

Samu Laakso

# Pyörien päällä lepäävän kasettilavan suunnittelu kuorma-autoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri AMK  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinöörityö  
30.5.2011

Tekijä(t) Otsikko	Samu Laakso Pyörien päällä lepäävän kasettilavan suunnittelu kuorma-autoon
Sivumäärä Aika	25 sivua + 3 liitettä 30.5.2011
Tutkinto	Insinööri AMK
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Jukka Elg, toimitusjohtaja, Elg-yhtiöt Oy Markku Lavi, lehtori, Metropolia AMK
<p>Tämän insinööryön tavoitteena oli suunnitella kuorma-autolle pyörien päällä lepäävä automaattikasetti. Työ tehtiin Elg-yhtiöt Oy:lle</p> <p>Suunnittelun alkuvaiheessa oli valmiina idea, mitä kasettilavalta halutaan. Kasettilavasta ehdittiin työn aikana valmistaa kaksi eri prototyyppiä. Prototyypit menivät suoraan asiakkaiden käyttöön, joilta saatu palaute huomioitiin jatkosuunnittelussa. Lopullista mallia ei ehditty valmistaa työn aikana.</p> <p>Pääkohtia suunnittelussa olivat kasettilavan pohjarakenne, pyöräsystemi sekä mahdollisimman helppo ja yksinkertainen valmistus.</p> <p>Suunnittelun edetessä tehtiin myös parannuksia jo olemassa oleviin osiin sekä niiden sijoitukseen.</p> <p>Suunnittelutyön tuloksena saatiin 3D CAD-mallit sekä piirustukset tarvittavista osista ja kokoonpanoista.</p>	
Avainsanat	kuorma-auto, kasettilava, kasetti, lava, pyörien päällä lepäävä

Author Title	Samu Laakso Automatic Cassette on Castors for a Truck
Number of Pages Date	25 pages + 3 appendices 30 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructors	Jukka Elg, Technician, Executive director, Elg-yhtiöt Oy Markku Lavi, M.Sc, Senior Lecturer, Metropolia AMK
<p>The purpose of this graduate study was to design an automatic cassette on castors for a truck. The project was carried out for Elg-yhtiöt Oy.</p> <p>The idea and requirements for the cassette had been predetermined prior to the design process. Two prototypes were made based on these criteria. The prototypes were sold to customers and their feedback was used for further development. The final version of the cassette was not accomplished during this study.</p> <p>The main focus in the design was on the frame of the cassette, the wheel system and easy and simple manufacturing. As the design process went on, some of the old parts were upgraded and replaced.</p> <p>This study was successful in producing 3D models of the design along with the drawings of the parts and the assembly work.</p>	
Keywords	truck, automatic cassette, castors, casters

# Sisällys

<b>1 Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>1 Kasettilava</b>	<b>3</b>
1.1 Automaattikasetti	5
1.2 Letkukasetti	6
1.3 Kasetin perälauta	6
1.4 Perävaunun alusta	6
1.5 Kuorma-auton lava	8
1.6 Kasetointi	9
<b>2 Pyörien päällä lepäävä kasetti</b>	<b>11</b>
2.1 Ensimmäinen prototyyppi	11
2.1.1 Runkorakenne	12
2.1.2 Akselit	14
2.1.3 Pyörät	15
2.1.4 Etupalkki	16
2.1.5 Takapalkki	17
2.1.6 Lukitukset	17
2.2 Toinen prototyyppi	20
2.2.1 Pyöräpaketti	21
2.2.2 Etupalkki	22
2.3 Lopullinen malli	23
<b>3 Yhteenveto</b>	<b>24</b>
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>25</b>

## Liitteet

Liite 1. Pyörien päällä lepäävän kasettilavan käyttöohje

Liite 2. Pyöräpaketin työpiirustukset

Liite 3. Pyörien päällä lepäävän kasettilavan työpiirustukset

## 1 Johdanto

Kuorma-auton kasettilava on systeemi, joka on kehitetty parantamaan ja tehostamaan kuorma-auton käyttöä. Kasettilavan erikoisuus on perävaunun irtonainen lava, joka voidaan siirtää kuorma-auton lavan sisään kippauksen ajaksi. Tämän johdosta päästään eroon hankalasta perävaunun kanssa peruuttamisesta, jolloin kohteeseen ajaminen helpottuu myös tilantarpeen kannalta.

Perävaunun kasettiratkaisu sallii kuorma-auton kuljettaa tehokkaasti kaksi kuormaa kerrallaan. Kasettilava soveltuu kipattavan, irtonaisen aineksen, esimerkiksi kiven tai soran kuljetukseen. Minkäänlaista rahtia ei kasettiratkaisulla ole mielekästä kuljettaa.

Tämän insinööriyön tavoitteena on suunnitella Elg-yhtiölle pyörien päällä lepäävä kasettilava. Pyörien päällä lepäävä kasetti tulee vaihtoehdoksi runkorakennelman päällä makaavan ratkaisun rinnalle. Tavoitteena on myös huomioida lavan mahdollisimman helppo ja nopea valmistus.

Lavasta laadittiin 3D-mallit sekä työpiirustukset Vertex G4-ohjelmalla. Elg-yhtiöt valmistaa monia eri lavamalleja asiakkaan toiveiden mukaan. Tämän insinööriyön pääpaino on kasettilavan pohjan rungossa, joka pyritään pitämään mahdollisimman valmiina ratkaisuna. Lavan muut ominaisuudet tehdään asiakkaan toiveiden mukaan. Lavasta tehtiin kaksi prototyyppiä, joista saatu palaute huomioitiin seuraavissa versioissa.

Sekaannusten välttämiseksi; tässä työssä tästä eteenpäin puhuttaessa kuorma-auton lavasta käytetään nimitystä "kuorma-auton lava" tai yksinkertaisesti "lava". Kasettilavasta käytetään nimitystä "kasettilava" tai "kasetti".

Pyörien päällä lepäävän kasettilavan alkuvaatimuksiin kuului rakenteen pitäminen mahdollisimman yksinkertaisena. Kasetin tulisi toimia samoilla mitoilla, vaikka pyörää vaihdetaan. Pyörävaihtoehto riippuu asiakkaan mieltymyksistä. Pyörävaihtoehtoina on laipallinen pyörä kiskolliseen versioon ja laipaton kiskottomaan versioon. Kasettilavan "maavaran" runkoon nähden tulisi olla sama pyörästä riippumatta, jolloin laipallisen ja laipattoman pyörän halkaisijat pitää sovittaa yhteen.

Pyöräratkaisu on siten suunniteltu sopivaksi molemmille pyörävaihtoehtoille ja yksinkertaisuudessaan ainoat vaihtuvat osat ratkaisussa ovat pyörät. Laakerit, akselit ja holkit soveltuvat molempiin vaihtoehtoihin.

Laissa (1) on määritelty, että kuorma-auto saa olla 2600 mm leveä. Tämä asettaa kasettilavalle leveysrajoituksen, koska sen on mahduttava kuorma-auton lavalle. Tyypillisen kasetin ulkoleveys Elg-yhtiöllä on 2150 mm. Kasettilavan pituus sijoittuu yleensä kuuden metrin tietämille, asiakkaan kuorma-autosta ja vaatimuksista riippuen. Kasettilavan korkeus on huomioitava kasetointitapahtumaa silmällä pitäen, koska kuorma-auton perälaudan mekaaniset rajoitukset on otettava huomioon. Tavallisimmin kasettilavan reunan korkeus sijoittuu 1400 millimetrin tietämille.

Täyteen lastatun kasettilavan massa voi nousta 30 tonniin, ja siksi on tärkeää pitää kasetin massa mahdollisimman pienenä. Kasettilavan massa on pois kuormasta, joten kevyempään kasettiin voidaan lastata enemmän kuormaa. Kuorma-autoyhdistelmän suurin sallittu lakisääteinen (2) massa on 60 tonnia.

## 1 Kasettilava

Kasettilava on perävaunun rungon päällä liikkuva kasetti, joka voidaan siirtää kuorma-auton lavan sisään kuorman kippaamisen ajaksi (kuva 1). Kasettiratkaisuja on erilaisia riippuen valmistajasta sekä asiakkaan vaatimuksista. Makaava ja pyörien päällä lepäävä kasetti ovat erilaisia kuljetuksen kannalta, kun taas automaattikasetti ja letkukasetti eroavat toisistaan kasetoinnin osalta. Ne voivat molemmat olla joko makaavia tai pyörien päällä lepäviä.

Makaava kasetti makaa perävaunun rungon päällä, palkki palkkia vasten, jolloin kasetin aiheuttama kitkavoima on suuri ja kasetti pysyy hyvin kyydissä.

Pyörien päällä lepäävä kasettilava on rakenteeltaan yksinkertaisempi kuin rungon päällä lepäävä. Lavan liikutteluun tarvittavat voimat ovat samat tyypistä riippumatta, mutta jo valmiiksi pyörien päällä lepävää kasettia ei tarvitse nostaa lepoasennosta kiskojen päälle.

Makaavan kasetin pyörät eivät ole kiskoilla kuljetuksen aikana, vaan se pitää nostaa kiskoilleen kasetointivaiheessa. Tämä tekee makaavasta kasetista vakaamman ja kiinteämmän kokonaisuuden kuljetuksen kannalta. Kasetin rakenne on kuitenkin monimutkaisempi, koska se tarvitsee nostosysteemin päästäkseen pyörilleen.

Kuljetuksen aikana rungon päällä makaava kasetti pysyy kyydissä yksinomaan kitkan vaikutuksesta, mutta käytännössä kiinnitys on erittäin tärkeää yleisen turvallisuuden kannalta. Pyörien päällä lepävän lavan kiinnitykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska koko kuorma on herkkäliikkeinen pyörien päällä levätessään, varsinkin kiihdytys- ja jarrutustilanteissa.



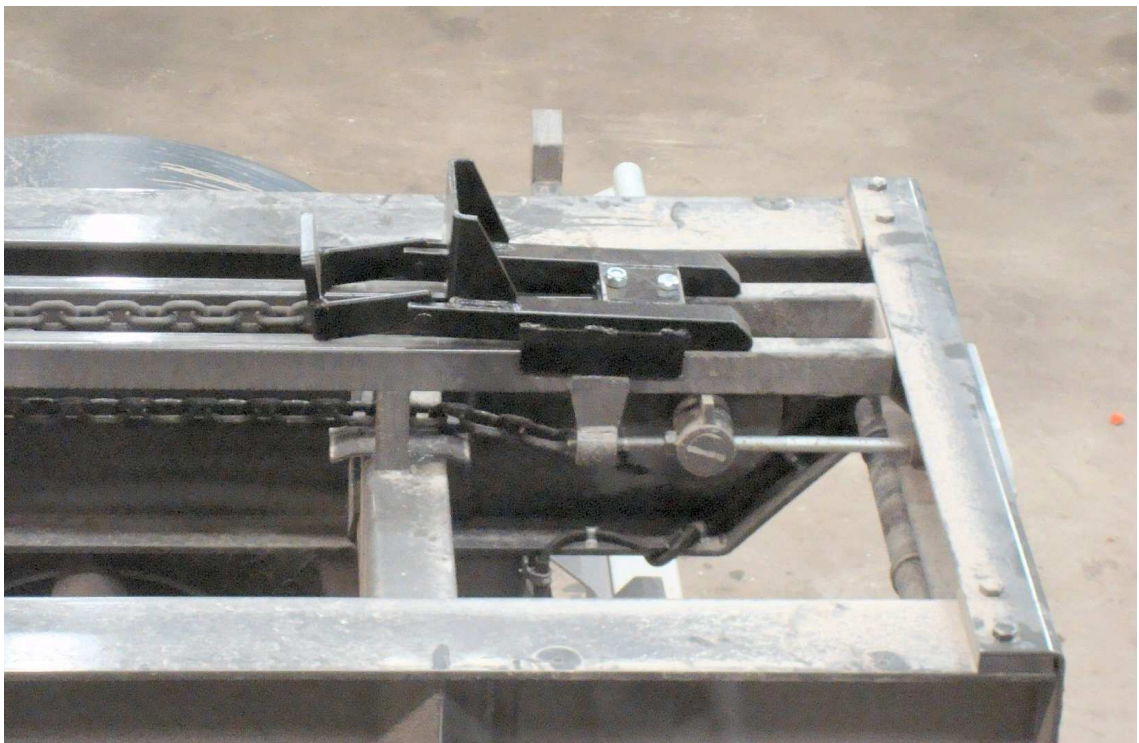
Kuva 1. kasettilavan kippaaminen. Kasettilava on ajettu kuorma-auton lavan sisään, jolloin se voidaan kipata kuorma-auton lavan tapaan.



## 1.1 Automaattikasetti

Automaattikasetti on kasettityyppi, jolla ei ole omaa moottoria, joka ajaisi kasetin kuorma-auton lavalle. Kasetti siirretään lavalle perävaunun alustassa olevan ketjun välityksellä.

Siirtokelkka liikuttelee kasettilavaa kasetointivaiheessa, ja rakenteensa ansiosta se pysyy työntämään ja vetämään. Siirtokelkka on kiinnitetty perävaunun alustassa sijaitsevaan ketjuun. Ketju muodostaa perävaunun alustassa pyörivän lenkin, jota voidaan pyörittää molempiin suuntiin. Ketjun muodostaman lenkin toinen pää on kulmavaihteessa (3, s. 6) ja toinen taittopyörässä. (Kuva 2).



Kuva 2. Perävaunun alusta, ketju, taittopyörä ja siirtokelkka (musta)

Ketju saa voimansa kuorma-auton perässä olevasta hydraulimoottorista. Makaavan automaattikasetin nostaa kiskoille kuorma-autossa sijaitseva vetosylinteri ja Elg-yhtiöiden patentoima vetopuomi. Vetopuomilla varustetussa ratkaisussa ei tarvita mitään hydraulilaitteita kasetissa. Tämä parantaa työskentelymukavuutta, koska kuorma-auton kuljettajan ei tarvitse kiinnittää letkukasetin vaatimia hydrauliletkuja. Kaikki toiminnot voidaan tehdä kuorma-auton hytistä käsin.

## 1.2 Letkukasetti

Letkukasetissa on hydraulimoottorit ja vaihteet molemmille kasetin akseleille. Akselit kiinnittävät rinnakkaiset pyörät jäykästi toisiinsa. Letkukasetti ajetaan kasetin omien moottoreiden avulla kuorma-auton lavalle. Letkukasettia käytetään, kun halutaan varmatoiminen ratkaisu eikä työskentelyn nopeus ole ongelma.

Letkukasetin hydraulimoottorit saavat paineensa kuorma-auton hydraulijärjestelmästä. Heikkoutena tässä on työtehokkuuden kannalta hydrauliletkujen manuaalinen kiinnitys. Letkukasetin kasetointi ei onnistu kuorma-auton hytistä käsin, vaan se hoidetaan manuaalisesti kuorma-auton kyljessä sijaitsevista ohjauslaitteista. Kuorma-auton pysäyttäminen tienreunaan kasetoitavaksi voi aiheuttaa vaaratilanteita, johtuen kuljettajan tarpeesta työskennellä auton ulkopuolella.

Makaavassa letkukasetissa on myös nostosylinteri, joka nostaa kasetin kiskoilleen kasetoinnin ajaksi. Tämä hoidetaan kasetoinnin tapaan kuorma-auton ulkopuolisista ohjauslaitteista.

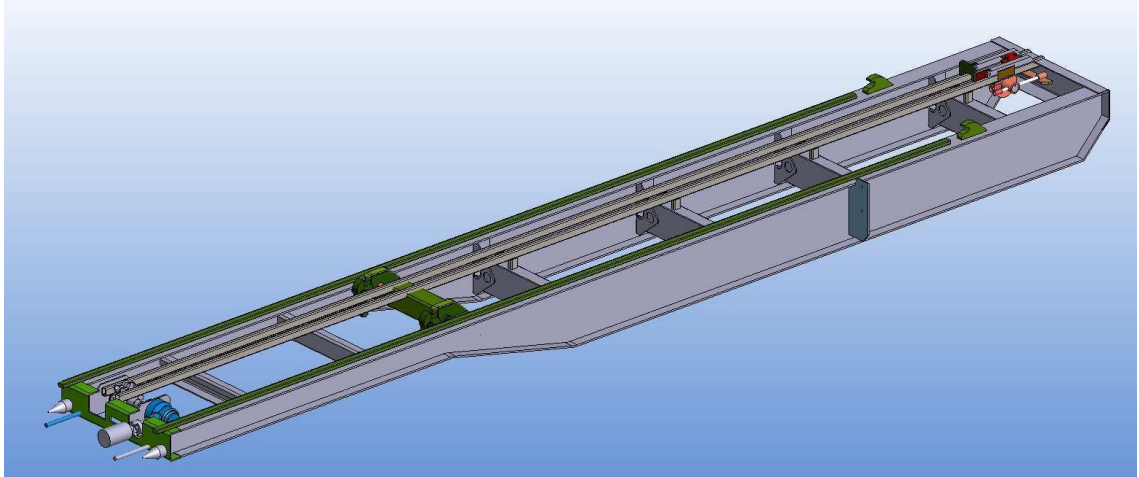
## 1.3 Kasetin perälauta

Perälaudaksi kutsutaan lavan ja kasetin peräpään "luukkua", joka avataan kuorman kippausta varten. Perälaudan on oltava lukittuna aina muulloin kun kippausvaiheessa. Kasetin perälaudassa on lukkomekanismi, jota voidaan ohjata kuorma-auton hytistä. Mekanismissa on työntölevy, joka kasetointivaiheessa tulee kuorma-auton lavassa sijaitsevan hydraulimännän läheisyyteen. Tällöin kasetin perälaudan lukitus aukeaa kuorma-auton hytistä nappia painamalla. Kasetin perälaudassa ei tarvita mäntää, joka avaisi ja sulkisi perälaudan, koska kuljetettava kuorma avaa perälaidan massallaan kippaustilanteessa.

## 1.4 Perävaunun alusta

Kasettilava tarvitsee alustan, jonka päällä sitä kuljetetaan. Perävaunun alusta koostuu runkorakennelmasta, jossa on tavallisesti kolmesta neljään akselia. Alustan on kyettävä

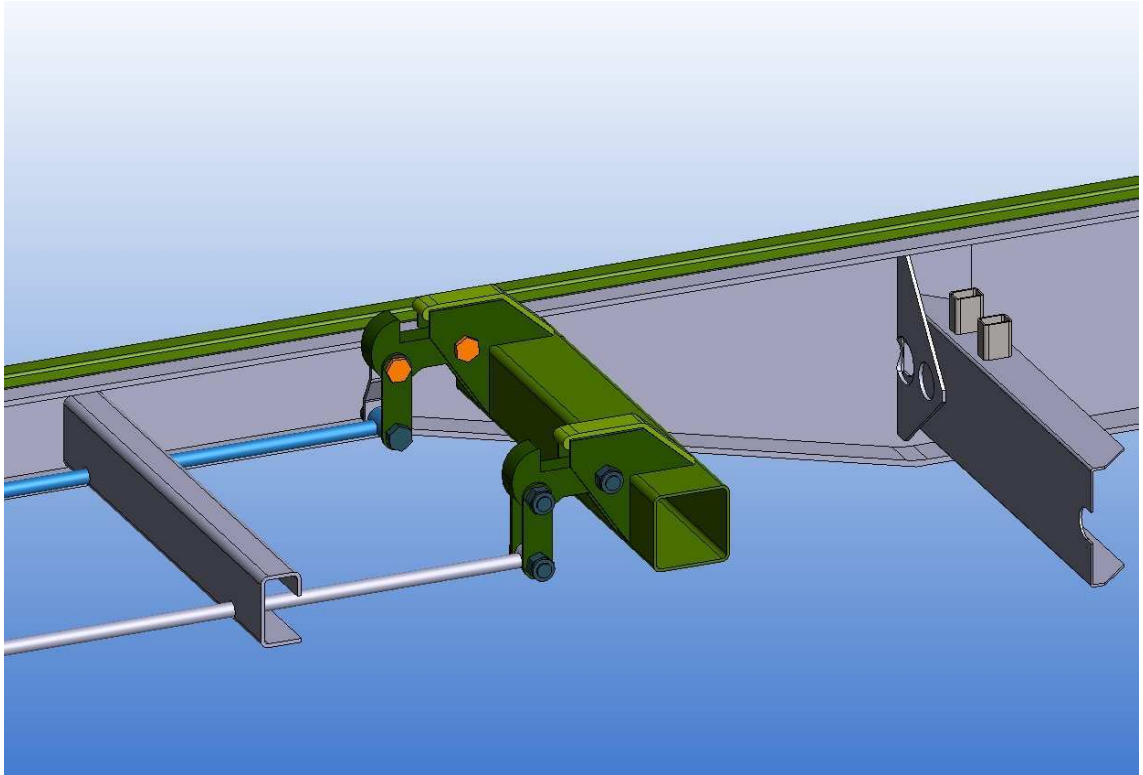
seisomaan omilla pyörillään, muuten kasetointi ei onnistu. Alustassa on tasainen pinta tai kiskot joita pitkin kasettilavan pyörät pyörivät kasetointivaiheessa (kuva 3). Perävaunun alustaan on myös sijoitettu aiemmin mainittu ketju ja siirtokelkka (ks. 1.1 Automaattikasetti, sivu 5).



