

# KOIVUNLEHDENKERUULAITTEEN KEHITTÄMINEN

Toni Hämäläinen  
Opinnäytetyö  
31.5.2007  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja + Liitteitä
<u>Kone- ja tuotantotekniikka</u> Suuntautumisvaihtoehto	<u>Insinöörityö</u> Aika	<u>48 + 5</u>
<u>Koneautomaatio</u> Työn tilaaja	<u>2007</u>	
<u>Rovaniemen ammattikorkeakoulu, luonnontuotealan kasvituotannon ja teknologian kehittämishanke</u> Työn tekijä		
<u>Toni Hämäläinen</u> Työn nimi		
<u>Koivunlehdenkeruulaitteen kehittäminen</u> Asiasanat		
<u>Koivunlehti, ilmaerotus, haketus, silppuaminen, silppurilietso</u>		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää menetelmä ja laite, jolla kaadetuista koivuista saadaan kerättyä lehdet. Työ aloitettiin tutustumalla jo olemassa olevaan, pyöriiviin harjaksiin perustuvaan, keruulaitteeseen. Tämän keruulaitteen työn tulokset eivät olleet tyydyttävällä tasolla. Laite repi lehdet kappaleiksi ja lehtiaineksen seassa oli paljon hienojakoista puunkuorimurskaa.

Työssä etsittiin olemassa olevan laitteen toimintaperiaatteista poikkeava lehtien irrotusmenetelmä. Etsinnässä käytettiin apuna VDI 2222 -tuotekehitysmenetelmää ja käytännön testejä. Jatkokehitykseen valittiin koivujen paloitteluun ja puhtaiden lehtien ilmaerotukseen perustuva menetelmä. Tämän jälkeen tutustuttiin markkinoilla oleviin laitteisiin, joilla voitaisiin toteuttaa valittua menetelmää.

Asiantuntijoiden konsultoinnin jälkeen päätettiin luopua täysin uuden laitteen suunnittelusta ja etsiä valmis kone, johon tehtäisiin tarvittavat muutokset ja lisälaitteet. Koivunlehdenkeruulaiteiston perustaksi valittiin tutkimusten ja testiajon jälkeen Buchmann Exakt Express -silppurilietso. Silppurilietsoille laskettiin teoreettiset tuottokapasiteetti-arvot ja sen yhteyteen suunniteltiin ilmaerotukseen käytettävä teräs- ja puurakenteinen, kokoonpantava kouru sekä keruulaatikosto erotetuille materiaaleille. Silputtu hake pusketaan kouruun lietson tuotamalla ilmavirralla, jolloin materiaalin raskain osa, eli oksat, kuluttavat liike-energiansa nopeasti ja putoavat lähimpään keruulaatikkoon, kun taas kevyet, puhtaat lehdet lentävät kauimmaksi. Lopuksi laitteistosta laadittiin piirustukset ja tehtiin kustannusarvio.

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	6
2 OLEMASSA OLEVA KERUULAITE.....	7
2.1 Laitteen rakenne ja toimintaperiaate.....	7
2.2 Laitteen testiajo.....	8
2.3 Testiajosta saadun materiaalin jälkikäsittely.....	9
3 UUDELLE MENETELMÄLLE JA LAITTEELLE ASETETUT VAATIMUKSET	11
4 UUDEN MENETELMÄN ETSINTÄ.....	12
4.1 Ongelman jako osatoimintoihin.....	12
4.2.1 Rakennevaihtoehto 1: riipiminen.....	14
4.2.2 Rakennevaihtoehto 2: puhaltaminen.....	15
4.2.3 Rakennevaihtoehto 3: leikkaaminen.....	16
4.2.4 Rakennevaihtoehto 4: hakettaminen.....	17
4.3 Valittujen menetelmien testaus.....	18
4.3.1 Riipimälevykokeilut.....	18
4.3.2 Leikkuuteräkokeilu ja puhtaaksi puhaltaminen.....	21
4.3.4 Menetelmän valinta perusteluineen.....	26
4.3.5 Valitun menetelmän jatkokäsittely.....	27
5 SILPPURILIETSOT.....	29
6 BUCHMANN EXAKT EXPRESS -SILPPURILIETSO.....	32
6.1 Buchmann-silppurilietsion rakenne ja toimintaperiaate.....	33
6.2.1 Kapasiteetilaskelmat: 16,5 millimetrin leikkuupituus.....	36
6.2.1 Kapasiteetilaskelmat: 22,0 millimetrin leikkuupituus.....	37
6.2.2 Kapasiteetilaskelmat: 33,0 millimetrin leikkuupituus.....	38
6.3 Buchmann Exakt Express -silppurilietsion testiajo.....	40
7 BUCHMANN-SILPPURILIETSOON PERUSTUVAN ILMAEROTUSLAITTEIS- TON SUUNNITTELU.....	42
7.1 Ilmaerotuskourun rakenneratkaisut.....	42
7.2 Ilmaerotuslaitteiston materiaalimenekki ja kustannusarvio-laskelmat.....	45
8 YHTEENVETO.....	46

