaihtoehtojen välille saadaan hajontaa. Syvällistä arviointia ei ensi vaiheessa tehdä, vaan tarkoitus

on löytää muutama muita parempi konsepti jatkotarkasteluun. Vertailupohjaksi voidaan ottaa esim. kilpaileva tuote, aikaisempi tuotteen kehitysversio tai kokemuspohjaisesti tutuin vaihtoehto. Vertailu voidaan toteuttaa eri arviointikriteerien osalta esim. taulukon 2 osoittamalla tavalla.

Taulukko 2. Konseptien vertailutaulukko (Ulrich & Eppinger 2012, 150)

Arviointikriteeri / Konsepti	Vertailukonsepti	1	2	3
Helppokäyttöisyys	0	-	0	-
Valmistettavuus	0	0	+	+
Materiaalien saatavuus	0	+	+	-
Kokonaistulos	0	0	2	-1

Tarkempaan arviointiin valittuihin konsepteihin tuodaan yleensä lisää syvyyttä ja tarkempia arviointikriteereitä. Arviointikriteerit saavat painotuksen, jolloin eri kriteerit täytyy asettaa keskinäiseen järjestykseen. Painotus tehdään yleensä subjektiivisesti suunnitteluryhmän yhteisellä päätöksellä. Arviointiasteikkoa saatetaan myös laajentaa, jotta eri konseptien väliset erot tulevat paremmin esiin. Konseptin saama arvosana kustakin arvioitavasta ominaisuudesta muodostuu siis painokertoimen ja saadun arvon tulona. Tällä tavalla eri konsepteja arvioitaessa on kuitenkin syytä huomioida, että konseptin tarjoama kokonaisvaltainen lisäarvo voi olla muuta kuin osiensa summa. On vaikeaa muodostaa kuvaa siitä, kuinka arvioinnin eri osa-alueet konsepteissa näyttäytyvät kokonaisuutena esim. asiakkaalle. Jotkin arviointikriteereistä voivat olla hyvinkin subjektiivisia arvioinnin kannalta, jolloin arviointi on syytä jättää näiden osalta esim. asiakkaalle. (Ulrich & Eppinger 2012, 149-151).

## 2.6 Prototyypit

Prototyyppi on tuotteesta tehty malli, jolla on tarkoitus tarkastella, testata ja visualisoida jotakin tuotteen ominaisuutta. Se voi olla esim. kolmiulotteinen malli, fyysinen

rakennelma tai lähes valmis tuote. Prototyyppi voi olla vain yhden tuotteen ominaisuuden testaamiseksi tehty koekappale. Prototyyppjä tehdään, jotta suunnittelijat voivat testata ratkaisujen todellista toimivuutta. Vaikka tuotteen kolmiulotteisille mallinnuksille voidaan tehdä esim. lujuustarkastelujen simulointia virtuaalisesti, on fyysisen prototyypin avulla usein helpompaa selvittää tuotteen toimintaa oikean käyttöympäristön kaltaisissa olosuhteissa. Jotkin tuotteen ominaisuuksista on helpompi hahmottaa ”käsien kosketeltavan” mallin avulla. (Ulrich & Eppinger 2012, 290–296.)

Prototyyppjä tehdään tuotekehityksen alkuvaiheen konseptiarvioinnista aina esituotantovaiheen valmiisiin tuotteisiin. Alkuvaiheessa prototyyppillä on tarkoitus testata lähinnä suunnittelijan ideoiden toimivuutta. Mitä lähemmäs valmista tuotetta päästään, sitä enemmän prototyypin avulla on tarkoitus poistaa valmiin tuotteen ”lastenteuteja” ja optimoida tuotantoprosessia. Eri tasoilla prototyypeillä on yleensä merkitystä myös itse tuotekehitysprojektin edistymisen kannalta. Prototyypit voivat olla maalina esim. tuotekehityksen vaiheesta toiseen siirtymisessä. (Dym & Little 2009, 166–168.)

Prototyypin tekemistä tulisi aina seurata selvitys siitä, mitä prototyyppillä aiotaan selvittää tai testata. Joskus parempi vaihtoehto on kolmiulotteinen tuotemalli, jonka avulla voidaan selvittää jo monia tuotteen ominaisuuksia ja muuttaa helposti tuotteen konfiguraatiota. Fyysisen tuotteen kohdalla muutosten tekeminen on hankalampaa, mutta kaikkea ei siis saada selville virtuaalisessa ympäristössä. Fyysisellä prototyyppillä voidaan saada selville tuotteessa ilmeneviä ei-toivottuja ominaisuuksia. Prototyypin testausta suunniteltaessa kannattaa aikatauluttaa erikseen prototyypin osien hankinta ja valmistus, kokoonpanovaihe sekä testaukseen kuluva aika. Testaussuunnitelman tulisi sisältää ainakin testattavat ominaisuudet ja niiden mittaus- ja arviointimenetelmät. Fyysistä prototyyppiä valmistettaessa olisi otettava huomioon prototyypin käyttötarkoitus. Testataanko sillä esim. tuotteen toimivuutta, kestävyyttä, tuntumaa tai ulkonäköä. Prototyypin avulla voidaan testata myös tuotteelle suunniteltua valmistusprosessia. Tämä tietysti vaatii sen, että prototyyppi valmistetaan samoilla menetelmillä ja samoista materiaaleista ja osista kuin valmis tuotekin. (Ulrich & Eppinger 2012, 303–306.)



## 2.7 Lämpöeristäminen

Lämpöopin mukaan lämpöenergia siirtyy yhtä aikaa kaikilla kolmella tavalla; konvektiolla eli kuljetuksella, johtumalla ja säteilemällä. Konvektiossa eli kuljetuksessa lämpöenergia siirtyy nesteen tai kaasun mukana paikasta toiseen. Johtumalla lämpö siirtyy materiaalissa ja materiaalista toiseen. Kaikki kappaleet myös säteilevät eli emittoivat ja sitovat eli absorboivat sähkömagneettista energiaa. Huoltovaunun tapauksessa kasvit luovuttavat lämpöä emittoimalla, johtumalla kasvista ympäröivään rakenteeseen ja ilmaan. Ilma taas kuljettaa lämpöä pois kasvista. Lämpöenergia kulkeutuu aina lämpimästä kylmään niin kauan, että lämpötilaeroa ei enää ole. (Valtanen 2012, 241-243.)

Eristämisen kannalta on oleellista vaikuttaa johtumiseen ja kuljetukseen. Lämpöenergian kuljetusta säilytystilasta ulos on siis yksinkertaisin hidastaa estämällä kaasun virtausta. Tämä tarkoittaa, että säilytysosan rakenteen tulee olla mahdollisimman ilmatiivis. Lämpöenergian johtumista rakenteen läpi kuvataan yhtälöllä 1 (Valtanen 2012, 242).

$$\phi = \lambda A \frac{\Delta T}{l} \quad (1)$$

missä

- $\phi$  = siirtyvä lämpöenergia (W)
- $\lambda$  = lämmönjohtavuus  $\left(\frac{W}{m} \cdot K\right)$
- $A$  = rakenteen pinta-ala ( $m^2$ )
- $\Delta T$  = pintalämpötilojen erotus (K)
- $l$  = eristekerroksen paksuus (m)

### 3 Huoltovaunun kehitystyö

#### 3.1 Lähtötilanne

Huoltovaunun kehityksessä sovellettiin front-end -tyyppistä tuotekehitysprosessia. Massachusetts Institute of Technologyssa (MIT) tohtorinväitöstä tuotekehityksestä tekevä Anders Häggman korostaa tuotekehityksen alkupään luonnostelun ja karkeiden mallien rakentamisen tärkeyttä (Häggman 2017). Lisäksi toimeksiannon resurssit olivat mahdollisten materiaalien ja valmistusmenetelmienkin osalta rajalliset. Tällöin tuotekehityksen painottaminen tarvemäärittelyyn ja konseptointiin voivat parantaa mahdollisuuksia asiakastarpeen täyttymiseen.

Yrityksen toiminta oli laajentumassa Suomen ulkopuolelle suurkaupunkialueille. Liikennöinti autolla voi ajoittain olla hankalaa suurkaupunkien ruuhkista ja liikennekieltoalueista johtuen. Huollon liikkuvuuden varmistamiseksi yrityksessä oli pohdittu mahdollisuutta hoitaa viherseinien huoltotoimintaa kävellen. Aikaisempi toimintatapa oli kuljettaa huollon tarvitsemat materiaalit autosta kohteeseen kantamalla. Huoltohenkilöt kuljettivat mukana selkäreppua ja viherkasveja, joita oli kuljetettu muuttolaatikoissa ja kylmälaukuissa. Käytettävät kasvilajit olivat huonetilassa viihtyviä, mutta ne eivät sietäneet alhaisia lämpötiloja. Kuljetuksen aikaiselle kylmäsuojaukselle siis oli tarvetta. Yrityksessä oli pohdittu mm. pienjakeluvaunun muuttamista omaan tarpeeseen sopivaksi. Saatavilla olevat vaihtoehdot olivat kuitenkin olleet käyttötärpeeseen soveltumattomia mm. kuljetuskapasiteetin osalta.

Huoltovaunun lähtövaatimusten määrittelyssä käytettiin apuna NaturVentionin henkilöstöä suullisten kyselyjen ja haastattelujen muodossa. Vaatimusten määrittelyssä otettiin avuksi liitteessä 2 kuvatut suunnittelunäkökohdat. Lisäksi vaatimuslistaa täydennettiin kirjallisuuden ja sähköisten tietokantojen avulla, kun huomioitiin mm. käyttäjän, ympäristön, valmistuksen, materiaalien, komponenttien sekä turvallisuusnäkökohtien asettamia vaatimuksia. Aloituspalaverissa toimeksiantaja kertoi omista toiveistaan huoltovaunulle. Kasvien kuljetuksen tuli tapahtua mahdollisimman tasaisesti. Kasvualustana toimivat rakeet oli pakattu tuotteeseen niin, että voimakkaat heilahtelut ja iskut saivat ne irtoamaan. Tähän ongelmaan toimeksiantaja oli pohtinut ratkaisuksi esim. vaunun varustamista jousituksella. Kasvien kylmäherkkyys tuli ottaa

huomioon suunnitteleamalla vaunun rakenteesta lämpöeristävä. Tuotteen ulkonäkö ja turvallisuus käytössä olivat myös toimeksiantajan vaatimuksia. (Toikkanen 2016; Järvinen 2016).

### 3.2 Vaatimusten määrittely ja tuotteen spesifiointi

Ennen tarkempaa vaatimusmäärittelyä perehdyttiin vastaaviin tuotteisiin. Pienjake- lussa käytettävät postinjakajan vaunut olivat käyttötarkoitukseltaan samanlaiset läm- pöeristävyyttä lukuun ottamatta. Samanlaisessa toimintaympäristössä operoidaan myös esim. pyörätuolia tai rollaattoria. Näillä täytyy päästä kulkemaan rakennetussa ympäristössä. Ominaista kaikille em. tuotteille on helppo ja turvallinen liikkuminen. Lähtökohtana määrittelyssä oli, että vaatimukset rakenteelle ja materiaaleille synty- vät asiakas-, käyttäjä-, ympäristö- ja toimintalähtöisesti.

Vaatimukset on kerätty liitteeseen 3. Liitteessä on esitetty tarpeen pohjalta tehty tar- kempi kuvaus ja siitä johdettu huoltovaunun spesifikaatio. Spesifikaatioille annettiin raja-arvona toimiva lukuarvo, jos se oli mahdollista. Jokaiseen vaatimusta ei voitu saattaa mitattavaan muotoon. Näiden kohdalla oli tyydyttävä käyttämään esim. toi- meksiantajalta saatua palautetta.

Huoltovaunun käyttö viherkasvien kuljetuksessa vaatii, että sen täytyy säilyttää kasvit riittävän korkeassa lämpötilassa. Toikkasen mukaan kasvit tuli säilyttää vähintään 15 celsiusasteen lämpötilassa (Toikkanen 2016). Tuotteen fyysisessä mitoituksessa oli huomioitava mm. kuljetettavien materiaalien vaatima tilantarve, ympäristöstä aiheu- tuvat rajoitteet, kulkuaukkojen leveys, hissien mitoitus, ja riittävä maavara. Huolto- henkilön työergonomia huomioitiin myös mm. ohjauslaitteiden mitoitusvaatimusten osalta. Ympäristöstä vaatimuksia tuli mm. sään osalta. Vaunun materiaalien tuli olla ulkokäytön vuoksi vedenkestäviä. Vaunun tuli myös luonnollisesti säilyä ehjänä käy- tössä. Materiaalien iskunkestävyys ja rakenteen riittävä lujuustekninen mitoitus tuli niin ikään huomioida suunnittelussa. Valmistuksen, kokoonpanon ja huoltamisen osalta tuli huomioida soveltuvat valmistusmenetelmät, työvälineet, rakenne- ja ma- teriaaliratkaisut sekä osien ja materiaalien saatavuus.

### 3.3 Huoltovaunun konseptointi

#### 3.3.1 Taustaselvitys

Erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja etsittiin vaatimusmäärittelyssä nousseiden spesifikaatioiden pohjalta. Vaunu oli tarkoituksenmukaista jakaa kokonaisuuksiin toimintojen mukaan. Tällaisia toimintoja olivat mm.

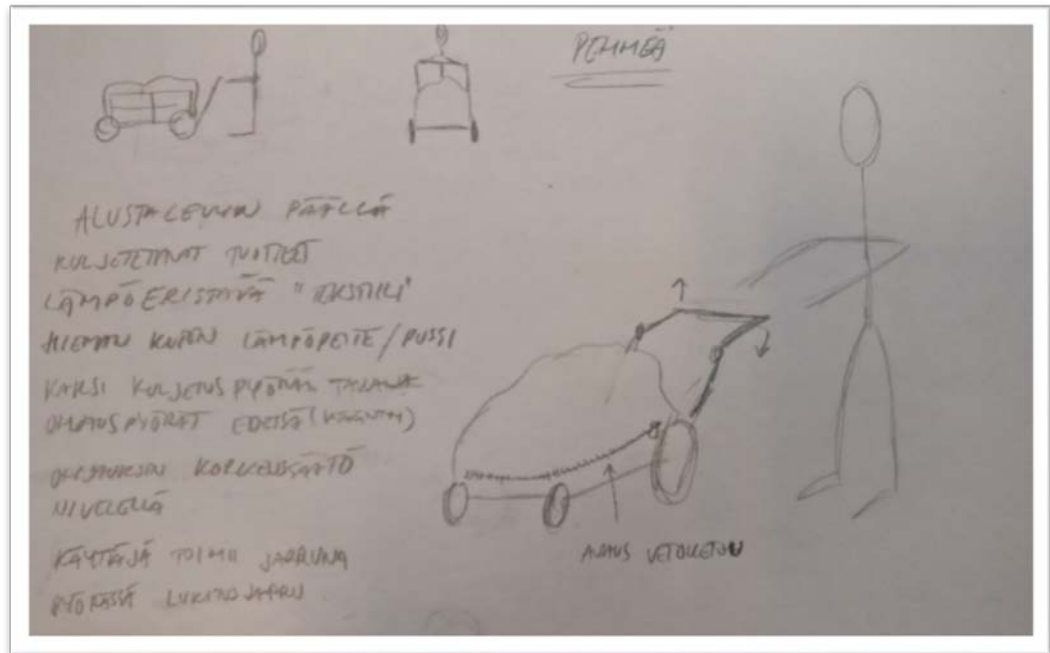
- liike
- ohjaus
- pysäytys
- materiaalien säilytys
- eristäminen
- käyttäjän pääsy materiaaleihin
- sekä näiden toimintojen yhdistäminen.

Konseptien luomisessa käytettiin apuna liitteen 4 mukaista morfologista matriisia. Suunnittelussa tuli huomioida myös eri vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuus tehtävän luonne huomioiden. Vaunuun soveltuvia pyöriä etsittiin mm. jakelukärryistä, teollisuuden kuljetuspyöristä sekä liikunta- ja työvälineistä. Ohjauksen toteutusvaihtoehtoja etsittiin erilaisista ihmisvoimin liikuteltavista työ- ja liikuntavälineistä. Vaunun turvallisen pysäköinnin ratkaisuja kartoitettiin erilaisia jarrujärjestelmiä sekä lukitusmekanismeja tutkimalla. Kuljetettavien materiaalien osalta etsittiin vaihtoehtoja muista säilytysratkaisuista. Pääpaino oli löytää sellaisia vaihtoehtoja, jotka toimisivat eristeenä itsenään tai muihin rakenteisiin yhdistettynä. Säilytysosaan pääsyä ratkaistiin kartoittamalla erilaisia ovi- ja luukkurakenteita. Lopuksi tuli löytää järkeviä vaihtoehtoja eri toimintojen yhdistämiseksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Erilaisia runkorakenteita etsittiin vastaavista tuotteista sekä liikunta- ja työvälineistä.

#### 3.3.2 Konseptit

Konseptissa ”Pehmeä” oli ajatuksena käyttää alustalevyä, jonka päälle kuljetettavat tavarat kasattiin. Idea eristämistapaan tuli kukkakaupasta, jossa tuotteet kääritään sanomalehteen tai kukkapussiin. Kukkapussissa on eristävä ilmakerros ja idean voisi

siirtää vaunun esim. käyttämällä matkailuauton ikkunaan saatavan lämpöpeitteen tapaista materiaalia. Pussin avaaminen tapahtuisi esim. vetoketjulla. Käyttäjällä olisi esim. pyöröputkesta muotoiltu tanko, jossa esim. nivelellä toteutettu korkeussäätö eri käyttäjille. Vaunun pysäköinnissä voitaisiin käyttää lukitusjarrulla varustettua pyörävaihtoehtoa. Kuviossa 4 on konseptin ”Pehmeä” luonnos.

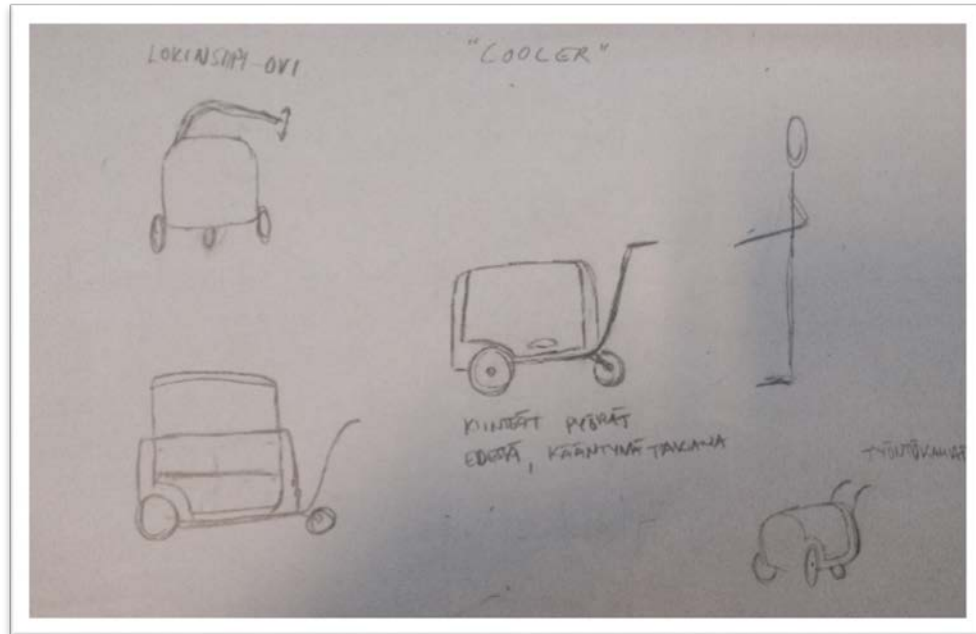


Kuvio 4. Konsepti ”Pehmeä”

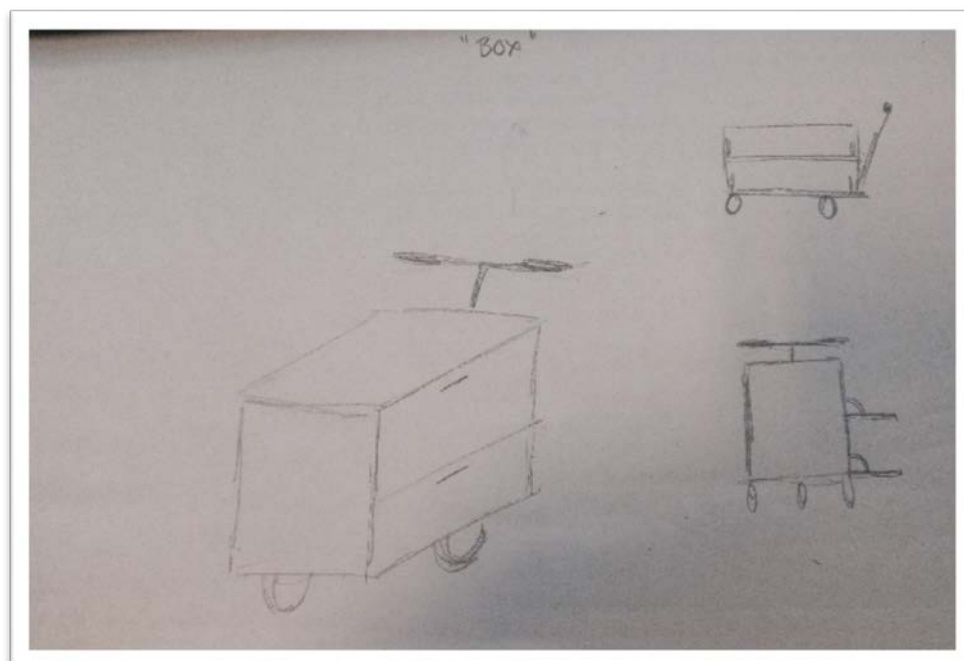
Kuviossa 5 on konseptin ”Cooler” luonnos. Konseptin ideana oli kylmälaaukku, joka luonnollisesti toimii myös toisin päin eli pitää kylmän ulkopuolella. Kääntöpyörä oli tässä konseptissa takana ja kaksi kiintopyörää edessä. Kuljetustilaan päästään ylöspäin aukeavan luukun kautta. Luukku aukeaa ”lokinsiipioven” tapaan myös katon puolelta. Tämän ajateltiin helpottavan kuorman siirtelyä. Käyttäjällä on liikkumisen apuvälineissäkin käytetyt työntökahvat. Jarrut vaunuun voitaisiin lainata rollaattorista. Rollaattorin jarru poikkeaa perinteisestä polkupyörän käsijarrusta siten, että se voidaan lukita jarrutasentoon.

Konsepti ”BOX” oli kuvion 6 mukainen. Tässä vaihtoehdossa tarvikkeita kuljetettaisiin kahdella päällekkäisellä tasolla ja luukut olisivat alaspäin aukeavat ja toimisivat

aputasoina käyttäjälle. Ohjaus tapahtuisi vaunua taaksepäin kallistamalla ja kääntämällä – kaikki pyörät olisivat siis olleet kiinteitä kuljetuspyöriä.



Kuvio 5. Konsepti "Cooler"



Kuvio 6. Konsepti BOX

### 3.3.3 Huoltovaunun konseptien vertailu

Konseptien arvioimiseksi tehtiin liitteen 5 mukainen systemaattinen vertailu, johon valittiin keskeisiä vaunulle asetettuja vaatimuksia, joita pystyttiin alkuvaiheessa arvioimaan. Kaikkia vaatimuksia ei ollut mahdollista ottaa tässä vaiheessa mukaan, vaan ne olivat jatkovaiheen suunnittelussa huomioitavia vaatimuksia. Tällaisia olivat esim. vaunun fyysinen mitoitus ja kuormankantokyky. Arviointikriteerien painoarvoa arviointiin kokonaisuuden suhteen. Kriteerit pyrittiin asettamaan tärkeysjärjestykseen. Arviointikriteerit saivat painoarvonsa mukaan pisteitä siten, että tärkein kriteeri sai eniten pisteitä. Konseptien pisteytys kriteerien suhteen tehtiin siten, että parhaiten kriteerit täyttävä konsepti sai eniten pisteitä. Jos konseptit katsottiin kriteerin suhteen samanarvoisiksi, annettiin niille sama pistemäärä.

Käytön helppouden katsottiin olevan vaunun suunnittelun kannalta tärkein vaatimus. Vaunun käyttäminen ei saanut olla mutkikasta tai käyttäjää liaksi kuormittavaa, koska vaunu toimii huollon työvälteenä. Käytön helppoutta mietittiin siis vaunulla tehtävien toimintojen kannalta, joita olivat liikkuminen rakennetussa ympäristössä, tavaroiden pakkaaminen ja poistaminen vaunusta sekä työasennot. Konseptin Pehmeä ajateltiin voivan aiheuttaa käytössä ongelmia tekstiilimateriaalin suhteen. Koska tekstiili materiaalina ei ole jäykkää, vaan se muuttaa helposti muotoaan, sen katsottiin aiheuttavan takertumista esteisiin muita helpommin. Lisäksi vaunun pakkaamisessa kangas voisi olla helposti esteenä. Konsepteissa Pehmeä ja Cooler katsottiin olevan myös ongelmana pyörien sijoittelu vaunun sivulle. Vaunua kapeista kohdista kuljetettaessa, oli näissä konsepteissa suurempi mahdollisuus pyörien osumiseen sivulla olevaan esteeseen. Kasvilaatikoiden siirron vaunuun katsottiin toimivan parhaiten BOX konseptissa. Konseptissa avautuvat luukut toimivat nostoissa aputasoina ja käyttäjän pääsee nostamaan lähempää vartaloa.

Lämpöeristävyys katsottiin olevan tärkeä kriteeri vaunun käyttötarkoituksen kannalta. Lämpöeristävyys kriteerinä tarkoitti sekä eristämiskykyä että sen toteutusmahdollisuuksia. Konseptissa Pehmeä ongelmaksi koettiin tasaisen eristekerroksen saavuttamisen vaikeus. Eristämisessä ratkaisevaa on paikallaan pysyvä ilmakerros. Tässä konseptissa laatikoiden alla oleva eristeen osa painuisi kasaan, jolloin eriste ei toimisi

oikealla tavalla. Konseptissa Cooler ajateltiin eristämisen olevan toteutuksena monimutkaisempi, koska se on muodoiltaan kaarevampi. Tämä rajaa käytettävien eristeiden määrää, koska osaa eristemateriaaleista ei voi taivuttaa.

Konsepti Cooler edusti parhaiten haluttua visuaalista ilmaisuja. Tämä johtui konseptin sisältämistä hallituista pyörästetyistä muodoista. Konseptin BOX laatikkomaisuus koettiin vähemmän houkuttelevaksi. Konseptien mekaanista kestävyyttä käytössä pyrittiin arvioimaan käytöstä aiheutuvien kuormitusten osalta. Konseptissa Pehmeä pelättiin eristeenä toimivan kankaan repeytyvän, sen tarttuessa johonkin. Konseptissa BOX katsottiin suorien kulmien aiheuttavan suuremman todennäköisyyden vaurioille, kun vaunu osuu esim. oven karmiin. Konseptin BOX osalta pohdittiin myös luukkujen kestävyyttä toistuvan painon alla.

Rakenteena konseptin Pehmeä katsottiin olevan kevyin. Konsepteissa Cooler ja BOX nähtiin monimutkaisempien rakenteiden lisäksi pienempi mahdollisuus massan säästämiseen. Sama seikka nousi myös valmistusta ja kokoonpanoa pohdittaessa. Cooler ja BOX sisältävät enemmän osia, joten ne myös vaativat enemmän työtä. Huollettavuuden osalta pohdittiin tuotteen puhdistamista ja osien määrää. Osien määrän ajateltiin olevan suorassa suhteessa huoltotarpeeseen. Konseptin Pehmeä ajateltiin olevan helpoin huoltaa, sillä esim. eristävän tekstiilin voisi irrottaa ja pestä erikseen. Lisäksi kangasmateriaalin fyysinen käsittely olisi toisia konsepteja helpompaa. Cooler konseptissa arvioitiin olevan eniten huoltoa vaativia osia ja sen ajateltiin muutenkin olevan hankalin päivittäisen puhdistamisen kannalta. Konsepteista aiheutuvia kustannuksia pyrittiin tässä vaiheessa arvioimaan osien lukumäärän ja työn suhteen. Kustannuksiltaan vähäisin oli Pehmeä ja kalleimmaksi toteuttaa tulisi konsepti Cooler sen muotojen vuoksi. Kokonaisvaltaisesti parhaimmaksi konseptiksi osoittautui BOX, joten tämä konsepti valittiin jatkokehitykseen.

### 3.4 BOX-konseptin kehittäminen

#### 3.4.1 Huoltovaunun pyörät

Pyörän valinnassa käytettiin Blicklen pyöräopasta, josta saa kattavasti tietoa pyörien valinnasta (Blickle n.d.). Valinnassa huomioon otettiin käyttötapa, olosuhteet, kanta-



vuus, ajomukavuus, äänitaso sekä pyörän vierintävastus. Pyörien lukumäärä ei käytännössä voinut olla kolmea vähempää, sillä kahdella pyörällä varustettua vaunu olisi käyttäjä joutunut kannattelemaan. Pyörän valinnassa tuli ottaa huomioon käyttömukavuus ja sijoittaminen vaunuun. Vaunun ohjaamiseksi, oli myös huomioitava mahdollinen tarve kääntöpyörälle. Jos vaunu olisi varustettu vain kääntymättömillä kiintopyörillä olisi kääntymisen tapahduttava vaunua kippaamalla. Jos vaunu on kuormineen painava, voi kippaaminen aina suuntaa muutettaessa osoittautua raskaaksi käyttäjälle. Tämän vuoksi vaunu suunniteltiin varustettavaksi kääntöpyörällä.

Pyörän rengasmateriaalin suhteen parhaana vaihtoehtona pidettiin ilmakumipyörää. Se tarjoaa hyvät jousto-ominaisuudet, eli ne vaimentavat hyvin alustasta tulevia iskuja. Ilmakumipyörien äänitaso on myös alhaisin. Vierintävastusta voidaan pienentää pyörän halkaisijaa kasvattamalla, elastisella juoksupinnalla ja kuulalaakeroinnilla. (Blickle n.d., 30-31.) Vaimennusominaisuus parantaa myös vaunun käyttömukavuutta, kun kaikki töyssyt eivät tunnu käyttäjän käsissä. Pyöriä oli myös saatavana valmiilla jarrukomponentilla. Tätä ei päätetty kuitenkaan hyödyntää vaunussa, koska jarrujen lukitseminen olisi vaatinut käyttäjältä joko kääntöpyörän tai molempien kuljetuspyörien lukitsemista erikseen.

Projektin suunnitellun aikataulun ja resurssien suhteen oli järkevintä valita pyörävaihtoehto, jossa on valmiina renkaan lisäksi vanne, laakerointi, akseli, haarukka ja kiinnitysalusta. Kantavuusvaatimus voidaan laskea yhtälön 2 avulla (Blickle n.d.).

$$T = \frac{E+Z}{n} \times S \quad (2)$$

missä E = Kuljetusvälineen omapaino max. 50 kg

Z = Maksimihyötykuorma 50 kg

n = Kantavien pyörien lukumäärä 3-4

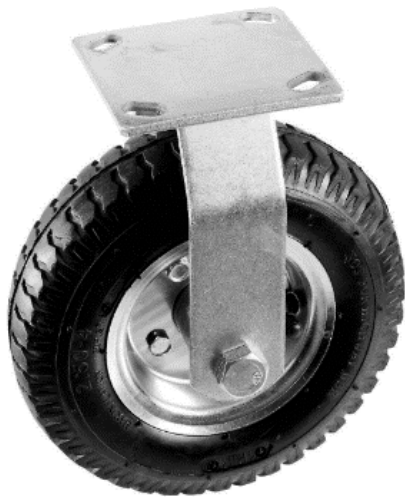
S = Varmuuskerroin 2,2 (Blickle n.d.)

Sijoittamalla yhtälöön saadaan

$$T = \frac{(50 + 50)kg}{3} \times 2,2 = 73,3 \text{ kg}$$

$$T = \frac{(50 + 50)kg}{4} \times 2,2 = 55 \text{ kg}$$

Kalustepyörät soveltuvat sisäkäyttöön, eli tarvittiin kuljetuspyörä. Pyörän valinnassa päädyttiin Bilteman valikoimissa oleviin ilmakumipyöriin, joita oli saatavana sekä kiinteänä että kääntyvänä. Pyörässä oli kuulalaakerointi, halkaisija 200 mm, kantavuutta 135 kg ja rakennuskorkeus 250 mm. (Biltema n.d.). Kuviossa 7 on hankittaviksi suunniteltu pyörämalli. Ensimmäiseen prototyyppiin tuli yksi kääntöpyörä ja kaksi kiintopyörää. Jarrut suunniteltiin kiintopyöriin, koska se oli tekniseltä toteutukseltaan yksinkertaisempi.



Kuvio 7. Huoltovaunun pyörämalli (Biltema 2017)

### 3.4.2 Ohjauksen suunnittelu

Ohjauksen toteutusmahdollisuuksia pohdittaessa, otettiin huomioon ergonomiset käyttäjävaatimukset ja vaunun turvallinen liikkuminen. Ohjauksen arviointikriteereitä

olivat käytön helppous, tekninen toteutus, säätömahdollisuus ergonomisen työasen-  
non takaamiseksi eri henkilöille ja toteutuksen helppous. Koska pyörän valintaa teh-  
täessä oli jo luovuttu vaunun kääntämisestä kippaamalla niin varsinaista kääntämistä  
ei ohjauksen yhteydessä enää tarvinnut pohtia. Tässä vaiheessa keskityttiin eri ratkai-  
suvaihtoehtojen arviointiin.