Kuva 3. Perävaunun alusta ilman akselijoita sekä renkaita (CAD-malli)

Alustassa on myös lukitusmekanismi, joka lukitsee kasetin perävaunuun kuljetuksen ajaksi. Lukitusmekanismi on mekaaninen, ja se aukeaa kun kuorma-auto peruuttaa kasetointivaiheessa kiinni perävaunun alustaan. Lukitusmekanismi (kuva 4) palautuu jousien voimalla aina "kiinni"-asentoon, kun kuorma-auto ei ole kasetoimassa. Lukkojen mekaaninen toiminta lisää turvallisuutta, koska lukkoja ei ole mahdollista avata vahingossa.

Perävaunun alustan toimitti JYKI OY. Alusta on vuosien kehitystyön tulos ja valmis paketti, jonka mukaan lavat valmistetaan. Pieniä muutoksia voidaan valmistuksen aikana tehdä tilattuun alustaan, kuten esimerkiksi asentaa kiskot rungon palkkien päälle tai hitsata rungon kylkeen kiinnikkeitä erilaisille osille ja työkaluille.



Kuva 4. Lukitusmekanismi. Kuvasta poistettu osia paremman näkyvyyden takaamiseksi (CAD-malli)

### 1.5 Kuorma-auton lava

Kuorma-auton lavan on oltava suunniteltu kasettisovellutuksiin. Ulkonäöllisesti kuorma-auton lava ei juurikaan poikkea muista lavamalleista. Toiminnallinen ero sijaitsee lavan peräpäässä. Kuorma-auton takapalkista löytyy ohjurit perävaunun alustalle, moottori perävaunun kulmavaihteelle sekä työntötappi kasettilavan perälaudan avaamiseksi.

Lavan ulkomitat ovat Elg-yhtiöillä tavallisesti 2550 mm, jolloin 2150 mm leveä kasetti mahtuu hyvin lavan sisään. Lavan pohjaan asennetaan tarvittaessa kiskot, riippuen siitä haluaako asiakas kiskollisen vai kiskottoman version.

Kuorma-auton lavan etuseinämässä on nalkkilukko, joka lukitsee kasetin lavan sisään. Lukon sijoituksen lavaan ja koukun sijoituksen kasettiin on oltava tarkka toimiakseen. Nalkkilukko on jarrukello-ohjattu, jolloin kasetti voidaan irrottaa lavasta auton hytistä käsin.

## 1.6 Kasetointi

Kasetointi tapahtuu ohjeen mukaan (Liite 1). Kuorma-auto ajetaan kohteeseen ja etsitään sopiva ja tasainen paikka kasetointia varten. Auton jarruletkut, sähköjohdot ja vetoaisa käydään irrottamassa perävaunusta. Kuorma käydään kippaamassa haluttuun paikkaan. Kuorma-auton perälauta jätetään ylös kasetointia varten.

Kuorma-auto peruutetaan kiinni perävaunuun, jonka ohjauskartiot kohdistavat kuorma-auton ja perävaunun linjaan. Kasettilavan lukitukset aukeavat ja kasetti ajetaan kuorma-auton lavalle. Kuorma-auton lavan etupäässä on nalkkilukko, joka lukitsee kasetin kuljetusta ja kippausta varten. Perävaunu irrotetaan autosta ja kasetti käydään tyhjentämässä haluttuun paikkaan, aivan kuten kuorma-auton tavallinen lava. (Kuva 5.)



Kuva 5. Kasetoinnissa kasettilava siirtyy perävaunusta kuorma-auton lavalle.

Tyhjennyksen jälkeen kuorma-auto ajetaan uudelleen kiinni perävaunuun ja kasettilava ajetaan perävaunun päälle. Kuorma-auto irrotetaan perävaunusta ja lavan perälauta suljetaan.

Perävaunun jarruletkut ja sähköjohdot käydään kiinnittämässä manuaalisesti. Samalla on hyvä tarkastaa kuorma-auto ja kasetti silmämääräisesti. Kuorma-auto ajetaan irti perävaunusta. Vetoaisa nousee itsestään oikealle korkeudella ja kuorma-auto peruutetaan vetoaisaan kiinni.

## 2 Pyörien päällä lepävä kasetti

Pyörien päällä lepävä kasetti seisoo nimensä mukaisesti koko ajan pyöriensä päällä. Pyörästä vastaanottaa suurimmat rasitukset lavan elinkaaren aikana. Tärinät ajossa sekä suuri kuormituksen vaihtelu rasittaa pyörien akseleita. Toisin kuin rungon päällä lepävässä ratkaisussa, pyörien päällä lepävän kasetin akselisto kantaa koko kasetin kuorman jatkuvasti.

Suunnittelussa päädyttiin 8-pyöräiseen ratkaisuun, jossa jokaisella pyörällä on oma akselinsa. Tällöin rasitukset, jännitykset sekä pintapaineet jakautuvat suuremmalle alueelle. Runkorakenteena käytettiin RHS160x80x5-putkipalkkeja. 140 mm:n putkipalkki olisi myös kestänyt lavan kuormat, mutta 20 mm korkeampi "maavara" oli toivottu ominaisuus.

Kasetin seinät valmistetaan asiakkaan toiveiden mukaan. Laki ei sanele kasetille korkeusehtoja, mutta kasetin on sovittava auton lavalle. Tämä asettaa rajoitteen reunan korkeudelle, joka ei täten voi olla mielivaltaisen. Yleisin Elg-yhtiöillä käytetty kasetin laidan korkeus on 1400 mm, jolloin kasetin laskennalliseksi tilavuudeksi tulee noin 18 kuutiometriä.

Pyörien päällä lepävän kasetin perävaunun alustana käytetään samanlaista alustaa kuin automaattikasetissa. Pyörien päällä lepävän kasetin alustassa ei kuitenkaan tarvita vetotankoa, jolloin alustan rakenne on yksinkertaisempi.

### 2.1 Ensimmäinen prototyyppi

Ensimmäisen prototyypin suunnittelussa pyrittiin löytämään mahdollisimman yksinkertainen ja vähäosainen rakenne. Prototyyppi rakennettiin toimivaksi kasetiksi, joka meni heti valmistuttuaan työkäyttöön.

Lavan pohjaan suunniteltiin lavan pituiset putkipalkit, joihin oli puhkottu paikat pyörille ja pyörien kiinnityksille. Tämän tyyllisen ratkaisun hyvä puoli on, ettei tarvitse hitsata pituussuunnassa palkkeja perätysten, koska koko putkipalkki on yhtä ja samaa osaa.

Putkipalkki valittiin sen kokoiseksi, että pyörä mahtuu hyvin putken sisään ja pystyy pyörimään vapaasti. Heikkous tässä kyseisessä rakenteessa ei liity lavan käyttöön, vaan sen valmistettavuuteen.

### 2.1.1 Runkorakenne

Kasetin keskikohdan taipuma kuormituksessa on laskettu kaksitukisen palkin taivutuskaavoja hyväksikäyttäen (4, s. 319)

Rakennetta on redusoitu laskentaa ajatellen. Taipuma on laskettu kaksitukisena eikä pohjalevyä ja seiniä oteta huomioon.

Pitkittäissuunnassa käytetty kotelopalkki on RHS 160x80x5.

$$q = \frac{m \cdot g}{2 \cdot 6 \text{ m}} = \frac{30\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 6 \text{ m}} = 24\,525 \text{ N/m} \quad (1)$$

$q$  on jatkuva kuormitus

$m$  on kasetin massa kuormattuna (30 tonnia)

$g$  on gravitaatiokiihtyvyyden

2 on kerroin jolla laskua yksinkertaistetaan poistamalla toinen palkeista

6 m on kasetin kokonaispituus

$$f_m = f_{m1} + 2 \cdot f_{m2} \quad (2)$$

$f_m$  on kokonaistaipuma

$f_{m1}$  on taipuma (2, s. 320 tapaus 4)

$f_{m2}$  on taipuma (2, s. 322 tapaus 15)

2 kertoo  $f_{m2}$  vaikutuksen molemmista päistä.



$$f_{m1} = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 24525 \text{ N/m} \cdot (3,38 \text{ m})^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot 7,0786 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4} = 0,028 \text{ m} \quad (3)$$

$l$  on palkin tukipisteiden välimatka

$E$  on kimmokerroin

$I$  on jäyhyysmomentti

$$f_{m2} = \frac{-q \cdot a^2 \cdot l^2}{12 \cdot E \cdot I} \cdot \left[ \frac{x}{l} - \left( \frac{x}{l} \right)^3 \right]$$

$$= \frac{-24525 \text{ N/m} \cdot (1,31 \text{ m})^2 \cdot (3,38 \text{ m})^2}{12 \cdot 210 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot 7,0786 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4} \cdot \left[ \frac{1}{2} - \left( \frac{1}{2} \right)^3 \right] = -0,010 \text{ m} \quad (4)$$

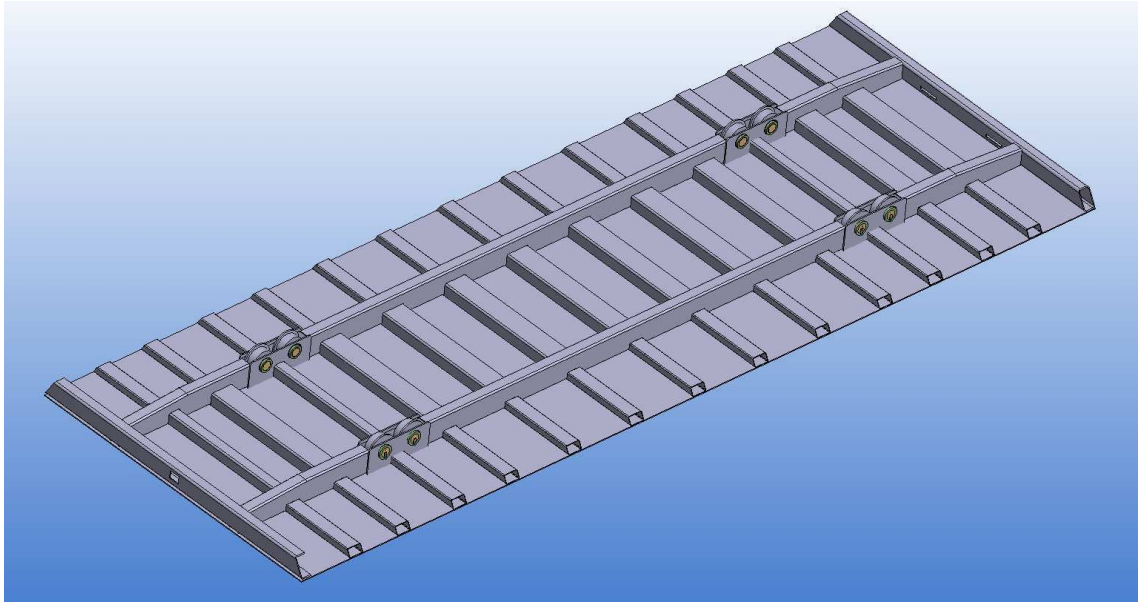
$a$  on tukipisteen yli menevän palkin pituus

$x/l$  on 0,5 joka kertoo taipuman paikan pituussuunnassa ja tässä tapauksessa se on palkin keskellä.

$$f_m = f_{m1} + 2 \cdot f_{m2} = 0,028 \text{ m} + 2 \cdot (-0,010 \text{ m}) = 0,008 \text{ m} \quad (5)$$

Täten taipumaksi saadaan 8 mm kasettilavan keskeltä, joka on sallittu arvo tässä soveluksessa.

Poikittaispalkkeina, pitkittäispalkkien välissä, käytettiin U160x80x5 U-profiileja. Ulkolaidoilla käytettiin RHS 100x50x3-kotelopalkkeja kasetin massan vähentämiseksi. Kotelopalkit hitsataan lyhyillä saumoilla, työn nopeuttamiseksi. Kotelopalkkia kevyempi ratkaisu olisi U-profiili. U-profiili on kuitenkin alttiimpi vesiroiskeille ja se pitäisi hitsata koko matkalta kiinni. Lisäksi kolhut pohjalevyyn voivat aiheuttaa U-profiiliin saamaan rakoja, joihin likavesi ja siten korroosio pääsevät käsiksi. Pohjalevynä käytettiin 5 mm:n paksuista RAEX-kulutusteräslevyä. (Kuva 6).



Kuva 6. Kasetin runkorakenne, ylösalaisin. (CAD-malli)

### 2.1.2 Akselit

Akselin tehtävä on pitää pyörä paikallaan. Akseleita kasettilavaan tarvitaan kahdeksan kappaletta, jokaiselle pyörälle omansa. Pyörän ja akselin väliin asennettiin vielä liuku-laakeri, jonka voitelu hoidetaan akselissa sijaitsevan rasvakanavan kautta. Laakerina käytettiin Johnson metallin J60x60-liukulaakeria. Laakerin valmistaja ohjeen mukaan voidaan pintapaineeksi sallia puolet materiaalin myötöraja-arvosta. Laakerin materiaali oli CuSn5Zn5Pb5-C jonka  $R_{p0,2}$  -arvo on 90 Mpa.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{8 \cdot d \cdot l} = \frac{30\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{8 \cdot (0,06 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ m})} = 10\,218\,750 \text{ Pa} \approx 10,2 \text{ Mpa}$$

(6)

p on yhteen laakeriin kohdistuva pintapaine  
 F on lavan massan aiheuttama voima  
 A on laakerin pinta-ala  
 m on kasetin massa kuormattuna  
 g on gravitaatiokiihtyvyys  
 8 on laakereiden lukumäärä  
 d on laakerin halkaisija  
 l on laakerin pituus

Täten laakeri kestää käyttötarkoituksessaan hyvin.

Pyörän laakeripesä sekä akseli mitoitettiin laakerivalmistajan ohjeiden mukaan, jolloin laakerin ja pyörän välille tuli ahdistusovite, laakerin ja akselin väliin välyssovite.

Akselista tehtiin halkaisijaltaan hieman pienempi kuin akseliholkit ovat, jotta akseli olisi helppo asentaa. Akseli kiinnitettiin paikoilleen M8-ruuvilla, joka ruuvattiin kiinni akseliholkkiin.

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{m \cdot g}{16 \cdot \pi \cdot (r_1^2 - r_2^2)} = \frac{30\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{16 \cdot \pi \cdot ((0,03 \text{ m})^2 - (0,0025 \text{ m})^2)}$$

$$= 6550951 \text{ Pa} \approx 6,6 \text{ MPa} \quad (7)$$

Tau on yhden akselin poikkileikkauspintaan kohdistuva leikkausjännitys (5, s. 12)

Q on kasettilavan aiheuttama voima

16 on akselien poikkileikkausalojen lukumäärä

A on yhden akselin poikkileikkauksen pinta-ala

r1 on akselin poikkileikkauksen säde

r2 on rasvakanavan poikkileikkauksen säde.

Akselit ovat reilusti ylimitoitettuja, mutta koska koko pyörien päällä lepäävän kasettilavan toiminnallisesti tärkeimmät osat ovat juuri pyörät, ei ylimääräisiä riskejä haluta ottaa.

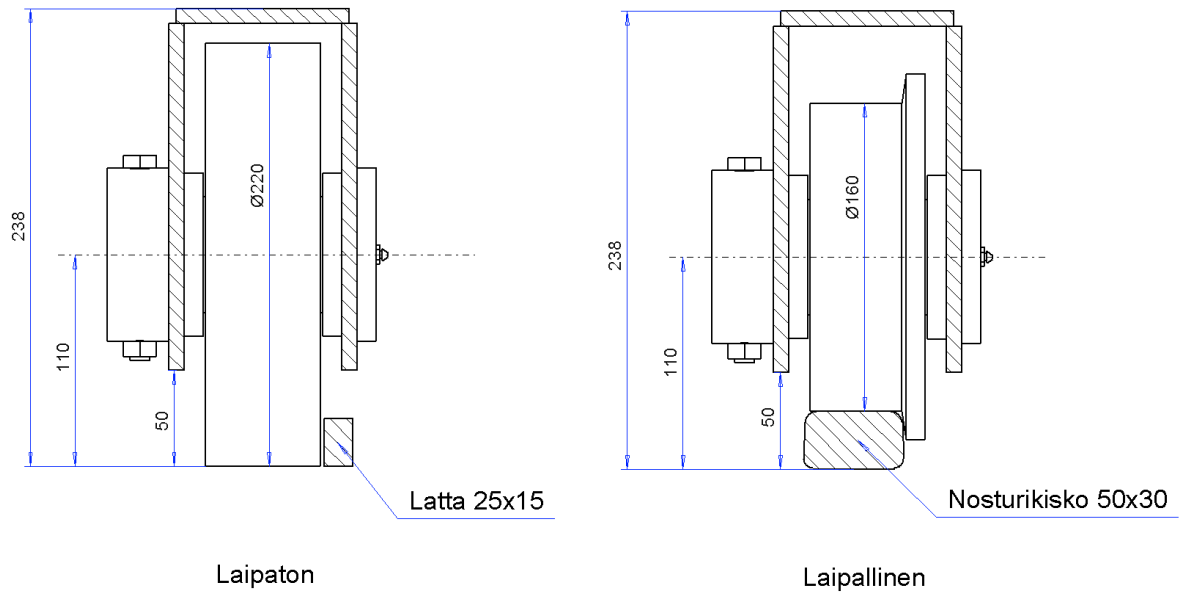
Kahdeksan akselin ratkaisu puolittaa rasitukset, jotka kohdistuisivat nelipyöräiseen ratkaisuun. Akselit sijoitettiin siten, että rasvanipat osoittavat ulospäin lavan keskikohdasta, jolloin rasvan lisääminen kasetin reunoilta on vaivatonta.

### 2.1.3 Pyörät

Pyöriä suunniteltiin kaksi erilaista, laipallinen sekä laipaton versio. Eri versiot on tarkoitettu eri ratkaisuihin sopiviksi. Laipatonta pyörää käytetään, kun perävaunussa tai kuorma-auton lavassa ei ole kiskoja, joita pitkin pyörät pyörisivät. Laipattoman mallin käytön yhteydessä on perävaunuun asennettava lattarauta ohjaamaan pyörän kulkua.

Laipalliset pyörät taas tarvitsevat kiskot niin perävaunun kuin kuorma-autonkin lavalle. Pyörän ja liukulaakerin välille tehtiin ahdistusovite. (Kuva 7).

Ensimmäisessä prototyypissä käytettiin laipallista pyörää, asiakkaan vaatimuksesta. Täten perävaunun alustaan hitsattiin kiskot.