LÄHTEET.....48

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Buchmann Exakt Express -silppurilietson leikkumittataulukko

Liite 3 Piirustukset

Liite 4 C-tuen lujuustarkastelu

Liite 5 Materiaalimenekki ja kustannuslaskelmat

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on testien kautta löytää menetelmä, jolla voidaan kerätä lehdet harvennushakkuiden yhteydessä kaadetuista nuorista koivuista. Menetelmän löytymisen jälkeen työ jatkuu keruulaitteen suunnittelulla, piirustusten laatimisella ja laitteen kustannusrakenteen hahmottelulla. Menetelmän hakemisen ja laitteen kehittämisen lähtötietojen määrittämisessä yhtenä oleellisena osana on aiemmin kehitetyn koneen testaaminen (liite 1).

Suomessa mm. elintarvike- ja kosmetiikkateollisuus tarvitsee vuosittain koivunlehtiä raaka-ainekseen. Tätä nykyä suomalainen teollisuus ostaa koivunlehtensä ulkomailta. Samaan aikaan kotimaiset koivunlehdet jäävät suurimmaksi osaksi keräämättä talteen. Suomessa harrastetaan vähäisessä määrin koivunlehtien käsinkeruuta, mutta jotta voitaisiin kilpailla hinnalla halvan työvoiman maista tuotavien lehtien kanssa, on kotimainen massakeruu koneellistettava.

Tämä lopputyö tehdään Rovaniemen ammattikorkeakoulun luonnontuote- ja erikoiskasvialan laitekehityshankkeelle (KATE-hanke). KATE-hanketta rahoittavat Euroopan Unioni, Suomen valtio, Rovaniemen kunta ja Rovaniemen alueen yritykset.

## 2 OLEMASSA OLEVA KERUULAITE

Yhtenä uuden koivunlehtien irrotusmenetelmän etsimisen lähtökohtana oli olemassa olevan lehtien keruulaitteen testaaminen ja parannus- ja muutosehdotusten kirjaaminen. Testattava laite on hankittu KATE-hankkeelle huhtikuussa 2006 Puulan Yrtti- ja marjaherkut Oy:ltä. Laitteen on suunnitellut ja valmistanut Kirsti Juvonen yhdessä puolisonsa kanssa Tuusniemellä.

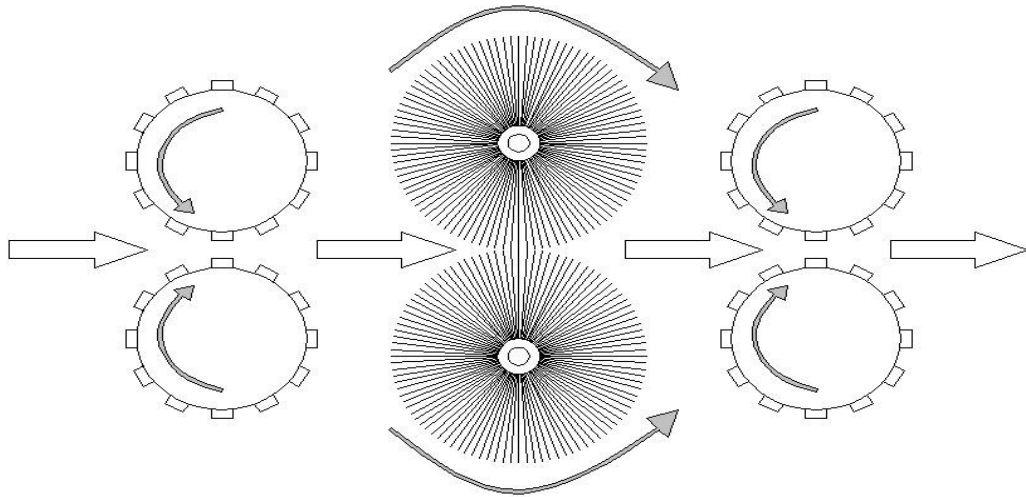
### 2.1 Laitteen rakenne ja toimintaperiaate