Taulukko 3. Ohjauslaitteen arviointi

Konsepti	Pehmeä	Cooler	BOX
Käytön helppous	+	-	0
Tekninen toteutus	-	0	+
Säätömahdollisuus	0	-	+

Taulukossa 3 on kolmen kriteerin perusteella arvioitu konseptit siten, että parhaiten  
kriteeriä vastaava konsepti saa positiivisen merkinnän ja huonoiten vastaava negatii-  
visen. Käytön helppoudessa pohdittiin ohjauksen tarjoamaa tukea ja käsien asentoa  
sekä käyttäjän vapautta. Pehmeä-konsepti tarjoaa parhaan yhdistelmän näitä omi-  
naisuuksia, koska yhtenäisellä tangolla käyttäjä voi vaihtaa otetta. Cooler-konseptissa  
käsien asento jää ranteen osalta epäedulliseen asentoon eikä otetta voi vaihtaa. BOX  
taas on asennon kannalta Pehmeän tapaan parempi, mutta siinäkin hallintaotetta on  
vaikea vaihtaa.

Teknisen toteutuksen osalta arvioitiin valmiiden ratkaisujen saatavuutta, osavalmis-  
tuksen tarvetta ja asennuksen helppoutta. Teknisen toteutuksen arvioinnin yhtey-  
dessä mietittiin myös säätömekanismia ohjauksen mukauttamiseksi eri käyttäjille.  
Pehmeä-konseptin kohdalla säätäminen oli suunniteltu tehtäväksi kahvaan lisätyllä  
nivelellä, jonka ympäri kiertämällä muutetaan ohjauslaitteen nivelen kulmaa ja kah-  
van tartuntaosan korkeutta. Ongelmana oli, että tartuntaosan korkeutta muutta-  
malla muutettiin myös sen etäisyyttä vaunusta. Tässä vaiheessa ei ollut vielä tiedossa  
vaunun pituussuuntainen mitta ilman ohjauslaitetta, joten oli parempi, ettei ohjauk-  
sen korkeussäätö aiheuttanut juurikaan pituussuuntaista muutosta. Cooler- ja BOX-

konseptien säätö oli mahdollista toteuttaa polkupyörästä tutulla säätömekanismilla, mutta BOX-konseptin etuna oli, että säädettäviä osia oli ainoastaan yksi. Parhaaksi ohjauksen toteutustavaksi tuli siis arvioinnin perusteella polkupyörän ohjaustanko. Ohjausliike syntyy kääntöpyörässä, mutta käyttäjän kontrolli vaunuun on ohjauslaitteessa. Ohjaustanko suunniteltiin kiinnitettäväksi vaunusta tulevaan putkipalkkiin, jonka sisähalkaisija mitoitettaisiin ohjaustangon ohjauskannattimen ulkohalkaisijan mukaan.

Ohjauksen mitoituksessa käyttäjän osalta mietittiin yläraajojen, niskan ja selän kuormitustekijöitä. Yläraajan lihakset eivät saisi jatkuvassa jännityksessä. Kynnärpäiden tulisi olla lähellä vartaloa, yläraajan kohoasentoja tulisi välttää ja selän asennon olla suora. (Väyrynen, Nevala & Päivinen 2004, 77-78.) Ohjauksen korkeussäädön mitoituksessa huomioitiin standardin SFS-EN ISO 14738 seisomista koskevat vaatimukset. Kohdassa 9.1 on määritetty eurooppalaiset vaatimukset työskentelykorkeudelle, kun kyseessä ovat keskimääräiset näkemiseen ja tarkkuuteen liittyvät vaatimukset. Työskentelykorkeus oli välillä 960 – 1225 mm. (SFS-EN ISO 14738 2009.) Yläraajojen asento kuitenkin tuntui väärältä tällä mitoituksella, joten korkeusvaatimusta laskettiin välille 900-1100 mm (CCOHS 2010).

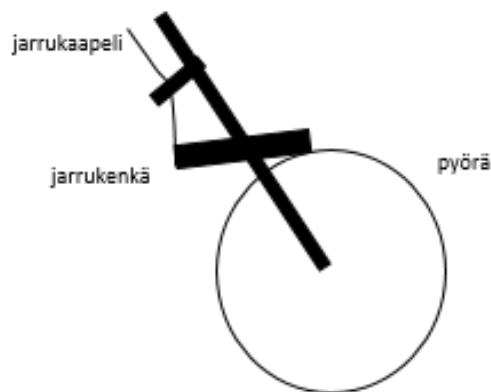
Ohjausputken materiaali- ja liittämismenetelmän valinta sekä lujuustekninen mitoitustapahtuivat yhdessä vaunun muiden osien kehitystyön kanssa. Mitoituksen perusteena olevat laskut ovat liitteessä 7. Jos materiaaliksi valitaan esim. rakenneteräs S235, riittää kyseinen ohutseinäputki, kun kuormituksen ajatellaan olevan staattista. Jos kuormituksen ajatellaan olevan dynaamista, oletetaan väsymislujuuden suunnitteluvaatimuksen olevan noin puolet myötölujuudesta. Dynaamisen kuormituksen kannalta voidaan valita suurempi poikkileikkaus tai lujempi materiaali. Prototyypin kohdalla dynaamisen kuorman mitoituksivaatimusta ei tarkastella, koska käytön ajatellaan olevan tilapäistä. Ohjausputken taipuman 9 mm, arvioitiin olevan hyväksyttävä, koska laskentatilanne kuvastaa epäedullista kuormitustilannetta, ja normaalissa käytössä taipuma jää pienemmäksi.

### 3.4.3 Jarrun suunnittelu

Jarrun katsottiin olevan tarpeellinen osa vaunua, koska se lisää vaunun turvallista käyttöä. Vaunun massan siis oletettiin olevan täytenä noin 100 kg. Lisäksi vaunu oli

syytä saada lastauksen ja purkamisen aikana pysäköityä, niin ettei se pääse liikkumaan itsestään. Itsestään liikkuva painava vaunu aiheuttaa vaaran niin henkilöille kuin omaisuudellekin. Jarrun valintaan vaikuttavia kriteereitä olivat syntyvät kustannukset, jarrutusteho, teknisen toteutuksen ja käytön helppous.

Jarrun osalta arvioitiin jarrun käyttötapaa, jarruvoiman siirtämistä ja jarruelementtiä. Jarrun käyttö voi tapahtua joko käsi- tai jalkakäyttöisesti. Vaunun tapauksessa parempi vaihtoehto käyttötavalle oli käsikäyttö, koska jalkoja ei vaunun liikuttelun aikana voi käyttää. Jarruvoimaa voi siirtää edullisimmin mekaanisesti, eikä tässä tilanteessa ollut perusteltua turvautua kalliisiin sähköisiin tai hydraulisiin jarruihin. Jarrutavan elementin valinnassa pohdittiin hankintakustannuksia ja mahdollisuuksia yhdistää se osaksi vaunun rakennetta. Parhaiten tapaukseen sopi polkupyörän vannejarru. Tätä ei kuitenkaan voitu sellaisenaan toteuttaa, koska pyörän vanteella ei ollut kohtaa johon jarrupalan olisi voinut sovittaa. Tämän vuoksi jarru päätettiin toteuttaa pyörän juoksupinnalle. Tässä vaihtoehdossa jarrun muut osat saataisiin kiinnitettyä helpoimmin vaunun runkorakenteeseen.



Kuvio 8. Rollaattorin jarru

Rollaattorin jarru on yksinkertaisimmillaan rengasta vasten painautuva vipu, jossa vipuvoima tulee jarrukaapelia pitkin jarrukahvalta (ks. kuvio 8). Rollaattorin jarrun etuna on esim. polkupyörään verrattuna, että jarrut voidaan lukita pitoasentoon, jol-

lolin rollaattori ei pääse liikkumaan ennen jarrukahvojen lukituksen poistoa. Huolto-vaunun jarrujen suunnittelussa hyödynnettiin siis rollaattorin jarrun toteutustapaa. Jarruosien ja hitsauskokoonten piirustukset ovat liitteessä 10.

#### 3.4.4 Huoltovaunun säilytystila

Vaunuun tarvitaan kasveja varten lämpöeristetty säilytystila. Lämpöenergian johtumista eristekerroksen läpi arvioitiin liitteen 6 mukaisella laskutoimituksella. Säilytystilaa suunniteltaessa tuli ottaa huomioon eristeiden ja päällysteiden valinta ja oikea rakenne. Kasvien kuljetuslaatikoiden ja muiden tarvikkeiden vaatima tilantarve oli myös huomioitava. Vaunulle oli asetettu tietyt fyysisten mittojen reunaehdot, jotka oli huomioitava laatikoiden sijoittelussa. Vielä ei ollut tiedossa esim. säilytystilan seinärakenteen paksuus, joten laatikoiden asettelu tuli tehdä niin, ettei vaunun leveys ole esteenä kulkuaukoissa. Mitä lähempänä kulkuaukon leveys ja vaunun leveys ovat toisiaan, sitä vaativammaksi tulee vaunun liikuttelu kulkuaukosta, ja törmäysten todennäköisyys kasvaa.

Mitoituksessa oli myös huomioitava säilytystilan vaikutus vaunun päämittoihin. Kuljetettavien tuotteiden päämittojen avulla voitiin testata erilaisia kokoonpanoja ja niiden vaikutuksia säilytystilan mittoihin. Oli myös huomioitava vaunun korkeus eri kokoonpanoilla, sillä korkeuden kasvaessa myös käyttäjän näkyvyys eteenpäin heikkenee. Säilytystilan suunnittelussa tuli huomioida sen lujuustekninen mitoitus. Kuormitusta aiheuttavia tekijöitä olivat kuljetettavat materiaalit ja ympäristöstä aiheutuvat iskumaiset kuormitukset. Oli todennäköistä, ettei törmäämistä esteisiin käytössä voi välttää. Suunnittelua ohjasivat

- saatavilla olevat käyttötarkoitukseen sopivat materiaalit
- mahdollisuus eri valmistusmenetelmiin
- asennus ja kokoonpano
- ergonomia ja työturvallisuus
- ulkonäkö.

Ongelmallisia lämpöeristävän rakenteen suunnittelun kannalta olivat säilytysosan avautuvat rakenteet. Avautuvien rakenteiden saumakohtat mahdollisimman tiiviiksi.

Seinärakenteen sisällä vältettiin materiaaleja, joiden korkeampi lämmönjohtavuus aiheuttaa lämpöenergian suurempaa johtumista.

Eristemateriaalin valinnassa arvioitiin sen soveltuvuutta vaunun valmistukseen, asentamisen helpoutta, lämmönjohtavuutta ja hintaa. Taulukossa 4 on eri eristemateriaalien vertailu kriteerien suhteen.

Taulukko 4. Eristemateriaalien arviointi

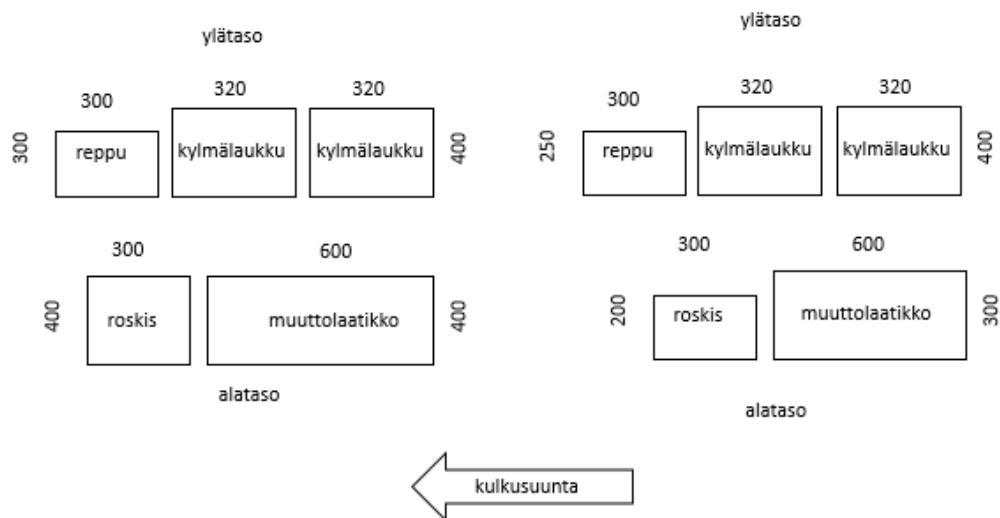
Eriste	polyuretaani	XPS	tyhjiöeriste	lasivilla
Hinta	0	0	-	+
Asentaminen	0	+	0	-
Soveltuvuus	0	+	-	0
Lämmönjohtavuus	0	0	+	0

Tyhjiöeristettä ei valittu siksi, että se ei salli leikkaamista (Isover n.d.). Tämä olisi tarkoittanut eristeen käyttämistä vaunun mitoitusperusteena. Lisäksi sen saatavuus oli heikkoa ja selvästi kallein vaihtoehto. Hyötynä olisi ollut noin kolme kertaa muita vaihtoehtoja parempi lämmöneristävyys. Lasivillan olisi ollut edullisin vaihtoehto, mutta sen käyttäminen olisi vaatinut erillisen höyrysulun. Polyuretaanieristeet (PIR, PUR) ovat suulakepuristettua polystyreeniä (XPS) noin kaksi kertaa kalliimpia (K-rauta n.d.). Lisäksi PIR/PUR-eristelevyt on päällystetty diffuusiotiiviillä alumiinilaminaatilla, joten levyjen työstäminen ja asentaminen vaativat enemmän (Kingspan n.d.).

Vaunun säilytystilan fyysistä mitoitusta rajaavina tekijöinä olivat siis kuljetettavat materiaalit, ympäristöstä aiheutuvat rajoitteet, sekä käyttäjästä lähtevät vaatimukset. Oli selvää, että vaunun mitoiltaan suurimpana osana säilytystila vaikuttaa myös koko vaunun mittoihin. Vaatimusmäärittelyssä annetut kuljetettavien materiaalien päämitat olivat lähtökohtana mitoitukselle. Järkevin tapa oli asettaa kuljetettavan laatikon pitempi sivu vaunuun pituussuuntaisesti.

Kuljetettavat materiaalit asetettiin kuvion 9 osoittamalla tavalla. Tässä kokoonpanossa säilytystilan leveys ei kasvaisi seinärakenteiden lisäämisen jälkeen liian leveäksi

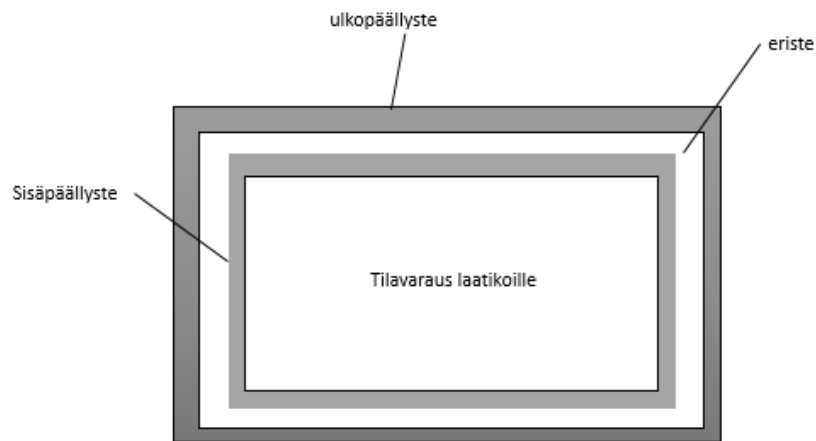
suhteessa vaatimusmäärittelyssä annettuun vaunun maksimileveyteen. Vaatimusmäärittelyn mitoitusrajoitteet olivat peräisin Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta F 1. Vaunun korkeusrajoitus 1200 mm perustuu aistinvaraiseen arvioon. Säilytystilan korkeusmitoituksessa huomioitiin myös vaunun pyörien ja mahdollisten alusrakenteiden tilantarve. Käyttäjistä tulevat mitoitukselliset vaatimukset säilytystilan suhteen olivat riittävien työskentelyvarojen jättäminen. Säilytystilan luukun mitoituksessa huomioitiin käsien vaatima tilantarve, kun laatikoita nostetaan



Kuvio 9. Materiaalien sijoittelu säilytystilaan

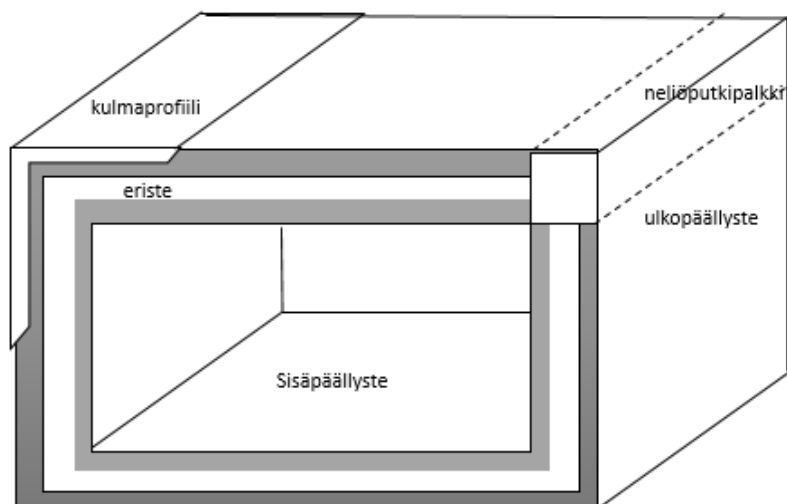
Alusta asti oli selvää, että kasvit tarvitsevat eristävän rakenteen suojakseen. Eristemateriaali asennetaan päällysmateriaalien väliin. Rakenteellinen lujuus voitiin saavuttaa riittävän vahvaa päällysmateriaalia käyttämällä, tai lisäämällä seinärakenteeseen vahvistavia elementtejä. Valmistuksessa ei ollut mahdollisuutta levyn särmäykseen. Säilytystilan rakenteessa oli myös huomioitava lämpöeristys siten, että eristekerroksen paksuus säilyy samana joka osassa. Kuviossa 10 on säilytystilan seinärakenteen periaate, josta nähdään eristekerroksen yhtenäisyys.





Kuvio 10. Säilytystilan seinärakenne

Seinärakenteeseen liitoskohtiin vaihtoehtoina olivat kuvion 11 esittämät neliöputkipalkki tai kulmatanko. Kulmatanko katsottiin paremmaksi vaihtoehdoksi, koska se ei tee katkoa eristekerrokseen. Lisäksi kulmaprofiililla saatiin saumakohtiin siisti liitos.



Kuvio 11. Säilytystilan tukirakenne

Päällysteet ja kulmatangot suunniteltiin kiinnitettäväksi eristeeseen liimaamalla. Samalla saataisiin myös tiivistettyä rakenteen saumakohtat. Säilytystilaan suunniteltiin hyllytaso, koska tavarat tuli sijoittelun mukaan pakata päällekkäin. Hyllyssä käytettäisiin samoja rakennemateriaaleja kuin itse säilytystilassa. Säilytystilan avautuvat osat

suunniteltiin samalla rakenteella kuin seinätkin. Luukkujen suunniteltiin avautuvan alun perin alaspäin, mutta painavien laatikoiden nostaminen avattujen luukkujen päälle olisi saattanut kaataa vaunun. Säilytystilaan suunniteltiin sivulle aukeavat luukut.

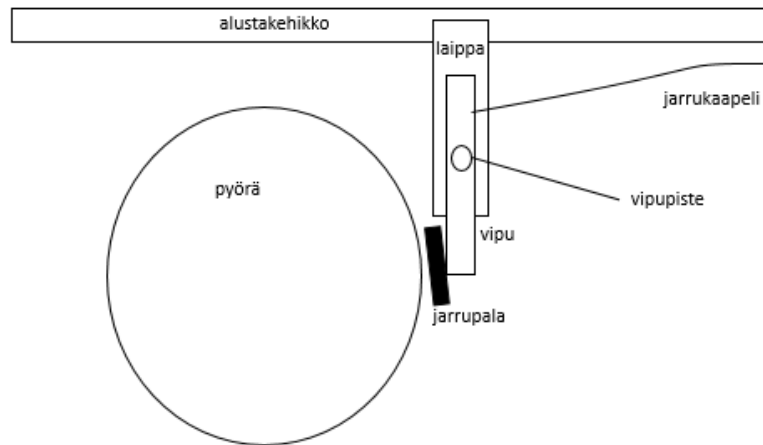
#### 3.4.5 Huoltovaunun alustan suunnittelu

Alustan suunnittelussa lähdettiin liikkeelle runkorakenteen suunnittelusta. Alusta toimi säilytystilan, pyörien, jarrujen ja ohjauksen yhdistäjänä. Alustan perusrakenteeksi suunniteltiin kuvion 12 mukainen suorakaiteen muotoinen kehikko. Tähän suunniteltiin kiinnikkeet pyörille, siten että pyörän keskilinja tulisi kehikon keskilinjalle.



Kuvio 12. Alustan kehikko

Kuljetuspyörien sijainti oli tarkoitus testata prototyypillä. Jos pyörät olivat liian edessä, vaunu kallistuisi esim. kuormatessa. Liian taakse sijoitetut takapyörät olisivat tehneet nokan keventämisestä raskaamman ja lisänneet takapyörien etupuolisen rakenteen taivutusvoimia. Alustaan suunniteltiin tehtävän samanlaiset kiinnityslaipat kuin pyörässä. Kuviosta 13 on nähtävissä jarruiksi suunniteltujen rollaattoriin jarruihin perustuvan mekanismin yksinkertaistettu rakenne.



Kuvio 13. Jarrumekanismin kuvaus

Jarrumekanismiin suunniteltiin myös palautusjousi ja jarrukaapelin läpivienti. Säilytystilan kiinnitys alustaan suunniteltiin tehtäväksi säilytystilan pohjaan kiinnitettävillä U- profiileilla. U-profiiliin ja kehikkoon tehtäisiin reiät ruuviliitosta varten. Ajatuksena oli, että säilytystilan voisi irrottaa alustasta huollon ajaksi.

Alustan materiaalivalinnassa vaihtoehtoina olivat teräs ja alumiini. Vaunun tarpeisiin soveltuivat kuitenkin yleisimmin käytetyt laadut. Taulukossa 5 on teräksen ja alumiinin vertailu hinnan, mekaanisten ominaisuuksien ja valmistettavuuden osalta.

Taulukko 5. Teräksen ja alumiinin vertailu (Valtanen 2012)

Materiaali	S235JR	EN AW-6060 [AlMgSi] T6
Hintakerroin 1	1 +	2 -
Tiheys (kg/m <sup>3</sup> )	7850 -	2700 +
Kimmokerroin (GPa)	210 +	70 -
Kovuus Brinell	120 +	65 -
Myötöraja Mpa	235 +	140 -150 -
Hitsattavuus	Hyvä +	Heikentää lujuutta -
Korroosio	-	+
Työstettävyys	-	+

Taulukosta voidaan nähdä miten materiaalit vertautuvat. Teräksen etuna on suurempi lujuus. Toki alumiinista on saatavana myös suurilujuuksia vaihtoehtoja. Teräs on materiaalina edullisempi vaihtoehto, mutta teräs vaatii aina korroosiosuojauksen pintakäsittelyllä. Alumiini on massaltaan vain kolmanneksen teräksestä ja sitä on helpompi muokata. Se säilyttää myös sitkeys- ja lujuusominaisuudet terästä paremmin alhaisissa lämpötiloissa. Hitsaus heikentää yleensä alumiinin lujuutta, kun taas terästä on helpompi hitsata. Alustan materiaalivalinnassa päädyttiin teräkseen, koska alumiinin painosäästöstä huolimatta alustan osuus kokonaispainosta on vähäinen. Teräksen parempi lujuus ja hitsattavuus olivat myös ratkaisevassa asemassa valintaa tehtäessä.

## 3.5 Prototyyppien valmistus ja testaus

### 3.5.1 Huoltovaunun mallinnus

Projektin tuotoksena on siis fyysisten prototyyppien ohella myös niiden osa- ja kokoonpanopiirustukset. Vaunun mallinnuksessa käytettiin Autodesk Inventor Professional 2016 –ohjelmaa. Mallinnuksessa luotiin jokaisesta valmistettavaksi suunnitellusta osasta malli. Kaikkia osia ei ollut tarpeen valmistaa, vaan niistä luotiin todellisia pituusmittoja kuvaavat tilamallit. Esimerkiksi pyörän tapauksessa mallinnettiin alustaan kiinni tuleva laippa ja sen alle pyörä rakennuskorkeudessa. Valmisosin malleihin haettiin myös materiaali, joka vastaisi mahdollisimman hyvin mm. osan massaa. Vaunun osa-, hitsaus- ja kokoonpanopiirustukset on esitetty liitteessä 10.

### 3.5.2 Prototyyppi 1

Ensimmäisellä prototyypillä oli tarkoitus selvittää

- fyysinen kuva tuotteen todellisista mitoista
- Sopiva konfiguraatio pyörille
- säilytystilan luokkuratkaisuja
- suunniteltua jarruelementtiä
- sopiva korkeussuuntaisen säädön mitoitus ohjaukseen.

Fyysisellä mallilla voitiin hahmottaa vaunun kuljetuskapasiteetin tilantarve ja kartoittaa työskenneltäessä esiin tulevia mahdollisia haasteita. Pyörien erilaisilla konfiguraatioilla voitiin testata eri vaihtoehtojen ajettavuutta ja ohjattavuutta. Säilytystilan luukun erilaisia ratkaisuja arvioitiin käyttäjän ja teknisen toteutuksen kannalta. Jarrumekanismilla oli tarkoitus testata jarrujen käytännön toimintaa.

Prototyyppiä varten hankittiin mäntyrimaa, kuljetusosan testaamiseksi. Pahvin käyttöä harkittiin myös, mutta rimalla saatiin tukevampi konstruktio. Pyörät hankittiin tässä vaiheessa, koska todellisen kuvan vaunun ajettavuudesta, olisi muuten ollut haastavaa. Prototyypin säilytysosaa varten kasattiin 20 mm rimasta suunniteltuja ulkomittoja vastaava kehikko. Kehikko tuli 2x2 tuuman puupalkista tehdyn alustan päälle. Pyörien kiinnityspaikan selvittämiseksi takapyörien kiinnitys tehtiin helposti siirrettäväksi. Pyörät kiinnitettiin erilliseen lautaan, jota voitiin liikuttaa alusta alla. Jarrujen testaamista varten, tehtiin peltisestä kulmatuesta tuenta puisille jarruviuille. Oikean kiinnityskohdan hakeminen jarrulle tehtiin alustavasti jo 3D-mallissa, mutta prototyypissä sen oikeaa sijaintia voitiin etsiä. Kuviossa 14 on esitetty ensimmäinen prototyypin versio. Lisää prototyypin kuvia on liitteessä 8.



Kuvio 14. Huoltovaunun ensimmäinen prototyyppi

Prototyypin avulla hahmotettiin hyvin vaunun fyysinen tilantarve. Testauksessa tuli esiin, että prototyypin leveyttä ei kannattanut lisätä. Vaunulla liikkumisen aikana oli helpompi hahmottaa sivusuuntainen tilantarve. Näkyvyys vaunun liikesuuntaan oli riittävä ja vaunun etupuolelle tulevat kohteet voitiin havaita. Prototyypin takapyörien oikean sijainnin löytämiseksi tehtiin ajokokeita erilaisilla etu- ja takapyörien akseliväleillä. Takapyörien sijainnin tuli tarjota kompromissi vaunun ajettavuuden, keulan helpon keventämisen ja riittävän vakauden välillä. Takapyörien asemaa suhteessa etupyöriin siirrettiin ja testattiin sen vaikutusta ajokokemukseen ja vaunun vakautteen. Takapyörien sijainti vaunun keulasta katsoen suhteessa 60/40 – 65/35 osoittautui käytön kannalta parhaaksi. Alustava ohjauksen korkeuden mitoitus välille 960 – 1225 mm ei ollut sopiva. Ohjauksen korkeussuuntaista säätöväliä piti laskea alaspäin.

Säilytystilan luukun yhtenä vaihtoehtona olivat ylöspäin avautuva luukku. Tämä olisi kuitenkin tarvinnut esim. avautumista keventävät kaasujouset, jotka olisivat vieneet tilaa säilytystilan sisältä. Lisäksi seinien sisään olisi täytynyt tehdä tukirakenteita jousia varten. Lisäksi oven mitat olisivat olleet sellaiset, että avatun luukun etuosa olisi ollut käyttäjän pään alueella. Alaspäin avautuvien luukkujen kohdalla ongelmana oli vaunun painopisteen muuttuminen. Kun luukun päälle asetettiin kuljetettavaksi suunniteltu laatikko, oli vaunu vaarassa kallistua sivulle. Vaunun tönäisy toiselta puolelta sai toisen puolen pyörän irtoamaan maasta. Laatikko siis muutti vaunun painopistettä liikaa. Ei ollut varmaa millainen kehitettävän vaunun lopullinen paino-kauma oli, mutta tasapainon menetys nähtiin vakavana ongelmana. Vaunun raideväliä olisi voinut leventää, mutta parempana vaihtoehtona pidettiin toisenlaista luukkurakennetta. Vaunun leveyttä ei haluttu enää lisätä helpomman ajettavuuden vuoksi.

Jarrujen testauksessa kävi ilmi, että jarrupalan sijainti tuli olla mahdollisimman lähellä juoksupintaa. Jarrukaapelin liike oli vain noin 3-4 cm, joten jarruvivun toisessa päässä yhtä pitkä liike vaati, että vipupiste oli vivun keskikohdassa. Käytännössä kuitenkin ilmeni, että jarrituksen voima ei ollut liikkeen loppupäässä riittävän tehokas. Jarrupalan ja juoksupinnan tuli painautua toisiinsa riittävällä voimalla, jotta riittävä kitkavoima saavutetaan. Taivutusmomenttisäännön mukaan voimakomponentin suuruus riippuu siis varren pituudesta. Jarrun vipuvoiman lisäämiseksi vipupiste tuotiin mahdollisimman alas. Lisäksi jarrupalan asento täytyi suunnitella siten, että se osues-

saan ottaa mahdollisimman suurella pinta-alalla juoksupintaan. Samassa tasossa kohtaavina juoksupinta kuluttaa tasaisemmin jarrupalaa. Nämä havainnot otettiin huomioon toisen prototyypin suunnittelussa.

### 3.5.3 Prototyyppi 2

Toisen prototyypin avulla oli tarkoitus testata laajemmin suunnittelutyön onnistumista. Prototyypillä oli tarkoitus mm.

- todeta vaatimusmäärittelyssä esiin tulevia seikkoja ja arvioida kokonaisvaltaisesti huoltovaunun eri elementtien toimimista yhdessä.
- Testata vaunua huollon työvälineenä oikeissa olosuhteissa
- Havaita vaunun valmistuksen aikana esiin tulevia, lopputulokseen tai valmistusprosessiin vaikuttavia seikkoja.

Toisen prototyypin valmisti alustan komponenttien ja hitsausta vaativien töiden osalta EV-Metalli Ky. Pajalle toimitettiin liitteestä 9 löytyvät piirustukset alustan osalta. Valmis alusta oli suunnittelun mukainen. Alustan osalta tarvitsi enää kiinnittää pyörät ruuviliitoksilla ja tehdä jarruosien asennus. Jarruosien asennuksen yhteydessä huomattiin, että käytetty jousi ei ollut riittävän jäykkä. Pienellä muutoksella jousesta saatiin toimiva. Lisäksi jarrukaapelin asennuksen yhteydessä kävi ilmi, että jarrujen kiristäminen oikeaan asentoon oli ennakoitua hankalampaa.



Kuvio 15. Jarrumekanismin toteutus prototyypissä 2

Suunniteltu jarrukaapelin kiinnitys oli asennuksen kannalta hankala. Koska jarrukaapeli täytyy saada kiristettyä ja samalla jarruvipu oikeaan asentoon, on samanaikaisesti toimittava neljässä eri kohdassa. Jarrukaapelia tulee kiristää vetämällä. Jarruvivun asento saatava oikeaksi ja samalla kiristettävä kahdelta puolelta jarrukaapelin kiinnityksen ruuviliitosta. Lisäksi ruuvin kantaan on hanakala päästä koska se on jarrutuen ja jarruvivun välissä. Jarrumekanismia tulisi kehittää siten, että asennus olisi helpompaa.

Kuljetusosaan tulevien materiaalien osalta työhön tuli muutoksia niin, että kaikki päällystävät levyrakenteet tehtiin matalatiheyksisestä PVC-muovista. Alun perin vahvisteiksi suunnitellut alumiiniprofiilit korvattiin PVC-muovista valmistetuilla kulmasuojilla. Säilytysosan päällystävien levyjen leikkaaminen mittaan onnistui haastavista työkentelyolosuhteista huolimatta. Levyt olivat mitoiltaan 2500 x 3050 mm. Jos levyt on tarkoitus leikata käsityökaluja käyttäen, olisi työtiloissa varattava riittävästi laskutilaa. Levyjen leikkaaminen lattiatasossa kuormittaa työn suorittajaa mm. selän osalta. Lisäksi mitoiltaan suurikokoisten levyosien kohdalla on ongelmana leikkaajan ulottuvuus. Levyjen liimaus eristeeseen tehtiin Soudal Fix All Turbo 1 -liima- ja tiivistemassalla, jolla on nopea käsittely- ja loppulujuus. Aine on kemiallisesti neutraali ja kestää myös kosteutta, eikä homehdu. (Soudal n.d.).

Kokoonpanotyössä havaittiin suunnittelun tarve liimaukselle. Säilytystilaa koottaessa eri seinien tuenta oikeaan asentoon vaatii apuvälineen, joka pitää seinät suorassa kulmassa ja puristaa samalla. Asennuksessa toisen luukuista havaittiin olevan tasomaisuudesta poikkeava siinä määrin, että alareunaan jäi rakoa. Tämä otettiin huomioon kasauksessa tekemällä luukun alareunaan painosalpa. Tämä ongelma liittyi tekijän kokemattomuuteen valmistavan työn ja käden taitoihin. Omien taitojen arvioinnin lisäksi olisi tehtävä riittävä perehtyminen työmenetelmiin, kun prototyypin valmistaminen aiotaan tehdä itse. Varsinkin mittatarkkuutta vaativassa rakentamisessa tämä korostuu. Tästä tehtiin päätelmä, että tässä tapauksessa säilytystilan tiiveys riippui suunnittelun ohella valmistukseen käytettyjen työmenetelmien soveltuvuudesta ja työn toteutuksen onnistumisesta.