Kuva 7. Laipattoman ja laipallisen pyörän mittoja. Äärikorkeus ei muutu vaikka pyörä vaihdetaan. Latta 25x15 estää laipatonta pyörää putoamasta perävaunun alustalta.

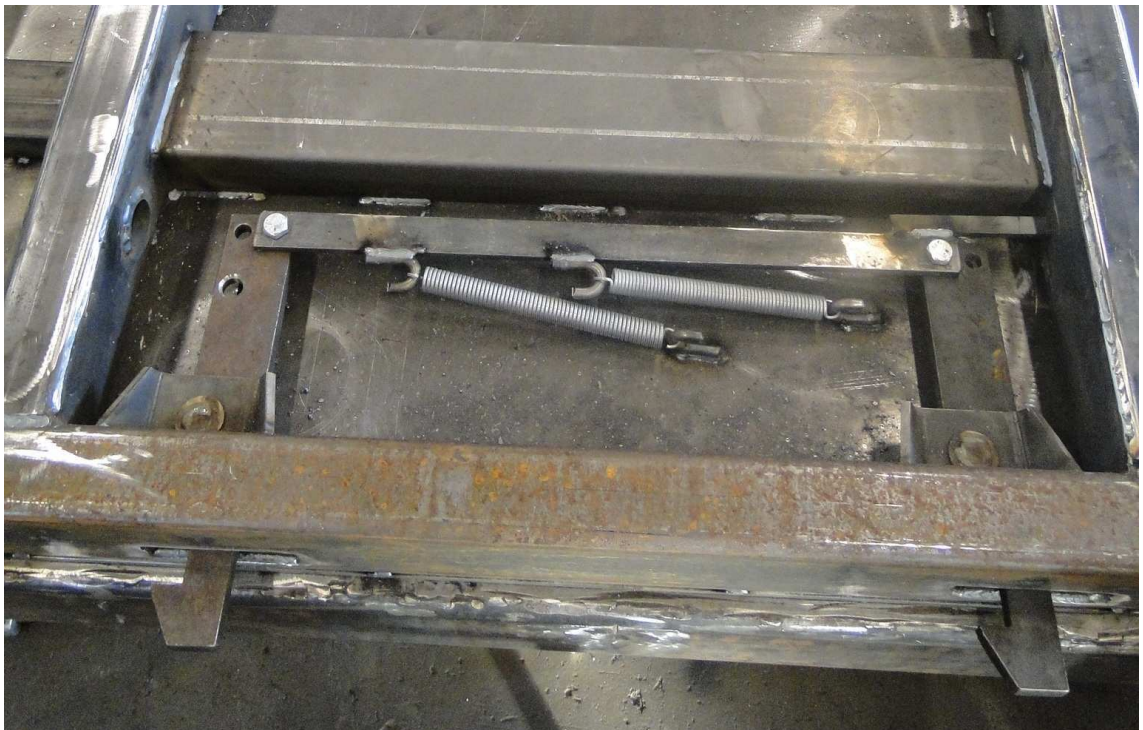
#### 2.1.4 Etupalkki

Etupalkkina käytettiin U120x80x6 U-profiilipalkkia. Etupalkin läpi viedään tartuntakoukku, joka lukitsee kasettilavan kuorma-auton lavalle kasetointivaiheessa. Koukku on kiinnitettävä tukevasti, koska sen täytyy kestää koko kasettilavan massa kippaustilanteessa. Pelkkä kiinnitys etupalkkiin ei ole riittävä, vaan koukun kiinnitys tulee varmistaa ylimääräisellä palkilla. Koukku ei lähdetty suunnittelemaan uudestaan, koska Elg-yhtiöiden vanha koukku on hyvä ratkaisu.

### 2.1.5 Takapalkki

Kasettilavan takapalkiksi valittiin RHS 120x80x6-kotelopalkki. Takapalkin kokoon on kiinnitettävä huomiota, ettei se kasetointivaiheessa osu perävaunun alustan lukkoihin. Takapalkin korkeus on hyvä ottaa huomioon myös kasetointikulmaa ajatellen. Kasetointikulmalla tarkoitetaan sitä kulmaa, joka syntyy kun perävaunu on korkeammalla kuin kuorma-auto. Kulman ollessa liian suuri, kasetin etu- ja takapalkki osuvat kiskoihin ja kasetointi on keskeytettävä.

Takapalkkiin on kiinnitetty kasettilavan perälaudan avausmekanismi (kuva 8).



Kuva 8. Kasetin perälaudan avausmekanismi. Kuvasta puuttuu ketju joka tulee vasemmassa kotelopalkissa olevan reiän läpi. Ketju välittää voiman, joka vetää mekanismin auki.

### 2.1.6 Lukitukset

Perävaunun alustasta löytyy lukitusmekanismi joka lukitsee kasettilavan. Kasettilavan pohjaan suunniteltiin lukitusmekanismin vastakappaleet. Vastakappaleet vastaanottavat jarrutuksessa aiheutuvat voimat, joten niiden tulee olla vahvat. Vastakappaleet kiinnitettiin muita poikkipalkkeja raskaampaan U200x90x10 U-profiilipalkkiin.

Vastakappaleet on ylimitoitettu vaaratilanteiden välttämiseksi. Jarrutuskiiihtyvyydeksi valittiin laskuissa  $-10 \text{ m/s}^2$ , joka on huomattavan suuri. Tavallisessa liikenteessä ei synny näin suuria kiihtyvyyksiä. Onnettomuudet ja kolaritilanteet on syytä ottaa huomioon, jolloin kiihtyvyydet voivat olla rajuja.

$$v = v_0 + at \rightarrow v - v_0 = at \rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - \frac{80 \text{ km/h}}{3,6}}{-10 \text{ m/s}^2} = 2,22 \text{ s} \quad (8)$$

$v$  on nopeus lopussa  
 $v_0$  on alkunopeus  
 $a$  on kiihtyvyys  
 $t$  on aika

Laskusta näemme, että kuorma-auton tulisi pysähtyä täydestä vauhdista noin 2,2 sekunnissa, mikä ei kuvasta todellista tilannetta.

$$F = m \cdot a = 30\,000 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 300\,000 \text{ N} \quad (9)$$

$F$  on jarrutuksessa syntyvä voima  
 $m$  on lavan massa  
 $a$  on kiihtyvyys

$$A = 46,915 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm} = 2,345 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (10)$$

$A$  on vastakappaleen poikkileikkauksen pienin pinta-ala

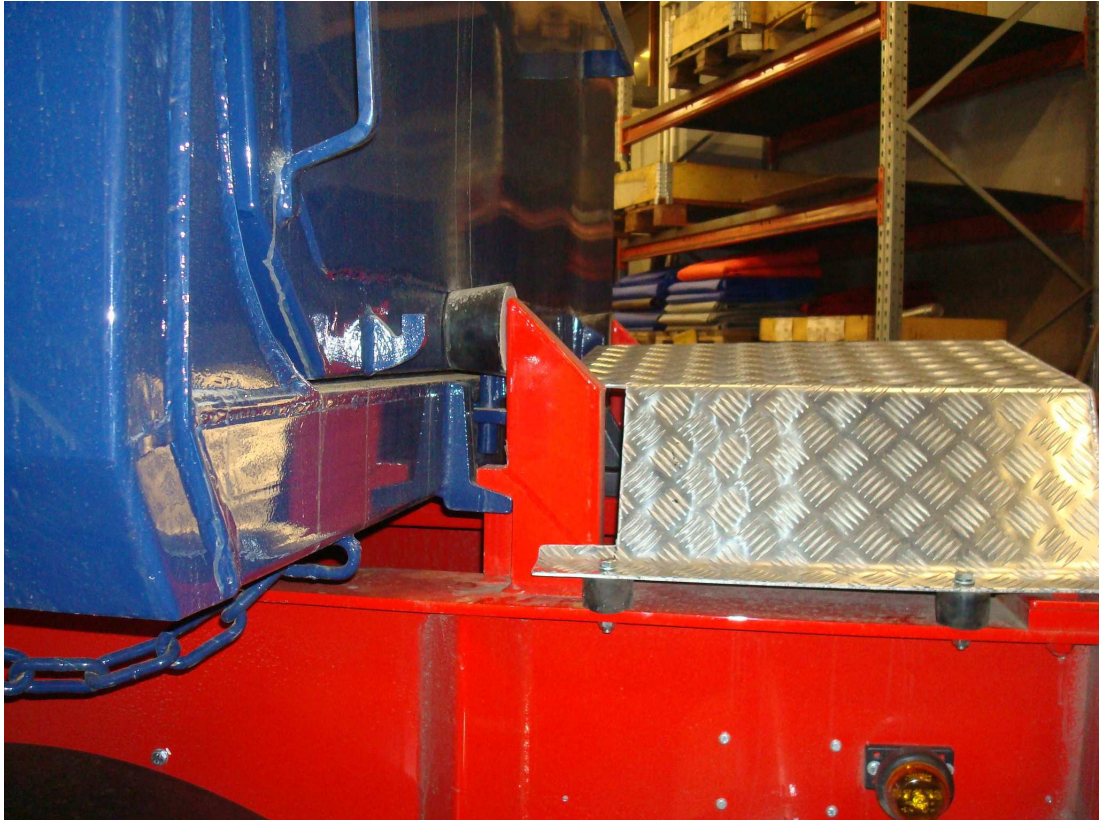
$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 300\,000\,N}{2,345 \cdot 10^{-3} m^2} = 63\,945\,433\,Pa \approx 63,9\,MPa \quad (11)$$

Tau on vastakappaleeseen kohdistuva leikkausjännitys  
F kerrotaan puolella, koska vastakappaleita on kaksi.

Laskuista huomaamme vastakappaleiden olevan riittävän kestäviä, vaikka kyseessä on lähes mahdottoman tehokas jarrutus. Vastakappaleiden materiaalina käytetään S355-terästä. Teräksen S355 leikkausmyötöraja on  $0,6 \times 355\,MPa = 213\,MPa$ . Varmuuskerrotimeksi tulee tällöin  $213\,MPa / 64\,MPa = 3,3$ .

Jokaisen kasetin ja perävaunun alustan ollessa yksilö, vastakappaleiden sijoituspaikat vaihtelevat. Vastakappaleet on sijoitettava kasettikohtaisesti, joten niiden paikan mittaaminen työpiirustuksiin on hankalaa.

Perävaunun alustassa on lisäksi koukut, jotka tarttuvat kasettilavan takapalkkiin. Koukut vastaanottavat kiihdytyksessä syntyviä voimia sekä pitävät kasetin takapään paikoillaan. Takapään koukuissa ei ole mekanisme, ne kiilautuvat paikoilleen kasettilavan palatessa kuorma-auton lavalta kasetoinnissa. Alustan peräpäässä on myös kumistopparit jotka estävät kasetin perälautaa avautumasta kuljetusvaiheessa. (Kuva 9).



Kuva 9. Kasetti (sininen) ja perävaunun alustan koukut (punainen) kumistoppareineen.

## 2.2 Toinen prototyyppi

Ensimmäisen prototyypin käyttökokemukset osoittivat rakenteen toimivan. Valmistuksellisesti kuusimetristen kotelopalkkien kanssa työskentely oli hankalaa, joten tämä huomioitiin uudessa ratkaisussa. Suunniteltiin ”pyöräpaketti”, jossa pyörille valmistetaan erillinen kotelo, joka hitsataan lavan pohjaan oikealle kohdalle. Pyöräpaketti jakaa työvaiheita, joten niitä voidaan valmistaa kerralla useampi, jos tiedetään tulevista tarpeista. Lisäksi työtä voidaan jakaa helpommin useammalle työntekijälle.

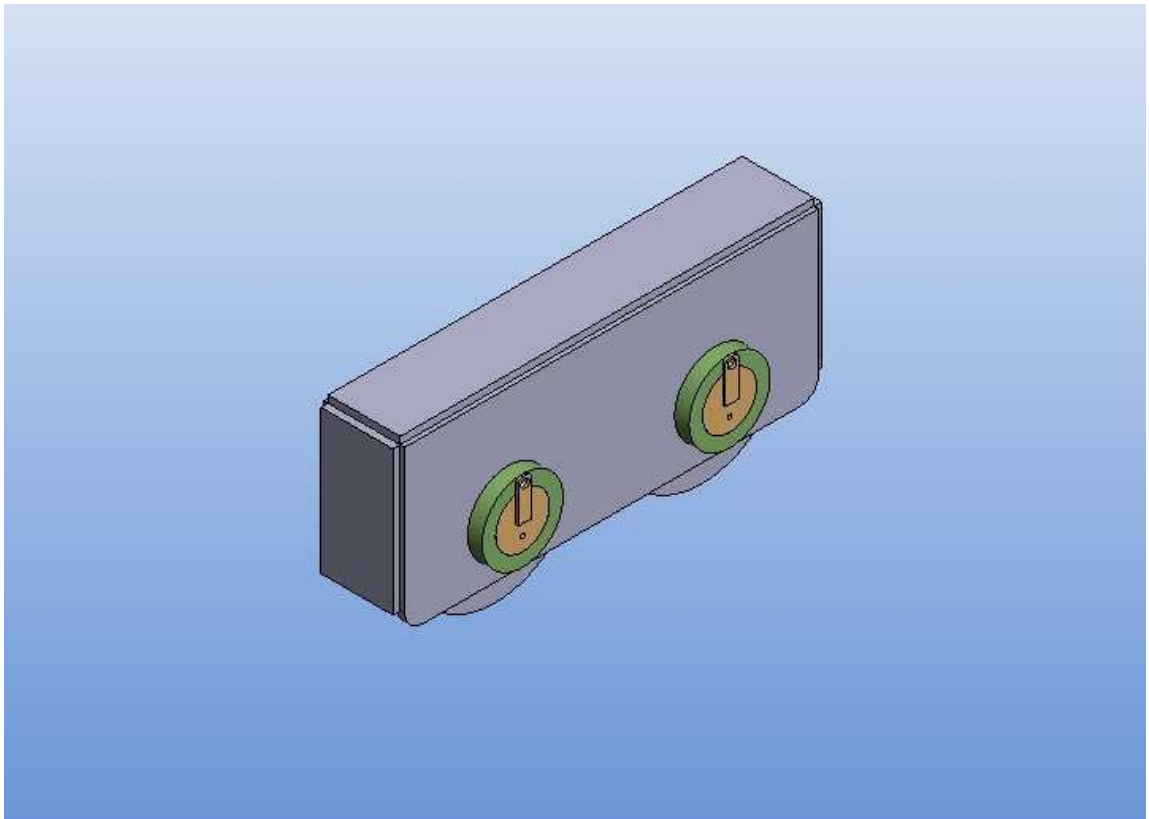
Toisessa prototyypissä korvattiin molemmat kuusimetrisistä putkipalkeista kolmella lyhyemmällä putkipalkilla. Näin osien liikuttelu ja paikalleen asennus helpottuu. Lisäksi etupalkin U-profiili vaihdettiin takapalkin kanssa samankokoiseksi RHS-kotelopalkiksi. Etu- ja takapalkin valmistaminen samasta palkista vähentää osien määrää ja työ nopeutuu, koska palkkien äärimitat ovat samat.



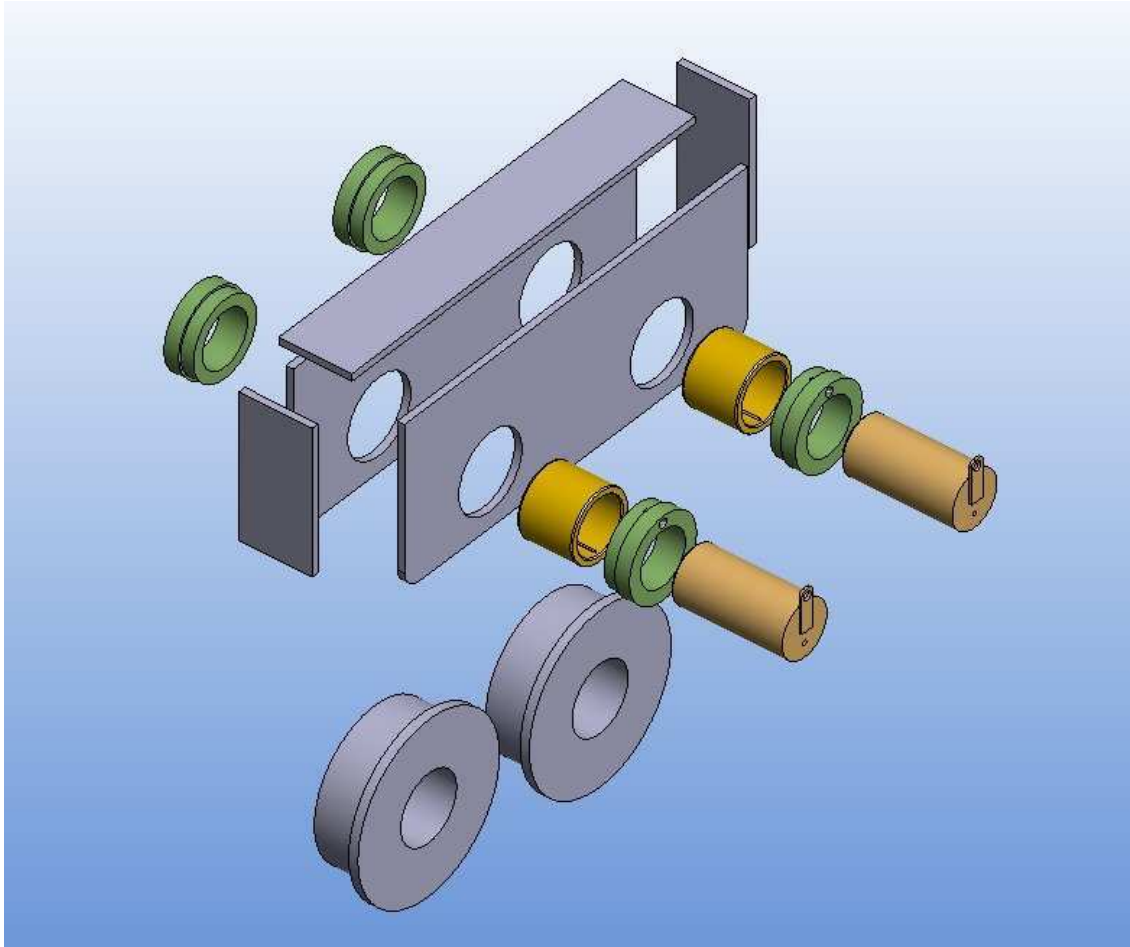
### 2.2.1 Pyöräpaketti

Pyöräpakettiin sijoitettiin kaksi pyörää, jolloin paketteja tarvitaan yhteensä neljä kappaletta. Pyöräpaketin runko valmistettiin 8 mm:n teräslevystä. Levyt hitsattiin koteloksi, johon leikattiin reiät akseliholkkeja varten. Pyöräpaketti mitoitettiin soveltuvaksi laipattomalle ja laipalliselle pyörälle. (Kuva 10).

Akseliholkit on sorvattu ainesputkesta. Ensimmäisessä prototyypissä akseliholkit olivat hitaat asentaa mittatarkkuuden takia. Pyörälle jätetään molemmilta sivuilta 1 mm pyörimistilaa, jolloin on tärkeää saada akseliholkit oikeille etäisyyksille toisistaan. Pyöräpaketin akseliholkkeihin sorvattiin laipat, jotka helpottavat ja nopeuttavat akseliholkkien asentamista poistamalla mittaustarpeen asennusvaiheessa. (Kuva 11).



Kuva 10. Pyöräpaketti (CAD-mallinnus)



Kuva 11. pyöräpaketin rakenteen räjäytyskuva (CAD-mallinnus)

### 2.2.2 Etupalkki

Toisen prototyypin etupalkki, U120x80x6 U-profiilipalkki korvattiin RHS 120x80x6-kotelopalkilla, jota käytettiin aiemmassa prototyypissä takapalkkina. Palkkien yhtenäistäminen vähentää varastossa olevien palkkien määrää. Etupalkin läpi viety tarttumakoukku kiinnittyy tukevammin kotelopalkkiin, jolloin lisäkiinnikkeiden määrä vähenee. Etu- ja takapalkki eivät ole identtisiä osia, vaikka ulkomitat ovat samat. Palkeilla on eri käyttötarkoitus, joten niihin tehdyt reiät ja aukot ovat erilaiset.