Testattu laite oli tarkoitettu traktorilla kuljetettavaksi ja se otti käyttöenergiansa traktorin hydraulikasta. Laite oli suunniteltu toimivaksi siten, että koivu syötettäisiin lehvästöineen laitteen vetotelojen väliin ranka edellä ja telat kiskoisivat puun kahden katuharjamaisen telan välistä toisille vetoteloille, jotka työntäisivät lehdettömän rangan koneen toisesta päästä ulos. Puun kulkusuuntaan nähden päinvastaiseen suuntaan pyörivien harjasten oli tarkoitus irrottaa lehdet oksista. Irroitettujen lehtien oli suunniteltu putoavan koneen alle maahan. Harjastelojen harjakset olivat kovaa ja jäykähköä muovia.

Koneen veto- ja harjasteloja pyörittämässä oli yksi hydraulimoottori, jossa ei ollut vaihteistoa. Voimansiirto moottorilta teloille oli hoidettu ketjuvälityksellä. Koneen telojen pyörimisnopeuden säätö tapahtuisi siis traktorin moottorin pyörimisnopeutta säätelemällä.

Kone oli mitä ilmeisimmin suunniteltu käytettäväksi vähintään kolmen henkilön voimin: yksi henkilö traktorin ohjaamoon säätelemään koneen pyörimisnopeutta, toinen henkilö syöttämään koivuja koneeseen ja kolmas henkilö koneen poistopuolelle vastaanottamaan lehdettämiä rankoja.

Kuva 1 selventää laitteen toimintaperiaatetta. Kuvassa harmaat nuolet osoittavat telojen pyörimissuuntaa ja valkeat nuolet koivun kulkureittiä. Kuva esittää konetta sivultapäin kuvattuna.



*KUVA 1. Harjaksiin perustuvan lehdenirrotuskoneen toimintaperiaate*

## 2.2 Laitteen testiajo

Harjaksiin perustuvaa koivunlehdenirrotuskonetta kokeiltiin käytännön maastotestissä 13.6.2006. Testi suoritettiin Lapin luonto-opiston mailla ja luvalla. Testiä varten laite siirrettiin Rovaniemen ammattikorkeakoulun kuorma-autotekniikan laboratoriosta henkilöauton peräkärjessä Lapin luonto-opiston pihamaalle, mistä se kuljetettiin traktorin perään kiinnitettynä läheisen metsätien varteen.

Testipaikalla koemateriaaliksi kaadettiin tien lähimaastosta noin kymmenen nuorta koivua, joiden rungon vahvuus oli suurimmillaan noin 50 millimetriä. Testiajon aikana kone pidettiin noin puolen metrin korkeudella maanpinnasta. Ennen koivujen syöttämisen aloittamista koneen alle levitettiin kevytpeite helpottamaan irrotettujen lehtien talteenottoa.

Konetta ajettiin kolmella eri nopeudella. Koska koneen pyörimisnopeus muuttui traktorin moottorin pyörimisnopeuden mukaisesti, eri nopeuksisten testijaksojen nopeusarvot otettiin suoraan traktorin kierroslukumittarista. Itse lehdenirrotuskoneen hydraulimoottorin pyörimisnopeutta ei mitattu. Testiajon aikana traktoria käytettiin nopeuksilla 1 000, 1 500 ja 2 000 kierrosta minuutissa.

Kone irrotti lehtiä jokaisella testatulla nopeudella, mutta puista irtosi myös runsaasti oksia ja hienontunutta tuohtaa. Ei-toivotun materiaalin osuus kasvoi pyörimisnopeuden

kasvaessa eli puhtainta lehtiainesta saatiin traktorin moottorin pyörimisnopeuden ollessa 1 000 kierrosta minuutissa. Tällöinkin saatu aines oli liian roskaista suoraan teollisuuden raaka-aineeksi myytäväksi. Lisäksi kone silpoi lehdet epäesteettisen näköisiksi.