Prototyypin testauksessa käytiin läpi liitteen 3 vaatimusmäärittelyn kohtia. Kasvien lämpöeristystä ei testattu prototyypillä. Tämän vuoksi säilytystilan eristämiskykyä ja



tiiviyttä ei ole todettu käytännössä. Luotettavuus on siis arvioitava suunnittelun ja toteutuksen avulla. Luukun saumaan oli alun perin suunniteltu tiivisteeksi 15x8 mm kruununauha, mutta käytetty nauha oli vain 10x5 mm. Tämä saattoi vaikuttaa sauman tiiviyteen. Lisäksi mainittu luukun epätasaisuus on huomioitava luotettavuutta heikentävänä tekijänä. Liimaus ja tiivistystyö seinien kasaamisessa ja säilytystilan koamisessa tehtiin siten, että tiivistesaumasta tehtiin yhtenäinen liimattavien osien reunassa. Lisäksi saumat vielä tiivistettiin ulkoa päin. Tiiviyys voitaisiin testata esim. savukokeella. Vaunulla tehtiin ajokokeita täydellä kuormalla.

Ajon aikana havaittiin vasemmassa takapyörässä rakennevika. Pyörän akseli oli kiero, mikä aiheutti ajoon sivusuuntaista huojuntaa. Kuormankantokyvyssä ei havaittu ongelmia. Havaintojen mukaan vaunun kuorman lisääminen itse asiassa paransi vaunun vakautta ajon aikana. Jarrut toimivat suunnitelmien mukaisesti, eikä jarruissa havaittu tarttumista tai pito-ongelmia. Pitempiäaikainen käyttö kertoo enemmän käytetyn jousen soveltuvuudesta.

Kuljetuskapasiteetin todettiin olevan riittävä ja työskentelyvaraa jäi riittävästi. Vaunun ulkomittojen havaittiin olevan vaatimusten rajoissa. Maavaraa jäi pyörän rakennuskorkeuden vuoksi riittävästi. Prototyypin massa kuormaamattomana oli noin 46 kg. Osa materiaaleista oli vaihdettu kevyempiin, joten vaunun massa ei vastannut suunniteltua. Mallinnohjelmissa vaunun massa oli 56 kg. Ohjelmaan oli syötetty vaunun osien materiaalitiedot alun perin käytettäväksi suunniteltujen materiaalien mukaisesti. Massan pienentämiseksi tulisi pohtia uudelleen materiaalivalintoja alustan ja säilytystilan osalta.

Ohjauksen säätövara oli välillä 910 - 1040 mm. Tämä johtui käytetyn ohjauspylvään säätövarasta. Se oli lyhyempi kuin alun perin suunnitellussa mallissa, jota ei ollut enää saatavilla. Alusta oli tässä vaiheessa jo valmistettu, eikä ohjauksen tukiputken pituutta voitu muuttaa. Säädön korkeus on käytön kannalta hyväksyttävä, koska se on välin 900-1100 mm välissä.

Käytetyn PVC-muovin iskunkestävyys ei ollut alumiinin veroinen. Itse asiassa materiaaliin tuli helposti painaumuksia ja naarmuja. Tämä oli kuitenkin käytössä ollut materiaalivaihtoehto. Valmiin prototyypin ja valmistuksen kuvia on liitteessä 8. Huoltovau-

nun prototyyppien likimääräisessä kustannuslaskelmassa on huomioitu materiaalikäyttö ja valmistuksen kustannukset. Laskennassa ei kaikkien materiaalien osalta käytetty kustannusperusteena myyntierää. Materiaalikustannus on laskettu varsinaisen käytön mukaan niissä materiaaleissa, joita voidaan hyödyntää myöhemmin. Kustannuslaskelma on esitetty liitteessä 9.

## 4 Pohdinta

### 4.1 Aihevalinta

Kehittämistyön aiheen valinta oli perusteltua, koska sillä oli tarkoitus ratkaista huollon toiminnassa olevaa akuuttia ongelmaa. Perusteluna aihevalinnalle esitettiin myös yhtäläisyys omiin ammatillisiin toiveisiin. Huoltovaunun ja liikkumisen apuvälineen suunnittelussa on samoja elementtejä. Molemmissa mitoituksista täytyy pohtia niin ympäristön asettamien rajoitusten kuin kuljetettavan materiaalin osalta. Vaunun tapauksessa olosuhteet ja tilantarve kasveille ja muille tarvikkeille tuli huomioida. Apuvälineessä kuten pyörätuoli on käyttäjä huomioitava niin pituusmittojen kuin rakenteellisen lujuusmitoituksen osalta. Molemmissa tuotteen massaa on rajoitettu liikuteltavuuden vuoksi. Molemmissa joudutaan kiinnittämään huomiota ajotuntumaan ja vakauteen.

### 4.2 Tietoperusta ja tutkimusaineisto

Tiedonhakuja tehtiin tuotekehitysprosessien lisäksi myös aiheeseen keskeisesti liittyvien käsitteiden kuten esim. lämpöeristämisen ja käyttäjävaatimusten osalta. Tiedonhakuja olisi kannattanut tehdä jo ennen varsinaisen tuotekehitystyön aloittamista esim. eristävien rakenteiden suunnittelusta. Kehittämisen aikana koettiin ongelmalliseksi seinärakenteen suunnittelu niin, että eristävyys säilyy huolimatta säilytystilan muotoilusta ja seinärakenteesta. Käytetyt lähteet ovat tuoreita ja alalla tunnustettujen tekijöiden kirjoittamia. Lähteitä voidaan tältä osin pitää luotettavina. Lähteet olivat käyttökelpoisia, sillä ne käsittelivät tuotekehitysprosessin eri vaiheita. Valittu tuotekehitysmenetelmä sopi hyvin tehtävään, koska tekijällä tai toimeksiantajalla ei ollut kokemusta vastaavista tuotteista. Koettiin että oli tärkeää muodostaa tarkka

kuva työn alla olevasta huoltovaunusta. Vaatimusmäärittely auttoi jäsentämään huoltovaunun eri kehittämisen kohteet ja teki suunnittelutyöstä siltä osin selkeää.

Kehityksessä tärkeässä asemassa olivat haastattelut ja havainnointi. Suullisten lähteiden osalta kyse tässä tapauksessa ei ollut lähteen luotettavuudesta. Suullisella tiedonhauulla pyrittiin selvittämään toimeksiantajan odotuksia, joten luotettavuuden asemasta on arvioitava tiedon välittymistä työn tekijälle. Ajatusten välittymisen varmistamiseksi tulisi käydä jatkuvaa vuoropuhelua. Huoltovaunun kehittämistyön aikana kommunikaatio ei ollut riittävää. Asiakkaan kanssa käytäviä tilannekatsauksia oli vähän, joten työn tekemistä ohjasi osittain tekijän työn alkuvaiheessa saamat käsitykset. Havainnointi kuului oleellisena osana prototyypivaiheeseen, kun pyrittiin selvittämään ja arvioimaan oikeita ratkaisuvaihtoehtoja.

Havainto on osattava myös yhdistää aikaisempaan kokemustaan, jotta sitä pystytään arvioimaan. Osa prototyypivaiheessa tehdyistä havainnoista olisi ehkä voitu tehdä jo huoltovaunun virtuaalisesta mallista. Havaintojen tekeminen kuitenkin kehittyi vasta kokemuksen myötä. Esimerkiksi hahmomallista opittiin näkemään enemmän lopputuotteeseen liittyviä ongelmia ja hyötyjä kehitystyön jälkeen kuin sen aikana. Kokenut suunnittelija näkee enemmän kuin aloittelija. Tästä voidaan päätellä, että varsinkin kehitystyön alussa tehtävät kokeilut voivat jalostaa tekijän havaintokykyä tuotteeseen liittyvien ongelmien havaitsemiseksi. Ulrich ja Eppinger toteavat, että riittävän käsityksen saamiseksi tuotteesta, on virtuaalinen esitys siirrettävä reaaliaikailmaan prototypin muodossa (Ulrich & Eppinger 2012, 290–296).

### 4.3 Vaatimusmäärittely ja spesifointi

Kuten Hietikko toteaa, on asiakastarpeen selvittämisympäristössä löydettävä oikeat tuotteen ominaisuudet hankkimalla omakohtaista kokemusta tuotteesta, seurattava sen käyttäjiä tai tutkittava muita vastaavia tuotteita, kun tuote on uusi (Hietikko 2015, 62–67). Huoltovaunu ei ollut suunnittelijalle toimeksiantajalle tuttu entuudestaan, joten vaatimusmäärittelyssä olisi voinut seurata esim. huoltohenkilöstön toimintaa omakohtaisesti tai haastatella vastaavien tuotteiden käyttäjiä. Olisiko heiltä saanut merkittävää lisätietoa huoltovaunun ominaisuuksista? Tämä olisi todennäköisesti lisännyt vaatimusmäärittelyn tuloksien luotettavuutta. Vaatimusmäärittelyssä

kannattaa valita tuotekehitystyön lähtökohdaksi kymmenkunta ominaisuutta ja niiden valinta tulisi tehdä esim. käyttäjäkyselyn avulla.

Löydetyille ominaisuuksille annetaan painoarvo suhteessa muihin ominaisuuksiin, jotta löydetään tuotekehityksen kannalta tärkeimmät ominaisuudet. (Hietikko 2015, 62–67; Ulrich & Eppinger 2012, 86.) Huoltovaunun vaatimusmäärittelyssä ominaisuuksia on 20, joten niitä olisi pitänyt karsia puoleen. Liian monen ominaisuuden sisällyttäminen tuotekehitykseen johti siihen, että kaikkiin ominaisuuksiin ei päästy paneutumaan riittävällä syvyydellä. Varsinkin selkeäksi spesifikaatioksi vaikeammin määriteltävien ominaisuuksien osalta tapahtui näin. Esimerkiksi tuotteen ulkonäkö oli yksi toimeksiantajan toivomista suunnittelulähtökohdista, mutta sen huomioiminen suunnittelussa ja todentaminen jäivät suunnittelijan omien näkemysten varaan.

Vaatimusmäärittelyssä on huomioitu monia huoltovaunun onnistuneen käytön kannalta keskeisiä asioita kuten esim. fyysiset mitat, massa ja kantavuus. Useille vaatimuksista oli saatu tarkka spesifikaatio ja lukuarvo. Osa vaatimuksista olisi pystytty ehkä muuttamaan selkeästi mitattavaan muotoon. Esimerkiksi lämpöeristävyuden toteaminen luotettavasti olisi todennäköisesti vaatinut tarkasti määritellyt koeolosuhteet ja mittalaitteiston. Ongelmana useiden vaatimusten osalta oli, että niiden muuttaminen järkeväksi spesifikaatioksi oli tehty, mutta niiden todentaminen oli vaikeaa. Miten todennetaan ominaisuutena helppo huollettavuus? Jonkin mitattavan ominaisuuden, esim. tiettyyn huoltotoimenpiteeseen kuluva aika olisi tuonut lisää luotettavuutta. Vaatimusmäärittelyvaiheessa olisi voinut olla tarkemmin analysoituna myös tekijän omien osaamisten ja taitojen näkökulmasta, mihin tuotekehityksen vaiheisiin, juuri huoltovaunun osalta olisi pitänyt keskittyä varsinaisen tuotteen vaatimusmäärittelyn ohella. Alussa tehty tarkka kuvaus esim. käytössä olevista materiaaleista, menetelmistä ja resursseista, olisi antanut tarkemman kehysten jossa toimia.

#### 4.4 Konseptit

Konseptivaiheen huolellinen vaihtoehtojen kartoittaminen pienentää riskiä, että parempi ratkaisu tulisi esiin tuotekehityksen edetessä. (Ulrich & Eppinger 2012, 118–199.) Tuotteen vaatimusten kannalta keskeisten ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen

kannattaa tehdä järjestelmällisesti (Ulrich & Eppinger 2012, 120). Suunnitteluratkaisuja luotaessa voidaan ongelmakohtia yksinkertaistaa pilkkomalla ongelma pienempiin osiin (Ulrich & Eppinger 2012, 122). Eri ratkaisuvaihtoehtoja taulukon avulla luotaessa kannattaa selkeä rajaus tärkeisiin ongelmakohtiin (Dym & Little 2009, 103–109). Huoltovaunun kehittämiskohteet oli jaettu toimintojen mukaan ja morfologisen matriisin avulla oli etsitty ratkaisuja eri osa-ongelmiin. Matriisiin olisi voitu ottaa lähestymistavaksi vaatimusmäärittelyn ominaisuudet, jolloin löytyneiden ratkaisujen vaatimusten kannalta olisi ollut ehkä helpompaa. Ongelmia olisi kannattanut rajata selkeästi kehittämistä vaativiin kohteisiin ja jättää pois helposti ratkaistavat ongelmat.

Vaatimukset olisi pitänyt laittaa tärkeysjärjestykseen ja keskittyä kahteen kolmeen päävaatimukseen. Keskittyminen liian moneen asiaan, varsinkin lyhyellä ajalla ja vähäisillä resursseilla toteuttavassa kehityksessä, heikentää mahdollisuutta onnistua yhdelläkään osa-alueella. Kyseessä oli kuitenkin työväline, jonka tulisi olla myötävaikuttamassa toiminnan asettamiin tavoitteisiin. Löydetyt konseptit olivat saman perusajatuksen ilmentymiä, eikä mikään niistä juuri tarjonnut uutta näkökulmaa aiheeseen. Tässä piilee se vaara, että jotain oleellista kyseisen tuotekehityksen kannalta, jää huomaamatta. Tuotekehityksen luovaa puolta, olisi voinut korostaa enemmän konseptivaiheessa. Henkilöstön osallistaminen prosessiin paremmin olisi mahdollisesti tuonut uusia näkökulmia aiheeseen. Dialogin tärkeyttä ei voi korostaa liikaa tällaisessa prosessissa. Lisäksi tietoutta ja näkemyksiä olisi ollut mahdollista etsiä monesta eri kontekstista.

Tuotekonsepti on aina suuntaa antava esitys tuotteen toimintatavasta, käytetyistä teknisistä ratkaisuista ja ulkomuodosta (Ulrich & Eppinger 2012, 118). Arviointikriteereiden tulisi kuvastaa eri osapuolten tuotteelle asettamia vaatimuksia ja tarpeita. Syvällistä arviointia ei ensi vaiheessa tehdä, vaan tarkoitus on löytää muutama muita parempi konsepti jatkotarkasteluun. Tarkempaan arviointiin valittuihin konsepteihin tuodaan yleensä lisää syvyyttä ja tarkempia arviointikriteereitä. Arviointikriteerit saavat painotuksen, jolloin eri kriteerit täytyy asettaa keskinäiseen järjestykseen. (Ulrich & Eppinger 2012, 149-151).

Huoltovaunun konseptien arvioinnin ensimmäisessä vaiheessa olisi pitänyt olla mukana useampi tuotekonsepti. Huoltovaunun konseptit ovat määrittelyltään ensimmäisen vaiheen konseptiratkaisuja. Niiden pohjalta tehtiin myös konseptien tarkempi arviointi. Konsepteihin olisi pitänyt tässä vaiheessa tuoda lisää syvyyttä esim. käytettyjen teknisten ratkaisujen ja materiaalien osalta. Syvälinen arviointi on, jos arvioinnissa käytetyt konseptit eivät anna riittävästi informaatiota arvioinnin tueksi. Arvioinnin luotettavuus voidaan siis kyseenalaistaa.

#### 4.5 Prototyypit

Prototyyppejä tehdään tuotekehityksen alkuvaiheen konseptiarvioinnista aina esituo-  
tantovaiheen valmiisiin tuotteisiin. Alkuvaiheessa prototyypillä on tarkoitus testata lähinnä suunnittelijan ideoiden toimivuutta. (Dym & Little 2009, 166–168.) Prototyypin tekemistä tulisi aina seurata selvitys siitä, mitä prototyypillä aiotaan selvittää tai testata. Testaussuunnitelman tulisi sisältää ainakin testattavat ominaisuudet ja niiden mittaus- ja arviointimenetelmät. (Ulrich & Eppinger 2012, 303–306.) Huoltovaunun tuotekehityksessä eri asteisia prototyyppejä olisi voinut tehdä luoduista konsepteista. Pienoismallien tekeminen on perusteltua varsinkin tuotekehityksen alkuvaiheessa (Häggman 2017).

Konseptien fyysinen malli olisi tuonut lisää tietoa arviointityön tueksi. Prototyyppien testaamisessa on selvitetty testaamisen kohteena olevat suunnittelun osat, mutta testauksen arviointikriteerien määrittely ja mittaristo jäivät epäselväksi. Olisi voitu määritellä miten jonkin ominaisuuden täytyminen näkyi huoltovaunussa. Esim. miten ajettavuus eri pyöräkonfiguraatioilla arvioidaan. Olisiko voitu käyttää mittarina esim. vaunun suuntavakautta? Esim. mitata, minkä matkan vaunu kulkee tietyn levyisen alueen sisällä ilman että ohjausta tarvitsee muuttaa.

#### 4.6 Jatkokehitys

Huoltovaunun kehitystyötä kannattaisi jatkaa rajaamalla vaatimusmäärittelyssä esiin nousseita ominaisuuksia ja hakea niille selkeät mitattavissa olevat spesifikaatiot. Prototyypin toimivuuden ja suunnittelutarpeisiin vastaavuuden selvittämiseksi tulisi jatkossa tehdä

- huoltovaunun lämpöeristävyyden todentaminen
- omamassan vähentäminen, jos se katsotaan tarpeelliseksi
- suunnitellun päällysmateriaalin iskunkestävyyden toteaminen
- vedenpitävyytestaus
- ulkonäön parantaminen
- jarrukaapelin kiinnityksen suunnittelu asennuksen kannalta
- luukkurakenteen tai sen valmistuksen kehittäminen, jotta mittatarkkuus olisi riittävä tiiviiden kannalta
- valmistuksen ja kokoonpanon työmenetelmien kehittäminen.

## Lähteet

- Biltema. N.d. Kumipyörä. Bilteman verkkokauppa. Viitattu 27.4.2017. <http://www.biltema.fi/fi/Tyokalut/Tyopenkki-ja-sailyttaminen/Pyora/Kumipyora-2000016586/>
- Blickle N.d. Pyöräopas osa 1. Pyörien valintakriteerit. Blickle.com –verkkosivusto. Viitattu 27.4.2017. <http://www.blickle.fi/tuotteet/opas>
- CCOHS. 2012. Pushing and pulling – handcarts. Canadian Centre of Occupational Health and Safety -verkkosivu. Viitattu 12.5.2017. <https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/push2.html>
- Cross, N. 2008. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design. 4. p. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Dym, C.L., Little, P. 2009. Engineering Design: A Project-Based Introduction. 3. p. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. 3. p. Helsinki: BoD – Books on Demand
- Häggman, A. 2016. Tuotekehitysprosessin kehittäminen. Artikkelit TES – Tekniikan edistämissäätiön verkkosivulla. Viitattu 27.4.2017. <http://www.tekniikanedistamisaatio.fi/tutkimusprosessin-kehittaminen/>
- Isover. N.d. Isover Vacupad Kontur 007 tyhjiöeristelevyn tuotekuvaus. Viitattu 12.5.2017. <http://www.isover.fi/tuotteet/isover-vacupad-kontur-007>
- Kingspan N.d. Kingspan Therma -eristeet Kingspan.com verkkosivustolla. Viitattu 13.5.2017. <https://www.kingspan.com/fi/fi-fi/tuotteet/eristeet/therma>
- K-rauta. N.d. Eristeet K-rauta verkkosivustolla. Viitattu 13.5.2017. <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/eristeet>
- NaturVention. N.d. NaturVention Oy:n internet-sivusto. Viitattu 14.6.2016. <https://www.naturvention.com/fi/>
- SFS 2373 Hitsaus. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitust ja lujuuslaskenta. Aihealue: Hitsausliitokset ja hitsit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 31.12. 1980. Viitattu 27.4.2017. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.
- SFS-EN ISO 14738. Koneturvallisuus. Koneeseen liittyvien työskentelypaikkojen suunnittelun antropometriset vaatimukset. Aihealueet: Koneturvallisuus, ergonomia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 30.3. 2009. Viitattu 27.4.2017. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.
- Soudal. N.d. Fix All Turbo tuotekuvaus. Viitattu 13.5.2017. <http://www.soudal.com/soudalweb/productDetail.aspx?w=9&p=281&ID=3193>
- Toikkanen, S. 2016a. Huollon esimies. NaturVention Oy. Keskustelu 24.5.2016.
- Toikkanen, S. 2016b. Huollon esimies. NaturVention Oy. Sähköposti 10.6.2016. Vastaaottaja P. Uuttu.



Tiehallinto. 1997. Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 5. Reunatuet. PDF-julkaisu Tiehallinnon verkkosivulla. Julkaistu 31.12.1997. Viitattu 13.5. 2017.  
[http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/teiden suunnittelu v5\\_reunatuet.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/teiden_suunnittelu_v5_reunatuet.pdf)

Työsuojeluhallinto. N.d. Käsien tehtävän nostotyön arviointi. Lomake työturvallisuuden arviointiin Työsuojeluhallinnon verkkosivulla. Viitattu 12.5. 2017.  
<https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/338901/K%C3%84SIN+TEHT%C3%84V%C3%84N+NOS-TOTY%C3%96N+ARVIOINTI-lomake/53a2dd5e-072e-4f8b-addc-75d136adaa2b>

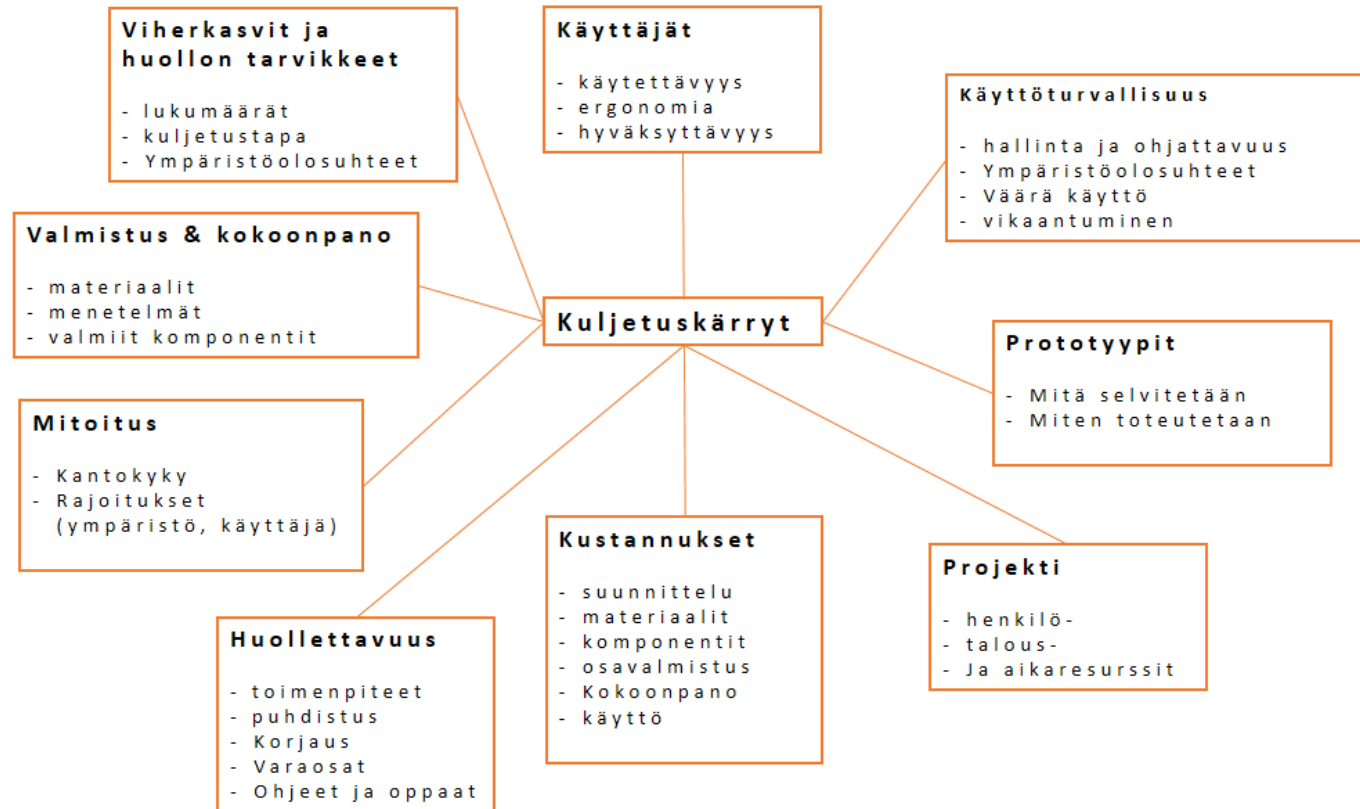
Ulrich, K.T., Eppinger, S.D. 2012. Product Design and Development. 5. p. New York, USA: McGraw-Hill

Valtanen, E. 2012. Tekniikan taulukkokirja. 19. p. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy

Väyrynen, S., Nevala, N., Päivinen, M. 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.



Liite 2. Huoltovaunun suunnitteluvaatimusten näkökohtia



## Liite 3. Huoltovaunun vaatimuslista

<b>Vaatus</b>	<b>Tarkempi vaatus</b>	<b>Miten huomioidaan suunnittelussa</b>
Kasvit eivät saa paltua	Huoltovaunun rakenteen tulee säilyttää sisälämpötila, joka on riittävä käytetyille kasveille.	Eristävän rakenteen paksaus vähintään sellainen, että sisälämpötila ei käytössä laske alle 15 asteeseen (Toikkanen 2016). (Täytyttävä)
Kasvualusta pysyy ruukussa kuljetuksen aikana.	Vaunun heilahtelun ja tärinän taso on riittävän alhainen.	Rakenteen on vaimennettava tärinää. Valitaan aktiivisesti tärinää vaimentava ratkaisu. Vaunun keventäminen esteellä helppoa - välteään iskun aiheuttamaa heilahtelua. (Täytyttävä)
Kuljetuskapasiteetin tulee olla riittävä.	Vaunuun on mahduttava Laatikko (1600xs400xk300mm) 2 kpl kylmälaukku (1400xs320xk400 mm) Huoltolaukku (1300xs250xk300mm) roska-astia (1400xs300xk200 mm)	Sisätilat mitoitetaan vähintään laatikoiden sijoittelusta syntyvän tilantarpeen mukaan. (tässä vaiheessa lopullista sijoittelua ei ole vielä päätetty.) (Täytyttävä)
Huoltovaunun täytyy mahtua kulkaukoista.	Leveyden on oltava pienempi kuin käytettävät kulkaukon leveydet.	Leveys max. 800 mm (RakMk F1 2004, 5).

		Käytännössä leveys varmistettava siten että liikkuminen aukosta on helppoa. (Täytyttävä)
Vaunun mahdollista liikkumaan porrassaulassa	Mitoidetaan vaunu RakMk:ssa esteettömyydelle asetettujen vaatimusten mukaisesti.	Pituus < 1400 mm (RakMk F1 2004, 6). (Täytyttävä)
Vaunun korkeus ei saa haitata liikaa näkyvyyttä	Vaunun korkeus on oltava riittävän paljon katseen tasoa alempana.	< 1200 mm (Täytyttävä)
Vaunussa riittävä maavara	Vaunu suunnitellaan siten, että kadunreuna ei muodostu esteeksi. Pohja ei saa ottaa kiinni.	Pohjan ja maanpinnan välinen minimietäisyys mitoitettava epäedullisimman tilanteen mukaan, esim. kadun reunanakiven ylitystilanteessa > 100 mm (Tiehallinto 1997, 7).
Vaunu ei saa olla liian painava.	Vaunu täytyy pystyä nostamaan kahden henkilön voimin.	max. 50 kg (Työsuojeluhallinto n.d.). (Täytyttävä)
Käyttö ergonomista	Käyttäjän on saatava ohjattaessa asento jossa selkä suora ja hartiat alhaalla.	Ohjauksen säätö 900 – 1100 mm (Täytyttävä)
Vaunu kääntyy helposti.	Vaunun ohjaaminen on helppoa.	Pyörien tyypissä, lukumäärässä ja sijoittelussa huomioitava ohjaaminen.
Vaunu on sään ja vesipuhdistuksen kestävä.	Vaunun materiaalit ovat vedenkestäviä.	Rakenteessa ja materiaalivalinnoissa on huomioitava vedenkestä-

		vyys. Materiaalien käytössä on huomioitava mahdollinen pintakäsittelytarve.
Vaunu voidaan lukita.	Vaunussa on oltava lukitusmekanismi, joka estää pääsyn säilytystilaan.	
Vaunu ei vaurioidu käytössä.	Vaunu on iskunkestävä.	Valitaan iskunkestävät materiaalit ja huomioidaan rakenteessa.
Vaunu on turvallinen käyttäjälle ja ympäristölle.	Vaunu on oltava käyttäjän hallittavissa joka hetkellä. Vaunu ei aiheuta vaaraa käyttäjälle esim. terävien särmien muodossa. Vaunu ei kaadu helposti.	Varustetaan vaunu riittävällä ohjauslaitteella. Varmistetaan vaunun pysähtyminen ja pysäköinti mekaanisesti. Huomioidaan rakennesuunnittelussa terävien ja leikkaavien reunojen poistaminen. Suunnitellaan vaunu siten että painopiste on mieluummin alhaalla kuin ylhäällä. (Täytyttävä)
Huollon työskentely on helppoa vaunun kanssa.	Työssä tarvittavien materiaalien säilytystila ovat helppopääsyinen. Ohjauslaitteet ovat selkeitä ja helppokäyttöisiä. Tuotteen säätäminen on helppoa.	Rakenteessa on huomioitava säilytystilan avaus ja lukitus, riittävä tilavaara käsille sekä täyttämisen helppous. Hyödynnetään suunnittelussa valmiita mentaalimalleja. (Täytyttävä)

Suunnittelu- ja valmistuskustannukset ovat sovitulla tasolla.	Selvitetään toimeksiantajalta valmistuksesta ja materiaalikäytöstä aiheutuvien kustannusten enimmäismäärä.	Ei tarkka arvioita, joitakin satoja euroja. Tämä on huomioitava suunnittelussa käytettävien valmistusmenetelmien, materiaali- ja komponenttivalintojen sekä kokoonpanotyön osalta.
Vaunu on helppo huoltaa.	Vaunu on helposti puhdistettava. Vaihdettavien osien lukumäärä on vähäinen ja vaihtaminen helppoa.	Rakenne ei sisällä hankalasti puhdistettavia muotoja. Jos on osienvaihtamista, suunnitellaan osiin pääsy ja työskentelyvarat riittäviksi. Valitaan helposti saatavia osia.
Vaunun kuormankantokyky on riittävä.	Vaunu kestää kuljetettavien materiaalien massan.	Kantokyky 50 kg (Täytyttävä)
Vaunu on hyvännäköinen.	Vaunun ulkonäkö on kohderyhmän mielestä hyvä.	Suunnittelun aikana kerätään palautetta ulkonäöstä ja tehdään muutoksia tarvittaessa.
Vaunun valmistus ja kokoonpanotyö on helppo toteuttaa.	Vaunun osavalmistusta varten on olemassa standardin mukaiset työpiirustukset. Kokoonpanoa varten ovat olemassa kokoonpanokuvat ja ohjeet. Kokoonpanoon ei vaadita erikoistyneitä työkaluja.	Suunnittelussa pyritään vähäiseen osien, osavalmistuksen ja valmistusmenetelmien määrään. Valmistus tapahtuu perusvalmistusmenetelmiä käyttäen.

## Liite 4. Morfologinen matriisi

<b>Liike / pyörä</b>								
-lukumäärä			3	4				
	kiinteä	kääntyvä						
	haarukka	irtopyörä						
-materiaali	kumi	polyamidi	polyuretaani					
	jarrulla	ilman jarrua						
kiinnitys	keskiöreikä	neliölaatta	keskiötappi					
<b>Ohjaustapa</b>								
	kiinteä	akseli						
-käyttöliittymä	ohjaus- tanko	ohjauskahvat						
<b>Pysäytys</b>								
- toimija	Käyttäjän oma keho	kitkajarru						
- käyttötapa	jalka	käsi						



- siirtotapa	mekaaninen	sähköinen	hydraulinen					
- jarruelementti	vannejarru	jarrulevy	jarrurumpu					
<b>Säilytys</b>								
- väline	laatikko	Kaappi/kontti	pussi/laukku					
- materiaali	alumiini	teräs	muovi	tekstiili				
- rakenne	kiinteä	koottava						
- liittäminen	ruuvi	niitti	liima					
<b>Eristäminen</b>								
- materiaali /menetelmä	PU	XPS	tyhjiö	lasivilla				
<b>Säilytystilan avaus</b>								
menetelmä	liukuovi	saranaluukku	Saranaluukku jousella					
<b>Alustarakenne</b>								
-materiaali	Teräs	alumiini						
- muoto	putkipalkki	levy						
-liittäminen	hitsi	ruuvi						

## Liite 5. Konseptien arviointi

		Pisteet		
	Painoarvo 1-8	1-3		
		Pehmeä	Cooler	BOX
Valmistuksen ja koonpanon helppous	3	3	1	2
Kestävyys	5	1	3	2
Käytön helppous	8	1	2	3
Lämpöeristävyys	7	1	2	3
Massa	4	3	2	2
Huollettavuus	2	3	1	2
Kustannukset	1	3	1	2
Ulkonäkö	6	2	3	1
Pisteitä yhteensä		62	77	81

## Liite 6. Lämpöenergian johtuminen eristekerroksen läpi

Vaadittavan eristekerroksen paksuutta voidaan arvioida luovutetun lämpöenergian määrällä. Kasvit sisältävät noin 95 % vettä eli laskennassa voidaan käyttää veden ominaislämpökapasiteettia  $c = 4,182 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ . Yhden asteen jäähtyminen siis tarvitsee jokaista kasvikiiloa kohti 4182 J energiaa. Oletetaan että kasvit ovat alkuvaiheessa 25 celsiusasteen lämpötilassa ja niiden lämpötila saa laskea 15 asteeseen. Jos kasvimassaa on 20 kg, eristeen paksuus 20 mm, laskennallinen lämmönjohtavuus seinälle 0,04 W/m $\cdot$ K, lämpötilaero seinän ulko- ja sisäpinnan välillä 20 astetta ja seinän pinta-ala karkeasti arvioituna 4 m<sup>2</sup>, saadaan lämpöenergian  $\phi_1$  määräksi:

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \lambda A \frac{\Delta T}{l} & (3) \\ &= \frac{0,04 \text{ W}}{\text{mK}} * 4 \text{ m}^2 * \frac{20 \text{ K}}{0,02 \text{ m}} = 160 \text{ W} = 160 \text{ J/s}\end{aligned}$$

Kasvimassan jäähtyminen 10 asteella vaatii energiaa  $\phi_2$ :

$$\begin{aligned}\phi_2 &= m * c & (4) \\ &= 20 \text{ kg} * 4182 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 10 \text{ K} = 836\,400 \text{ J}\end{aligned}$$

Jäähtymiseen kuluva aika  $t$ , ilmaisee karkeasti turvallisen oleskeluajan kylmässä:

$$\begin{aligned}t &= \frac{\phi_2}{\phi_1} & (5) \\ &= \frac{836400 \text{ J}}{160 \text{ J/s}} = 5228 \text{ s} = 1 \text{ h } 27 \text{ m}\end{aligned}$$

## Liite 7. Materiaalien ja liitosten lujuustekninen mitoitus

Huoltovaunun tapauksessa materiaalien poikkileikkaukset ovat niin pieniä, että mitoitus lähti ensisijaisesti perusaineen mitoituksesta. Läpihitsattuina päittäisliitokset ovat perusainetta vahvempia (SFS 2373 1980, 5).