### 2.3 Lopullinen malli

Lopullista mallia ei ehditty työn aikana valmistaa, ja sen suunnittelu jäi ideatasolle. Pyöräpaketin rakennetta parannettiin pidentämällä sen reunoja niin, että pyöräpakettiin muodostuu kotelopalkille "tasku", joka nopeuttaa asennusta huomattavasti.

Myös akselin kiinnitystä mietittiin uudelleen. Asiakkaalta oli pudonnut yksi akseleista työkäytössä. Tilanne oli helppo korjata toimittamalla uusi akseli. Akselin kiinnitys hoidetaan jatkossa pidentämällä sitä. Pidempään akseliin ja akseliholkkiin voidaan porata läpireikä. Tällöin akselin kiinnittäminen onnistuu pultilla ja mutterilla.

### 3 Yhteenveto

Tämän työn aloitusvaiheessa oli idea valmiina ja tiedettiin mitä haluttiin. Elg-yhtiöillä ei ollut valikoimissaan pyörien päällä lepäävää kasettiratkaisua. Tavoite täyttyi ja työn tuloksena syntyi pyörien päällä lepäävä kasettimalli. Kasetin rakenteesta tuli hyvää palautetta, jota hyödynnettiin seuraavissa suunnitteluissa.

Ensimmäinen prototyyppi valmistettiin suoraan asiakkaalle. Tarkoituksena oli löytää suurpiirteiset ominaisuudet lavan rakenteeseen ja pyörien kiinnitykseen. Runkorakenne oli toimiva ratkaisu. Yksittäiset osat olivat valmistuksen kannalta liian suuria ja kömpelöitä. Ensimmäisestä prototyypistä saatiin paljon hyviä vinkkejä seuraavaa prototyyppiä ajatellen.

Toisessa prototyypissä käytettiin pyöräpakettia, joka nopeutti valmistusta toivotulla tavalla. Myös lyhyemmät palkit helpottivat rakennusvaihetta. Akseliholkkeihin koneistettiin laipat, jotka nopeuttivat ja helpottivat pyöräpaketin valmistusta. Asiakas ilmoitti yhden akselin pudonneen, jolloin huomio kiinnitettiin uuteen akseliratkaisuun lopullista mallia varten.

Lopullista mallia ei aloitettu rakentamaan, koska tilausta ei ole tehty. Lopullisen mallin piirustukset tehtiin valmiiksi, odottamaan tulevaa tilausta. Uusi pyöräpaketti tulee nopeuttamaan valmistamista. Uusi akselikiinnitys suunniteltiin ja se tulee oletetusti kestämään paremmin kuin vanha malli.

## Lähdeluettelo

- [1] Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta 670/1997 25§
  
- [2] Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta 670/1997 23§
  
- [3] Elg, Tommi. *Kuorma-auton automaattikasetin kehitys*. Insinööriyö. Stadia: Helsinki. 2005
  
- [4] Valtanen, Esko – Sikanen, Pekka. *Koneenrakentajan taulukkokirja*. Gummerus Oy: Jyväskylä. 1988.
  
- [5] Karhunen, Jouko – Lassila, Veikko – Pyy, Seppo – Ranta, Aarno – Räsänen, Satu – Saikkonen, Matti – Suosara, Eero. *Lujuusoppi*. Otatieto: Helsinki. 2006.

Liite 1. Pyörien päällä lepävään kasettilavan käyttöohje

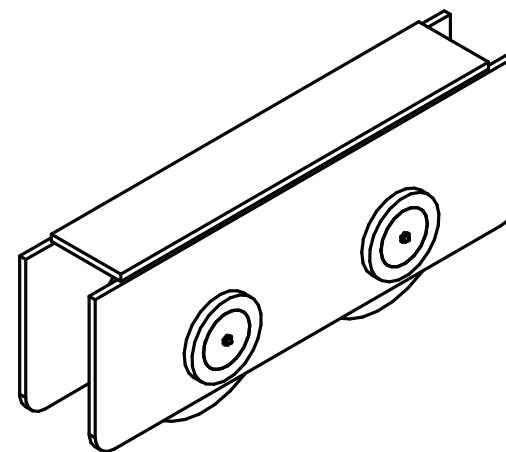
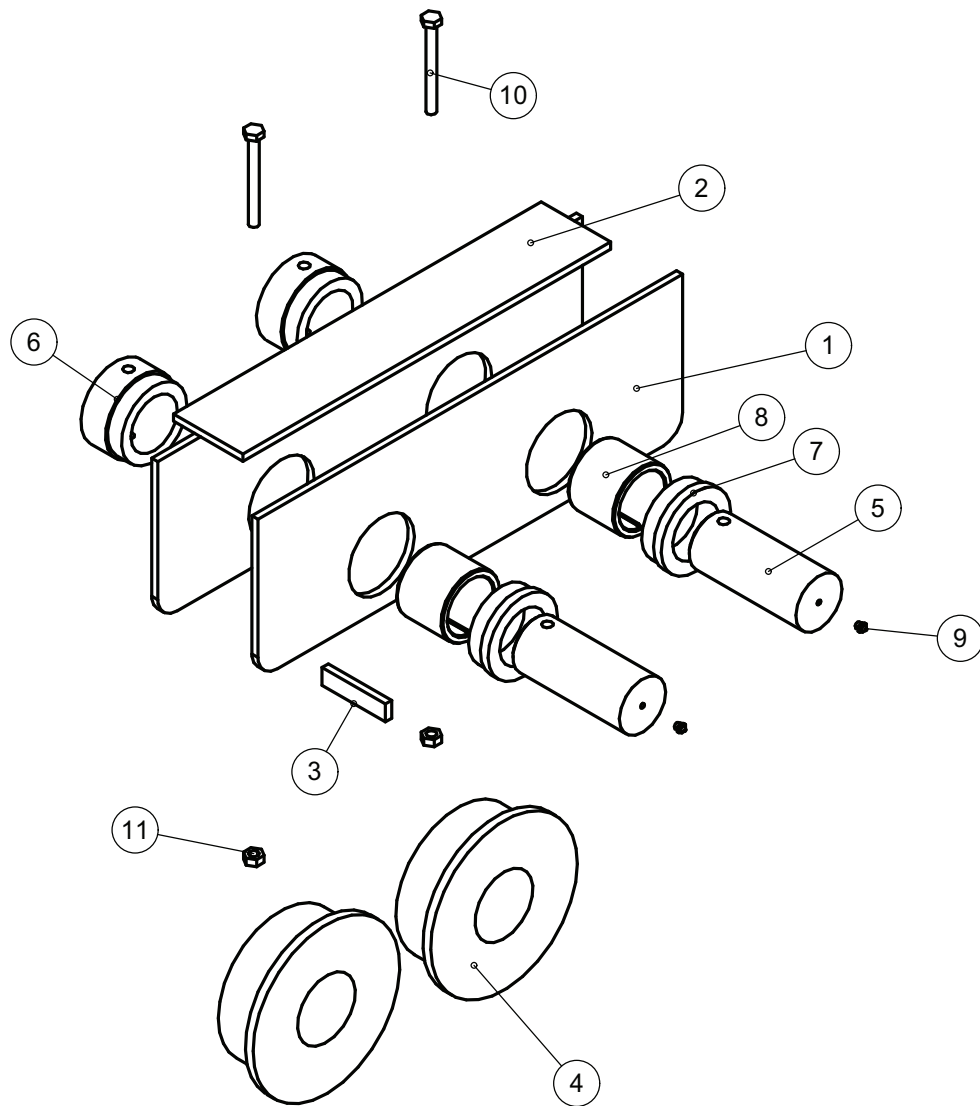
## KÄYTTÖOHJE

PYÖRIEN PÄÄLLÄ LEPÄÄVÄ ( **aisannosto hytistä** )

- 1 Pysäköi ajoneuvoyhdistelmä kasetointia varten paikkaan, jossa et ole esteenä tai aiheuta vaaraa muille tiellä liikkujille.
- 2 Kytke seisontajarru päälle ja nouse autosta varoen liikennettä.
- 3 Irrota perävaunun jarruletkut, sähköpistokkeet ja laita vetokidan paineilmamekanismin käyttökytkin auki -asentoon.
- 4 Käy tyhjentämässä ensin auton lava, jätä perälaita ylös.
- 5 Peruuta auto perävaunun alustaan kiinni siten, että perävaunun alustan etupalkin kartiopiikit osuvat auton lavan peräpalkin reikiin.
- 6 Kytke seisontajarru päälle, laita voiman ulosotto päälle ( jos tarvitaan ), aja kasetointi kytkimestä ylöspäin jolloin kasetti lähtee tulemaan eteenpäin. Aja kasetti etulukkoon saakka. **ÄLÄ KOSKAAN MUUTA KASETTIN KULKUSUUNTAA YHTÄKÄÄN!!** ( **Moottorin akselitiiviste voi vaurioitua** ).
- 7 Tarkkaile peilistä katsomalla ja ” korvakuulolla ”, että kasetin etukoukku lukittuu auton lavan etuseinässä olevaan lukkolaitteeseen. Varmista, että kasetti on lukittunut kunnolla.
- 8 Käy tyhjentämässä kasetti.
- 9 Peruuta auto kartiopiikkeihin (ks. kohta 5)
- 10 Paina etulukon avauskytkin auki -asentoon.
- 11 Aja käyttökytkimestä kasetti takaisin perävaunun alustalle lukkoihin saakka.
- 12 Aja auto niin pitkälle että vetoaisa mahtuu nousemaan.
- 13 Paina hytissä oleva vetoaisan nostokytkin virralliseksi ( samalla kytkeytyy perävaunun jarru päälle ).
- 14 Nouse autosta varoen liikennettä ja kytke sähköpistokkeet ja jarruletkut ( **NIMENOMAAN TÄSSÄ JÄRJESTYKSESSÄ** ), jolloin vetoaisa nousee kytkentä korkeudelle.
- 15 Käännä vetokidan aukaisuventtiili KIINNI asentoon. Peruuta auto niin, että vetosilmukka osuu vetokytkimeen ja lukittuu. Paina vetoaisan nostokytkin virrattomaksi. Tarkasta myös, että ajoneuvoyhdistelmä on silmämääräisesti kunnossa ennen kuin lähdet liikenteeseen.

## Liite 2. Pyöräpaketin työpiirustukset

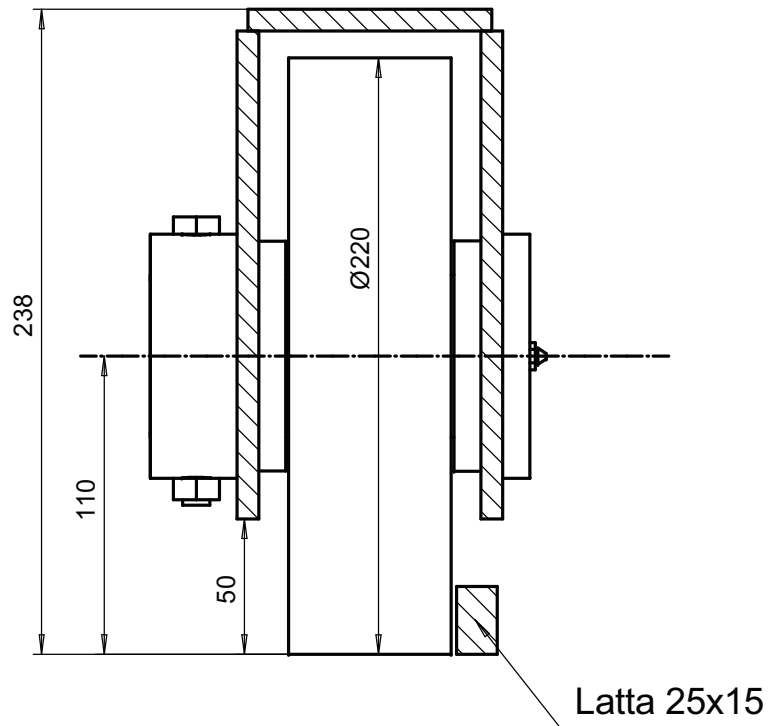




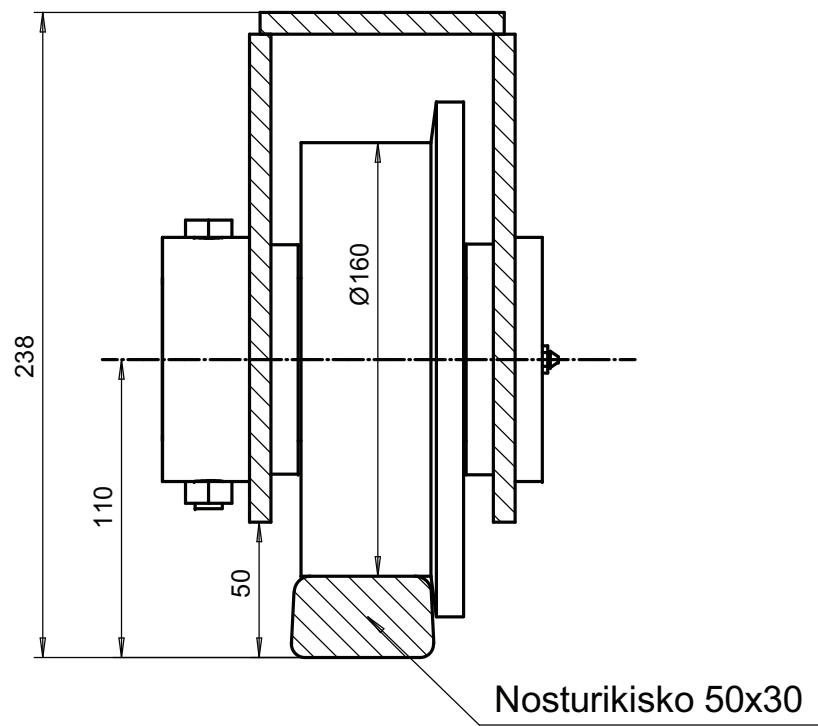
Kasettilavaan tarvitaan 4 pyöräpakettia

11		DIN_EN_24032-M10		M10 Mutteri			2
10		DIN_EN_24014-M10x100		M10x100 Pultti			2
9	rasvanippa			M5			2
8	18_07	Liukulaakeri		J60x60 Johnson metal			2
7	18_11	Holkki, ulkopuolinen		Ø90x28		S355	2
6	18_01	Holkki, sisäpuolinen		Ø90x50		S355	2
5	18_02	Akseli		Ø60x140		S355	2
4	18_04 / 18_18	Pyörä, laipallinen / laipaton					2
3	18_23	Latta 82x20x8		82x20 PL8		S355	1
2	18_22	Latta 476x90x8		476x90 PL8		S355	1
1	18_20	Tukilevy PL8		550x180 PL8		S355	2

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Pyöräpaketin kokoonpano Pyörien päällä lepäävä		
Massa		1:5	Liittyy				
49.302 kg			Projekti Lehtonen Kari 2011				
Suunn	30.5.2011 SL				Ent.	Uusi	
Tark.					18_21b		

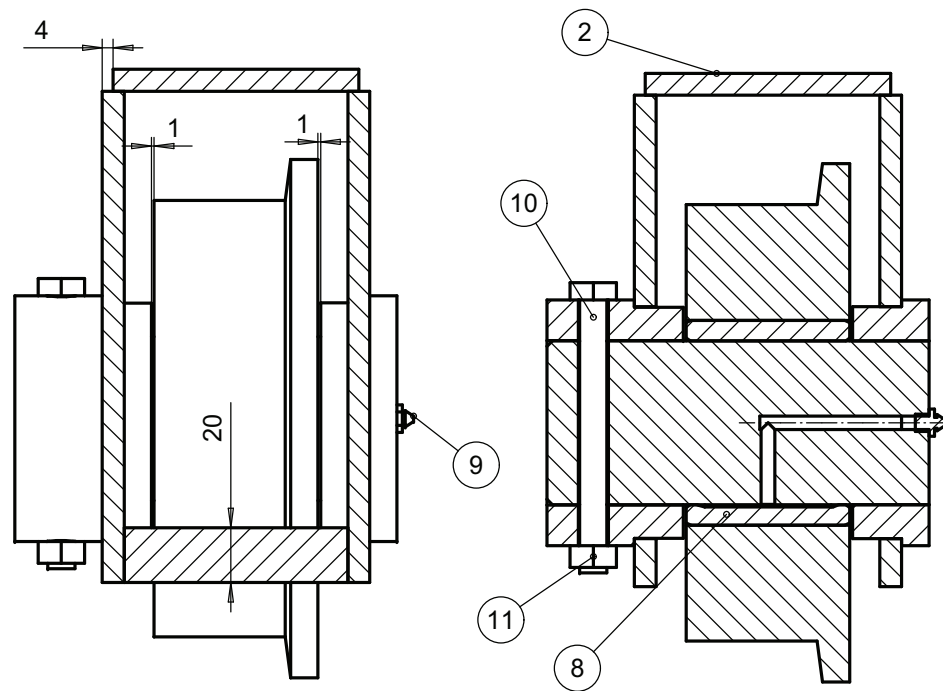
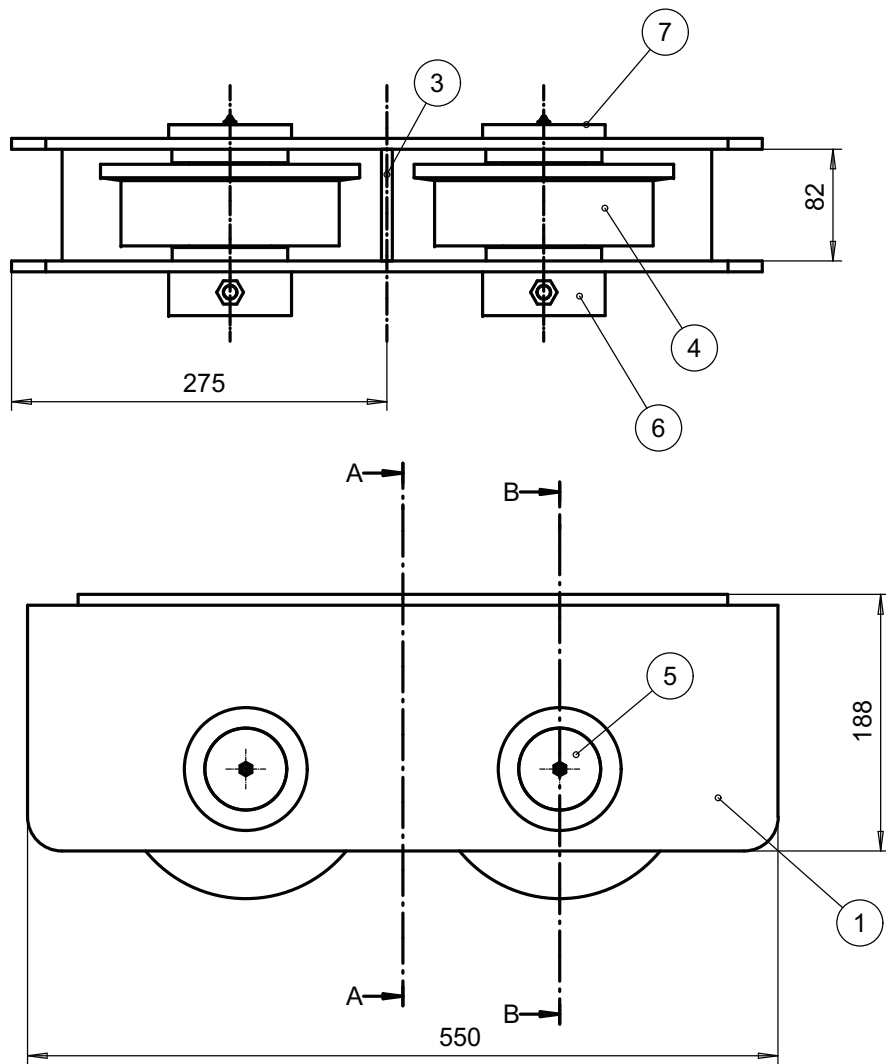


Laipaton



Laipallinen

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Laipallinen / Laipaton		
Massa 49.302 kg		1:2	Liittyy		Pyörien päällä lepäävä		
Suunn. 27.5.2011 SL	Projekti Lehtonen Kari 2011		Ent.		Uusi		
Tark.					18_21c		
Hyv.							