Saadun lehtiaineksen heikon laadun havaitsemisen lisäksi testiajon aikana huomattiin, että jo näinkin lyhyen käytön aikana kone jumittui kestäättömän usein. Jumittumisen aiheutti jokaisella kerralla rungosta irti repeytynyt oksa, joka kietoutui jommankumman harjastelan tai telan akselin ympärille. Kone saatiin puhdistettua käyttökuntoon maastossakin, mutta tiukimmin kietoutuneet oksat onnistuttiin irrottamaan vasta sitten, kun kone myöhemmin laboratoriossa avattiin. Lisäksi huomattiin, että kun oksia kietoutui harjastelan harjasosan ympärille ne, painoivat harjaksia pysyvästi lakoon. Kovemmassa käytössä koneen harjaksille tuskin voisi ennustaa kovinkaan pitkää käyttöikä.

Laadullisten epäkohtien lisäksi keruulaitteessa havaittiin vakavahkoja puutteita käyttäjäturvallisuudessa. Turvallisuuspuutteet koskivat etenkin koivuja laitteeseen syöttävää ja rankoja koneesta vastaanottavaa henkilöä: koneen sisäänvetotelat olivat täysin suojaamattomat, joten esimerkiksi hihan tarttuminen koneeseen matkalla olevaan koivuun aiheuttaisi lähes väistämättä vakavaa vaaraa koneenkäyttäjälle. Myös koneen lehdettömiä rankoja ulostyöntävät telat olivat suojaamattomia, mutta tätäkin suurempaa vaaraa aiheutti rankojen ohjurin puuttuminen: koneen läpi mentyään rangat tulivat ulos villisti heiluen, mikä teki otteen saamisen rangasta vaikeaksi. Usein kävi myös niin, että otteen livetessä ulostulevan rangen pää kiilautui maahan muodostaen kaarijousen, joka rävähti päin vastaanottajaa.

## **2.3 Testiajosta saadun materiaalin jälkikäsittely**

Vaikka jo testiajon alkuvaiheessa kävi selväksi, ettei keruukone anna tarpeeksi puhdasta lehtimateriaalia, ajettiin koneen läpi kaikki kaadetut kymmenkunta koivua. Saatu materiaali kerättiin talteen ja sitä päätettiin yrittää puhdistaa ilmaerotuksella. Ilmaerotuksessa materiaali ripotellaan ilmavirtaan, jolloin materiaalin kevyimmät osat lentävät kauimmaksi, kun taas raskaat osat putoavat lähelle ripottelupaikkaa. Tällä tavoin toteutettuna suurimmat oksat saatiin erotettua irtolehdistä, mutta irtolehtien joukossa oli edelleen runsaasti koivun pintaosista irronnutta ei-toivottua materiaalia.



Tämän koesarjan tuloksena päätettiin hylätä lehtien irrottaminen harjaamalla ja lähteä etsimään muita menetelmiä lehtien irrottamiseksi.

### **3 UUELLE MENETMÄLLE JA LAITTEELLE ASETETUT VAATIMUKSET**

Uudelle menetelmälle asetetuista vaatimuksista tärkeimmäksi nostettiin saatavan lehtimateriaalin vierasainepitoisuuden pienentäminen testatun laitteen pitoisuuksista. Käytännössä tämä tarkoittaa, että uusi laite ei saa repiä koivuista kuorta. Lisäksi, koska kerättävät lehdet saattavat mennä elintarviketeollisuuden käyttöön, puhtausvaatimukseen kuuluu, ettei itse laite likaa lehtiä eli laitteesta ei saa vuotaa öljyä eikä muita aineita kerätyn materiaalin joukkoon.

Toisena parannuksena testattuun laitteeseen verrattuna haluttiin kerättyjen lehtien ulkonäköä parantaa edes jonkin verran. Laite ei siis saa silputa lehtiä, niin kuin testattu laite teki.

Kolmas vaatimus sisältää testatun laitteen käyttäjäturvallisuuden puutteiden korjaamisen. Uuden laitteen vaaralliset osat on koteloitava asian mukaisesti eikä laite saa käsitellä koivuja siten, että siitä aiheutuu laitteen käyttäjälle vaaraa, kuten testattu laite teki.