### Ohjausputki

Ohjausputken on ohutseinäputki 30x2 millimetriä ja materiaali S235. Materiaalin poikkileikkauksen mitoituksen perusteena oli tilanne, jossa vaunun nokkaa kevennetään painamalla ohjaustangosta alaspäin. Kuorma saadaan laskemalla takapyörien etu- ja takapuolisen osan massojen erotus.

Vaunun 3D-mallista laskettiin takapyörien etupuolisen vaunun osan massa – 23 kg, johon lisättiin 35 kg kuormaa. Yhteenlasketulla massalla laskettiin taivutusmomentti pisteeseen, joka sijaitsee ohjausputken alapäässä. Momentin varren pituutena oli  $a$ , joka oli takapyörien etupuolisen vaunun osan pituus 708 mm.

$$M_{tuki} = m * g * \frac{a}{2} \quad (6)$$

$$\rightarrow M_{tuki} = (23 + 35) \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \frac{708 \text{ mm}}{2} \rightarrow M_{tuki} = 201419 \text{ Nmm}$$

Tämä taivutusmomentti kohdistuu siis ohjausputken poikkileikkaukseen. Jännitys  $\sigma_t$  lasketaan Yhtälöllä

$$\sigma_t = \frac{M}{W} \quad (7)$$

jossa  $M$  on taivutusmomentti ja  $W$  taivutusvastus, joka lasketaan kyseiselle poikkileikkaukselle

$$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \quad (8)$$

jossa  $D$  on putken ulompi, ja  $d$  sisempi halkaisija.  $D$  on 30 mm ja  $d$  26 mm. Kaavaan sijoittamalla saadaan jännitykseksi noin 175 N/mm<sup>2</sup>.

Taipumaa  $f$  ohjausputken yläpäässä voidaan arvioida yhtälöllä

$$f = \frac{Fl^3}{3Ei} \quad (9)$$

missä  $F = \frac{M}{b}$  jossa  $b$  on momenttivarren pituus, tässä tapauksessa ohjausputken pituus

$l$  = ohjausputken pituus 700 mm

$E$  = kimmomoduuli teräkselle 210 GPa

$i$  = ohjausputken jäyhyysmomentti, joka saadaan yhtälöstä

$$i = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{64} \quad (10)$$

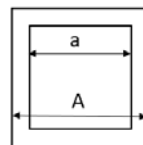
Lukuarvot yhtälöön 9 sijoittamalla, taipumaksi saatiin noin 9 mm.

### Alusta

Alustan tapauksessa voidaan laskennassa käyttää samaa taivutusmomenttia 201419 Nmm. Alustan materiaali S235 rakenneteräs ja muoto 25 mm neliöputkipalkki 3 mm seinämällä. Taivutusvastus  $W$ ,

$$W = \frac{A^3}{6} - \frac{a^3}{6} \quad (11)$$

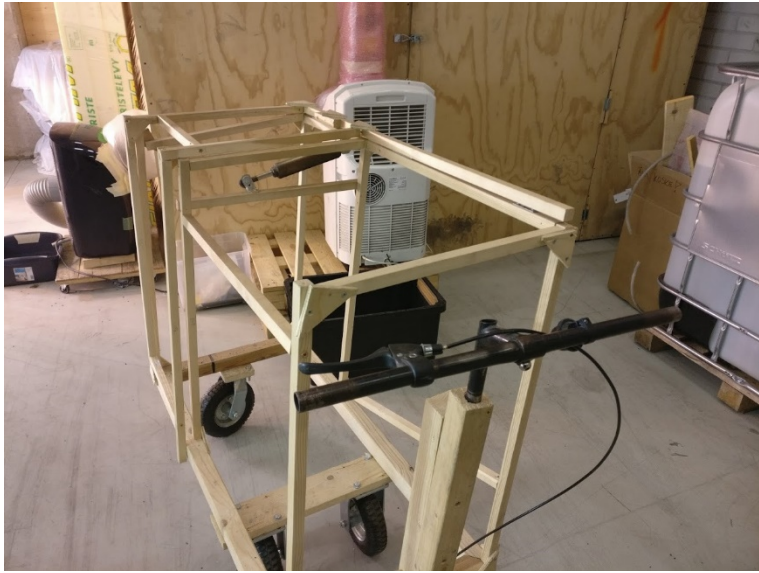
missä  $a$  on palkin sisämitta 19 mm ja  $A$  ulkomitta 25 mm.



Yhtälöön 7 sijoittamalla saadaan jännitykseksi noin 138 N/mm<sup>2</sup>. Tämä pitää tietysti jakaa vielä kahdelle palkille, joten jännitys on noin 69 N/mm<sup>2</sup>.

## Liite 8. Prototyyppien valokuvia











## Liite 9. Kustannuslaskelma

Kustannuslaskelma materiaalit ja valmistus
--

**U-profiili alumiini 20x 20 x2 mm** 3,04 €/m vs-market

	kpl	pituus m	määrä m
2x1040 mm	2	1	2
1000mm	1	1	1
4 x 820 mm	4	0,82	3,28
4 x 520 mm	4	0,52	2,08
310 mm	1	0,31	0,31
Yhteensä m			8,67
Hinta €			<u>22,26745</u>

**Alumiini L-profiili 25 x 25 x 2 mm** 2,57 €/m vs-market

	kpl	pituus m	määrä m
2x770	2	0,77	1,54
2x1040 mm	2	1,04	2,08
10 x 420 mm	10	0,42	4,2
2x475mm	2	0,82	1,64
Yhteensä m			9,46
Hinta €			<u>24,29643</u>

**Alumiinikerroslevy 2 mm** 12,24 €/m<sup>2</sup> Foiltek Oy

	kpl	mm	mm	m <sup>2</sup>
	2	1040	495	1,030
	1	1040	820	0,853
	2	820	495	0,812
	2	820	520	0,853
Yhteensä m <sup>2</sup>				3,547
Hinta €				<u>43,41683</u>

**ABS-muovilevy 2 mm** 13,00 €/m<sup>2</sup> Foiltek Oy

	kpl	mm	mm	m <sup>2</sup>
2 kpl 996 x 475 mm	2	996	475	0,946
2 kpl 778x475 mm	2	778	475	0,739
2 kpl 995 x 778 mm	1	778	995	0,774
2 kpl 820x520 mm	2	820	520	0,853
2 kpl 420 x 310 mm	2	420	310	0,260
2 kpl 996x420 mm	2	996	420	0,837

Yhteensa 4,409  
 Hinta € 57,32025

**RHS 25 x 25 x 3 mm (S235)** €/m 3,23 vs-market

kpl	m	määrä m
2	0,405	0,81
2	0,9	1,8
<b>yhteensä</b>		2,61
<b>Hinta €</b>	<u>8,42595</u>	

**30 x 2 mm ohutseinäputki** €/m 2,39 vs-market

kpl	m	määrä m
1	0,2	0,2
1	0,7	0,7
<b>yhteensä</b>		0,9
<b>Hinta €</b>	<u>2,1525</u>	

**latta 40 x 3 mm (S235)** €/m 1,31 vs-market

kpl	m	määrä m
1	1,92	1,92
<b>yhteensä</b>		1,92
<b>Hinta €</b>	<u>2,5184</u>	

**latta 25x3** €/m 0,89 vs-market

kpl	m	määrä m
1	0,68	0,68
<b>yhteensä</b>		0,68
<b>Hinta €</b>	<u>0,607467</u>	

**Finfoam FI300 20 mm** 4,63 €/m2 Byggmax

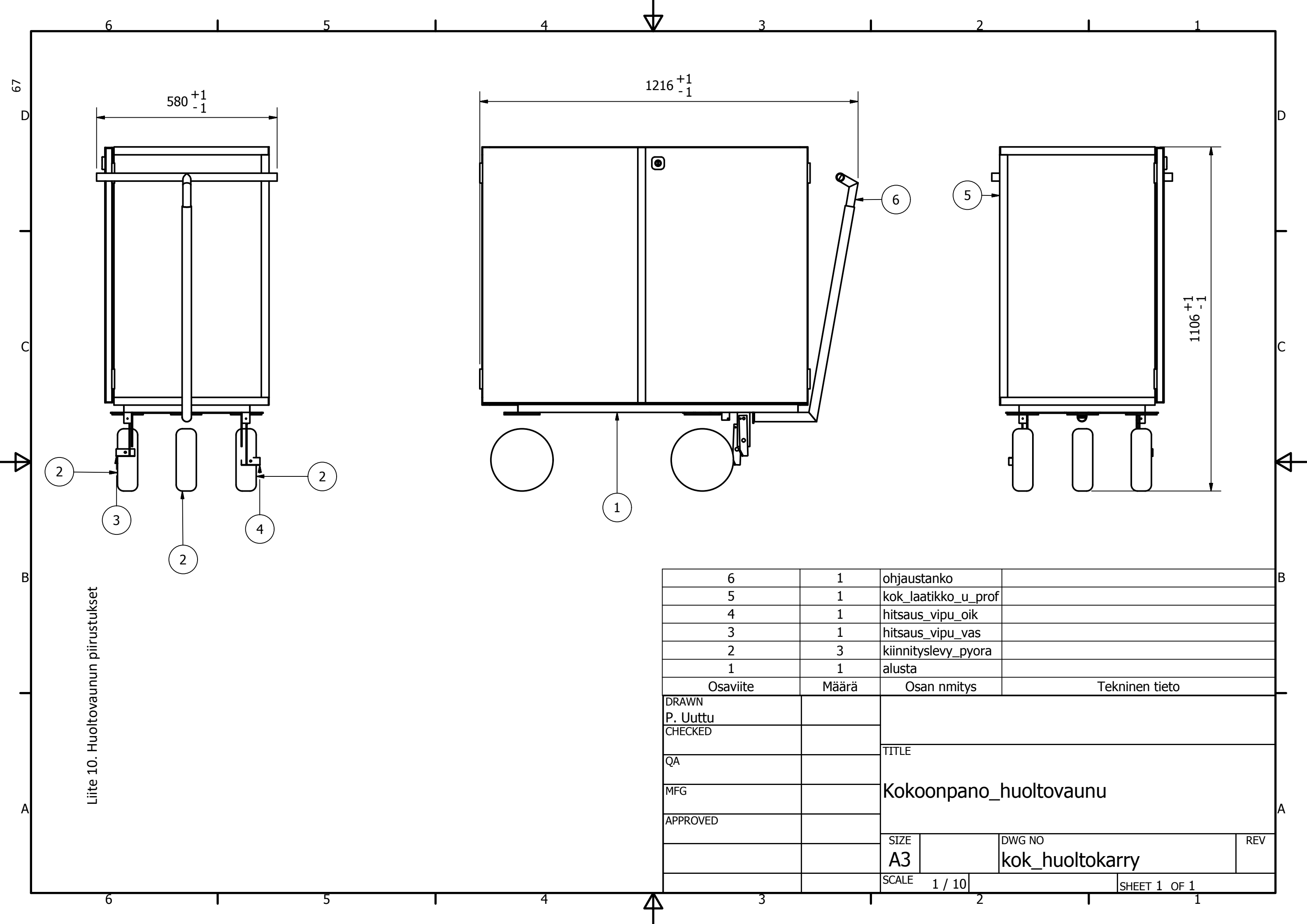
	kpl	mm	mm	m2
2 kpl 1040 x 475 mm	2	1040	475	0,988
2 kpl 778x475 mm	2	778	475	0,739
1 kpl 1000x 780 mm	1	780	1000	0,780
2 kpl 820x520 mm	2	820	520	0,853
1 kpl 400 x 310 mm	1	400	310	0,124
1 kpl 996x420 mm	1	996	420	0,418
<b>Yhteensa</b>				3,902
<b>Hinta €</b>	<u>18,06728</u>			

**PU-saumavaahto** €/pili 6,99

	<b>kpl</b>	
	1	
Hinta €	<u>6,99</u>	
<b>Tiivistemassa Soudal</b>	€/ptr	<u>11,9</u>
	<b>ptr</b>	2
<b>Yhteensä</b>		
Hinta €	<u>23,8</u>	
<b>Pyörät Biltema</b>	70,7	€
<b>Saranat Biltema</b>	14,76	€
<b>Kiinnitystarvikkeet</b>	20	€
<b>Jarrut</b>	16	€
<b>"Rima</b>	€/m	<u>1,136364</u>
	m	<u>15</u>
Hinta €	17,04545	
<b>Valmistus</b>		
hitsaus €	250	€
katkaisu €	15	

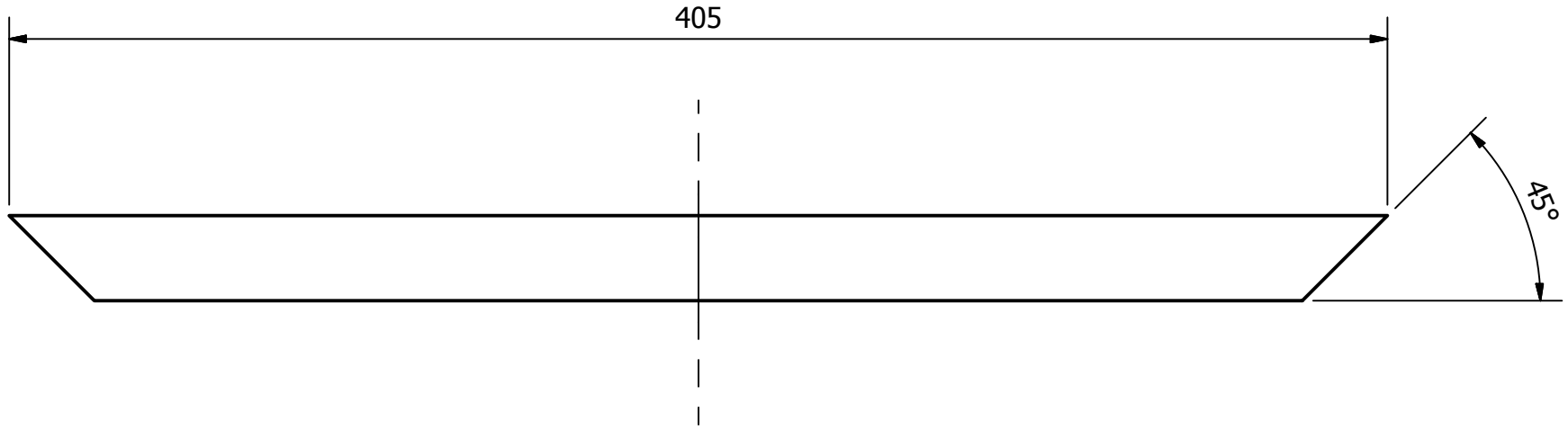
<b>Materiaalit ja valmistus yhteensä</b>	<b>613 €</b>
--	--------------

Liite 10. Huoltovaunun piirustukset



Liite 10. Huoltovaunun piirustukset

6	1	ohjaustanko		
5	1	kok_laatikko_u_prof		
4	1	hitsaus_vipu_oik		
3	1	hitsaus_vipu_vas		
2	3	kiinnityslevy_pyora		
1	1	alusta		
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto	
DRAWN P. Uttu		TITLE  Kokoonpano_huoltovaunu		
CHECKED				
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE A3	DWG NO kok_huoltokarry	REV
		SCALE 1 / 10	SHEET 1 OF 1	

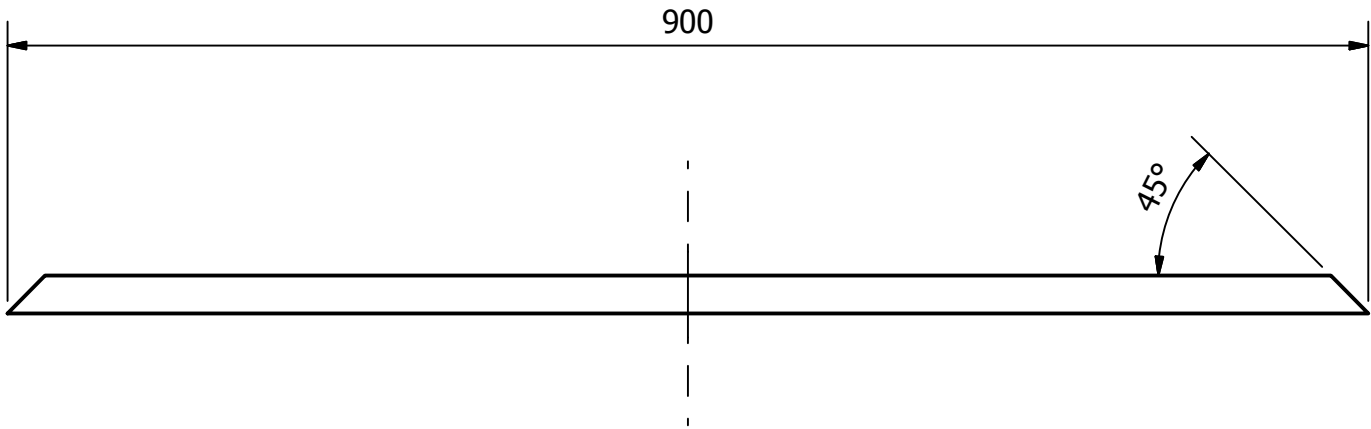


materiaali S235JR neliöputkipalkki 25 x 25 x 3 mm tankopituus 6 m

ISO 2768-cL

DRAWN				
P.Uuttu	29.7.2016			
CHECKED		TITLE		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	palkki_lyhyt	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

69



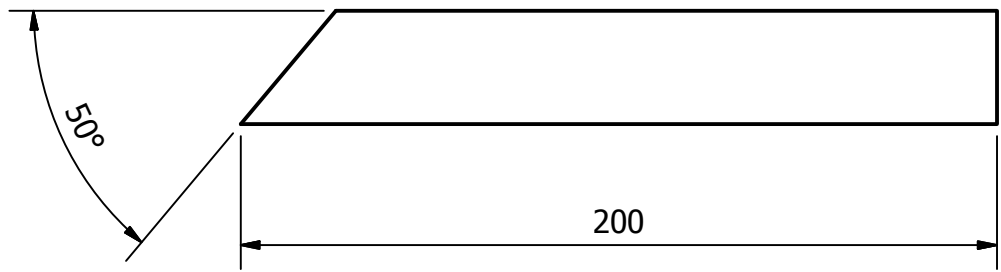
materiaali S235JR neliöputkipalkki 25 x 25 x 3 mm tankopituus 6m

ISO 2768-cl

DRAWN		TITLE		
P.Uuttu	29.7.2016			
CHECKED		palkki_pitka		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	palkki_pitka	
		SCALE	1 / 5	SHEET 1 OF 1



70

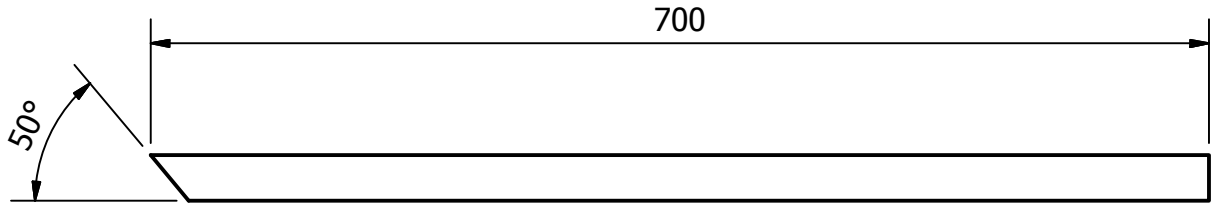


materiaali ohutseinäputki 30 x 2 mm

ISO 2768-cL

DRAWN				
P.Uuttu	4.8.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		ohjausputki_lyhyt		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	ohjausputki_lyhyt	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

71

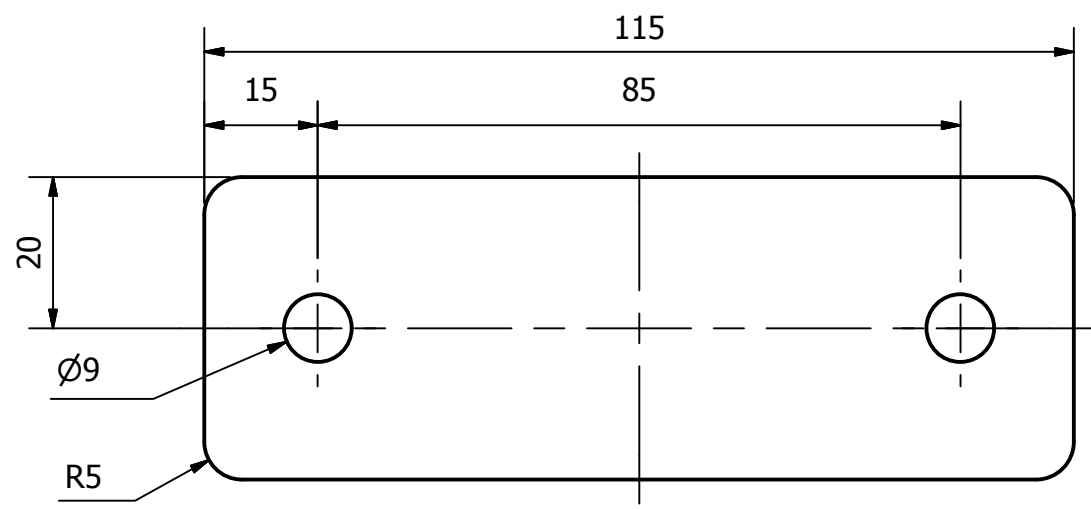


materiaali ohutseinäputki 30 x 2 mm tankopituus 6 m

ISO 2768-cL

DRAWN				
P.Uuttu	4.8.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		ohjausputki_pitka		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	ohjausputki_pitka	
		SCALE	1 / 5	SHEET 1 OF 1

72



materiaali S235JR lattateräs 40 x 3 mm tankopituus 4-6 m

ISO 2768-cL

DRAWN				
Minun	29.7.2016			
CHECKED		TITLE		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	latta_etupyora	
		SCALE	1 / 1	SHEET 1 OF 1

73



490

17

75

20

Ø9

Ø9

R5

materiaali S235JR lattateräs 40 x 3 mm tankopituus 4-6 m

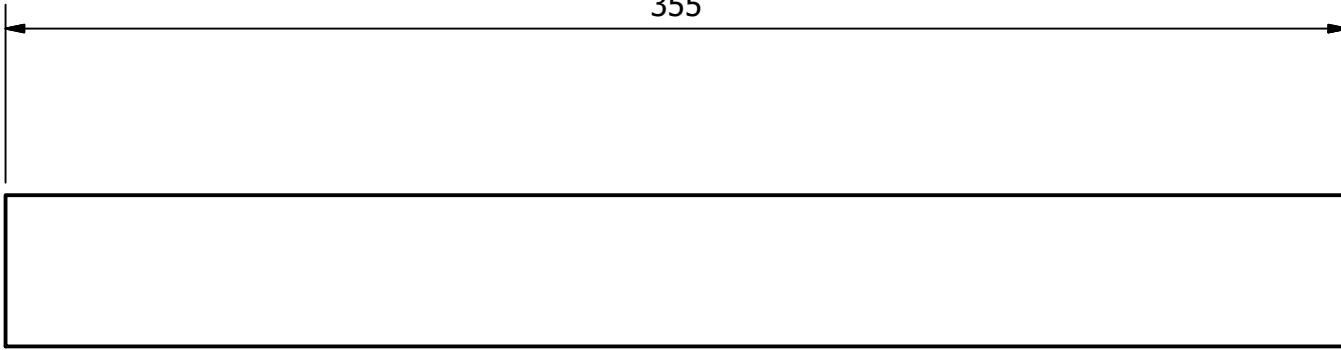
ISO 2768-cl

DRAWN				
P.Uuttu	29.7.2016			
CHECKED		TITLE  latta_takapyora		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	latta_takapyora	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1



74

355



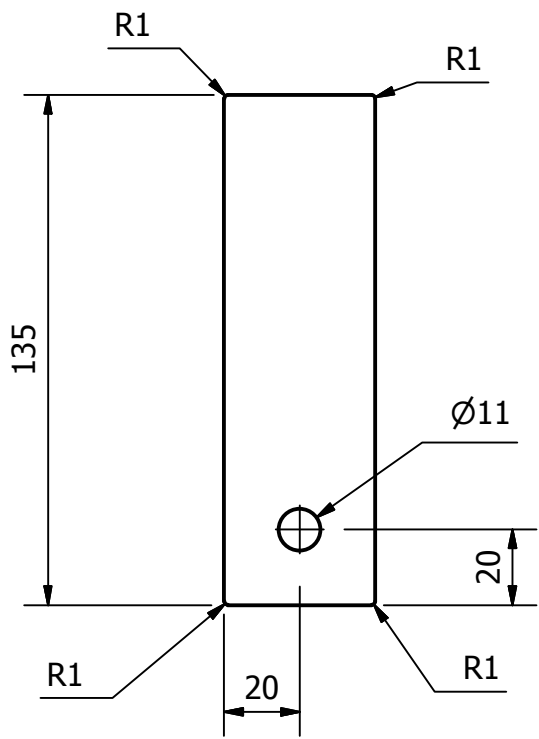
materiaali S235JR lattateräs 40 x 3 mm tankopituus 4-6 m

ISO 2768-cl

DRAWN				
P.Uuttu	4.8.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		latta_tuki_putki		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	latta_tuki_putki	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1



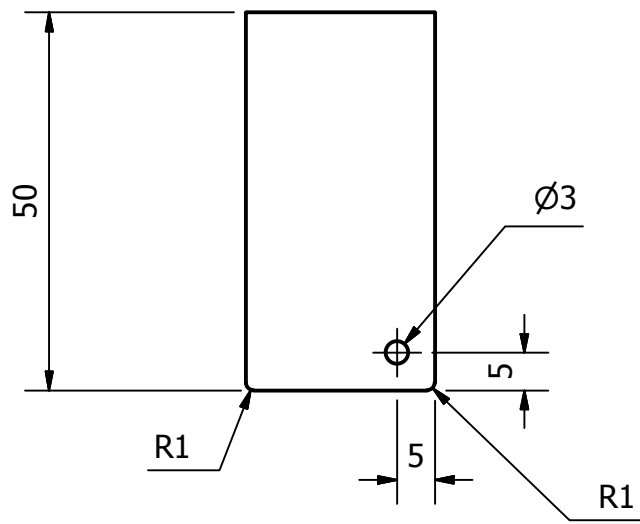
75



materiaali S235JR lattateräs 40 x 3 mm tankopituus 4-6 m

ISO 2768-cL

DRAWN				
P.Uuttu	4.8.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		latta_jarrutuki		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	latta_jarrutuki	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

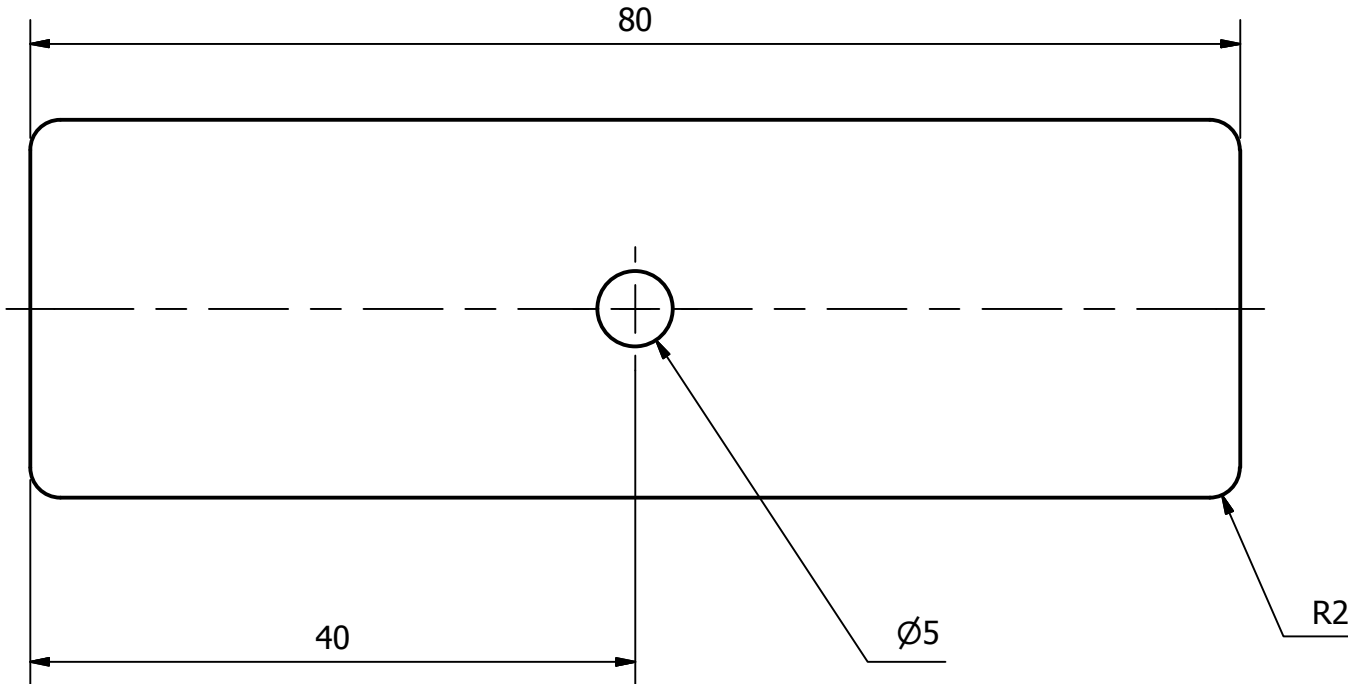


materiaali S235JR lattateräs 25 x 3 mm tankopituus 4-6 m

ISO 2768-cl

DRAWN		TITLE		
P.Uuttu	4.8.2016			
CHECKED		latta_jousi		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	latta_jousi	
		SCALE	1 : 1	SHEET 1 OF 1

77



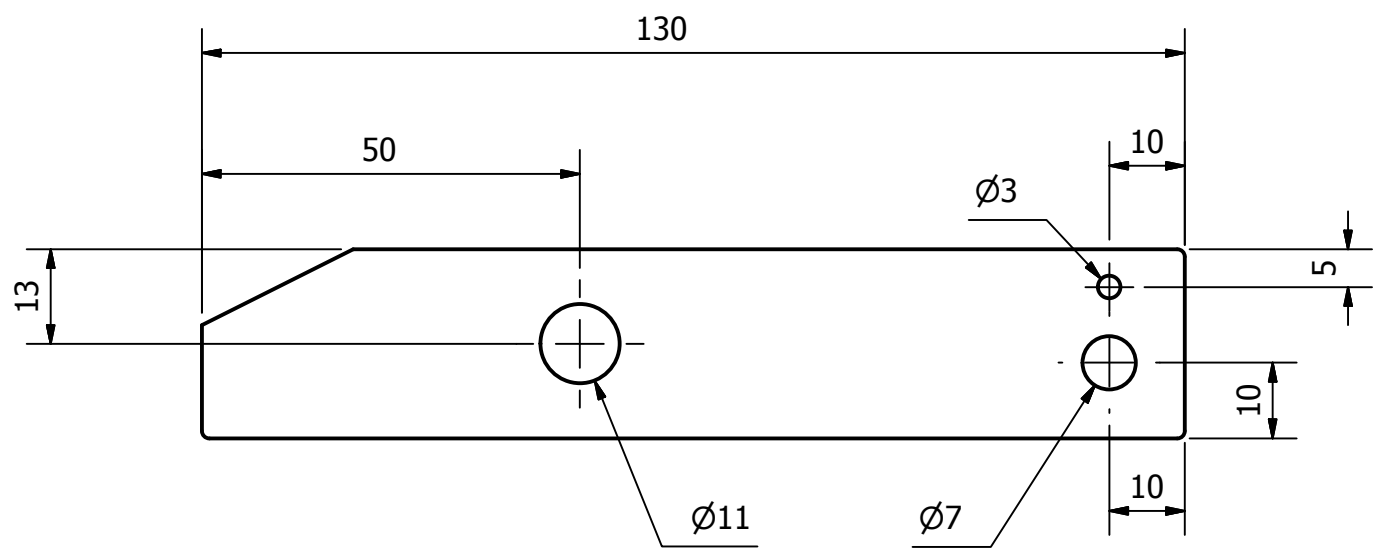
materiaali S235JR lattateräs 25 x 3 mm tankopituus 4-6 m