A-A  
1:2

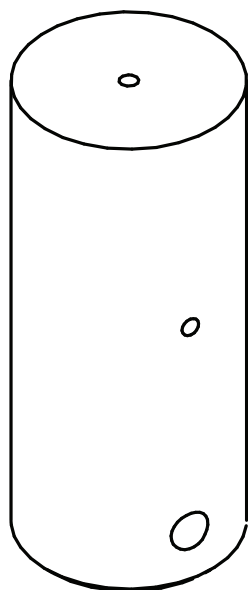
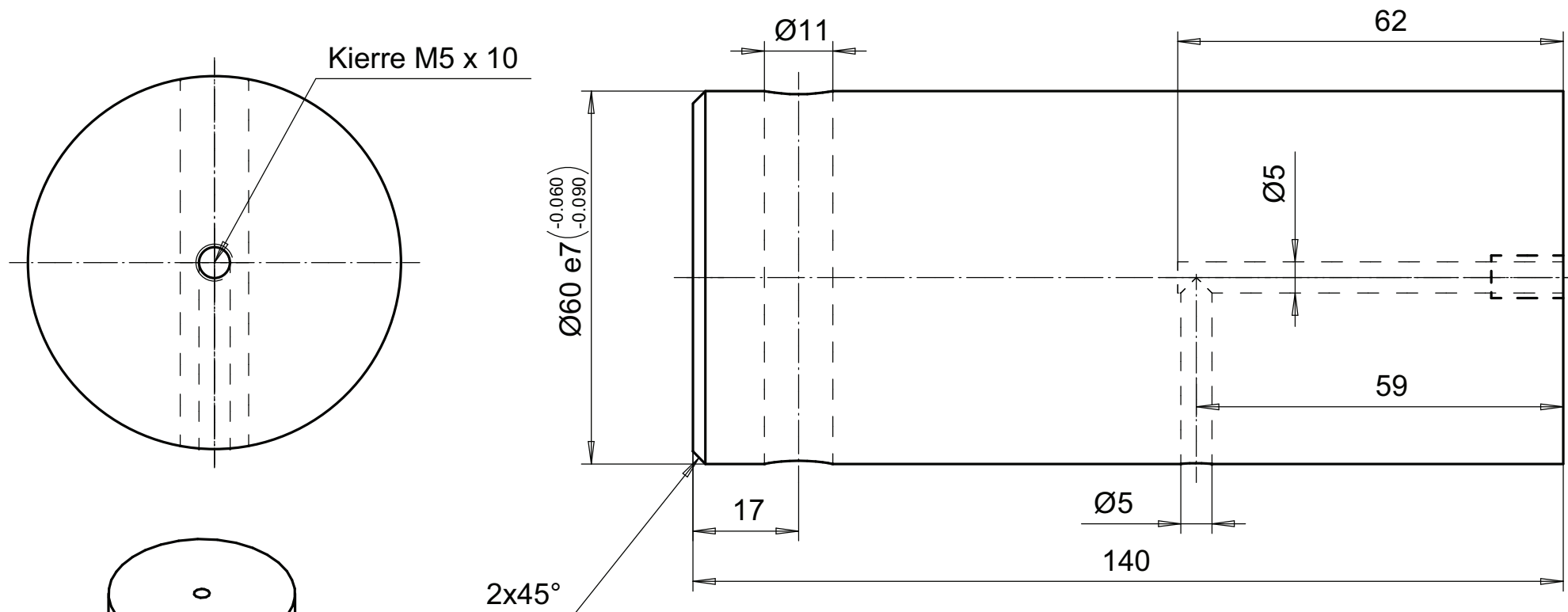
B-B  
1:2

11		DIN_EN_24032-M10		M10 Mutteri			2
10		DIN_EN_24014-M10x100		M10x100 Pultti			2
9	rasvaniippa			M5			2
8	18_07	Liukulaakeri		J60x60 Johnson metal			2
7	18_11	Holkki, ulkopuolinen		Ø90x28	S355		2
6	18_01	Holkki, sisäpuolinen		Ø90x50	S355		2
5	18_02	Akseli		Ø60x140	S355		2
4	18_04 / 18_18	Pyörä, laipallinen / laipaton					2
3	18_23	Latta 82x20x8		82x20 PL8	S355		1
2	18_22	Latta 476x90x8		476x90 PL8	S355		1
1	18_20	Tukilevy PL8		550x180 PL8	S355		2

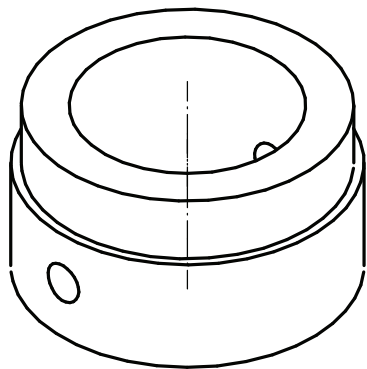
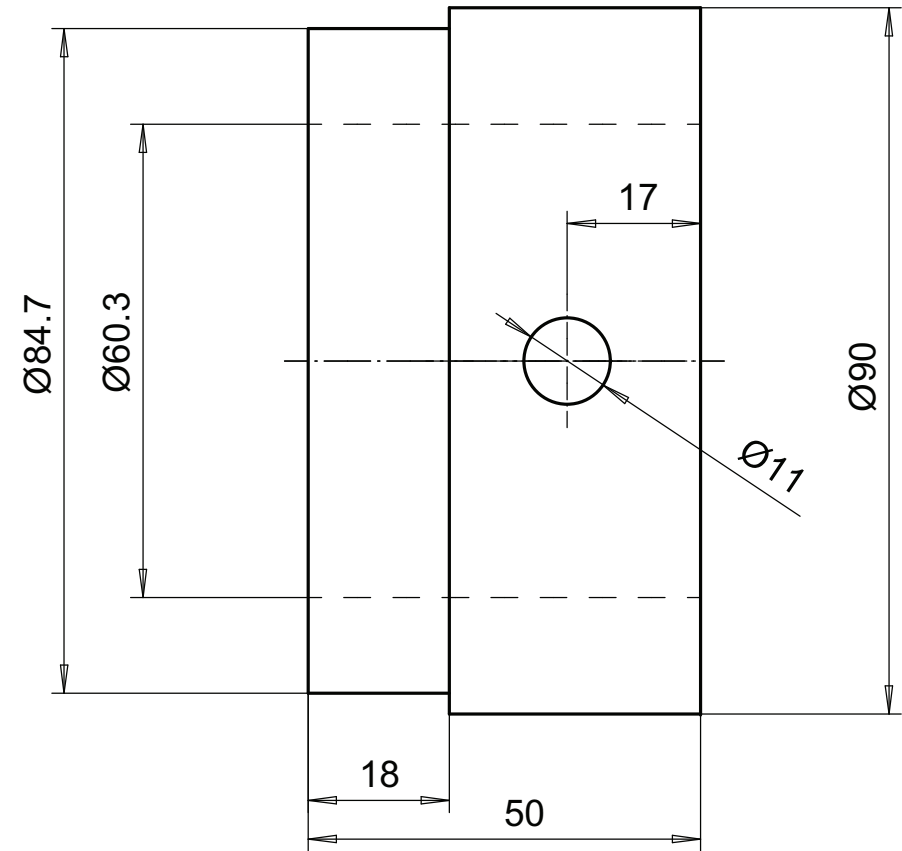
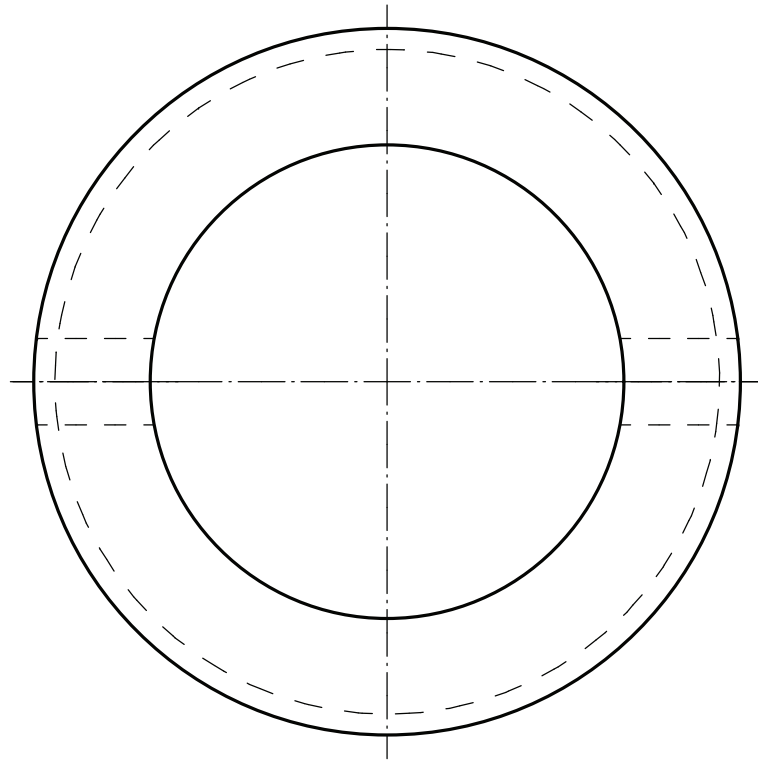
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
-----	---------------------------------	-------------------------------------	---------------------------	----------------------------	-------	-------	-----

Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Pyöräpaketti				
Massa		1:4 (1:2)	Liittyy	Pyörän päällä lepäävä				
49.302 kg			Projekti	Lehtonen Kari 2011				
Suunn	30.5.2011 SL				Ent.	Uusi		
Tark.					18_21			
Hyv.								

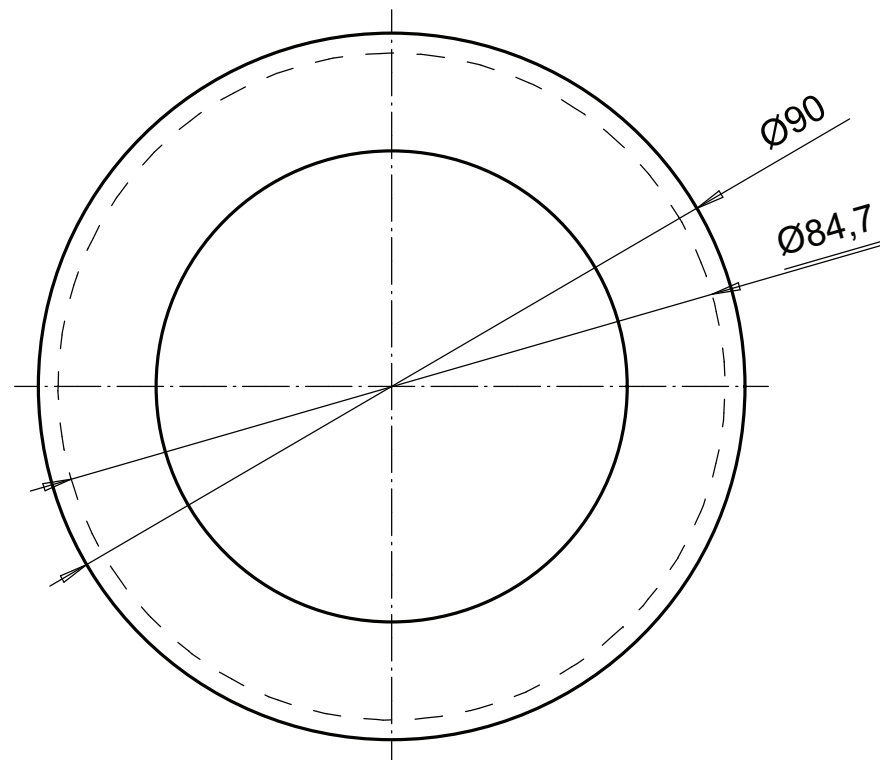
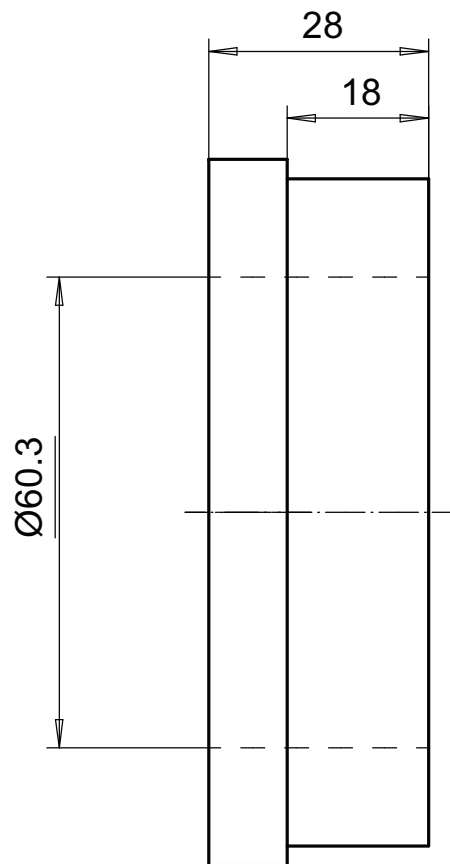
Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv	Hyv.
--------	--------	-----	--------	-----	------



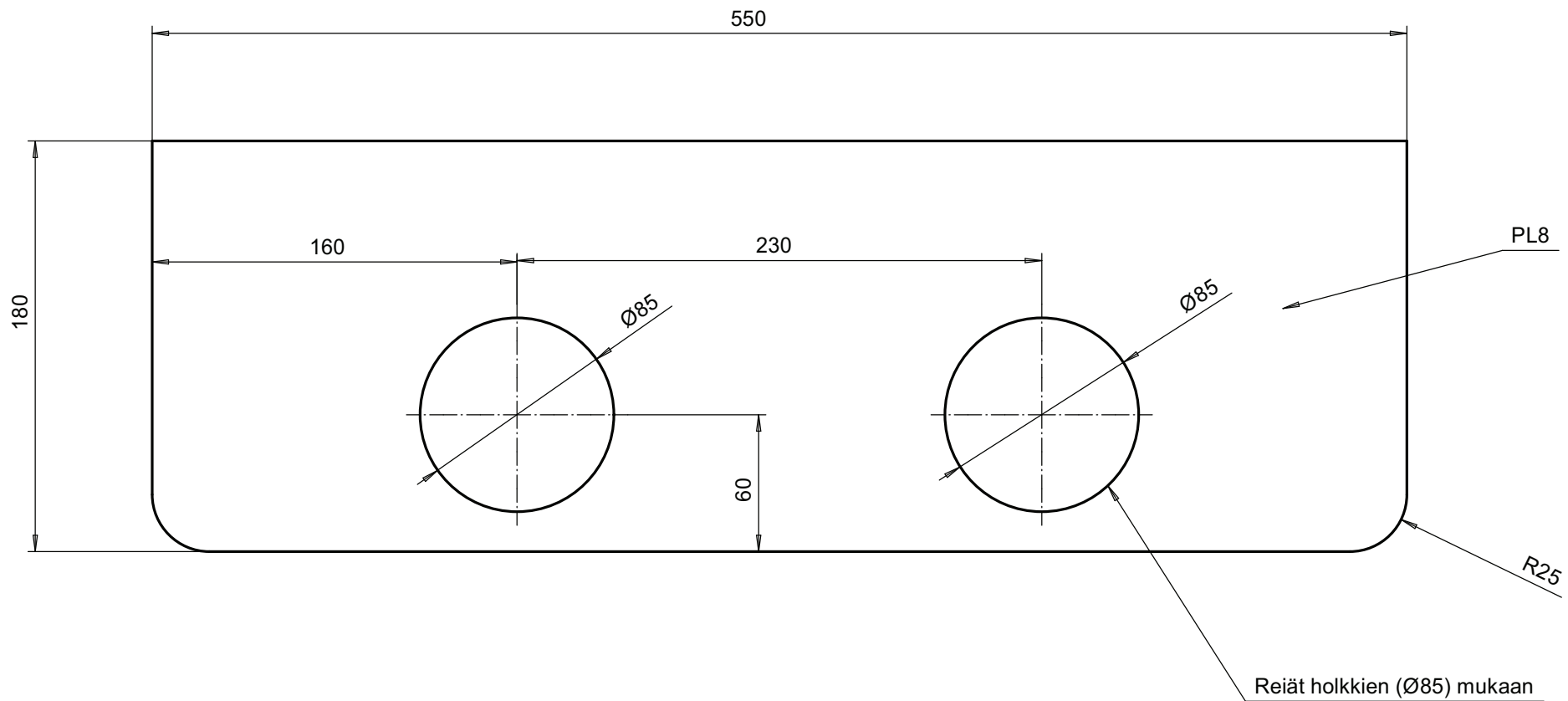
	18_02	Akseli		$\varnothing 60 \times 140$		S355	8
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava  1:1 (1:2)	Tuote		Akseli Pyöräpaketti Pyörien päällä lepäävä		
Massa  kg			Liittyy				
Suunn		27.5.2011 SL	Projekti Lehtonen Kari 2011		Ent.		Uusi
Tark.					18_02		
Hyv.							




	18_01	Holkki, ainesputki		Ø90x50		S355	8
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava  1:1 (1:2)	Tuote		Holkki, sisäpuolinen		
Massa  kg			Liittyy		Pyöräpaketti		
Suunn		27.5.2011 SL	Projekti Lehtonen Kari 2011		Pyörien päällä lepäävä		
Tark.					Ent.	Uusi	
Hyv.					18_01		

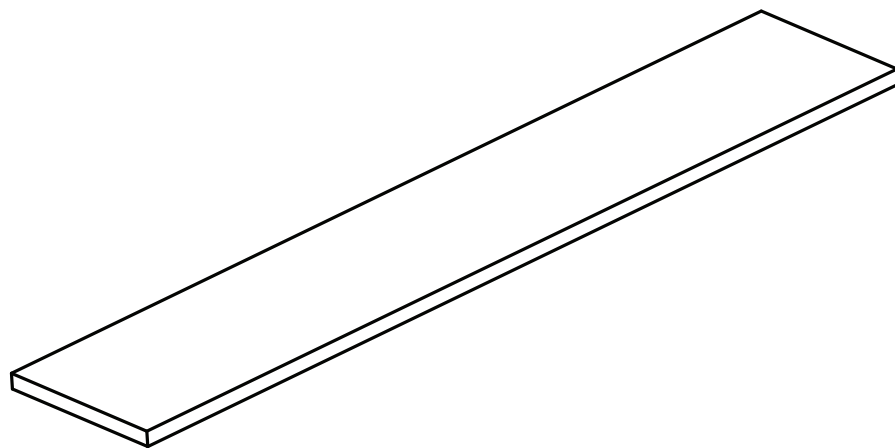
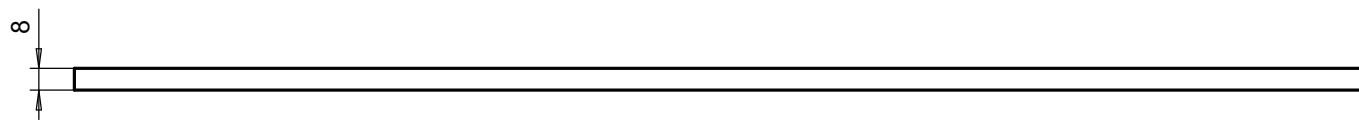
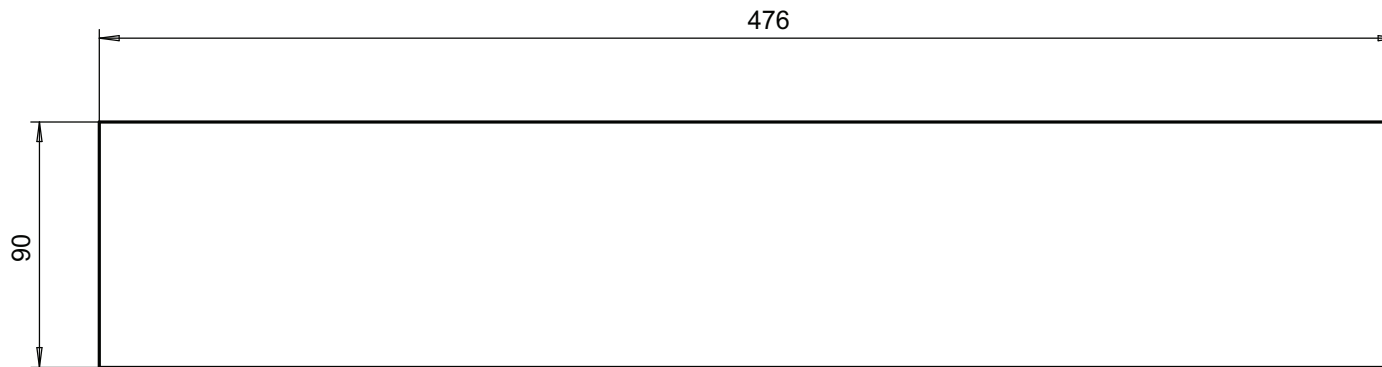



	18_11	Holkki, ainesputki		Ø90x28		S355	8
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava  1:1	Tuote		Holkki, ulkopuolinen Pyöräpaketti Pyörien päällä lepäävä		
Massa  kg			Liittyy				
Suunn 27.5.2011 SL		Projekti Lehtonen Kari 2011		Ent.			
Tark.						18_11	
Hyv.							