Neljäntenä vaatimuksena oli, että uusi laite ottaa käyttöenergiansa traktorin hydraulikasta. Lisäksi laite on pystyttävä kiinnittämään pitävästi ja turvallisesti traktoriin. Kiinnityksen tulee kestää niin käyttö kuin kuljetuskin.

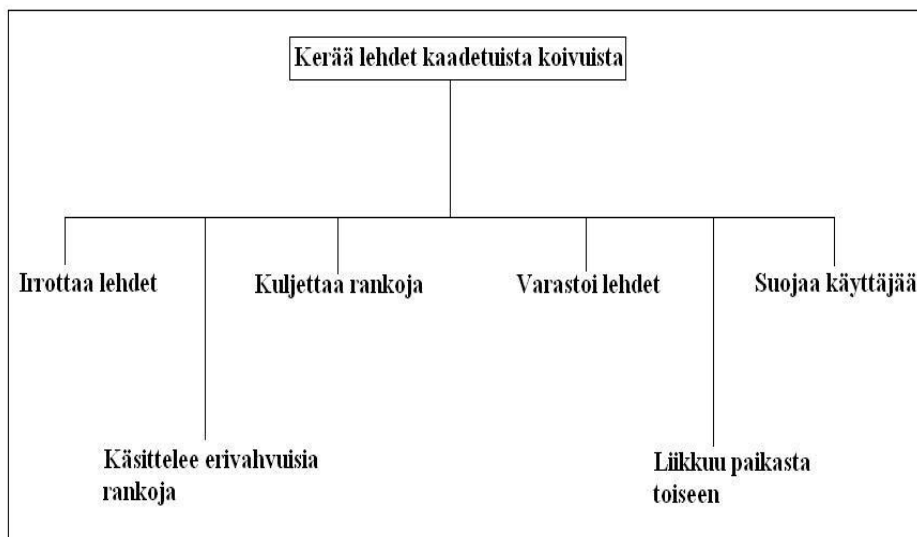
Viidentenä uuden laitteen tulee kyetä käsittelemään eri vahvuuksisia runkoja ilman manuaalista säätöä. Laitteella tulee voida käsitellä myös ei-suorat puut. Mahdolliset tukokset ja toimintahäiriöt on voitava korjata perustyökaluilla maasto-olosuhteissa.

## 4 UUDEN MENETELMÄN ETSINTÄ

Jäljempänä esitetyn menetelmän etsinnän ja sitä seuraavan laitekehityksen suuntaviivat on otettu saksalaisesta VDI 2222 -tuotekehitysmenetelmästä. VDI 2222:ta ei ole tarkoitettu kaavamaisesti seurattavaksi toimenpideluetteloksi vaan sopivilta osin sovellettavaksi apuvälineeksi (1). Tässä työssä VDI 2222 -menetelmästä on otettu käyttöön vain pieni osa.

### 4.1 Ongelman jako osatoimintoihin

Menetelmän etsintä aloitettiin jakamalla käsiteltävä ongelma osatoimintoihin. Osatoimintoihin jaon tuloksena päätoiminto, eli lehtien keruu kaadetuista koivuista, jaettiin kuuteen osatoimintoon. Nämä olivat seuraavat: irrottaa lehdet, käsittelee erivahvuisia rankoja, kuljettaa rankoja, varastoi lehdet, liikkuu paikasta toiseen ja suojaa käyttäjää. Näistä koottiin toimintopuu, joka on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Kehityksessä olevan menetelmän toimintopuu

## 4.2 Morfologia

Osatoimintoihin jaon jälkeen alettiin ideoida ratkaisuvaihtoehtoja jokaiselle saadulle osatoiminnolle. Nämä ratkaisuvaihtoehdot koottiin niin kutsuttuun morfologiseen taulukkoon. Taulukossa 1 vasemmalta lukien ensimmäiseen sarakkeeseen koottiin osatoimintoihin jaolla saadut osatoiminnot ja kunkin osatoiminnon oikealle puolelle lisättiin kyseiseen ongelmaan ratkaisuksi ideoidut vaihtoehdot. Taulukkoon 1 on koottu morfologisen analyysin tulokset.