ISO 2768-cL

DRAWN				
Minun	29.7.2016			
CHECKED		TITLE		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	jarrupala_alus	
		SCALE	2 : 1	SHEET 1 OF 1



78



materiaali S235JR lattateräs 25 x 3 mm tankopituus 4-6 m

ISO 2768-cl

DRAWN		TITLE		
P.Uuttu	29.7.2016			
CHECKED		jarruvipu		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	jarruvipu	
		SCALE	1 : 1	SHEET 1 OF 1

79

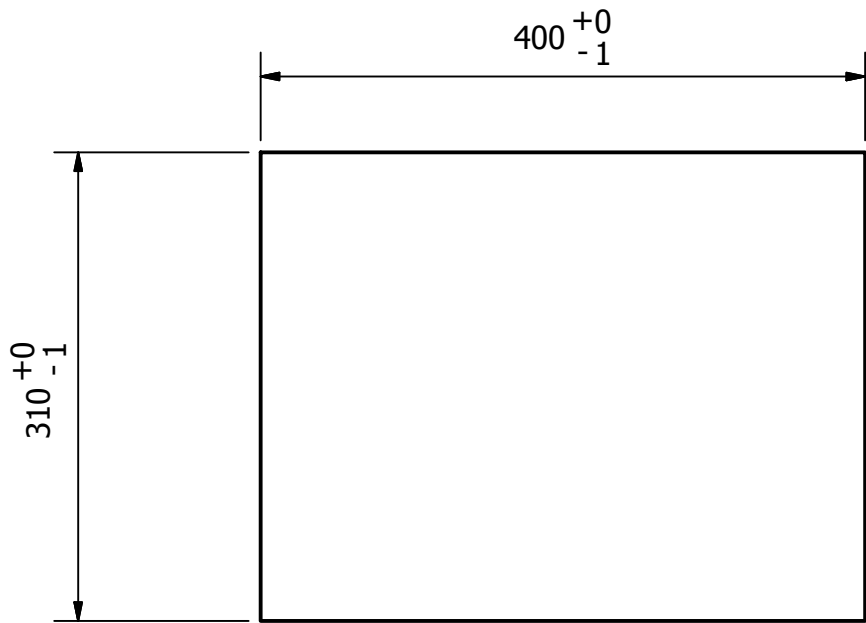
990 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

400 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali Finnfoam FI300 20x600x2500 mm

DRAWN				
P. Uttu				
CHECKED		TITLE		
QA		eriste_hylly		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	eriste_hylly	
		SCALE	1/5	SHEET 1 OF 1

80



materiaali Finnfoam FI300 20x600x2500 mm

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		eriste_hyllytuki		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	eriste_hyllytuki	
		SCALE	1/5	SHEET 1 OF 1

81

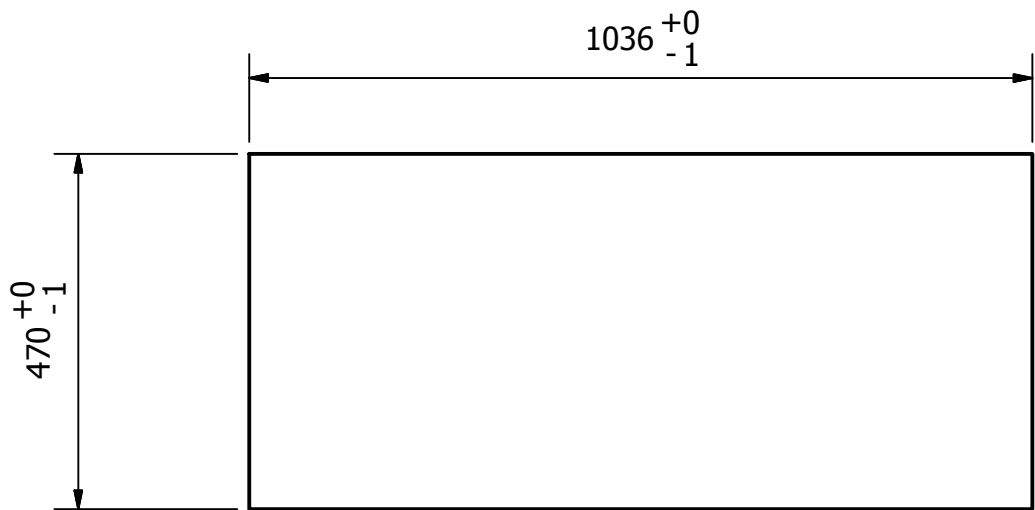
996<sup>+0</sup><sub>-1</sub>

778<sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali Finnfoam FI300 20x600x2500 mm

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		eriste_taka		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	eriste_korkeus_taka	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1

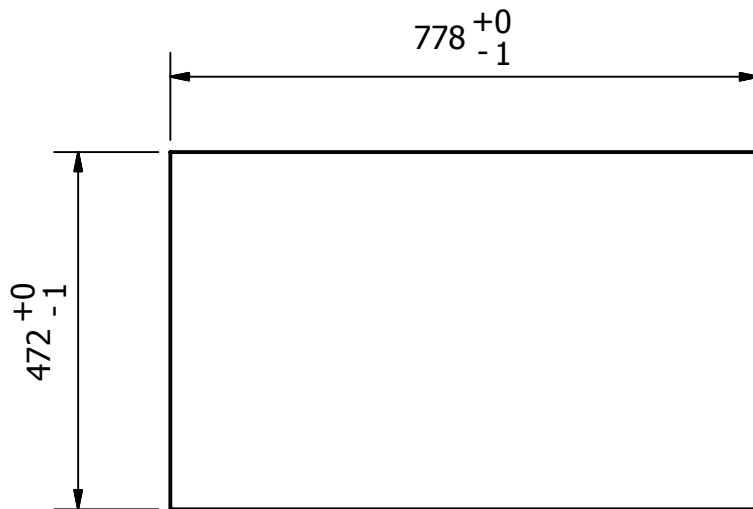
82



materiaali Finnfoam FI300 20x600x2500 mm

DRAWN				
Pekka Uttu	19.7.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		eriste_alapohja_ ja_katto		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	eriste_pohja_yla	
		SCALE	1 / 10	SHEET 1 OF 1

83



materiaali Finnfoam FI300 20x600x2500 mm

DRAWN				
P.Uuttu				
CHECKED		TITLE		
QA		eriste_sivu		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	eriste_sivu	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1

84



497 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

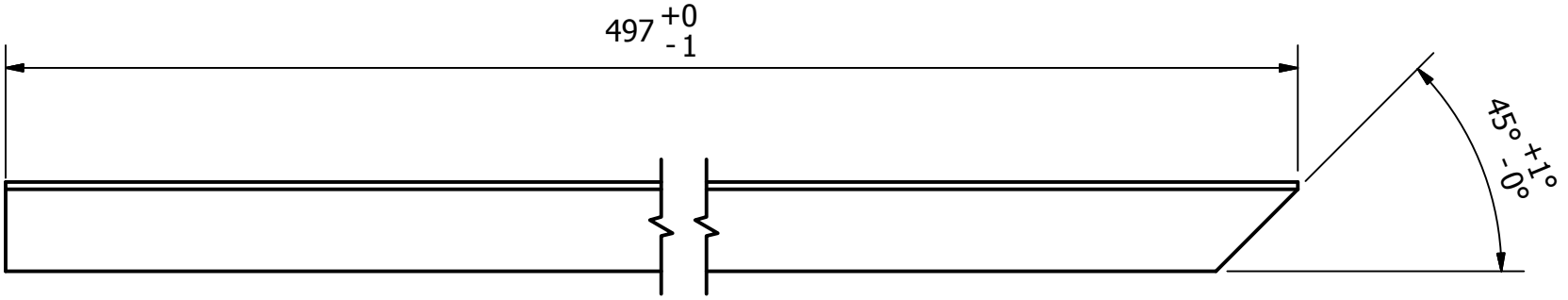
45° <sup>+1°</sup>  
-0°

materiaali AW-6060 T6 kulmatanko 25x25x2 mm tankopituus 6m

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		kulmaprof_alasivu		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	L_25_alasivu	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1



85



materiaali AW-6060 T6 kulmatanko 25x25x2 mm tankopituus 6 m

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		kulmaprof_oikea_ala		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	L_25_alasivu_oik	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1



86

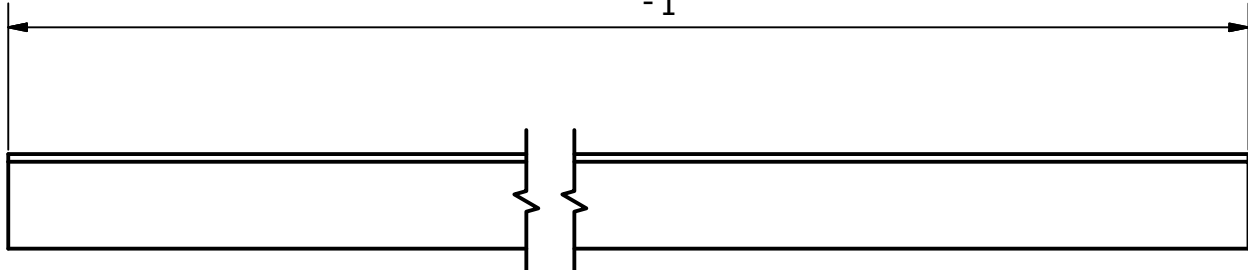
420 <sup>+0</sup>  
-1

materiaali AW-6060 T6 kulmatanko 25x25x2 mm tankopituus 6 m

DRAWN		TITLE		
P.Uuttu				
CHECKED		kulmaprof_hyllu		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	L_25_hyllu	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

87

780 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>



materiaali AW-6060 T6 kulmatanko 25x25x2 tankopituus 6m

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		kulmaprof_pysty		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	L_25_pysty	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

88

465<sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali AW-6060 T6 kulmatanko 25x25x2 mm tankopituus 6 m

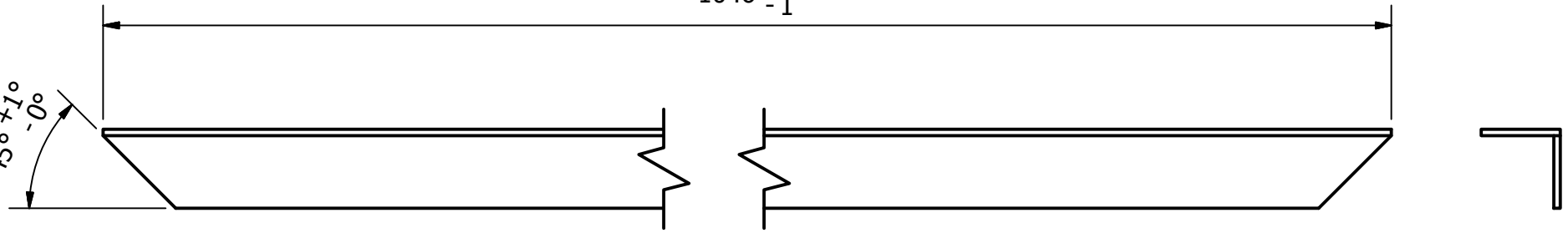
DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		kulmaprof_sisa		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	L_25_sisa	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

89



1046 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

45° <sup>+1°</sup><sub>-0°</sub>



materiaali AW-6060 T6 kulmatanko 25x25x2 mm tankopituus 6 m



DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		kulmaprof_vaaka_taka		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	L_25_vaaka_taka	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

90

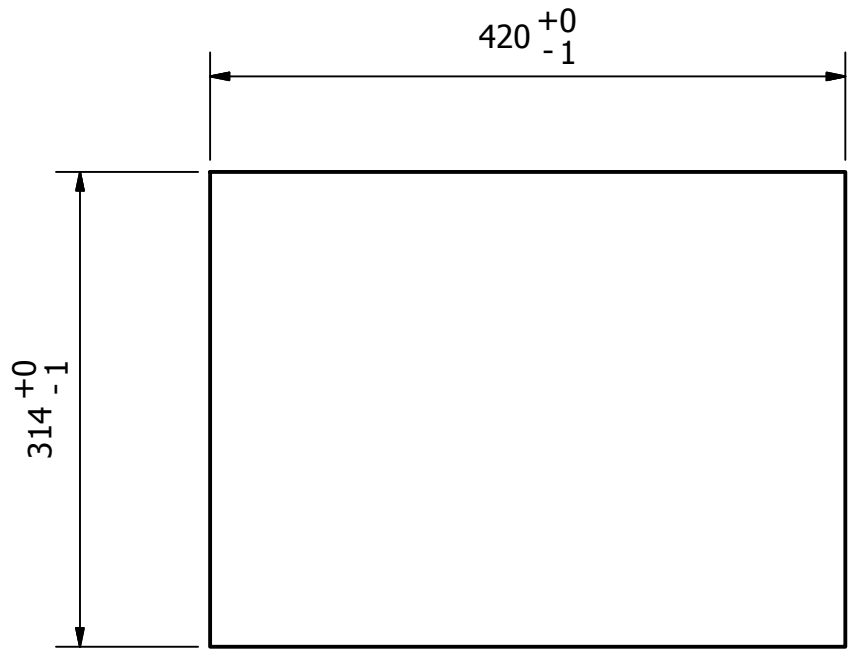
995 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

420 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali ABS sileä valkoinen 2x1000x2000 mm

DRAWN P. Uttu		TITLE  levy_hylly		
CHECKED				
QA		SIZE A4		
MFG				
APPROVED		DWG NO levy_hylly		REV
		SCALE 1 / 5	SHEET 1 OF 1	

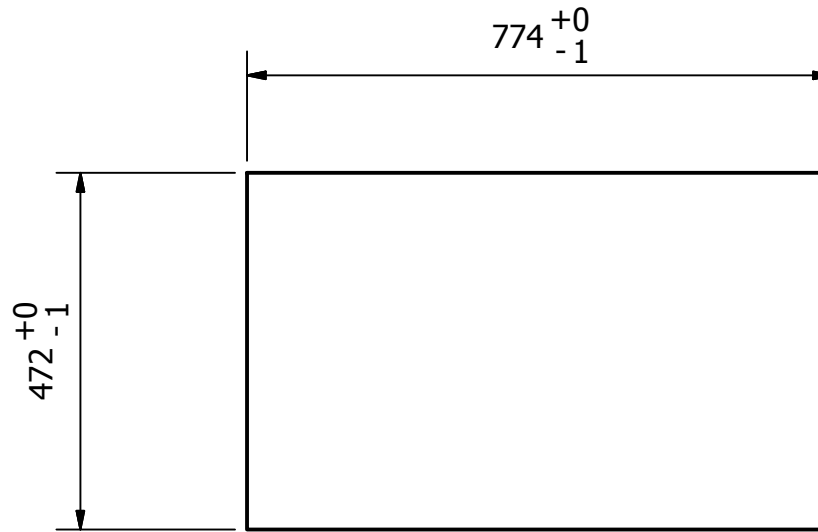
91



materiaali ABS sileä valkoinen 2x1000x2000 mm

DRAWN		TITLE		
P.Uuttu				
CHECKED		levy_hyllytuki		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	levy_hylly_pysty	
		SCALE	1 / 5	SHEET 1 OF 1

92



materiaali ABS sileä valkoinen 2x1000x2000 mm

DRAWN				
P. Uttu	20.7.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		levy_sisa_sivu		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	levy_sisa_sivu	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1

93

994<sup>+0</sup><sub>-1</sub>

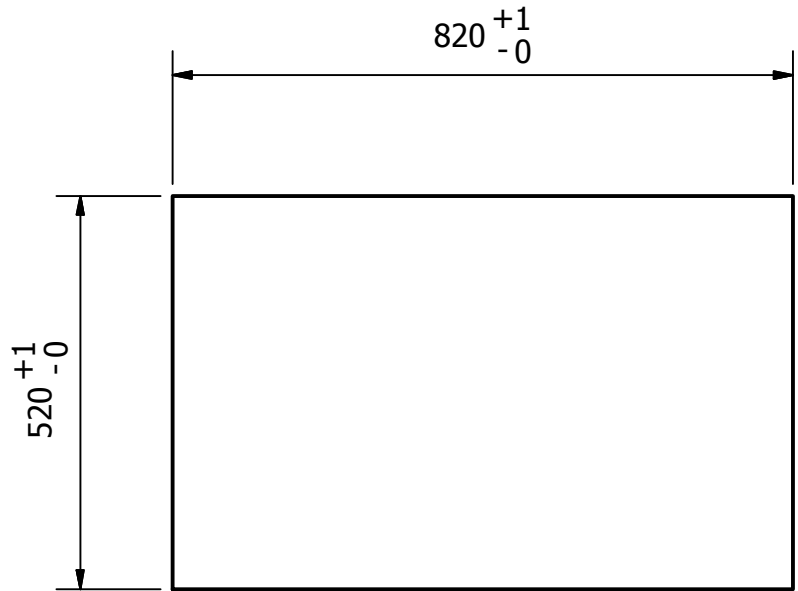
776<sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali ABS sileä valkoinen 2x1000x2000 mm

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		levy_sisa_taka		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	levy_sisa_taka	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1



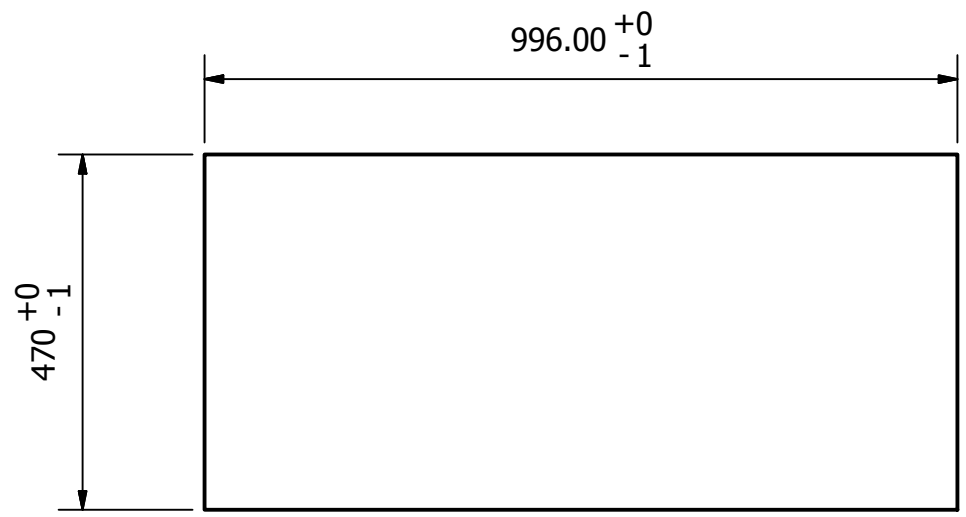
94



materiaali ABS sileä valkoinen 2x1000x2000 mm

DRAWN				
P. Uttu				
CHECKED		TITLE		
QA		ovilevy		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	ovilevy	
		SCALE	1 / 10	SHEET 1 OF 1

95



materiaali ABS valkoinen sileä 2x1000x2000 mm

DRAWN				
P. Uttu	20.7.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		levy_sisa_yla		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	levy_sisa_yla	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1

96

1040 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

822 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali Dibond 2x1250x2500 mm

DRAWN		TITLE		
P.Uuttu				
CHECKED		levy_ulko_taka		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	takalevy_ulko	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1

97

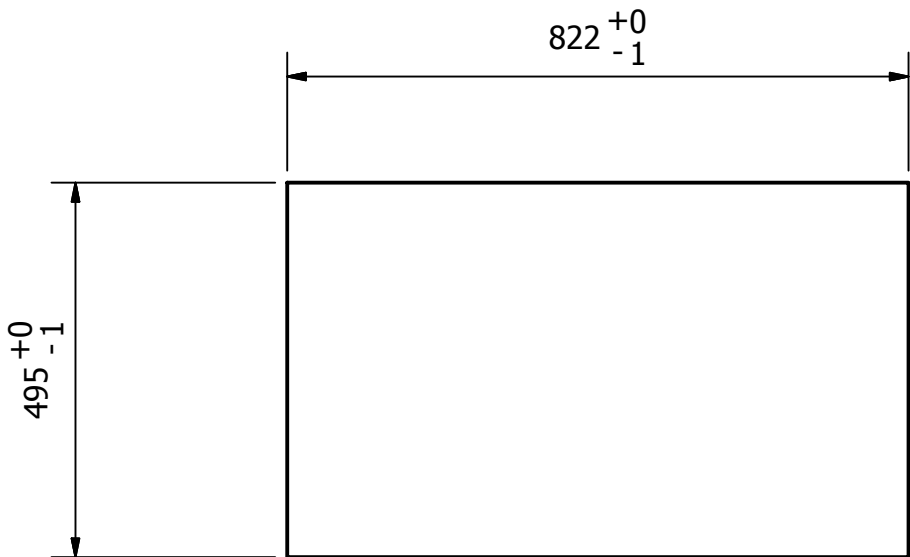
1040 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

495 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali Dibond 2x1250x2500 mm

DRAWN				
Pekka Uttu	20.7.2016			
CHECKED		TITLE		
QA		Levy_ulko_yla		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	levy_ulko_yla_2017	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1

98



materiaali Dibond 2x1250x2500 mm

DRAWN				
P.Uuttu				
CHECKED		TITLE		
QA		levy_ulko_sivu		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	ulkolevy_sivu	
		SCALE	1/10	SHEET 1 OF 1

99

820 <sup>+1</sup><sub>-1</sub>

materiaali AW-6060 T6 kulmatanko 25x25x2 mm tankopituus 6 m

DRAWN				
P. Uttu				
CHECKED		TITLE		
QA		tiivistelista		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	tiivistelista	
		SCALE	1/5	SHEET 1 OF 1

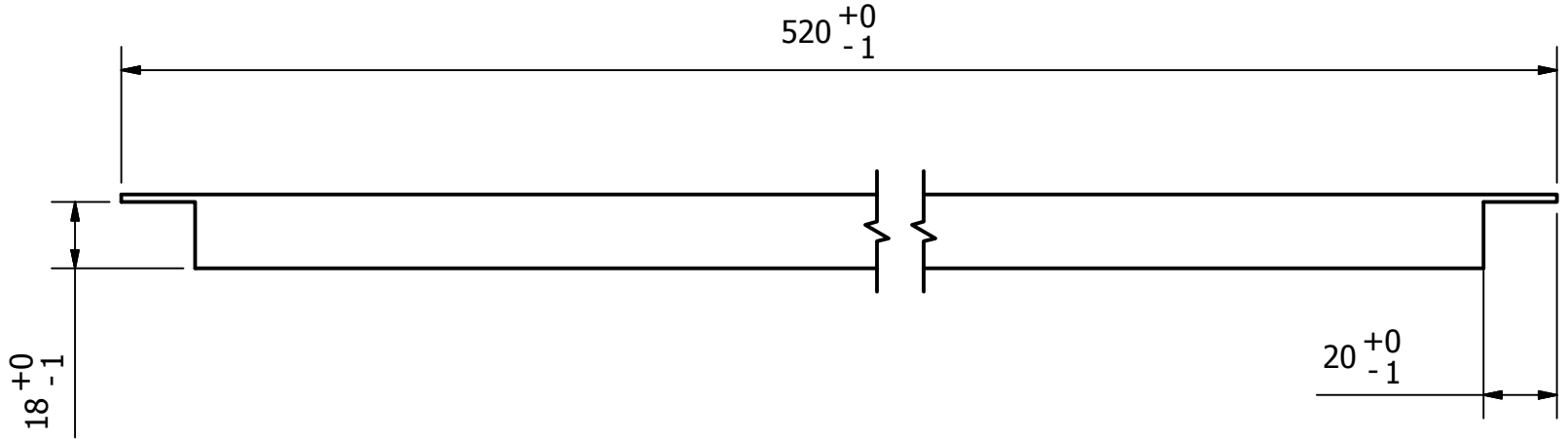
100

315<sup>+0</sup><sub>-1</sub>

materiaali AW-6060 T6 U-profilili 20x20x2 mm tankopituus 6 m

DRAWN		TITLE  u_prof_hyllytuki		
P. Uttu				
CHECKED				
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	u_prof_hyllytuki	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

101



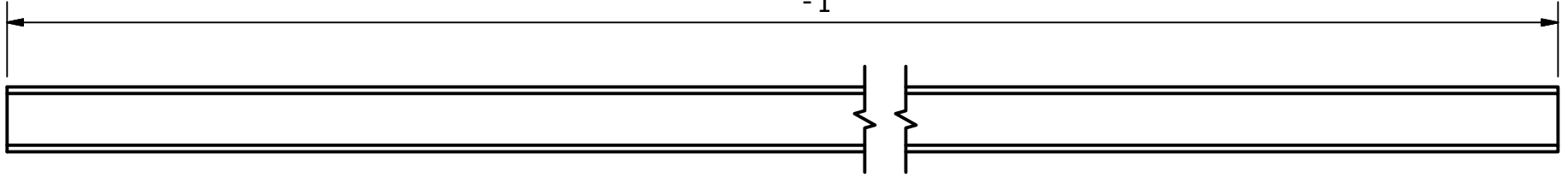
materiaali AW-6060 T6 U-profiili 20x20x2 mm tankopituus 6 m

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		u_prof_ovi_ala_yla		
QA				
MFG		SIZE	DWG NO	REV
APPROVED		A4	u_prof_ovi_ala_yla	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1



102

1000 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

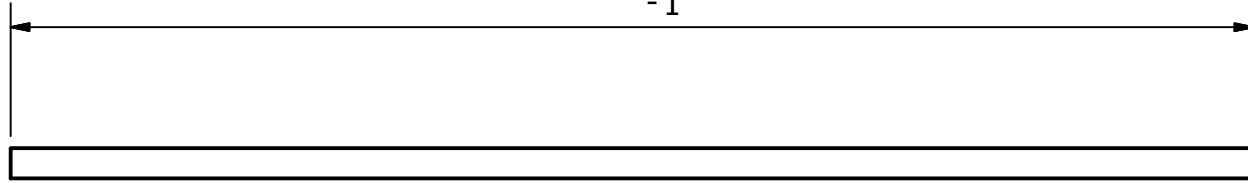


materiaali AW-6060 T6 U-profiili 20x20x2 mm tankopituus 6m

DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		u_profiili_vaaka		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	u_profiili_vaaka	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

103

822 <sup>+0</sup><sub>-1</sub>

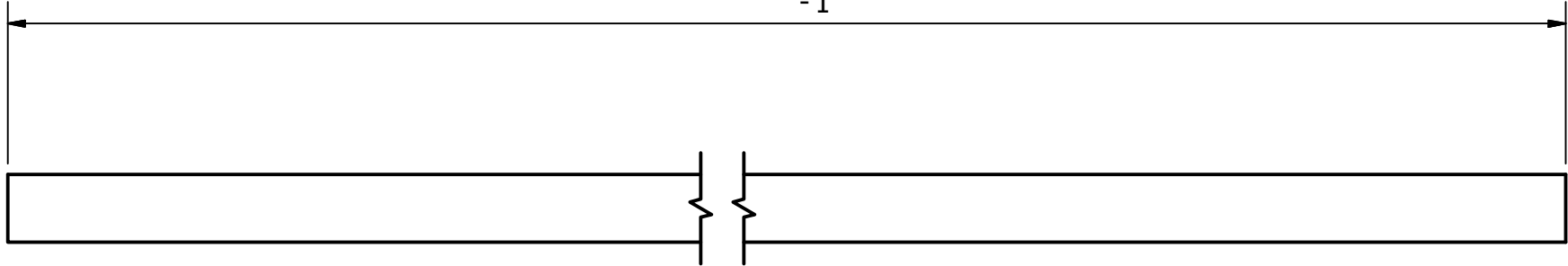


Materiaali AW-6060 T6 U-profiili 20x20x2 mm tankopituus 6m

DRAWN				
P. Uttu				
CHECKED		TITLE		
QA		u_profiili_sivu		
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	u_profiili_sivu	
		SCALE	1/5	SHEET 1 OF 1

104

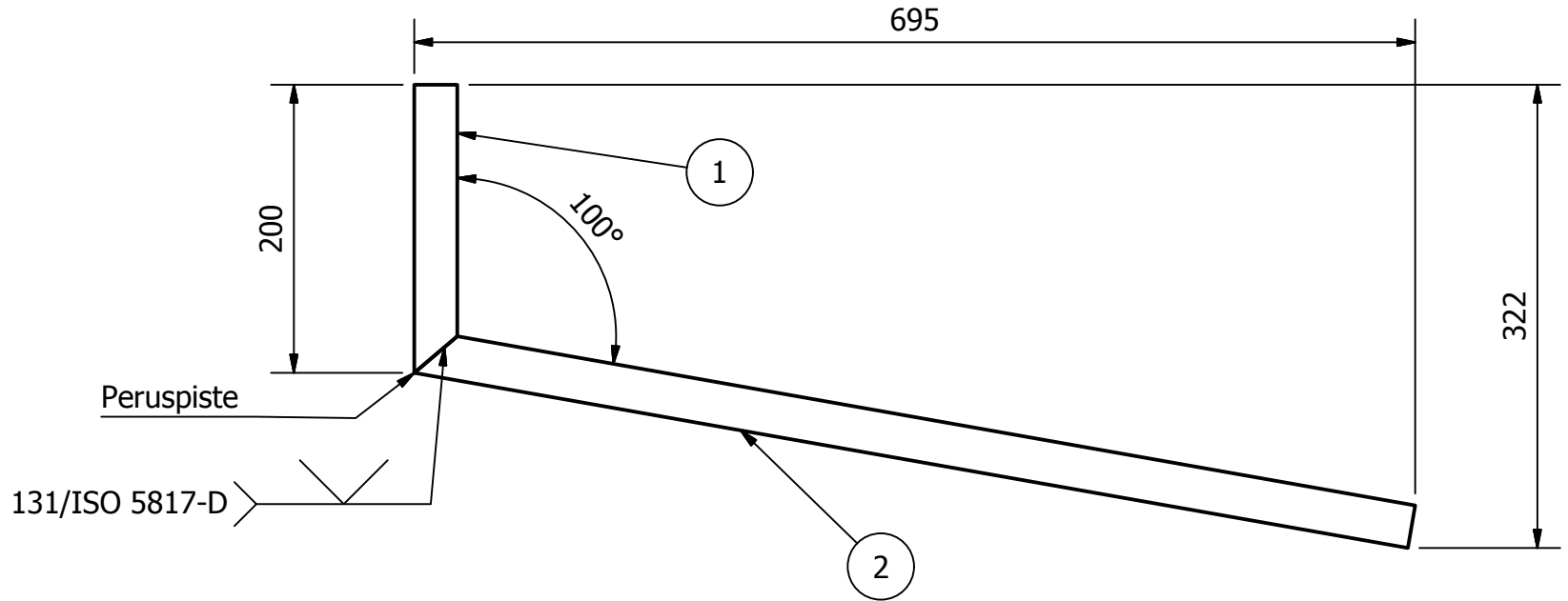
816<sup>+0</sup><sub>-1</sub>



materiaali AW-6060 T6 U-profiili 20x20x2 mm tankopituus 6 m

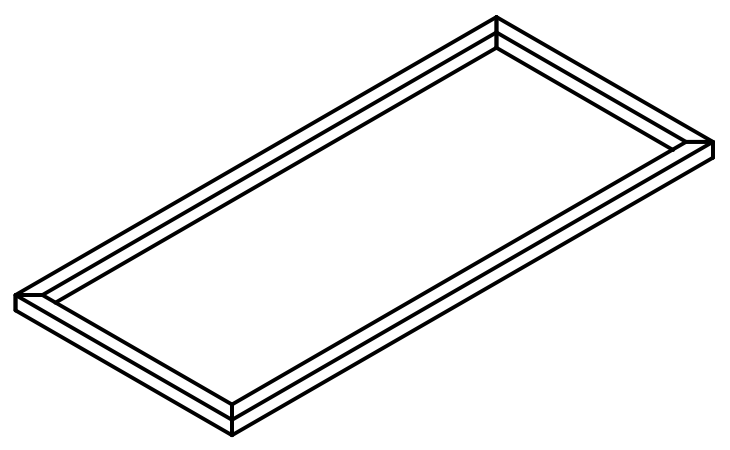
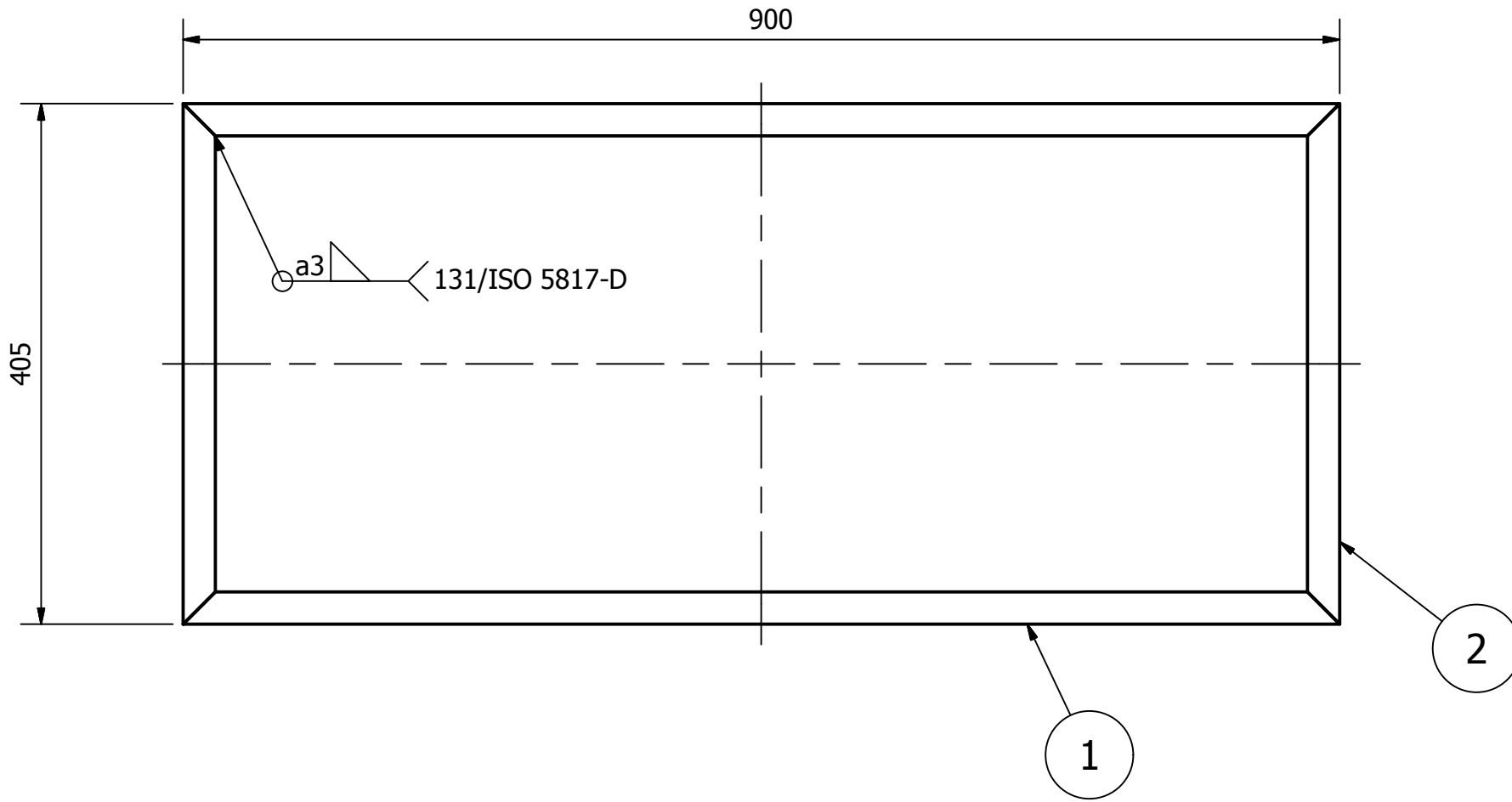
DRAWN		TITLE		
P. Uttu				
CHECKED		u_prof_ovi_sivu		
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4	u_prof_ovi_sivu	
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1