	18_20	Tukilevy		550x180 PL8		S355K2G3	8
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Tukilevy PL8		
Massa		1:2	Liittyy		Pyöräpaketti		
Suunn		27.5.2011 SL	Projekti		Pyörien päällä lepäävä		
Tark.			Lehtonen Kari 2011		Ent.		
Hyv.					Uusi		
					18_20		

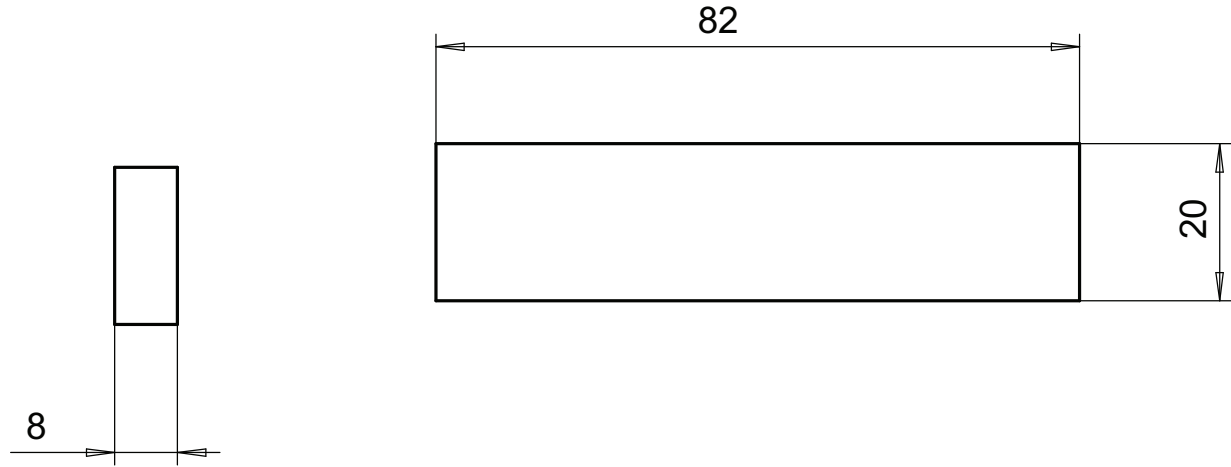
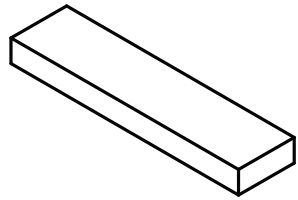
Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv.
--------	--------	-----	--------	------



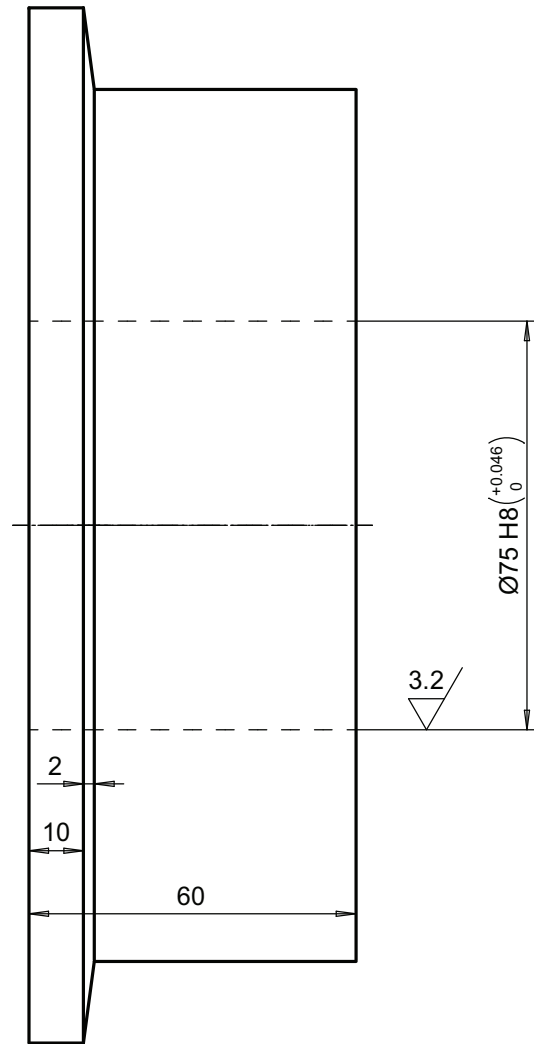
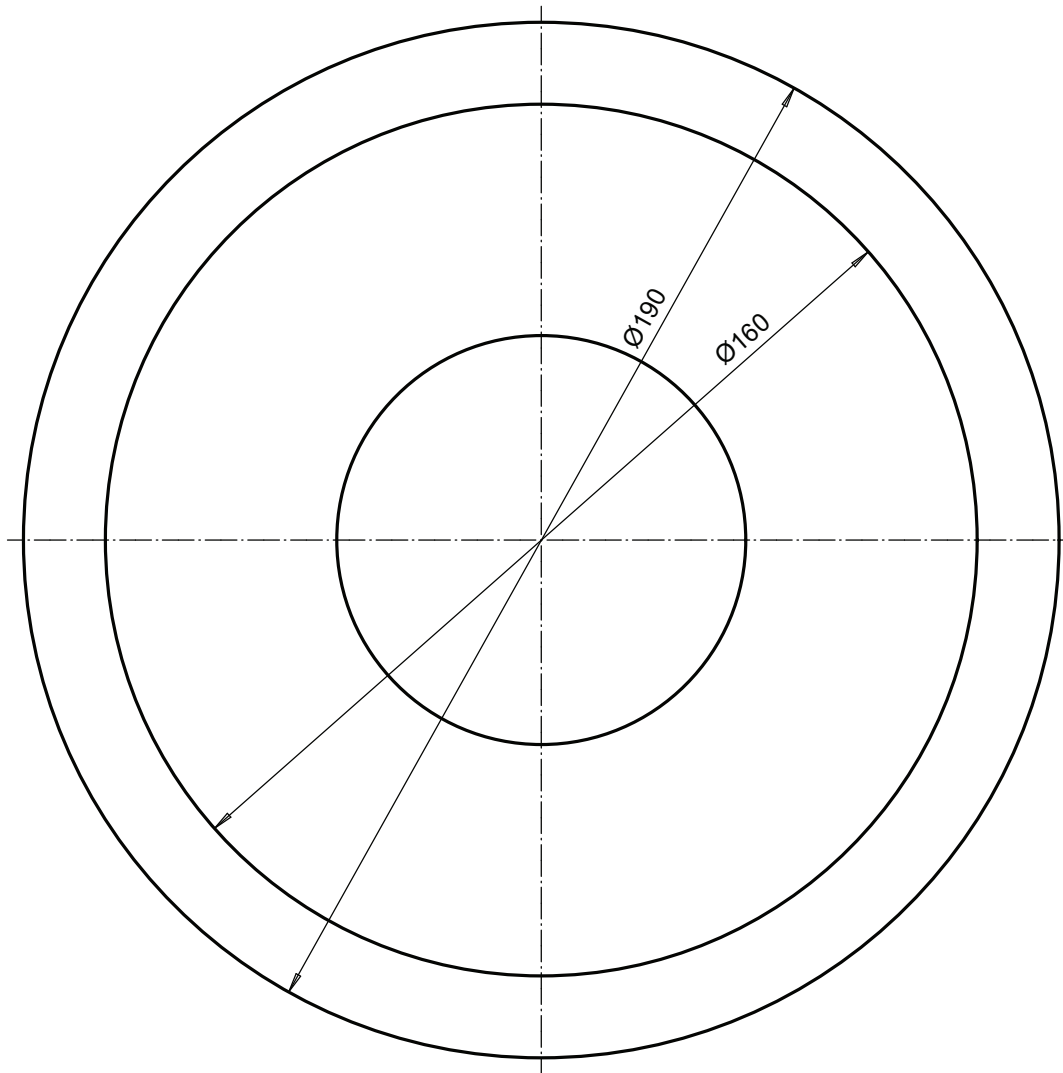
	18_22	Latta		476x90 PL8		S355	4
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Latta 476x90x8		
Massa	kg	1:2 (1:2.5)	Liittyy		Pyöräpaketti		
Suunn	27.5.2011 SL		Projekti Lehtonen Kari 2011		Pyörien päällä lepäävä		
Tark.					Ent.	Uusi	
Hyv.					18_22		



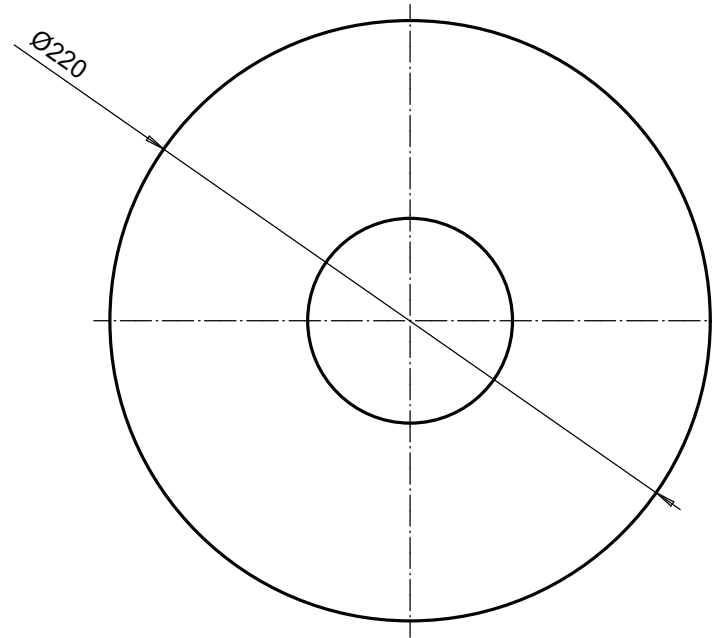
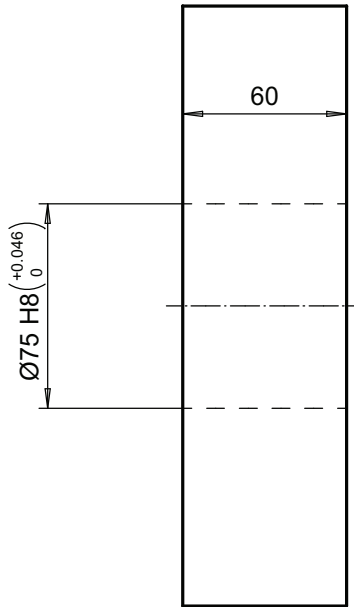
Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv
--------	--------	-----	--------	-----



	18_23	Latta		82x20 PL8		S355	4
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava  1:1 (1:2)	Tuote		Latta 82x20x8 Pyöräpaketti		
Massa  kg			Liittyy				
Suunn		Projekti		Ent.			Uusi
27.5.2011 SL		Lehtonen Kari 2011					
Tark.						18_23	
Hyv.							



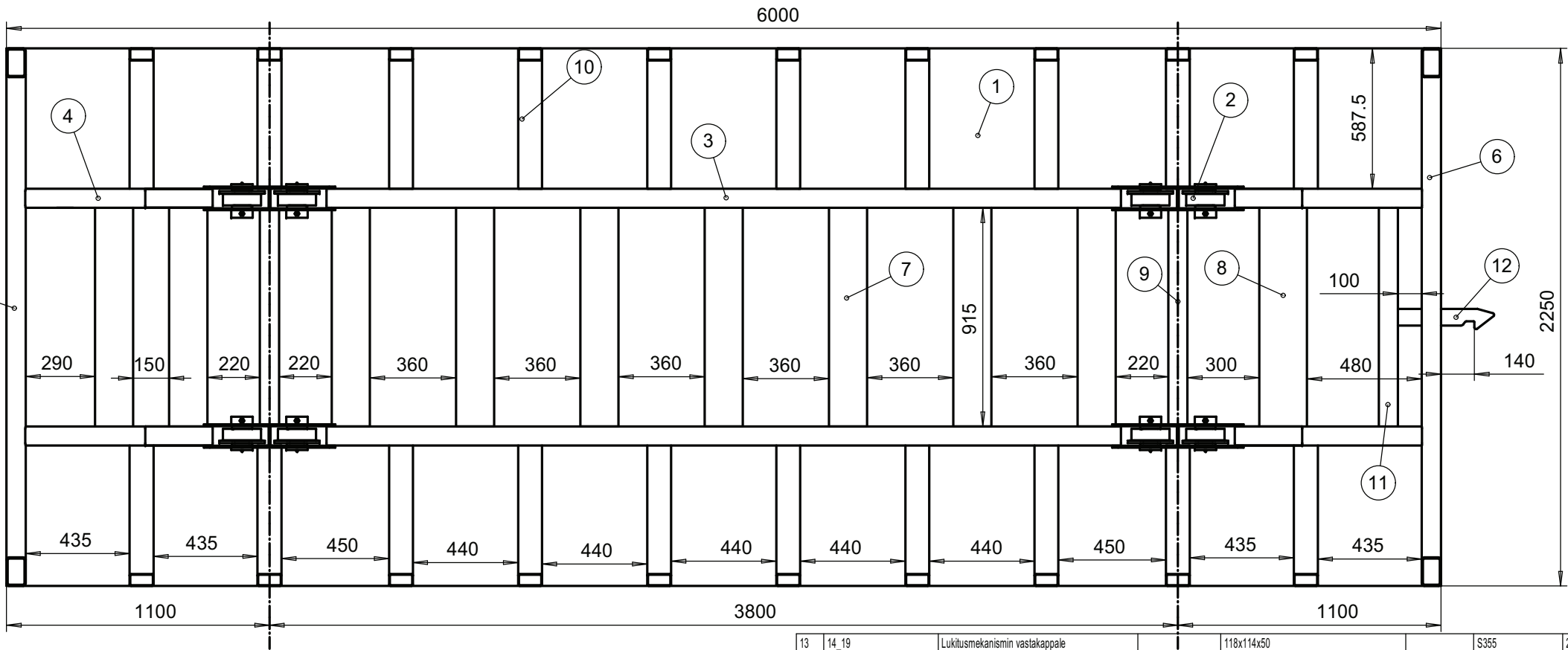
1	18_04	Pyörä, laipallinen		Ø190x60		S355	8
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Pyörä, laipallinen		
Massa		1:1	Liittyy		Pyöräpaketti		
Suunn		27.5.2011 SL	Projekti		Pyörien päällä lepäävä		
Tark.			Lehtonen Kari 2011		Ent.		
Hyv.					Uusi		
					18_04		



	18_18	Pyörä, laipaton		Ø220x60		S355	8
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Pyörä, laipaton			
Massa	15.195 kg	1:2	Liittyy	Pyöräpaketti			
Suunn	27.5.2011 SL		Projekti RHS kevyt	Pyörien päällä lepäävä			
Tark.				Ent.	Uusi		
Hyv.				18_18			

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv
--------	--------	-----	--------	-----

Liite 3. Pyörien päällä lepäävän kasettilavan työpiirustukset



Huomioi Lukituskoukun asento

Pyöräpaketit (18\_21) sijoitetaan rasvanipat osoittamaan kasetin ulkoreunoille

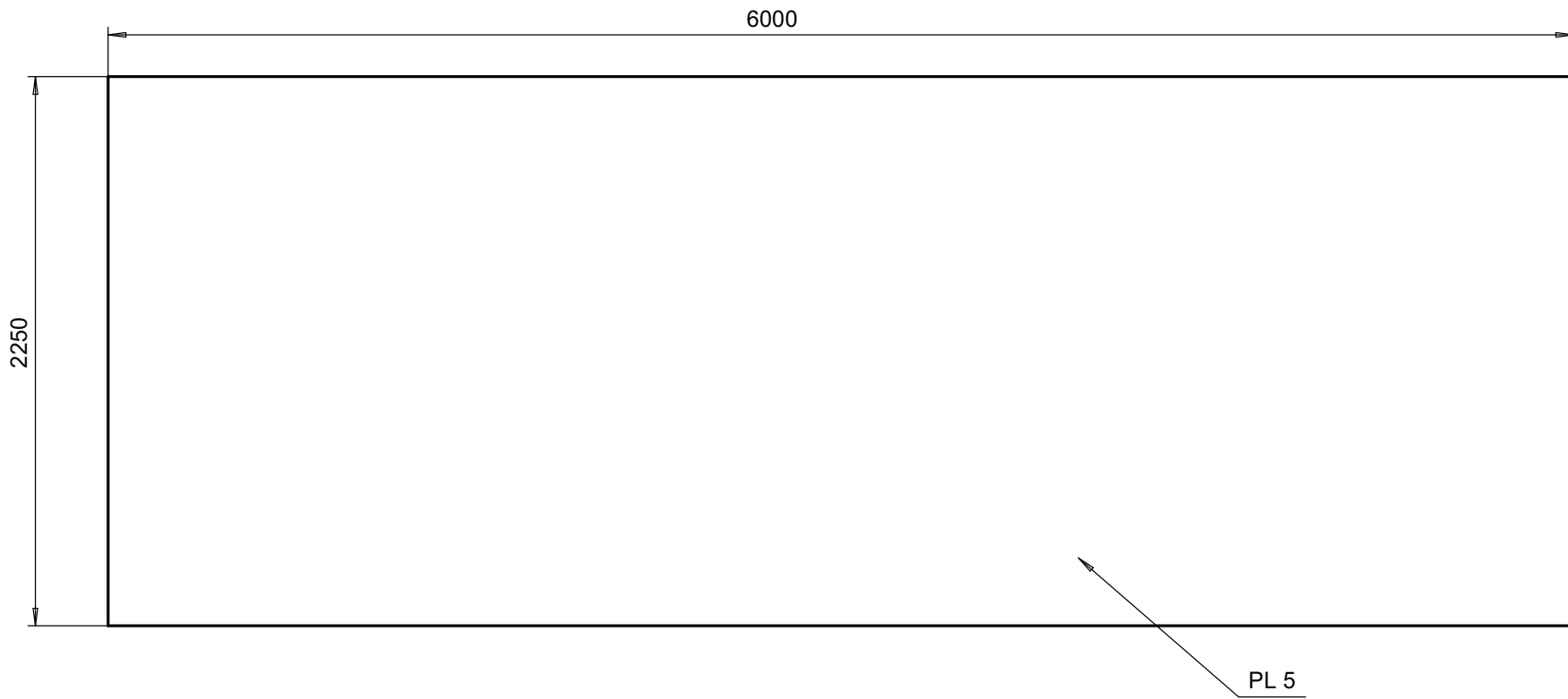
Lukitusmekanismin vastakappaleet (14\_19) sijoitetaan perävaunun alustan lukkojen mukaan aluspalkin (15\_34) päälle

13	14_19	Lukitusmekanismin vastakappale		118x114x50		S355	2
12	28_08	Lukituskoukku				S355	1
11	28_07	RHS 120x80x5		RHS 120x80x5		S355	1
10	28_07	RHS 100x50x3		RHS 100x50x3	yht 11750	S355	20
9	15_45	RHS 80x80		RHS 80x80x5	yht 1830	S355	2
8	15_34	Lavan lukkojen aluspalkki		U 200x90x10	915	S355	1
7	15_46	U 160x80x5		U-160x80x5	yht 8235	S355	9
6	15_17b	Etupalkki RHS 45°		RHS 120x80x5		S355	1
5	28_04	Takapalkki RHS 45°		RHS 120x80x5	yht 5415	S355	1
4	28_06	RHS 160-120 x80		RHS 160x80x5		S355	4
3	28_03	RHS 160x80x5 L=3324		RHS 160x80x5	yht 9776	S355	2
2	18_21	Pyöräpaketti					4
1	28_02	Pohjalevy 6000x2250 PL5		6000x2250 PL5		RAEX 450	1

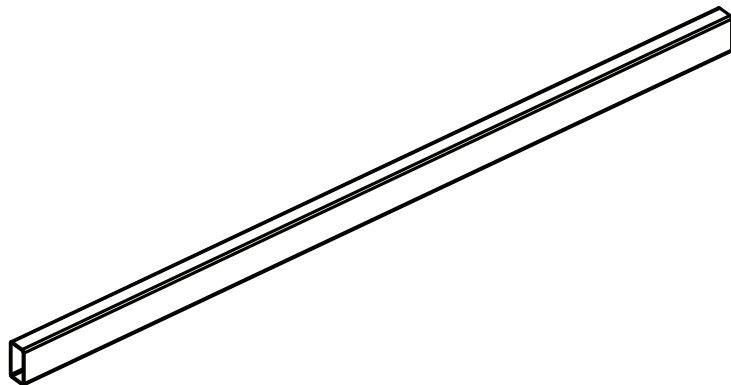
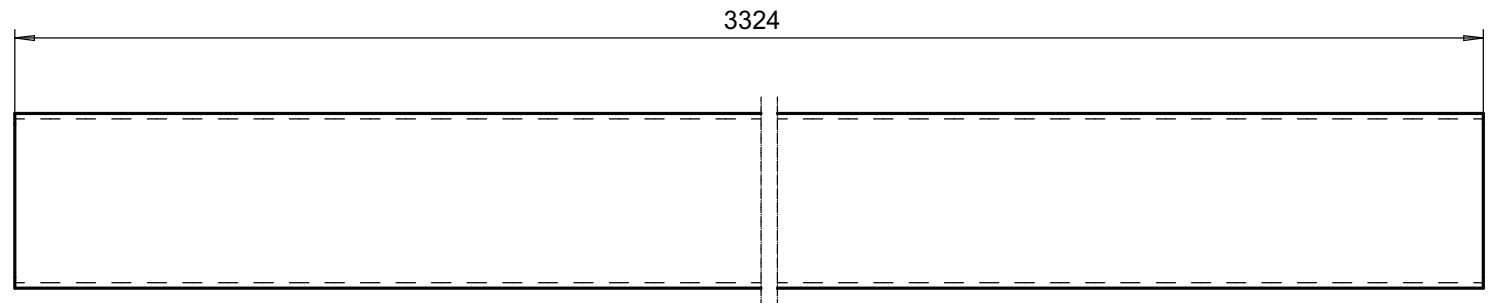
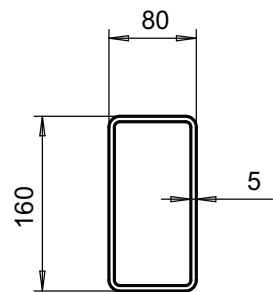
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
-----	---------------------------------	-------------------------------------	---------------------------	----------------------------	-------	-------	-----

Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Lavan piirustus
Massa	1:17	Liittyy	Leveys 2250
Suunn	25.3.2011 SL	Projekti	Pyörärien päällä lepäävä
Tark.		Näppi 2011	Ent.
Hyv.			Uusi
			28_01

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv.
--------	--------	-----	--------	------

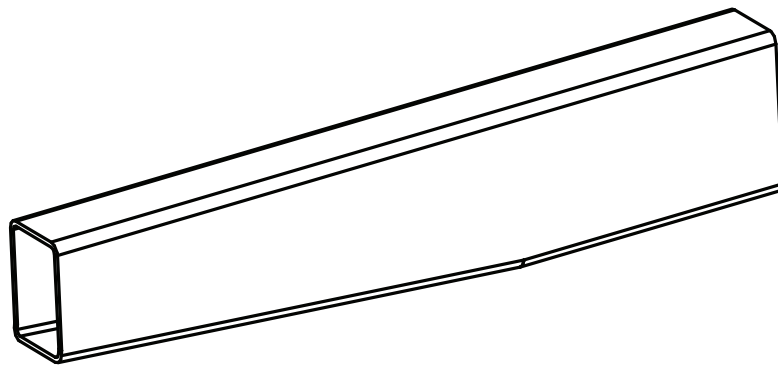
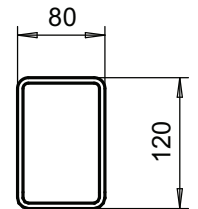
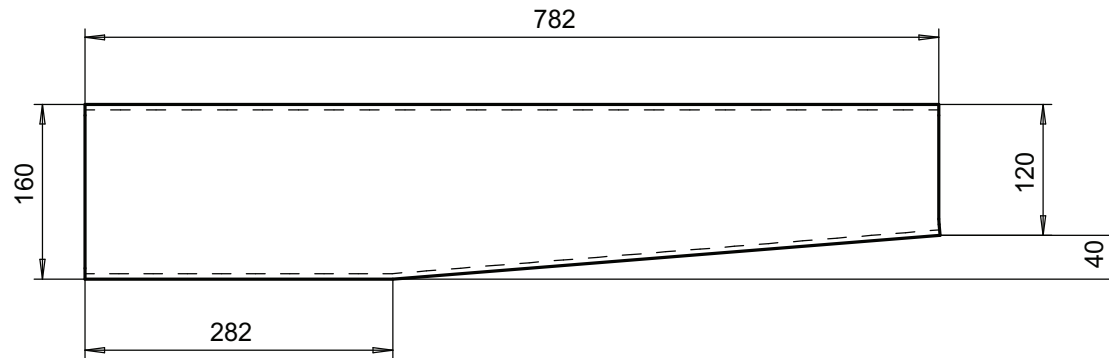
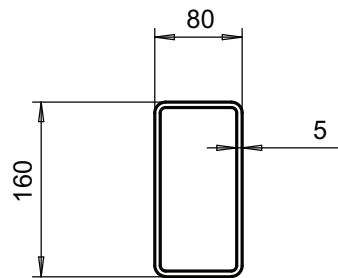


	28_02	Pohjalevy		6000x2250 PL5		RAEX 450	1
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Pohjalevy 6000x2250 PL5 Pyörien päällä lepäävä		
Massa		1:20	Liittyy				
kg			Projekti Näppi 2011				
Suunn	27.5.2011 SL				Ent.	Uusi	
Tark.					28_02		
Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv	Hyv.		



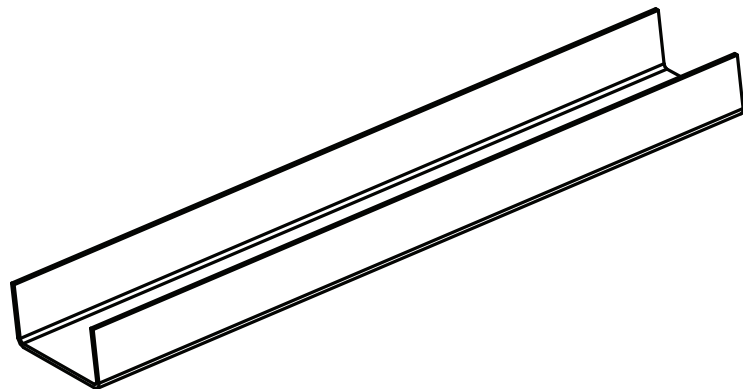
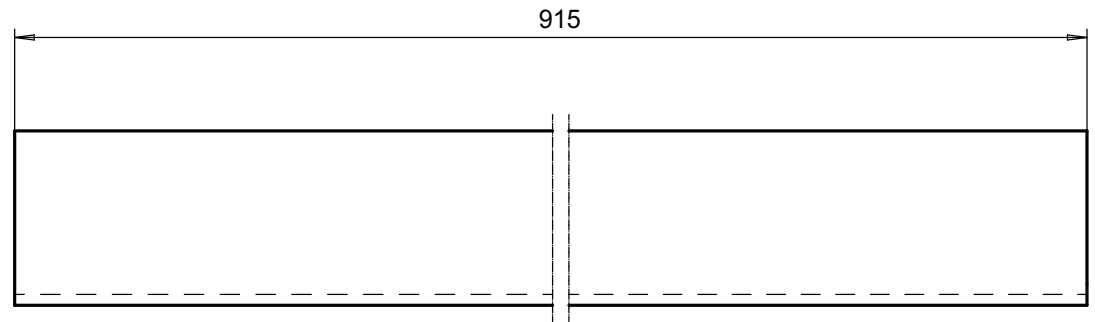
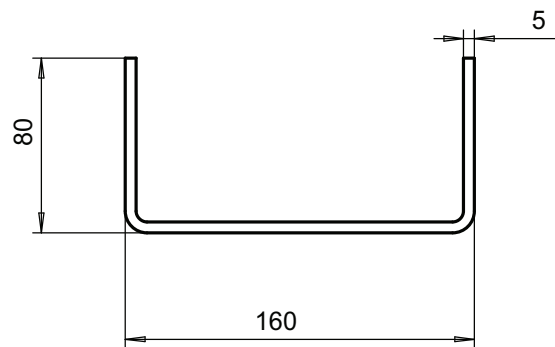
	28-03	RHS-profiili		RHS 160x80x5	3324	S355	2
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		RHS 160x80x5 L=3324		
Massa		1:5 (1:20)	Liittyy		Pyörien päällä lepäävä		
Suunn	27.5.2011 SL		Projekti Näppi 2011				
Tark.					Ent.	Uusi	
Hyv.					28_03		

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv	Hyv.
--------	--------	-----	--------	-----	------



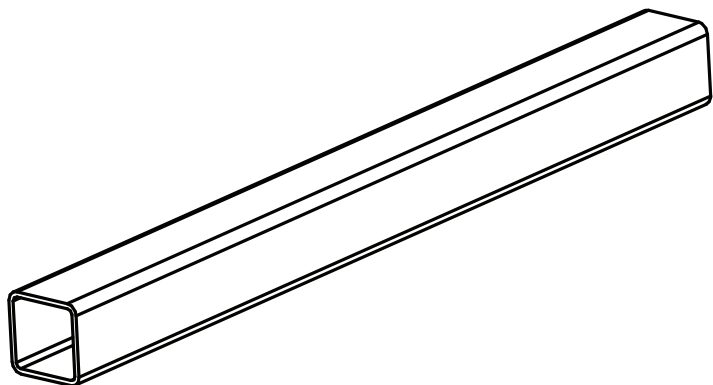
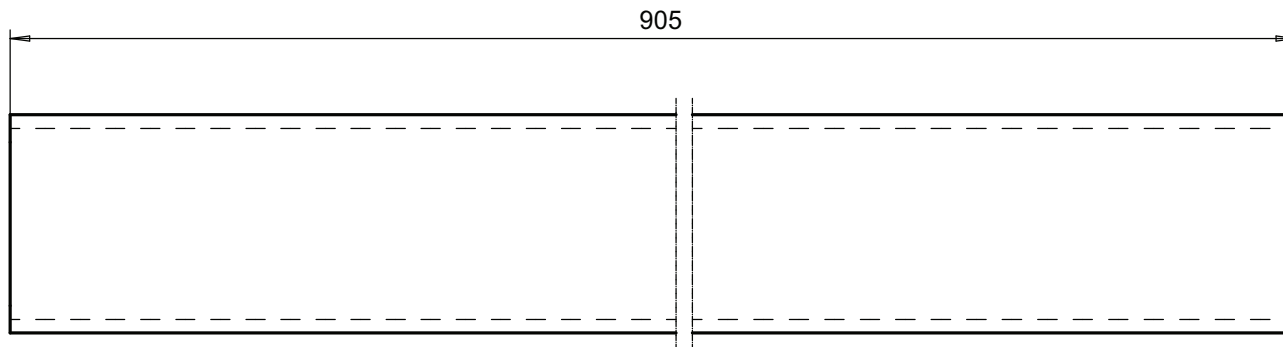
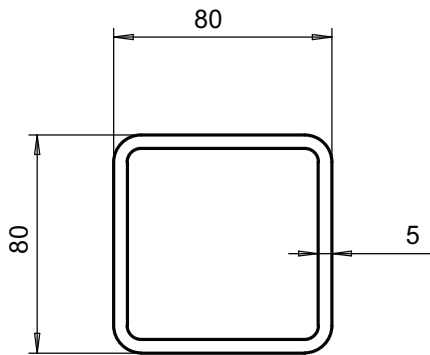
	28_06	RHS 160-120		RHS 160x80x5	782	S355	4
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		RHS 160-120 x80 Pyörien päällä lepäävä		
Massa		1:5	Liittyy				
Suunn		27.5.2011 SL	Projekti		Ent.		
Tark.			Näppi 2011				
Hyv.					28_06		
Merkki		Muutos					



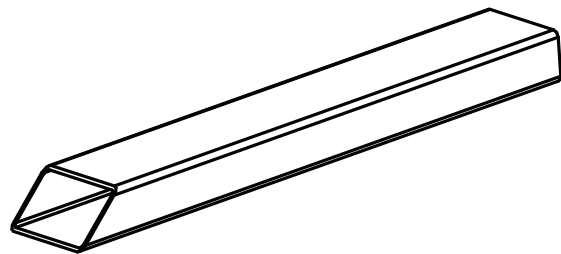
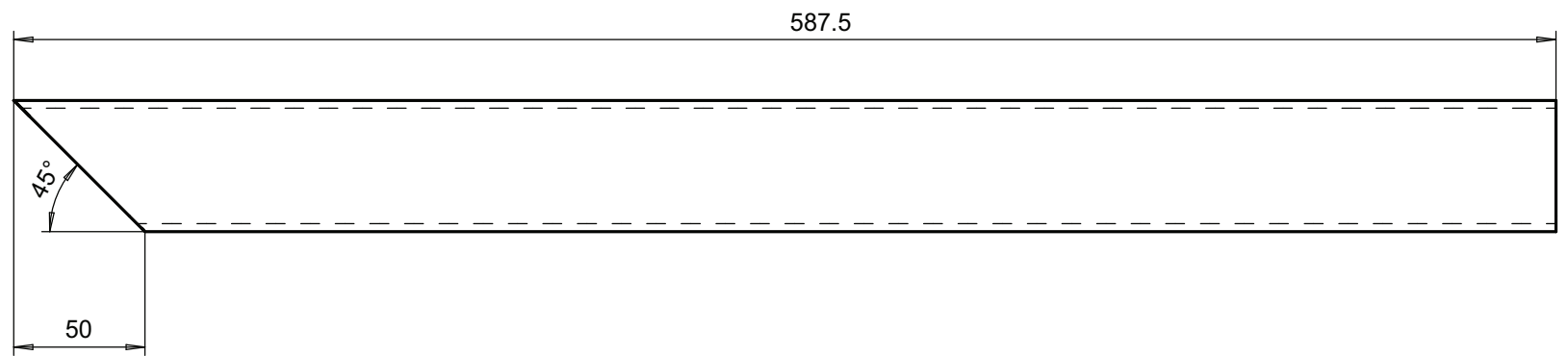
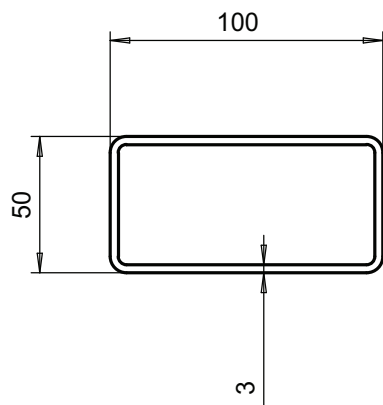


	15_46	U-profiili		U160x80x5	915	S355	9
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		U 160x80x5 Pyörien päällä lepäävä		
Massa		1:2.5 (1:6.3)	Liittyy				
Suunn.		27.5.2011 SL	Projekti Lehtonen Kari 2011		Ent.		
Tark.					Uusi		
Hyv.					15_46		

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv.
--------	--------	-----	--------	------

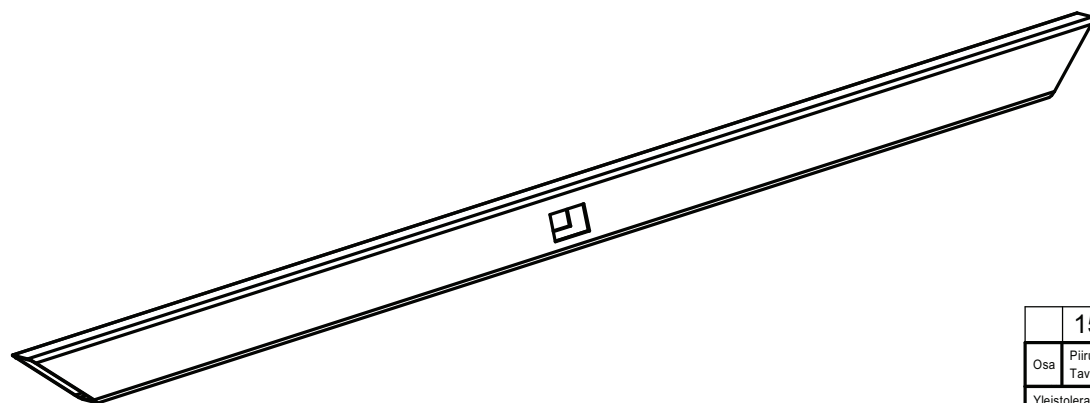
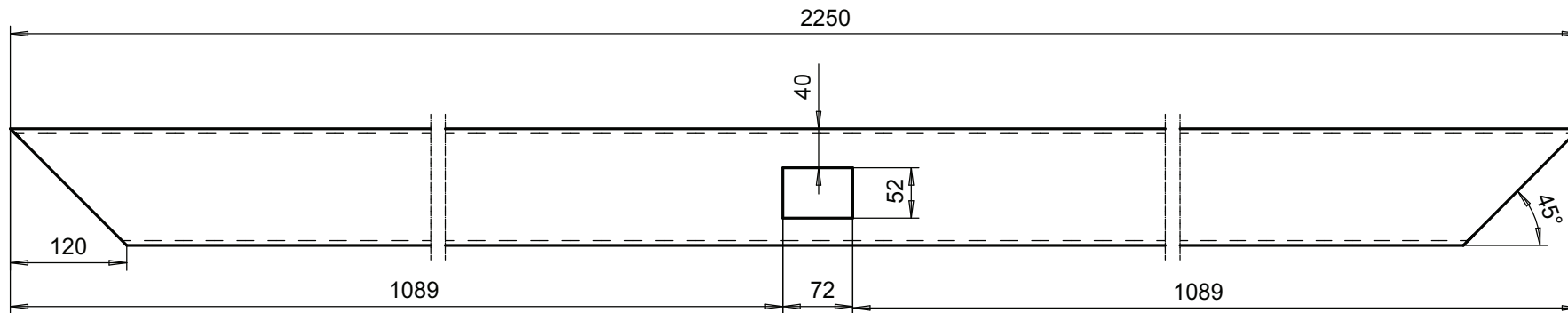
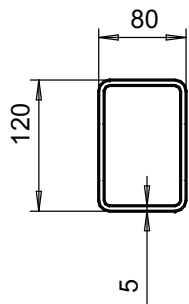


	15_45	RHS-profiili		RHS 80x80x5	905	S355	2
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		RHS 80x80		
Massa		1:2 (1:5)	Liittyy		Pyörien päällä lepäävä		
Suunn		27.5.2011	Projekti		Ent.		
Tark.			Lehtonen Kari 2011		Uusi		
Merkki					15_45		
Muutos		Pvm	Muutt.	Hyv	Hyv.		