105



EN-ISO 13920-BF

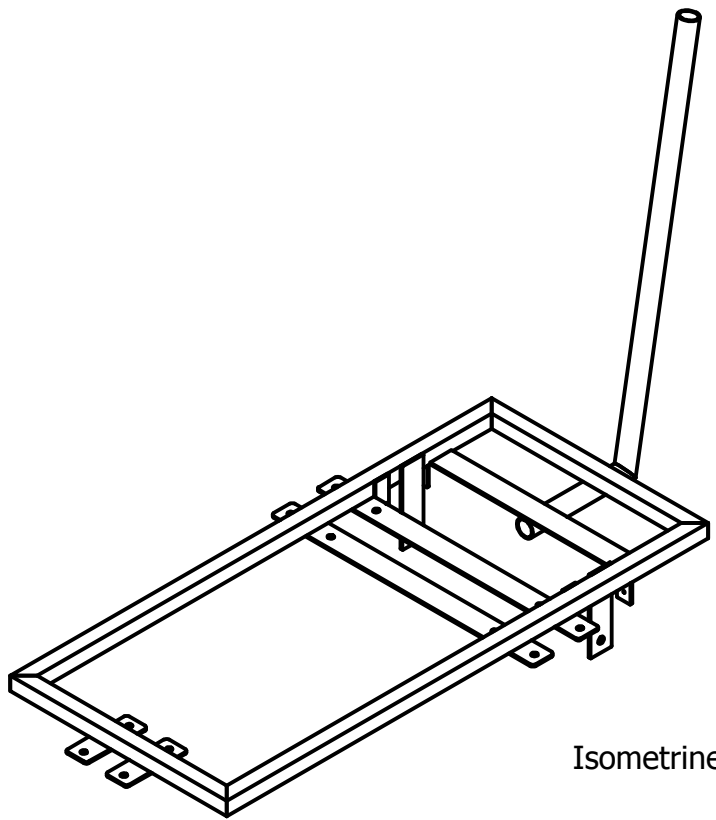
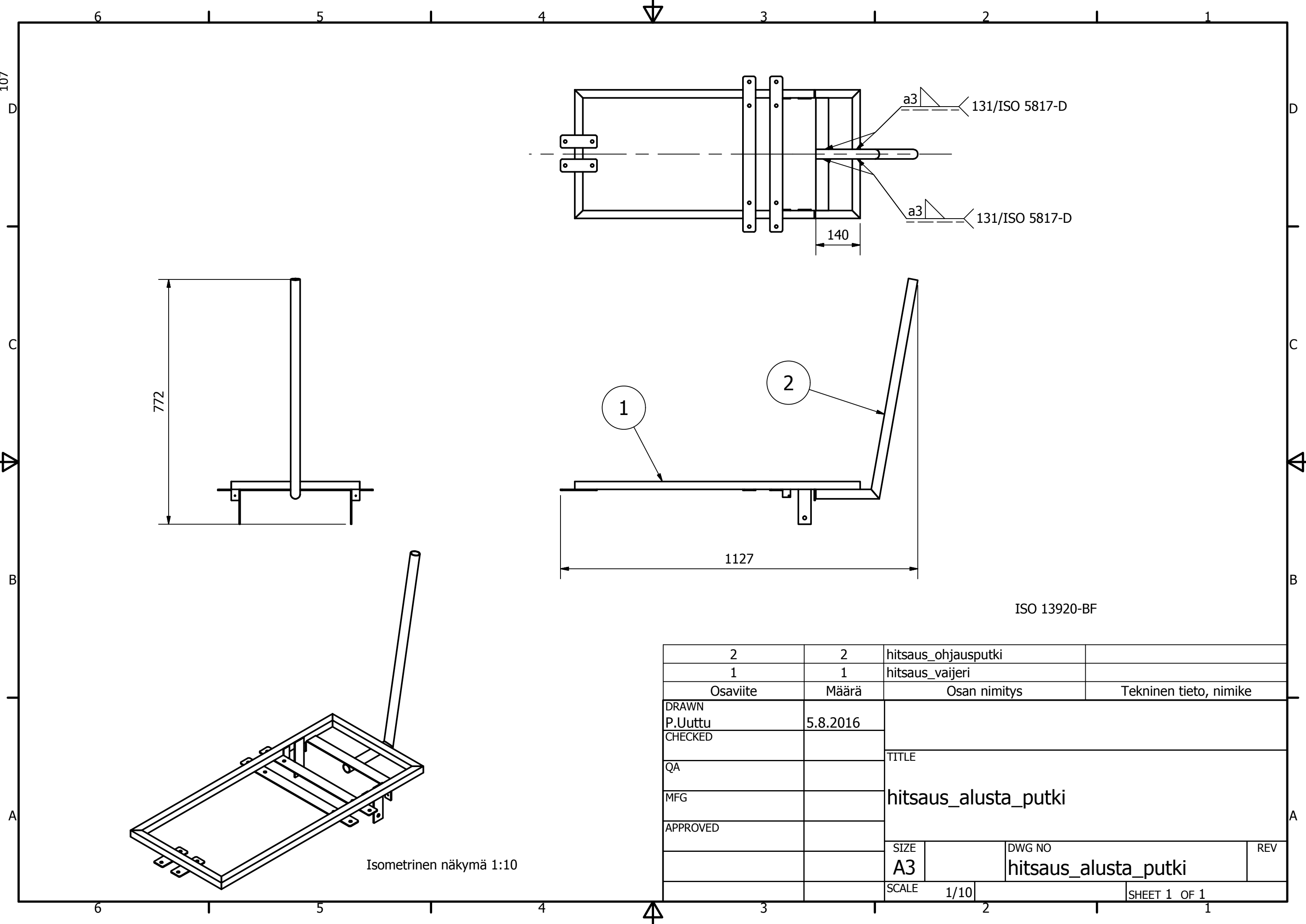
2	1	ohjausputki_pitka	
1	1	ohjausputki_lyhyt	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto, nimike
DRAWN P.Uuttu	4.8.2016	TITLE  hitsaus_ohjausputki	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A4	DWG NO hitsaus_ohjausputki
		SCALE 1 / 5	REV SHEET 1 OF 1



Isometrinen näkymä 1:10

EN-ISO 13920-BF

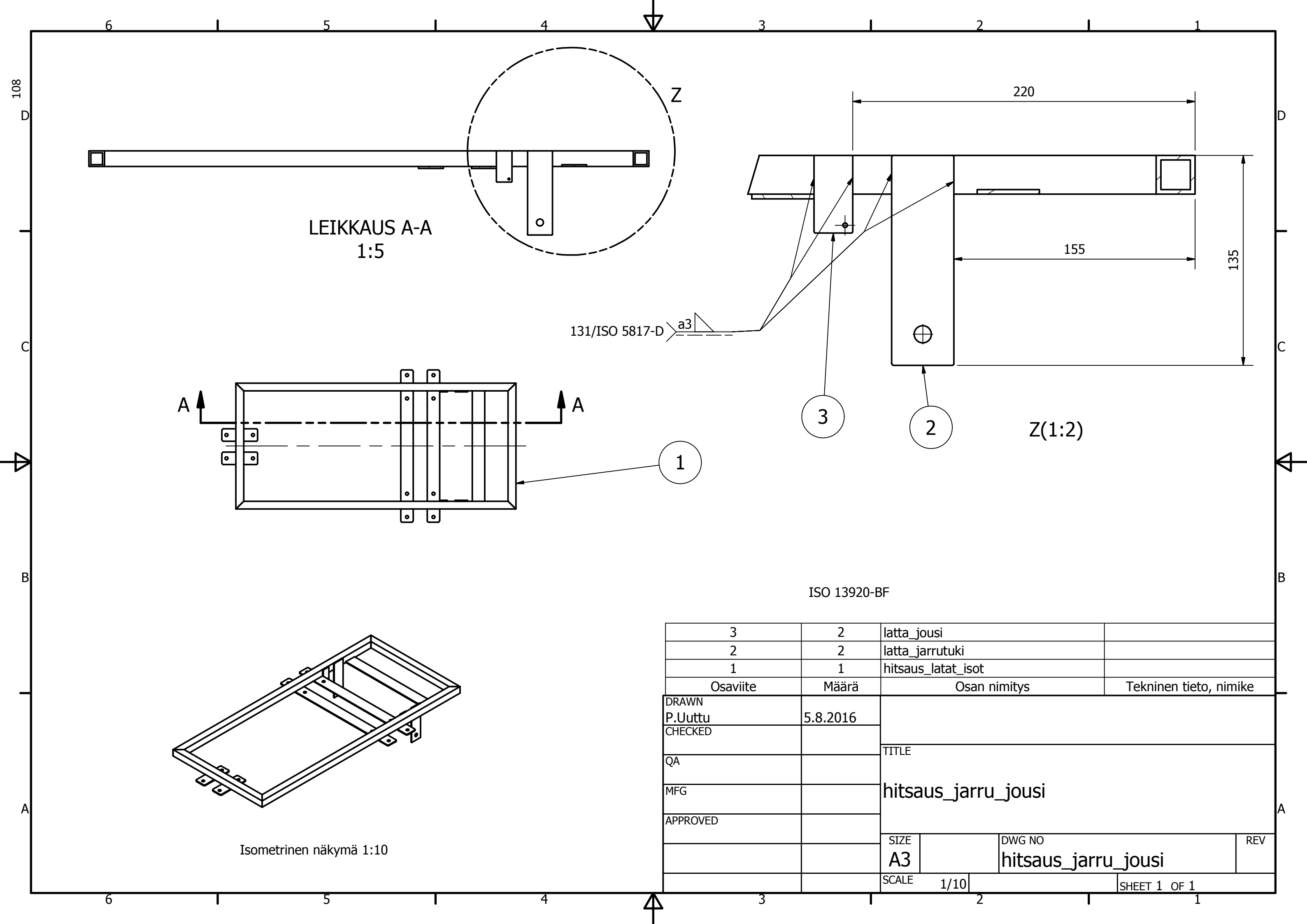
2	2	palkki_lyhyt	
1	2	palkki_pitka	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto, nimike
DRAWN Minun	4.8.2016	TITLE  palkit_hitsaus	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO palkit_hitsaus
		SCALE 1 / 5	REV SHEET 1 OF 1



Isometrinen näkymä 1:10

ISO 13920-BF

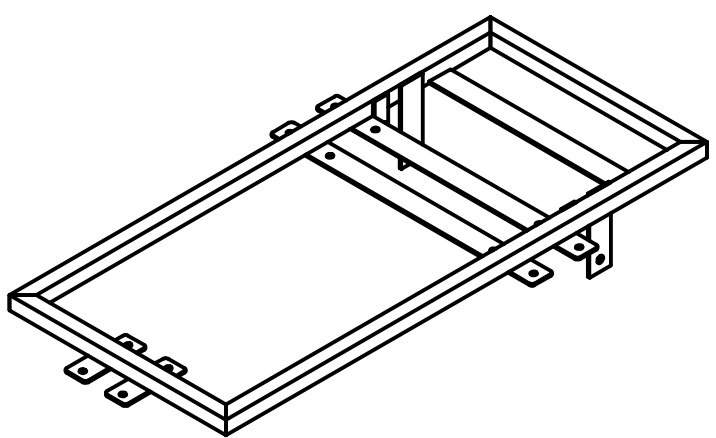
2	2	hitsaus_ohjausputki	
1	1	hitsaus_vaijeri	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto, nimike
DRAWN P.Uuttu	5.8.2016	TITLE  hitsaus_alusta_putki	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO hitsaus_alusta_putki
		SCALE 1/10	REV
		SHEET 1 OF 1	



LEIKKAUS A-A  
1:5

131/ISO 5817-D a3

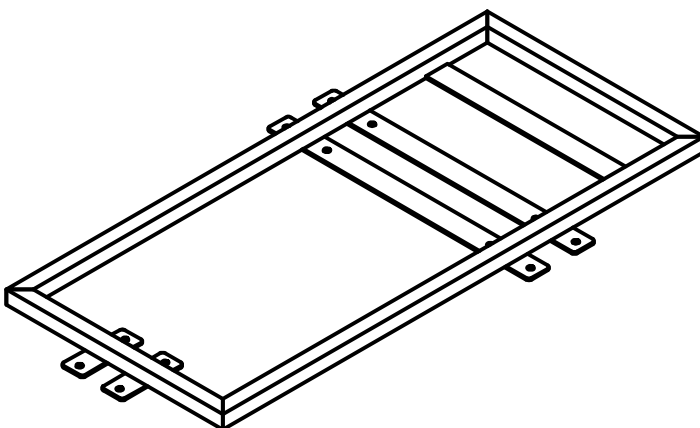
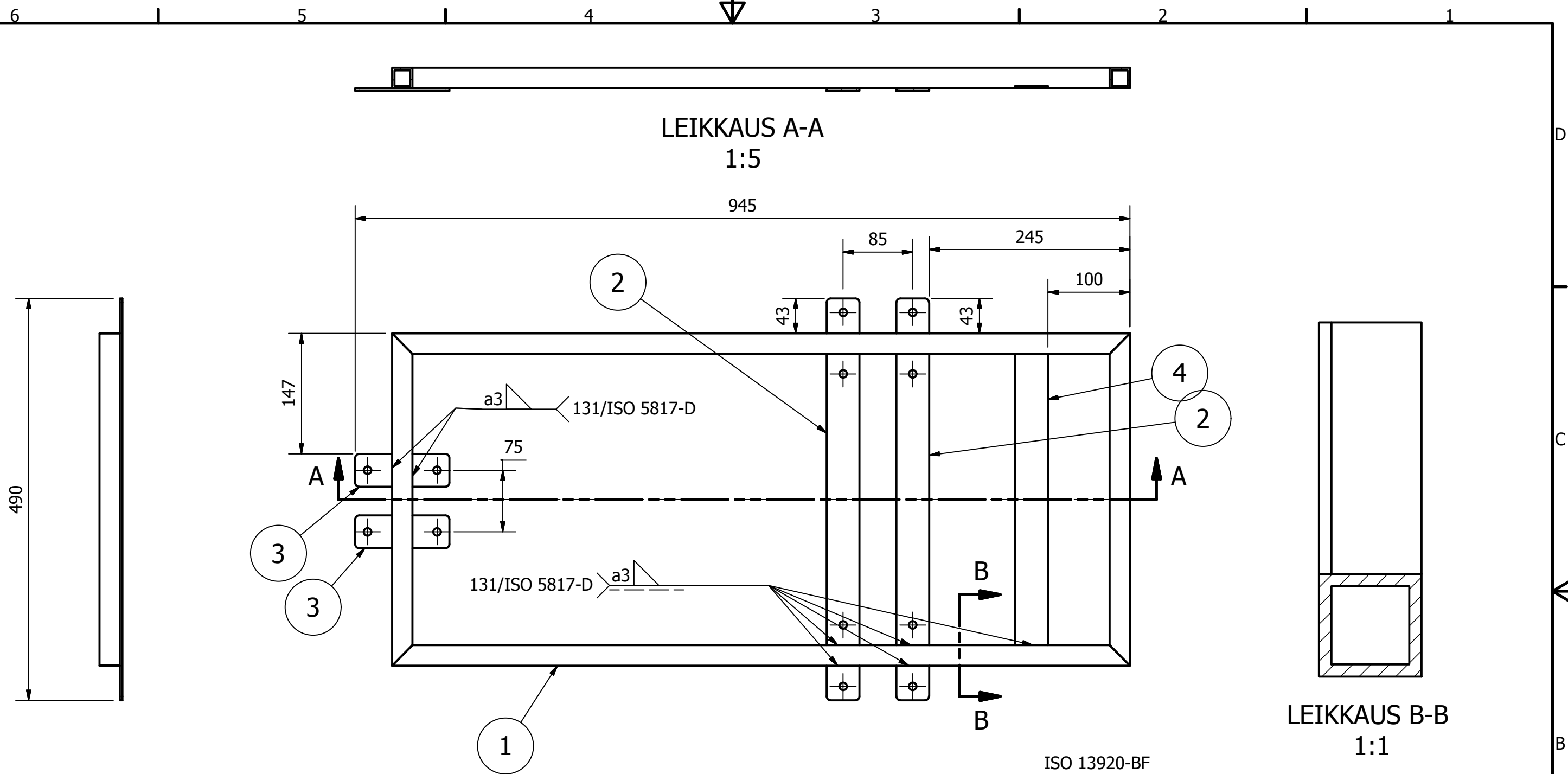
Z(1:2)



Isometrinen näkymä 1:10

ISO 13920-BF

3	2	latta_jousi	
2	2	latta_jarrutuki	
1	1	hitsaus_latat_isot	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto, nimike
DRAWN P.Uuttu	5.8.2016	TITLE hitsaus_jarru_jousi	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO hitsaus_jarru_jousi
		SCALE 1/10	REV
		SHEET 1 OF 1	



Isometrinen näkymä 1:10

ISO 13920-BF

Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto, nimike
4	1	tuki_putki	
3	2	latta_etupyora	
2	2	latta_takapyora	
1	1	hitsaus_palkit	
DRAWN P.Uuttu		4.8.2016	TITLE  hitsaus_lata_isot
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE <b>A3</b>	DWG NO <b>hitsaus_latat_isot</b>
		SCALE 1 / 5	REV
			SHEET 1 OF 1



6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

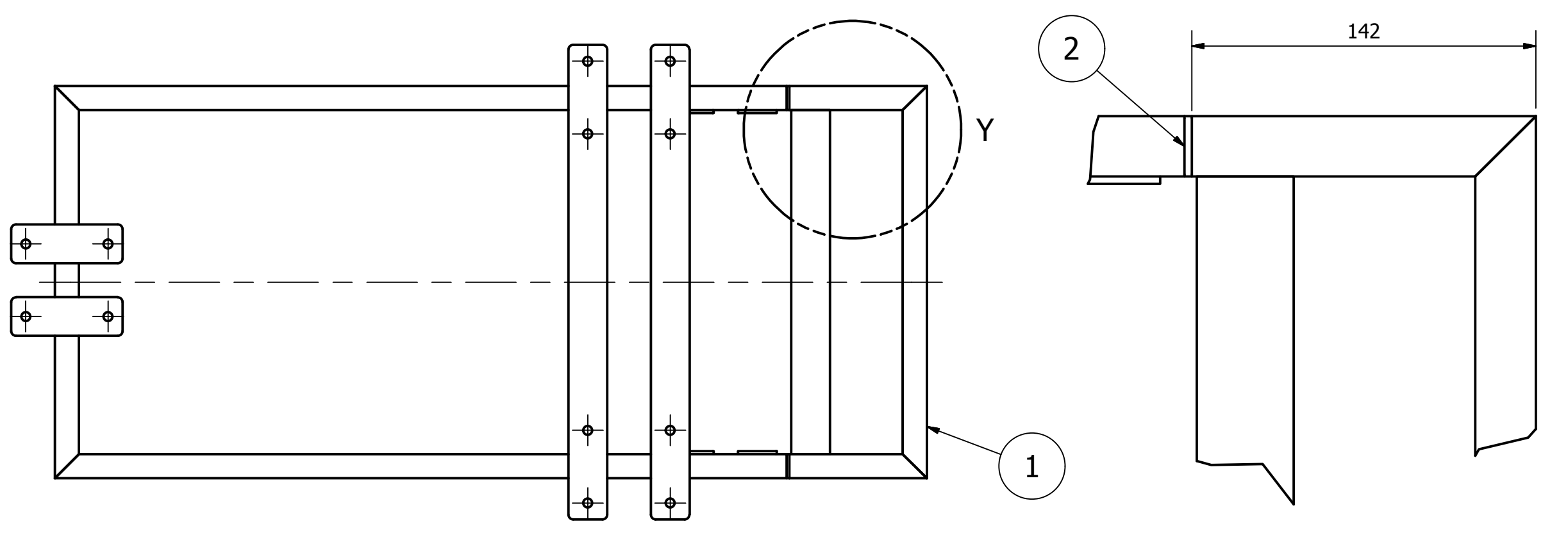
110

D

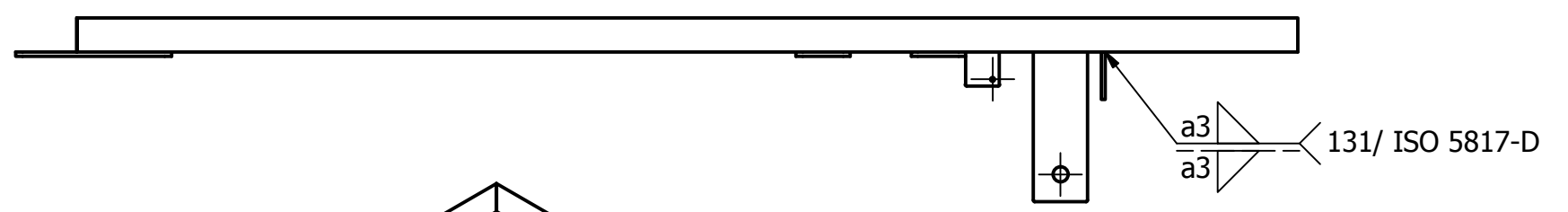
C

B

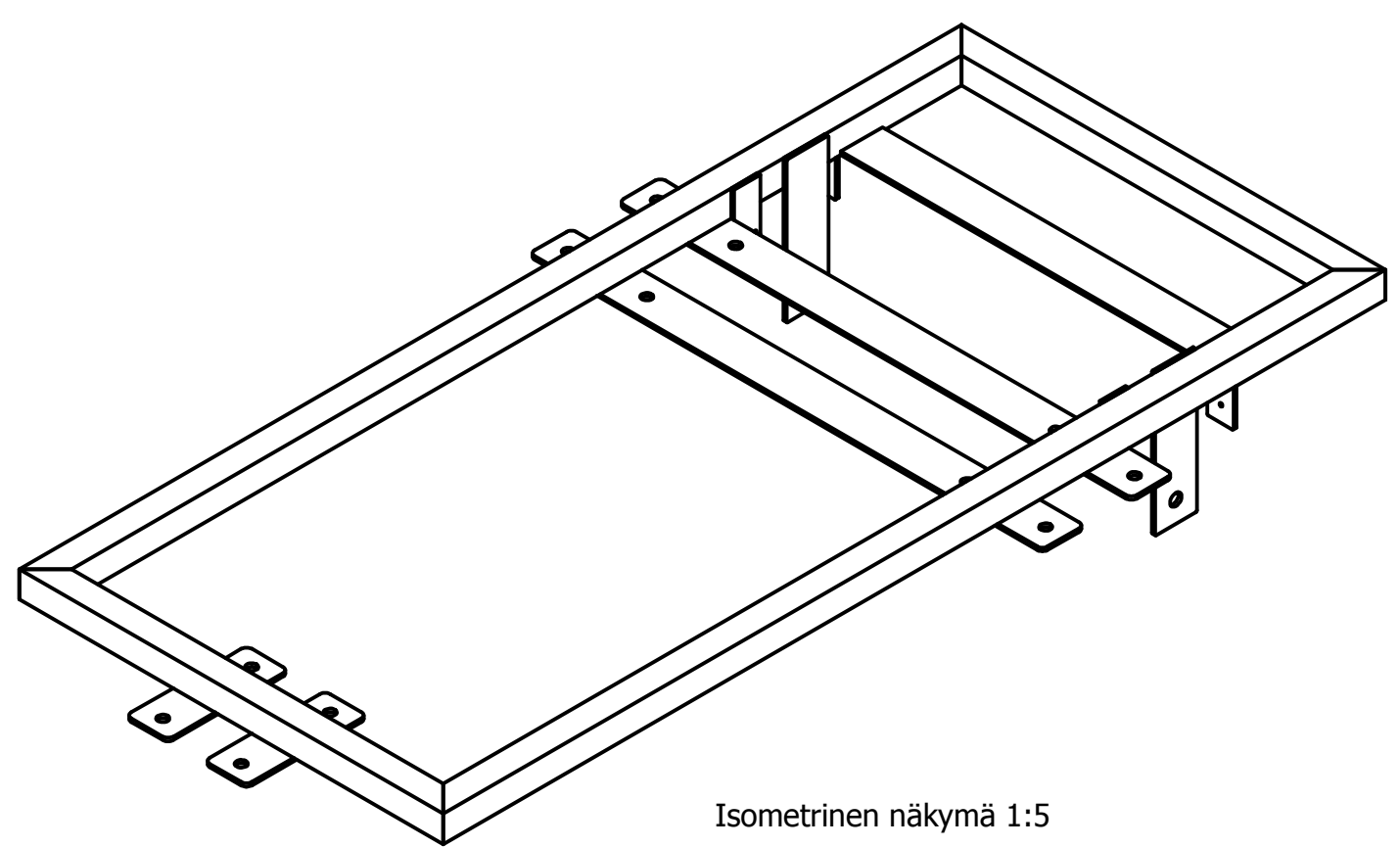
A



Y (1:2)



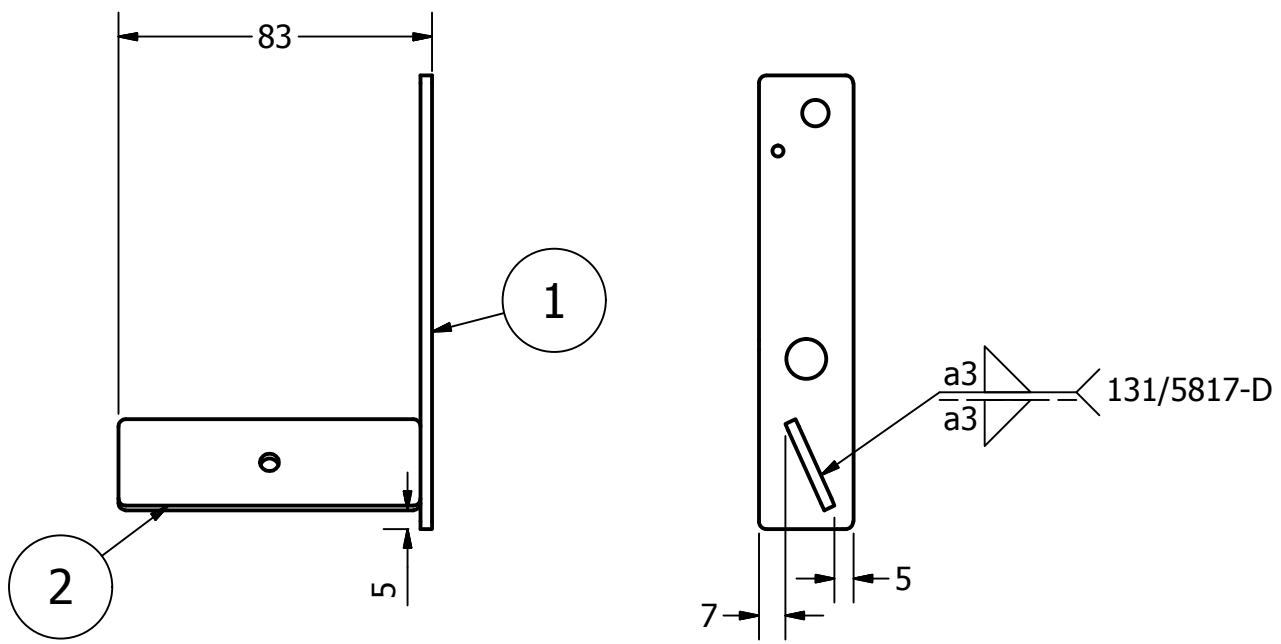
ISO 13920-BF



Isometrinen näkymä 1:5

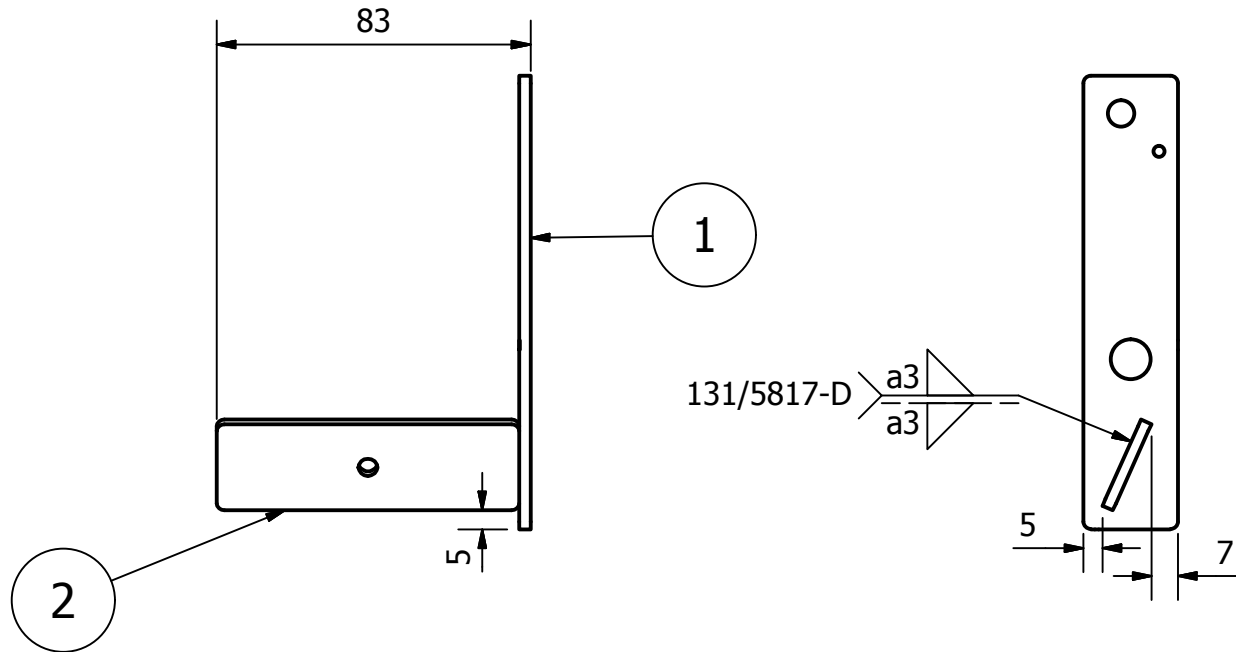
2	2	latta_vaijeri_2	
1	1	hitsaus_jarru_jousi	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto, nimike
DRAWN P.Uuttu	5.8.2016	TITLE  hitsaus_vaijeri	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO hitsaus_vaijeri
		SCALE 1 / 5	REV
		SHEET 1 OF 1	