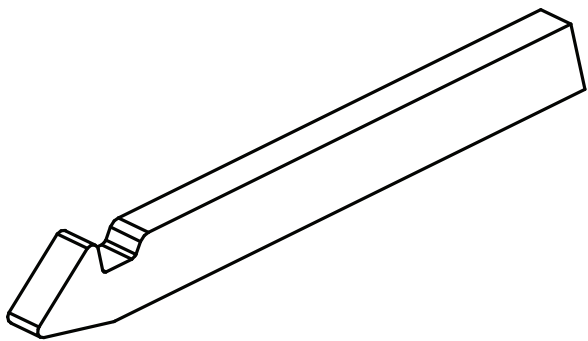
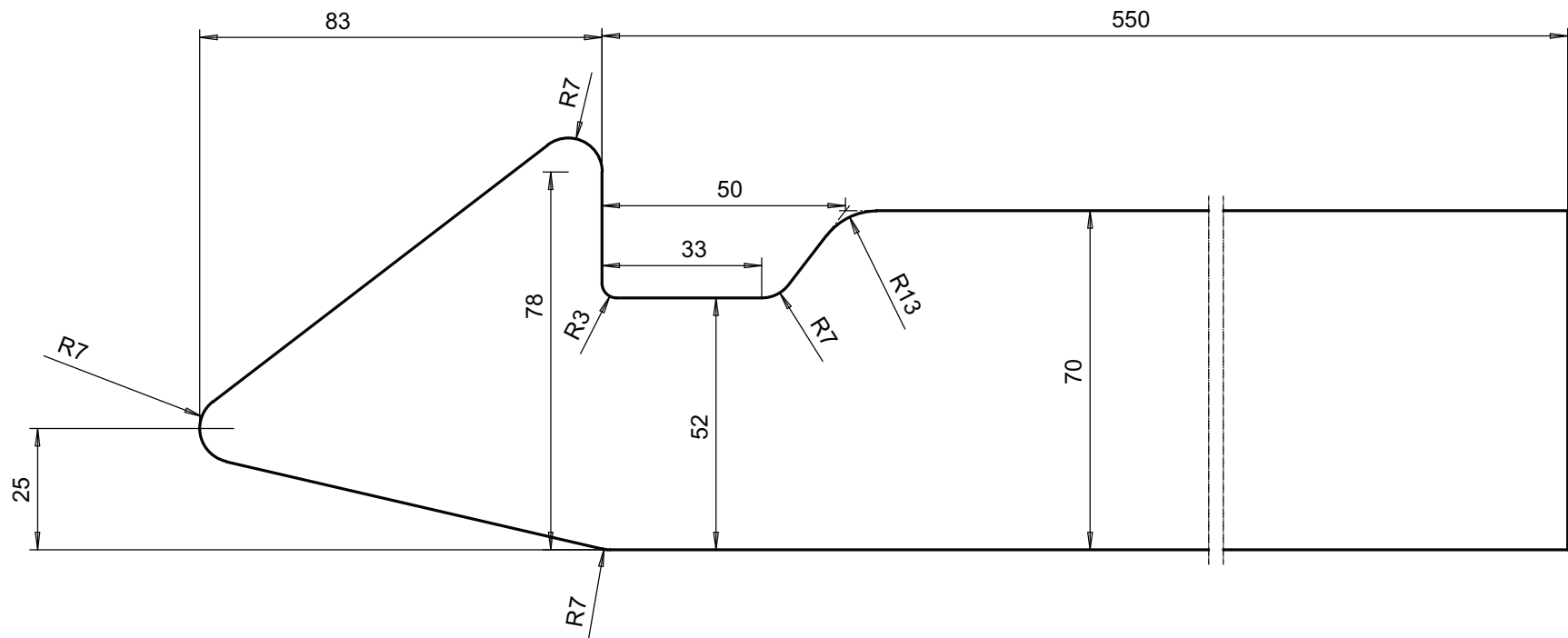



	28_07	RHS-profiili		RHS 100x50x3	587,5	S355	20
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		RHS 100x50x3 Pyörien päällä lepäävä		
Massa		1:2 (1:5)	Liittyy				
Suunn		27.5.2011 SL	Projekti Näppi 2011		Ent.		
Tark.					Uusi		
Hyv.					28_07		

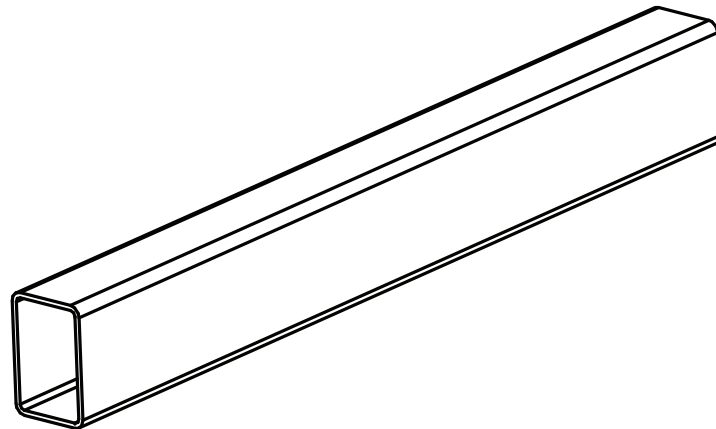
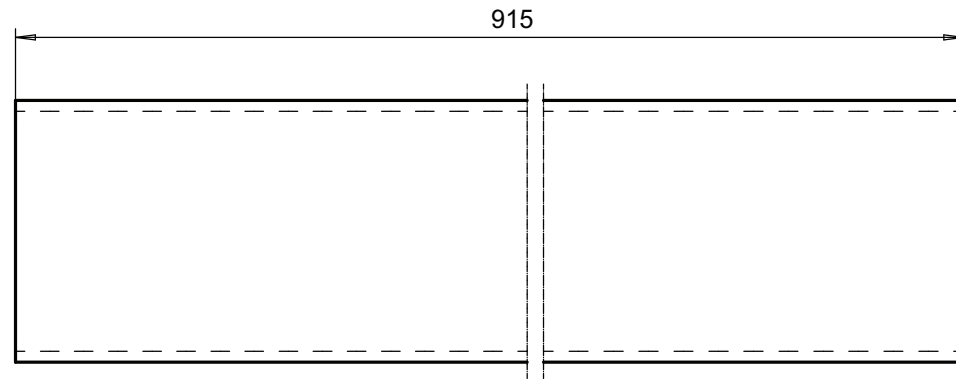
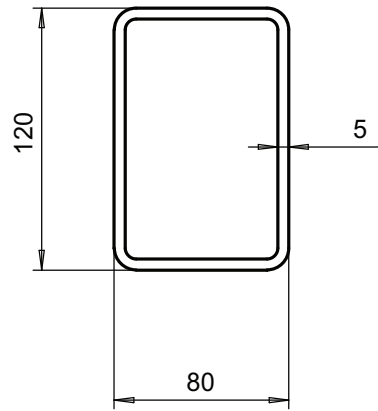
Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv.
--------	--------	-----	--------	------



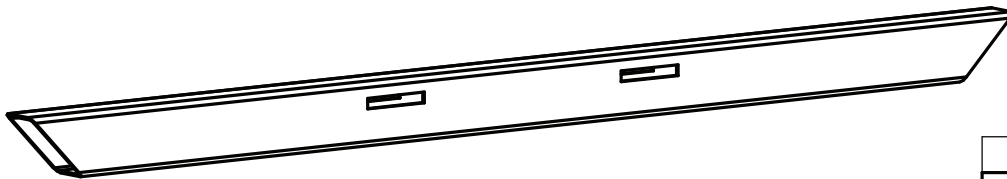
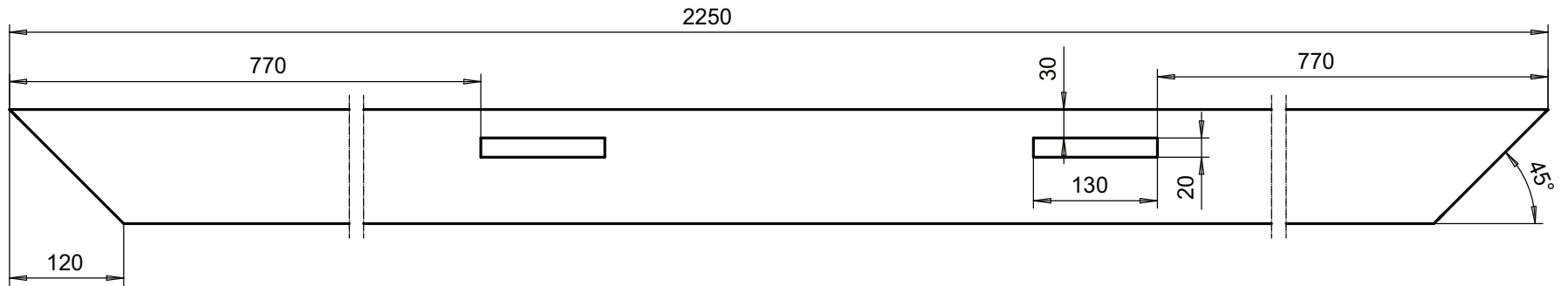
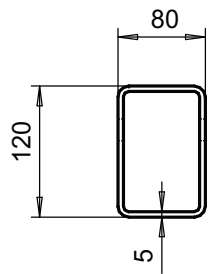
	15_17b	Etupalkki		RHS 120x80x5	2250	S355	1
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Etupalkki RHS 45° Pyörien päällä lepäävä		
Massa	kg	1:5 (1:10)	Liittyy				
Suunn	23.3.2011 SL		Projekti Lehtonen Kari 2011		Ent.	Uusi	
Tark.					15_17b		
Hyv.							



Lukituskouk		Lattatanko		85x50		633	S355	1
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus		Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Lukituskoukku Kasettilava			
Massa		1:1 (1:5)	Liittyy					
Suunn		30.5.2011 SL	Projekti Kas monilava					
Tark.	Suunn				Ent.		Uusi	
Hyv.	Hyv.				Lukituskoukku			

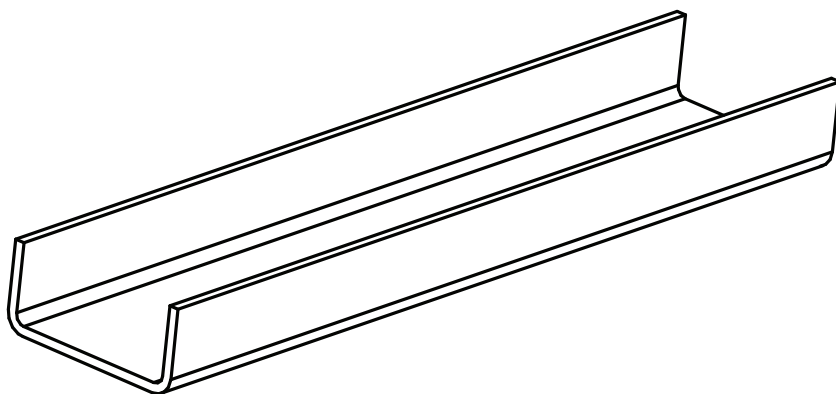
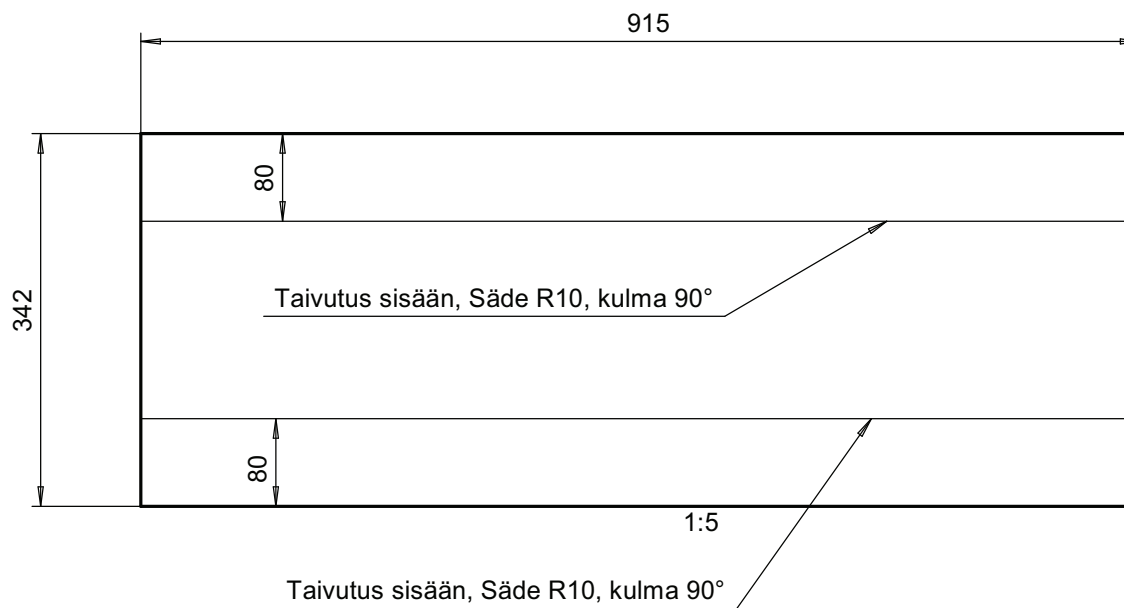
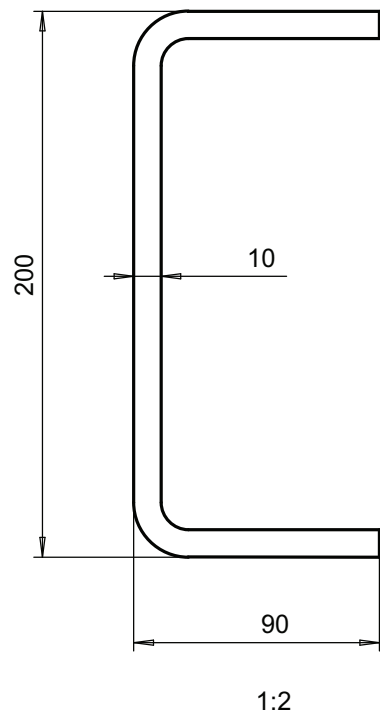


	28_08	Lukituskoukun kiinnityspalkki	RHS 120x80x5	915	S355	1	
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	RHS 120x80x5			
Massa		1:2.5	Liittyy	Lukituskoukun kiinnityspalkki			
Suunn		30.5.2011 SL	Projekti	Pyörien päällä lepäävä			
Tark.			Näppi 2011	Ent.			
Merkki				Uusi			
Muutos				28_08			
Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv	Hyv.		



	28_04	Takapalkki		RHS 120x80x5	2250	S355	1
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Takapalkki RHS 45° Pyörien päällä lepäävä		
Massa		1:5 (1:10)	Liittyy				
Suunn		27.05.2011 SL	Projekti Näppi 2011				
Tark.					Ent.	Uusi	
Hyv.					28_04		

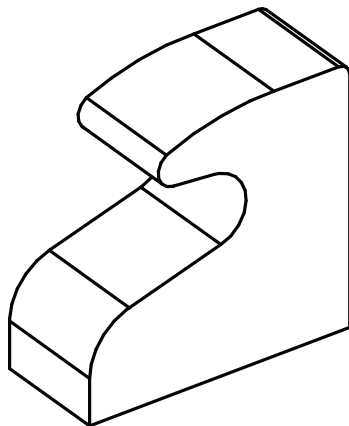
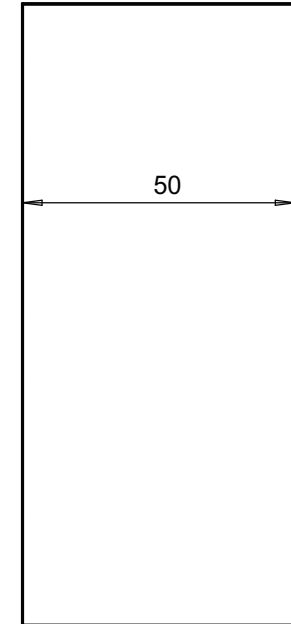
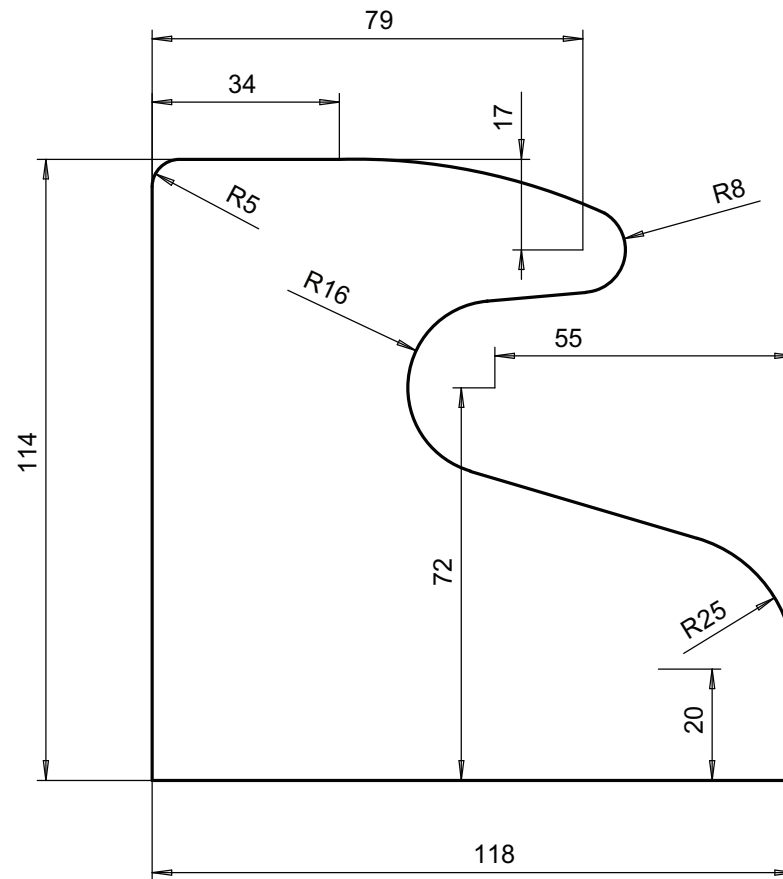
Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv	Hyv.
--------	--------	-----	--------	-----	------



	15_34	Lukkojen aluspalkki		U200x90 PL10	915	S355	1
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Kasetin lukkojen aluspalkki		
Massa		1:5 (1:2)	Liittyy		U 200x90x10		
Suunn		11.4.2011 SL	Projekti Lehtonen Kari 2011		Pyörien päällä lepäävä		
Tark.					Ent.		Uusi
Hyv.					15_34		

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv.	Hyv.
--------	--------	-----	--------	------	------





	14_19	Luk.mek. vastakappa		118x114x50		S355	2
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli Lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote		Lukitusmekanismin vastakappale Pyörien päällä lepäävä		
Massa		1:1 (1:2)	Liittyy				
Suunn		27.5.2011 SL	Projekti Lehtonen Kari 2011				
Tark.					Ent.	Uusi	
Hyv.					14_19		