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1



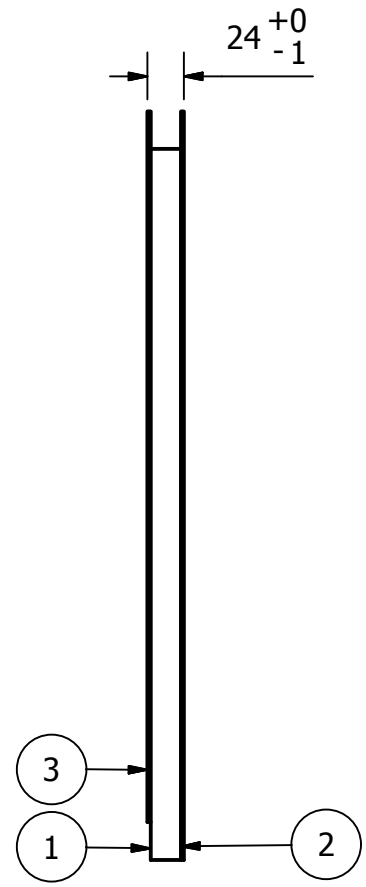
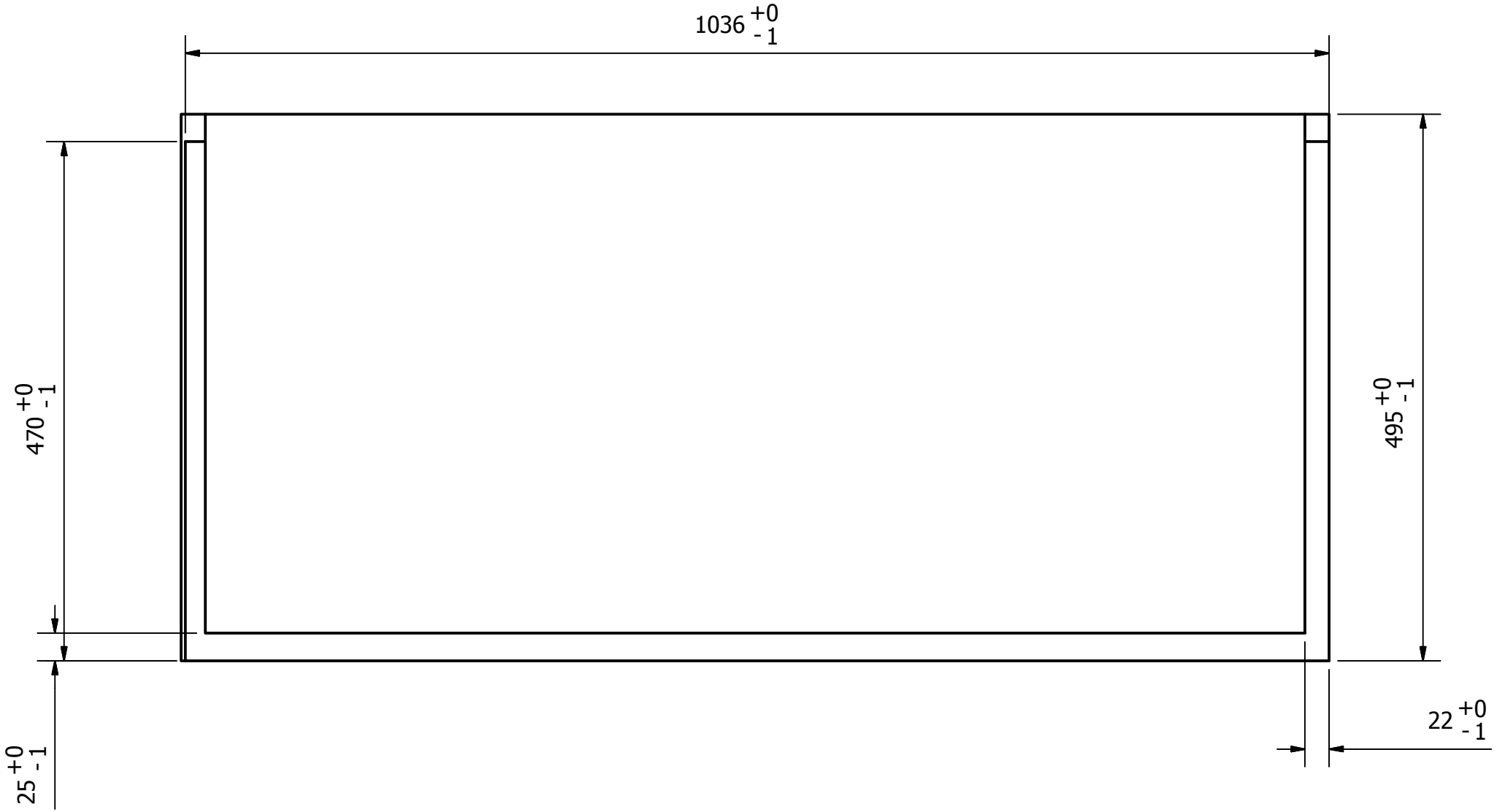
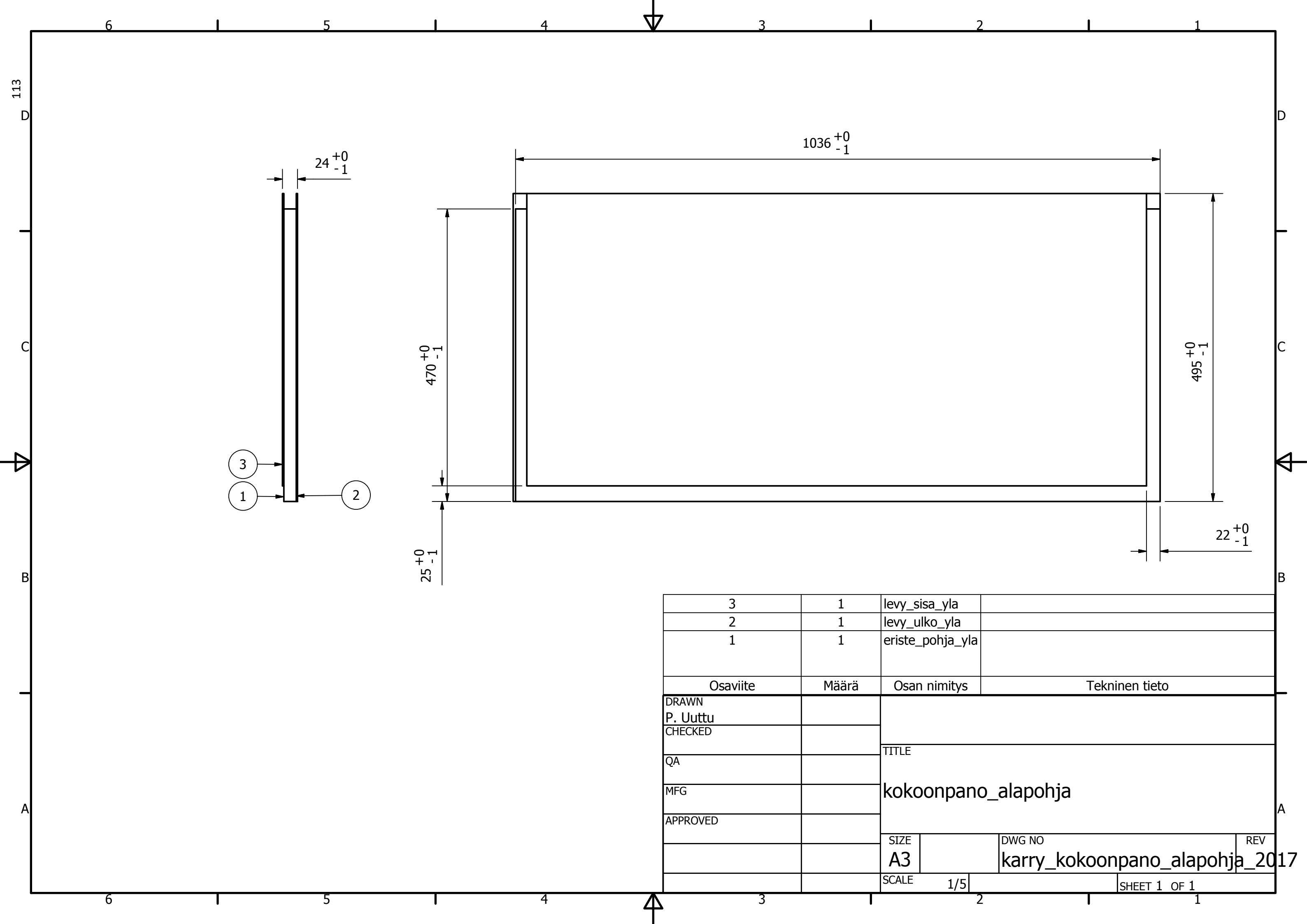
EN-ISO 13920-BF

2	1	jarrupala_alus	
1	1	jarruvipu_oikea	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto nimike
DRAWN Minun	1.8.2016	TITLE  hitsaus vipu oik	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A4	DWG NO hitsaus_vipu_oik
		SCALE 1 / 2	REV SHEET 1 OF 1



EN-ISO 13920-BF

2	1	jarrupala_alus	
1	1	jarruvipu	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto, nimike
DRAWN P.Uuttu	1.8.2016	TITLE  hitsaus_vipu_vas	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED		SIZE A4	DWG NO hitsaus_vipu_vas
		SCALE 1:2	REV SHEET 1 OF 1



3	1	levy_sisa_yla	
2	1	levy_ulko_yla	
1	1	eriste_pohja_yla	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE  koonpano_alapohja	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO karry_koonpano_alapohja_2017
		SCALE 1/5	REV SHEET 1 OF 1

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

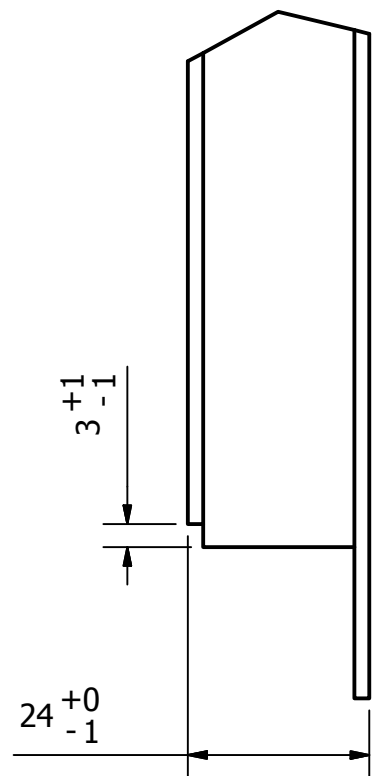
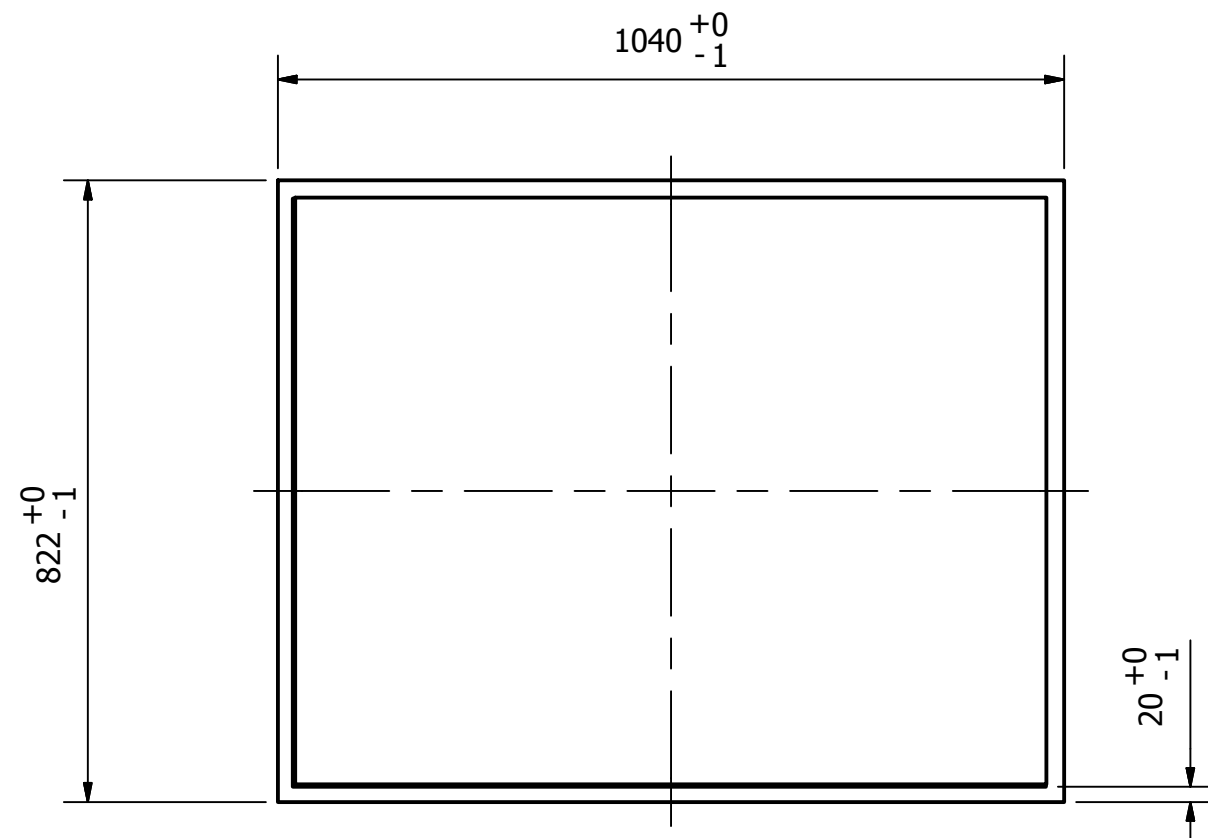
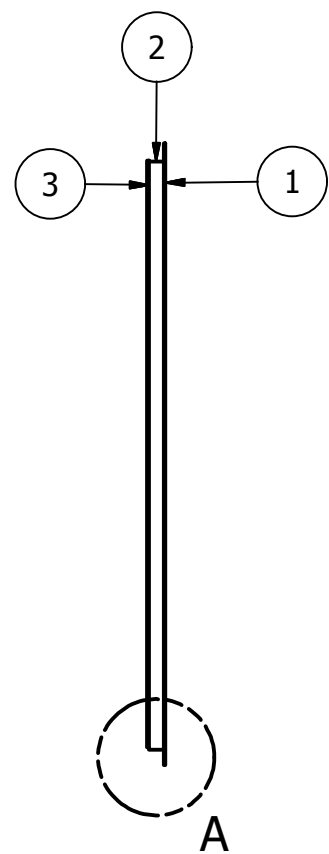
114

D

C

B

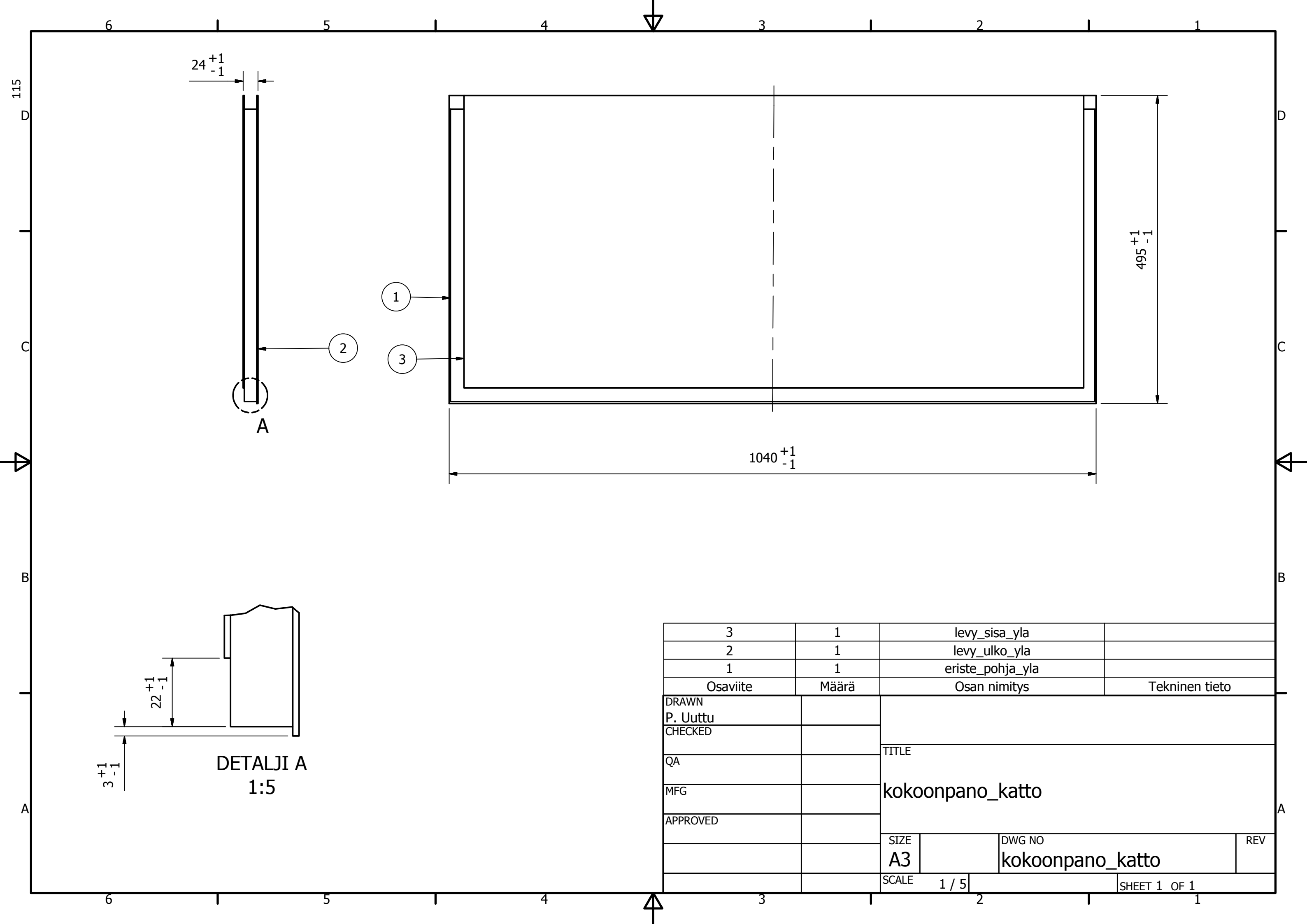
A



DETALJI A  
1:1

Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
3	1	levy_sisa_taka	
2	1	eriste_korkeus_taka	
1	1	takalevy_ulko	
DRAWN P.Uuttu		TITLE  koonpano_takaseina	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED		SIZE A3	DWG NO koonpano_takaseina
		SCALE 1 / 10	REV
		SHEET 1 OF 1	

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1



24<sup>+1</sup><sub>-1</sub>

495<sup>+1</sup><sub>-1</sub>

1040<sup>+1</sup><sub>-1</sub>

22<sup>+1</sup><sub>-1</sub>

3<sup>+1</sup><sub>-1</sub>

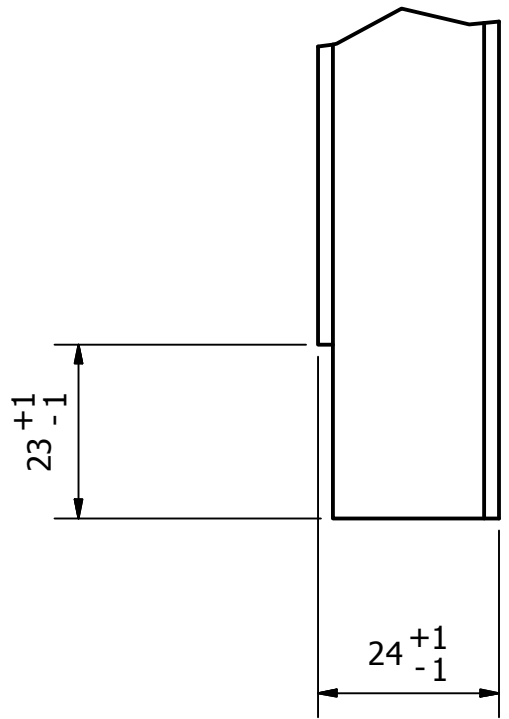
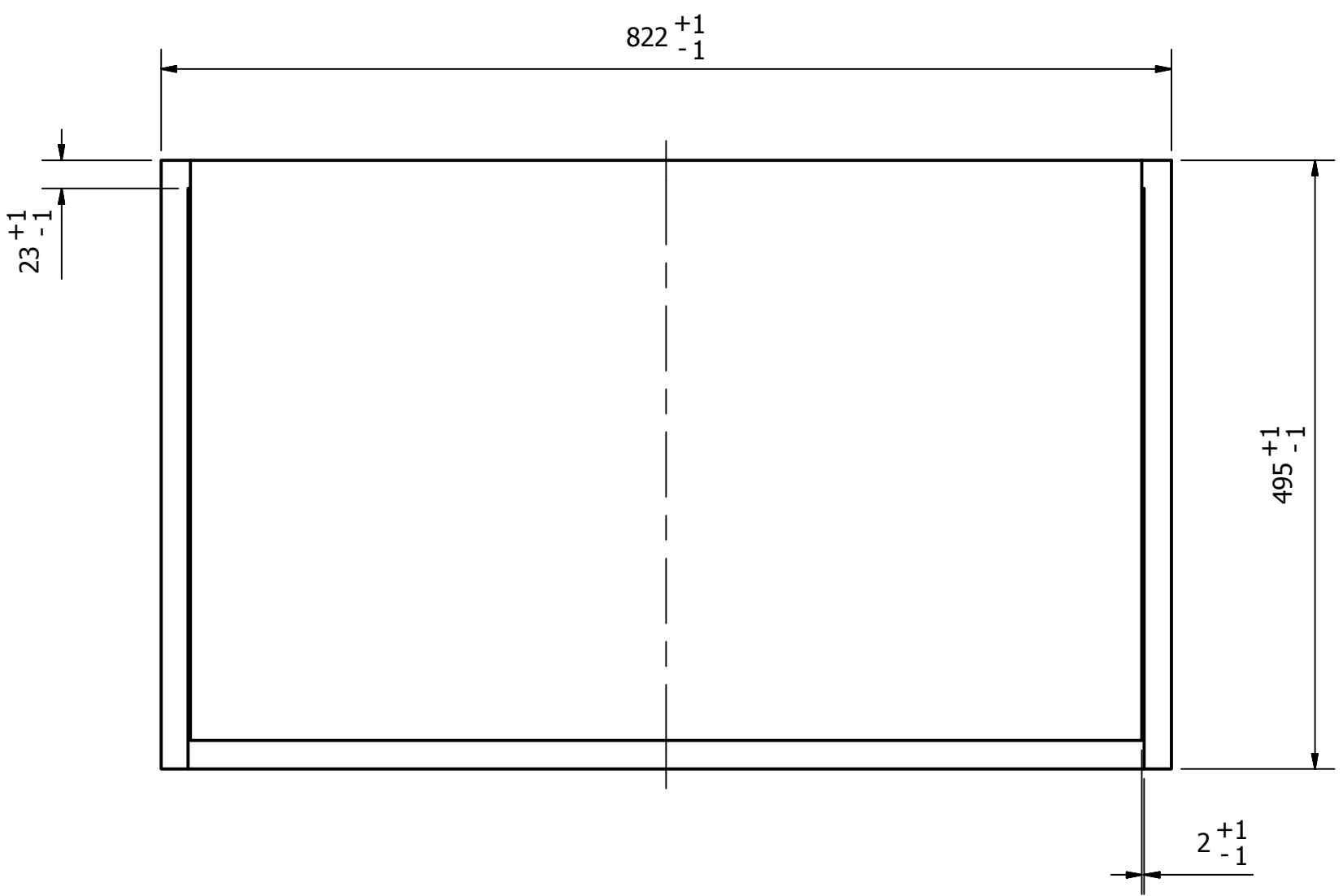
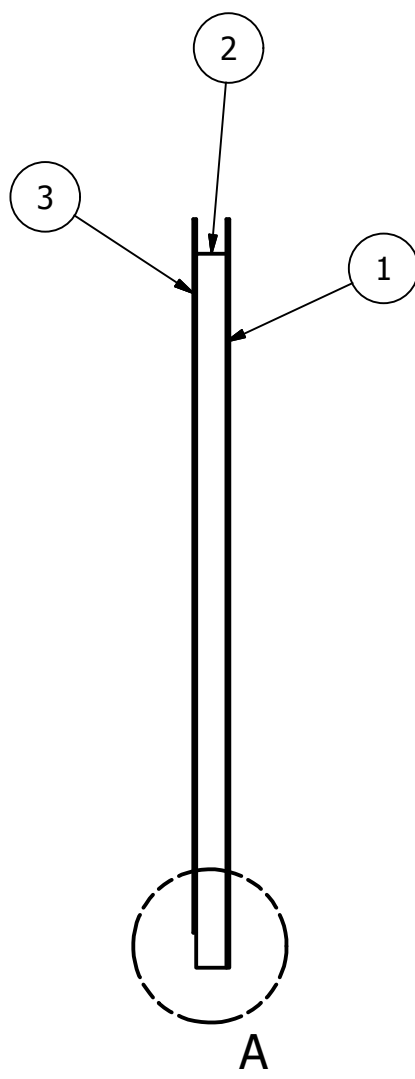
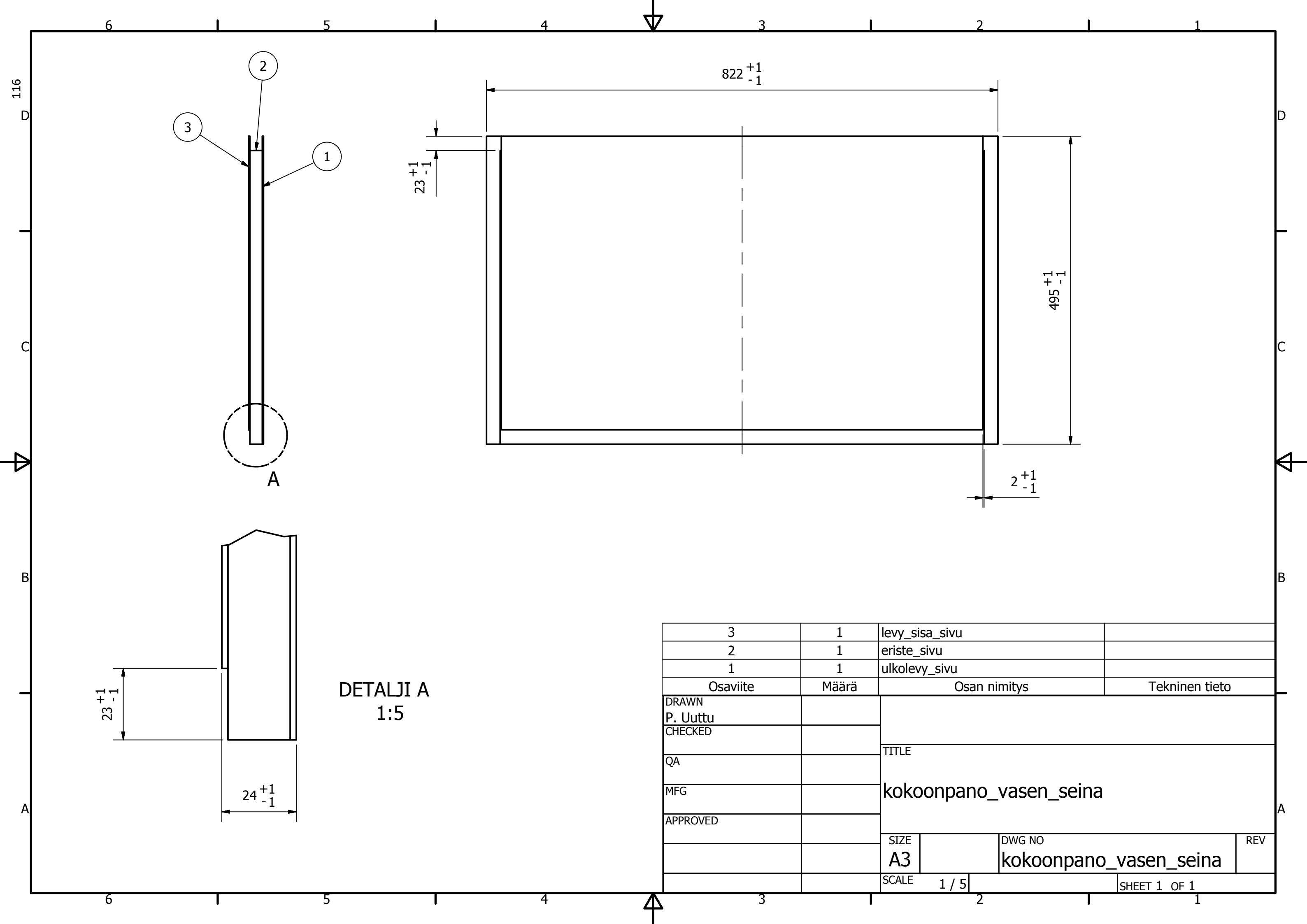
DETALJI A  
1:5

1

3

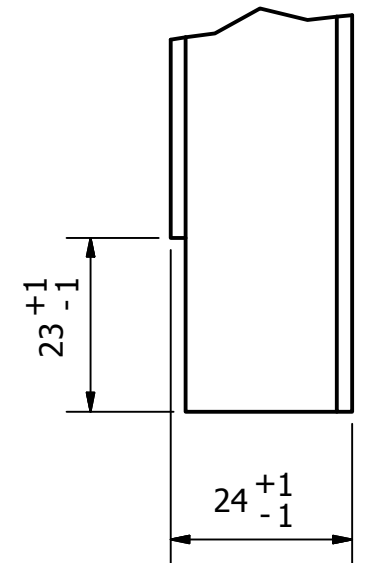
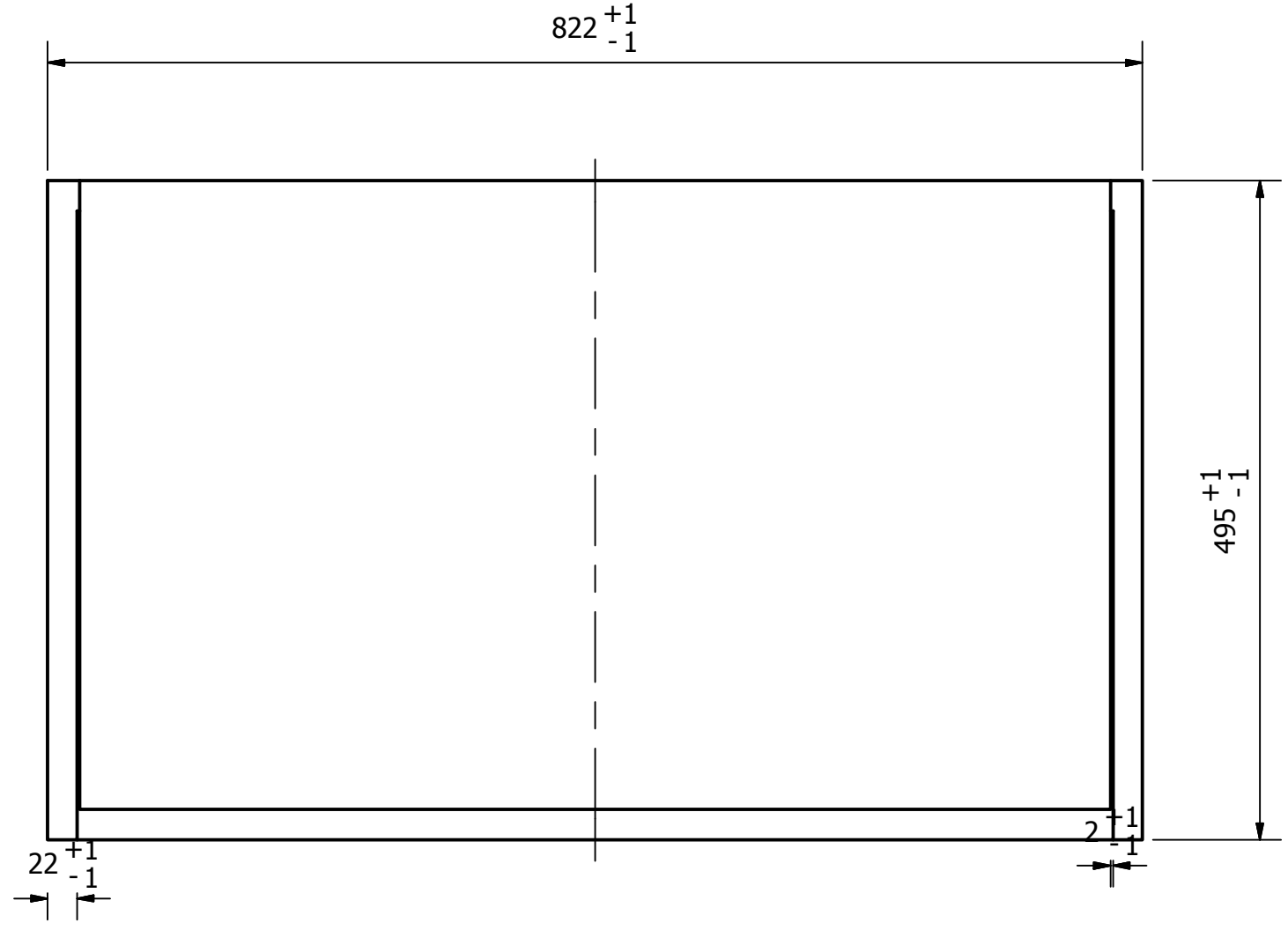
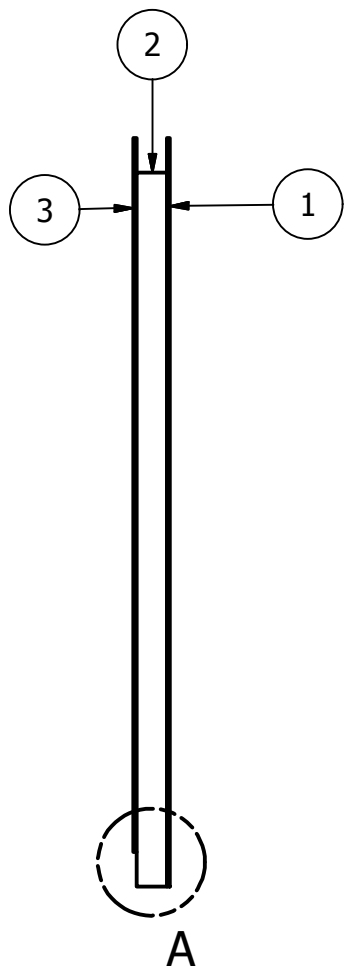
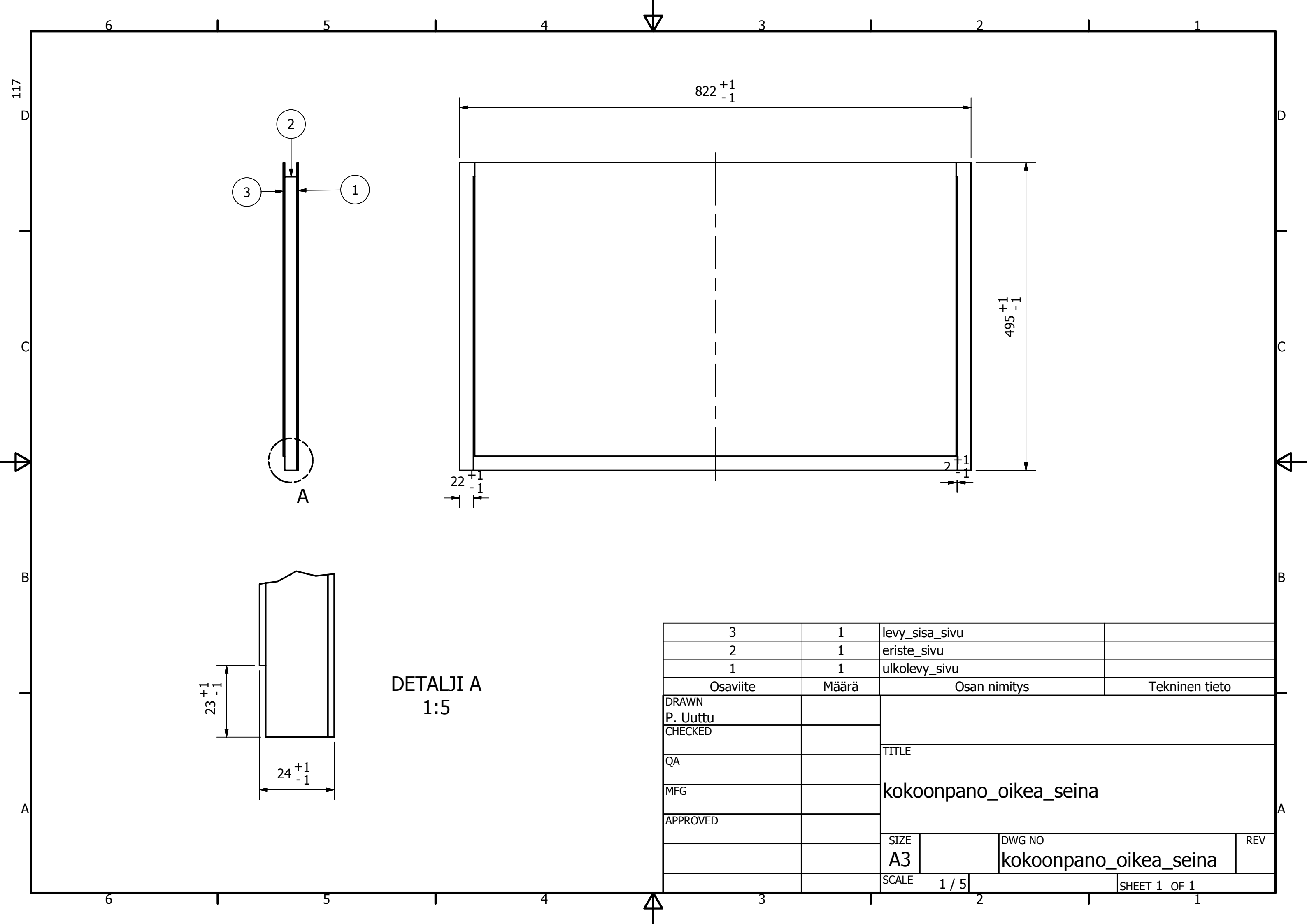
2

3	1	levy_sisa_yla	
2	1	levy_ulko_yla	
1	1	eriste_pohja_yla	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE  koonpano_katto	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO koonpano_katto
		SCALE 1 / 5	REV
		SHEET 1 OF 1	



DETALJI A  
1:5

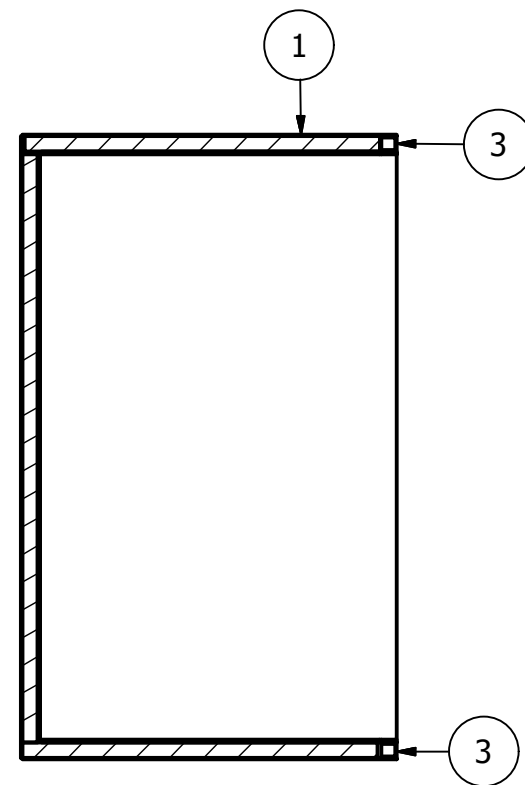
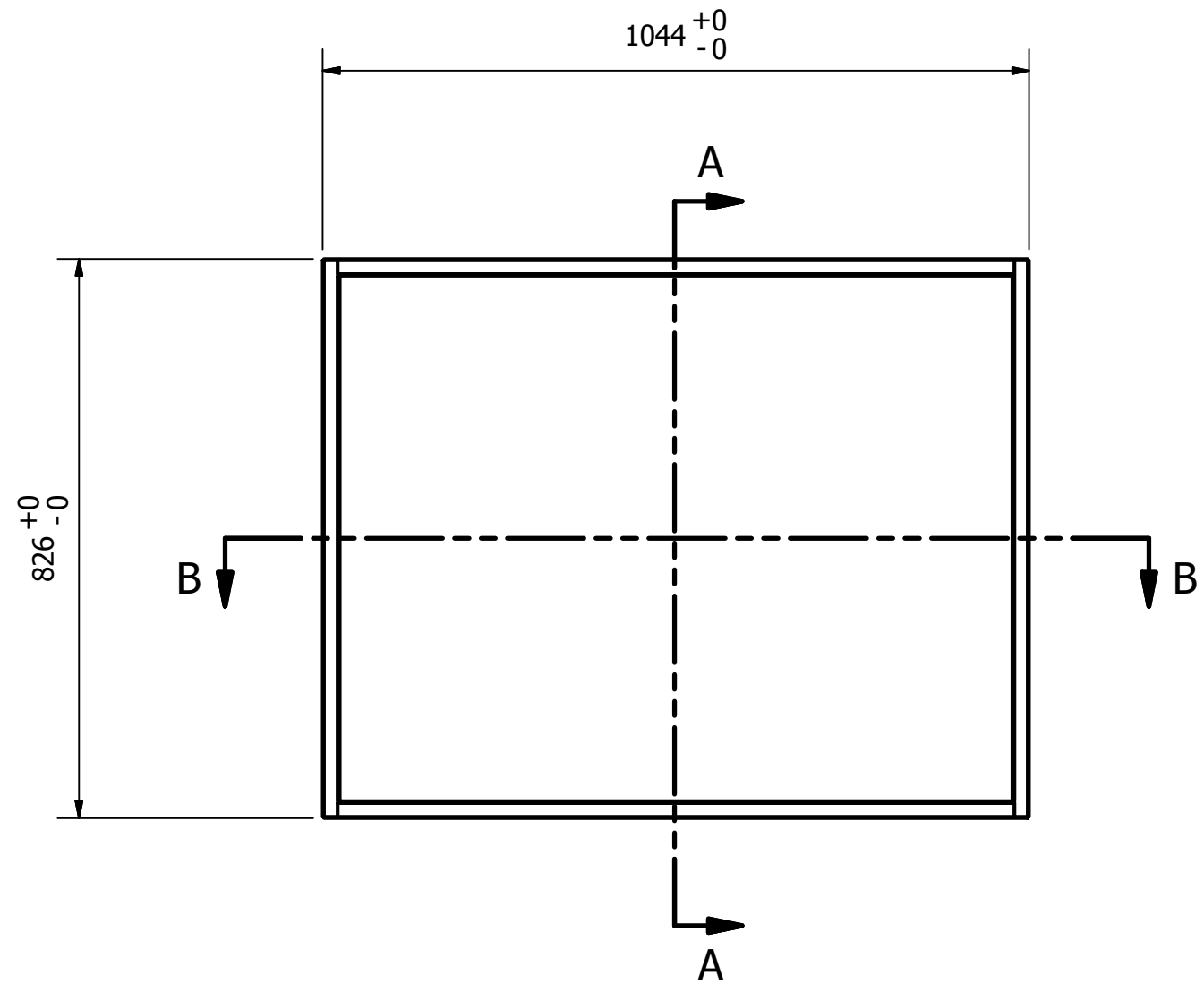
3	1	levy_sisa_sivu	
2	1	eriste_sivu	
1	1	ulkolevy_sivu	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE  koonpano_vasen_seina	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO koonpano_vasen_seina
		SCALE 1 / 5	REV SHEET 1 OF 1



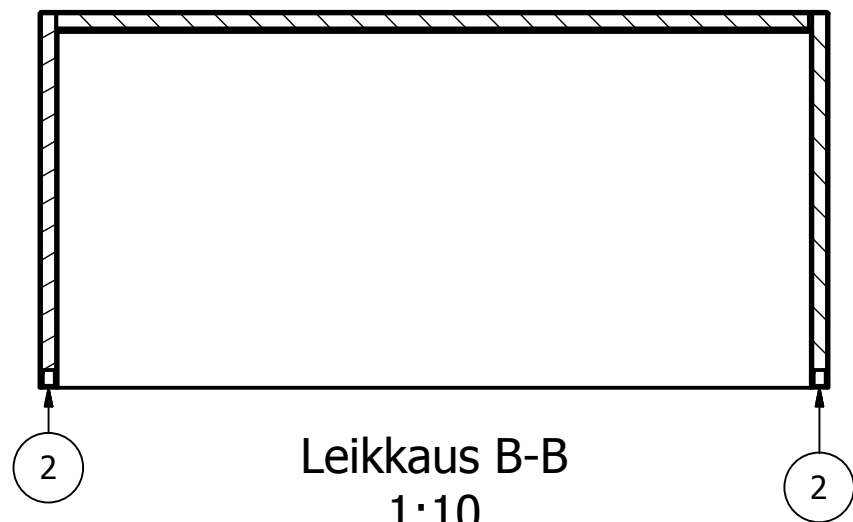
DETALJI A  
1:5

3	1	levy_sisa_sivu	
2	1	eriste_sivu	
1	1	ulkolevy_sivu	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE  koonpano_oikea_seina	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED		SIZE A3	DWG NO koonpano_oikea_seina
		SCALE 1 / 5	REV SHEET 1 OF 1



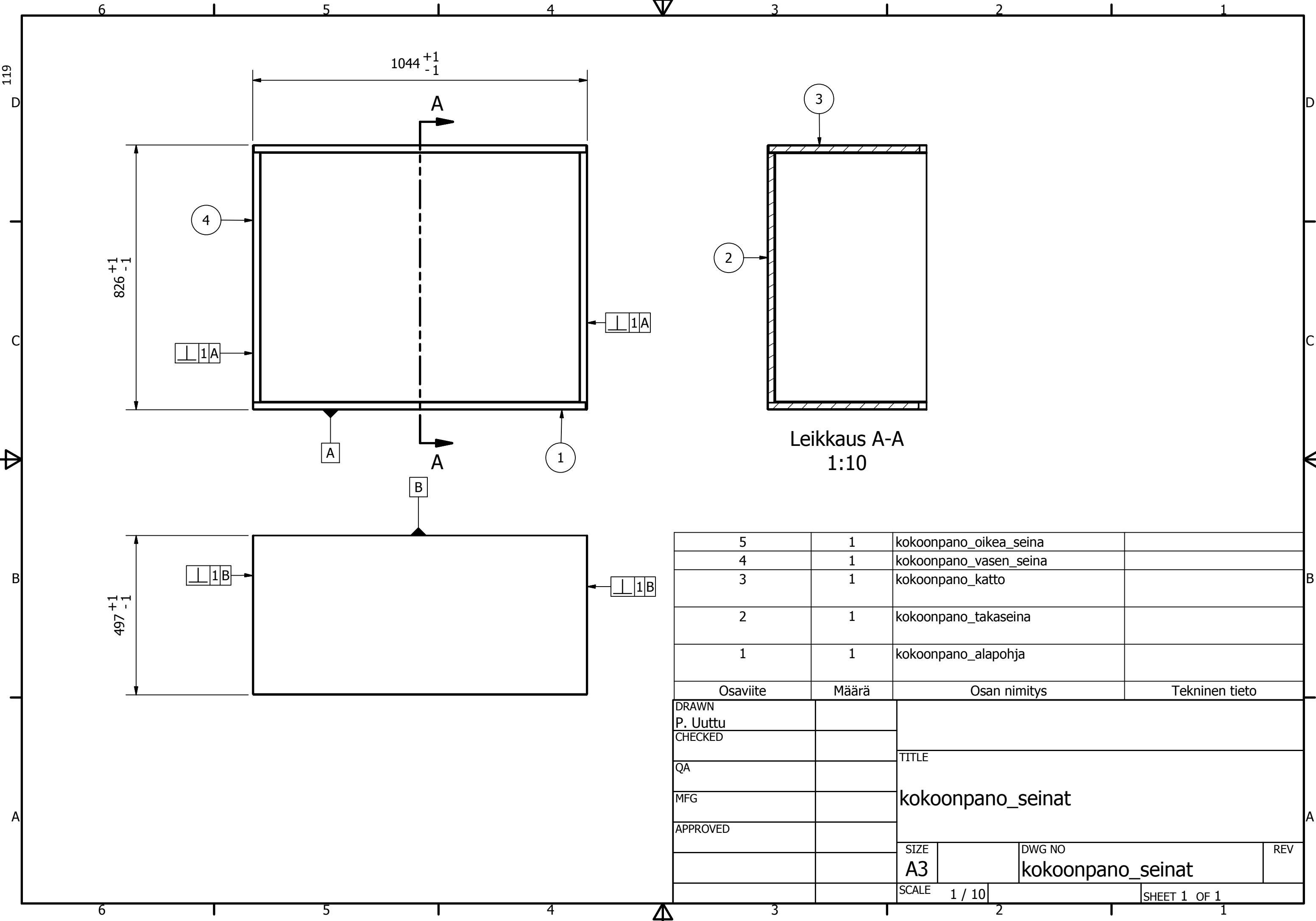


Leikkaus A-A  
1:10



Leikkaus B-B  
1:10

3	2	u_profiili_vaaka	
2	2	u_profiili_sivu	
1	1	kokoonpano_seinat	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE  kok_seinat_u_prof	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO kok_seinat_u_prof
		SCALE 1 / 10	REV
		SHEET 1 OF 1	

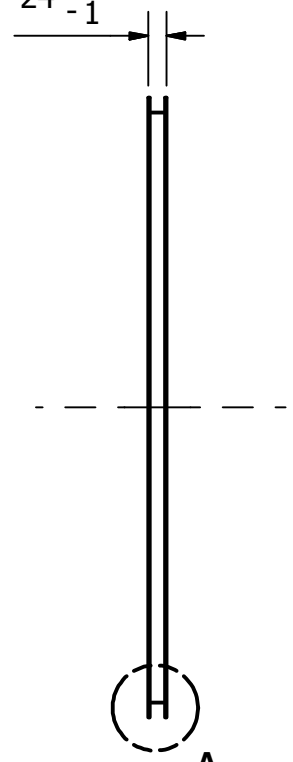


Leikkaus A-A  
1:10

5	1	kokoonpano_oikea_seina	
4	1	kokoonpano_vasen_seina	
3	1	kokoonpano_katto	
2	1	kokoonpano_takaseina	
1	1	kokoonpano_alapohja	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE  kokoonpano_seinat	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
	SIZE A3	DWG NO kokoonpano_seinat	REV
	SCALE 1 / 10	SHEET 1 OF 1	

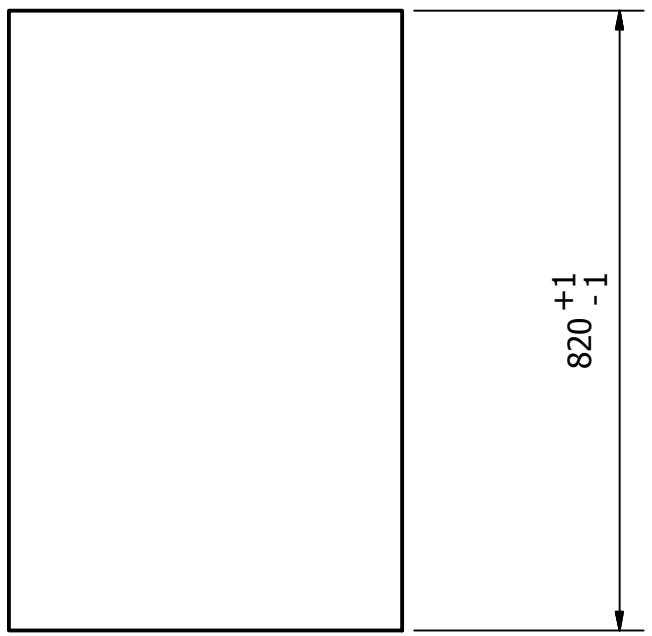
120

$24^{+1}_{-1}$



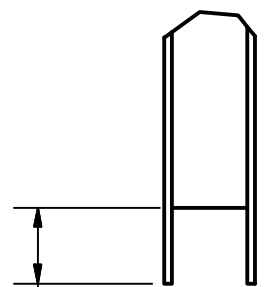
A

$520^{+1}_{-1}$



$820^{+1}_{-1}$

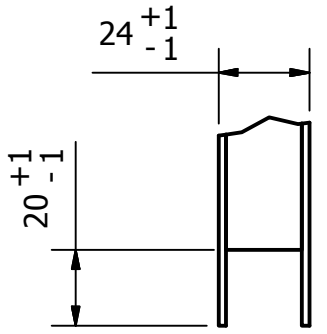
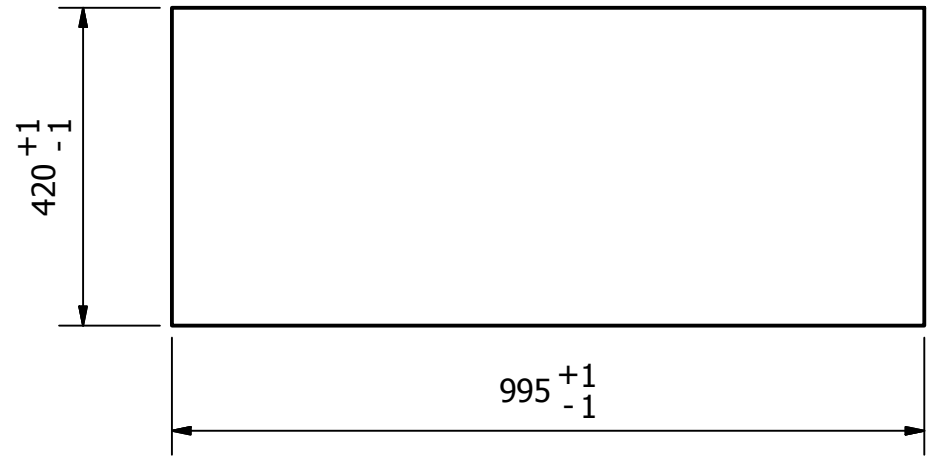
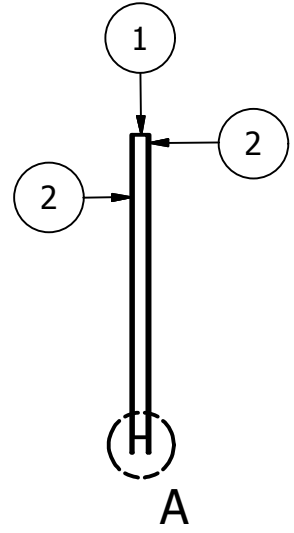
$20^{+1}_{-1}$



DETALJI A  
1:2

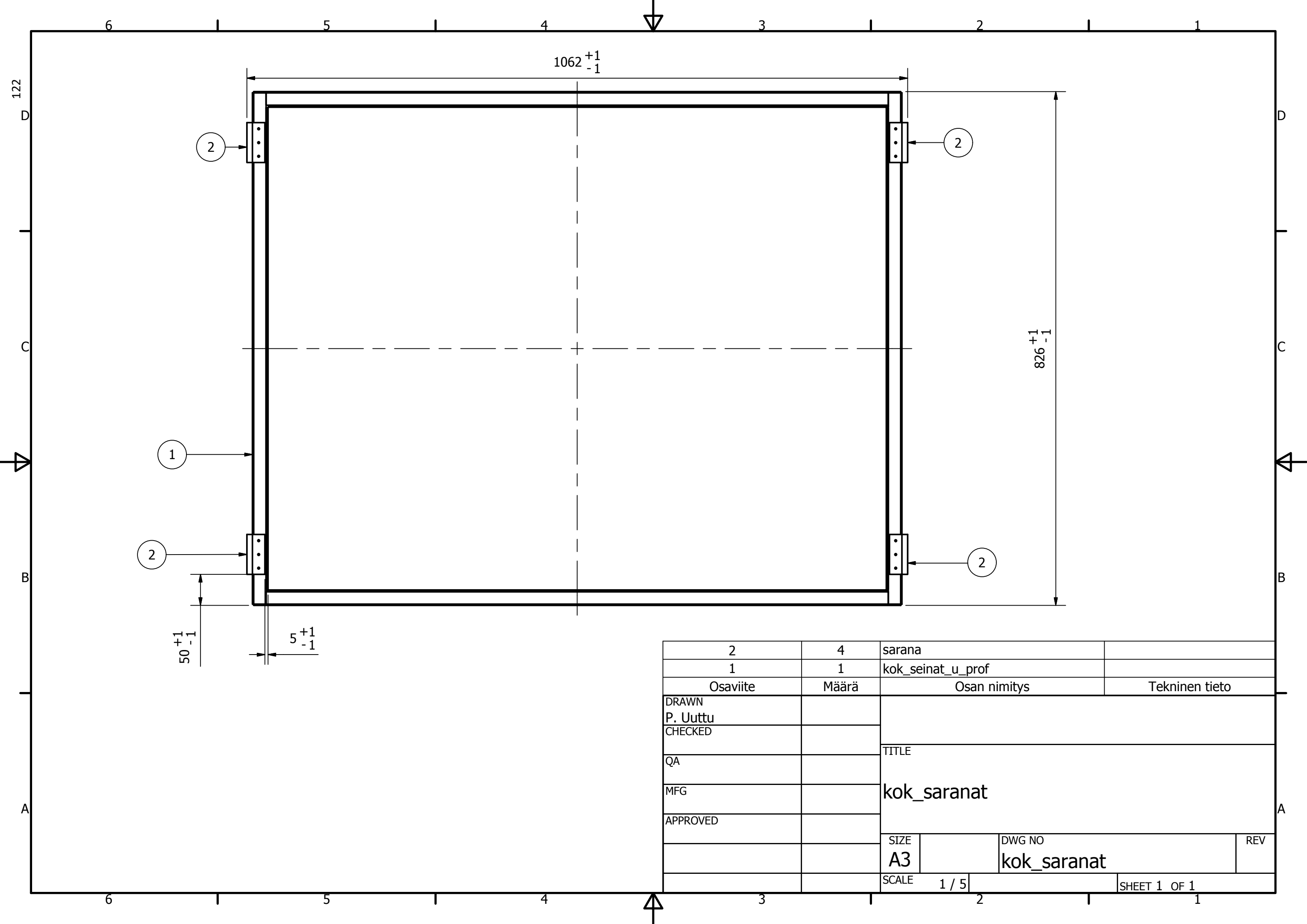
2	1	eriste_ovi		
1	2	ovilevy		
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto	
DRAWN P. Uttu		TITLE  kok_ovilevyt		
CHECKED				
QA				
MFG				
APPROVED		SIZE A4	DWG NO kok_ovilevyt	REV
		SCALE 1/10	SHEET 1 OF 1	

121

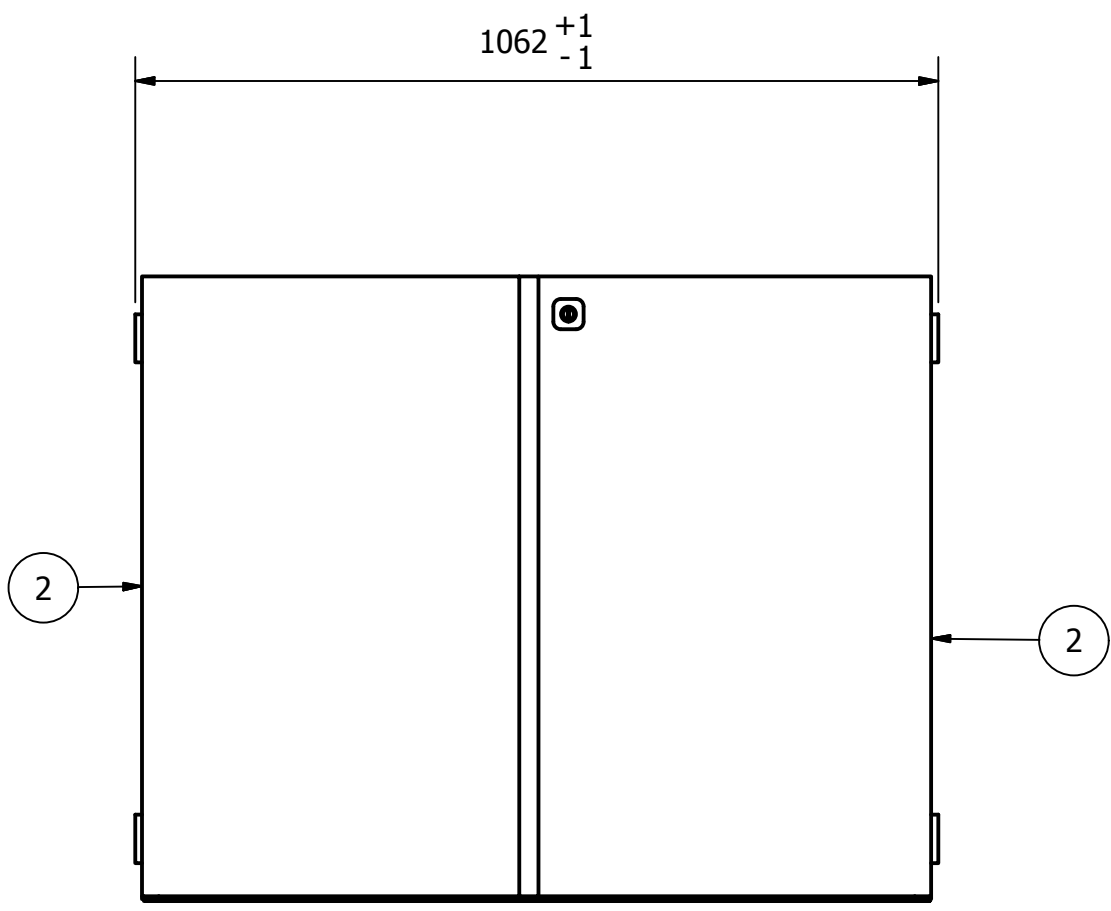
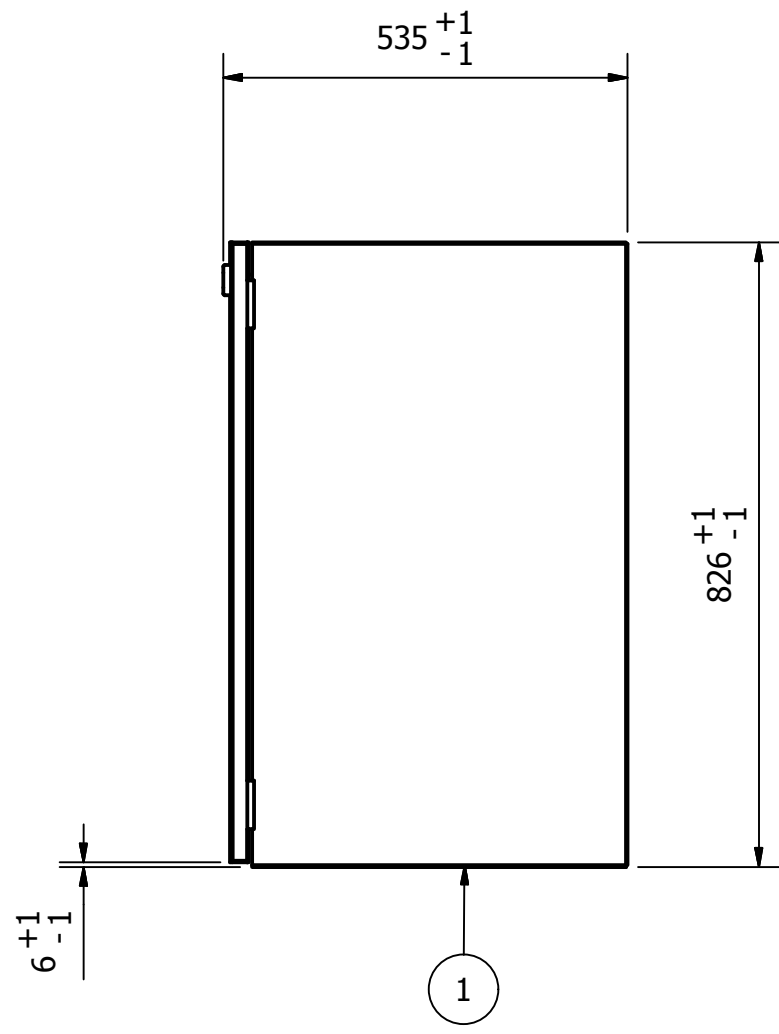
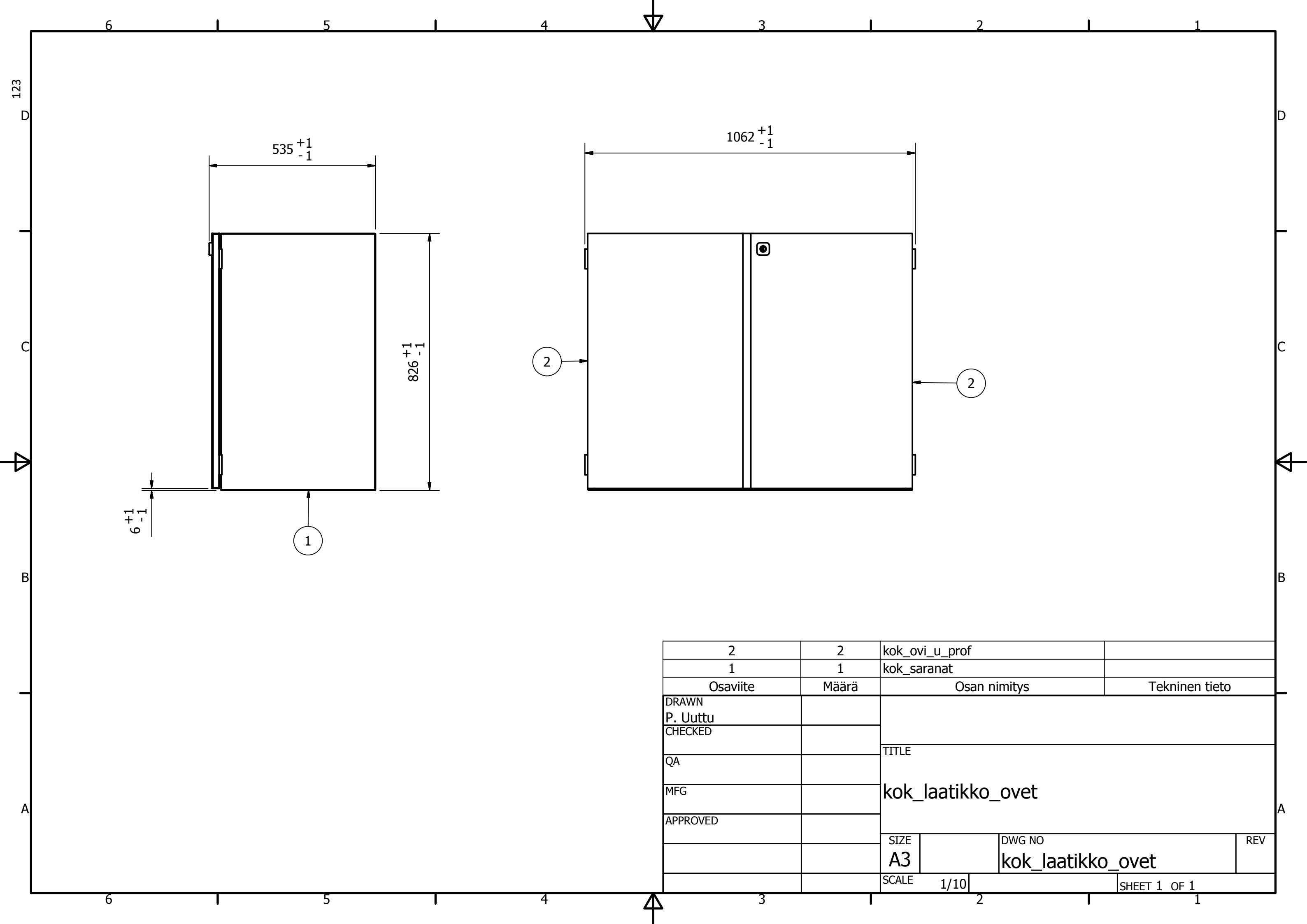


DETALJI A  
1:2

2	2	levy_hylly_vaaka	
1	1	eriste_hylly_vaaka	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN		TITLE  kok_levy_hylly	
P. Uttu			
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED		SIZE	DWG NO
		A4	kok_levy_hylly
		SCALE	REV
		1/10	
			SHEET 1 OF 1



2	4	sarana	
1	1	kok_seinat_u_prof	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE kok_saranat	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO kok_saranat
		SCALE 1 / 5	REV
		SHEET 1 OF 1	



2	2	kok_ovi_u_prof	
1	1	kok_saranat	
Osaviite	Määrä	Osan nimitys	Tekninen tieto
DRAWN P. Uttu		TITLE  kok_laatikko_ovet	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE A3	DWG NO kok_laatikko_ovet
		SCALE 1/10	REV
		SHEET 1 OF 1	