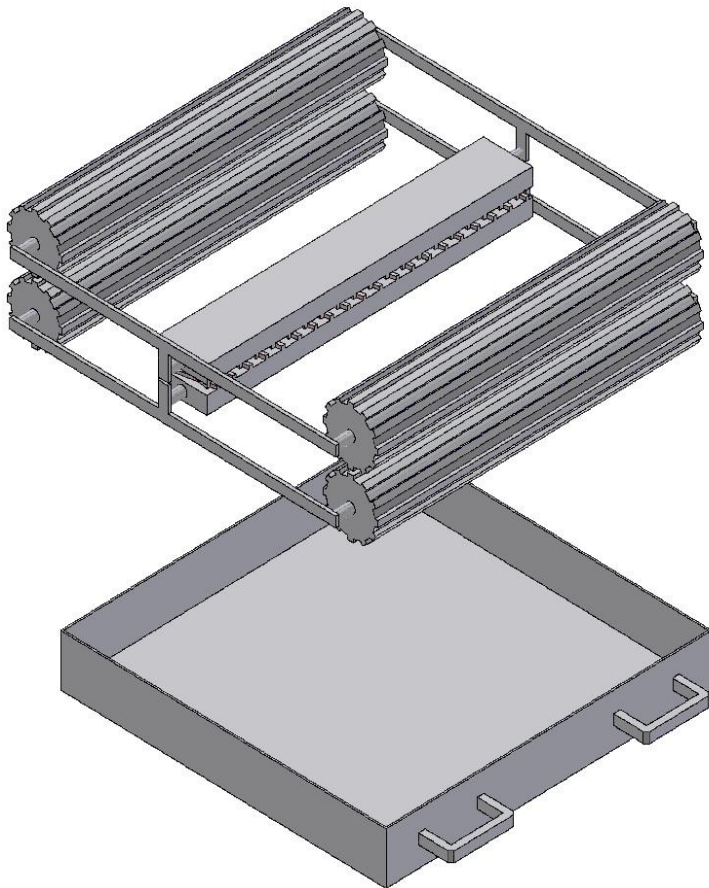
TAULUKKO 1. Morfologinen taulukko

Ratkaisu- periaate- osa- toiminta	1	2	3	4	5	6	7
1 Irrottaa lehdet	Leikkuu- terällä	Karkealla haketuksella	Harjaamalla	Rilpinällä	Kuivaamalla ja ravistamalla	Puhaltamalla	Upottamalla nesteeseen
2 Kuljet- taa rankoja	Valssi- telalla	Liukuhihnalla	Lihasvoimalla	Taljalla			
3 Varastoi lehdet	Koneen alaosan vetolokeroon	Syklonin kautta säiliöön	Koneen alle maahan				
4 Suojaa käyttäjää	Liikkuvat osat suojattu	Koneessa HÄTÄ- SEIS					
5 Liikkuu paikasta toiseen	Kiinnitys traktoriin	Laite rakennettu peräkäännyyn	Laite nenee osiin				
6 Käsittelee erilvauvulsio rankoja	Manuaalinen säätö	Automaattinen säätö					

Morfologisen taulukon ratkaisuperiaatteista muodostettiin neljä rakennevaihtoehtoa, joista yksi valitaan varsinaisen laitekehityksen perustaksi.

### 4.2.1 Rakennevaihtoehto 1: riipiminen

Ensimmäisessä rakennevaihtoehdossa lehdet irrotetaan riipimällä eli kiskomalla koivu kahden tosiaan vasten painetun riipimälevyn välistä. Riipimälevyt siis ikään kuin simuloivat koivun oksan ympärille puristunutta ihmiskättä, joka tunnetusti on toimiva työkalu lehtien irrotuksessa. Rankojen kuljetus koneen lävitse toteutetaan vastakkaisiin suuntiin pyörivillä valssiteloilla. Valssitelojen ja riipimälevyjen ottoaukon leveyttä säädellään automaattisesti rungon paksuuden mukaan säätävällä mekanismilla. Lehtien varastointiin ratkaisuksi on valittu koneen alaosaan rakennettava vetolokero. Koneen kuljetus tapahtuu traktorin perään kiinnitettynä. Käyttäjän suojaus hoidetaan liikkuvien ja vaarallisten osien koteloinnilla. Morfologisen taulukon (taulukko 1) koordinaatteina rakennevaihtoehto 1 rakentuu seuraavasti: (osatoiminto, ratkaisuperiaate); (1, 4); (2, 1); (3, 1); (4, 1); (5, 1); (6, 2). Rakennevaihtoehto 1 on esitetty periaatekuvana kuvassa 3.

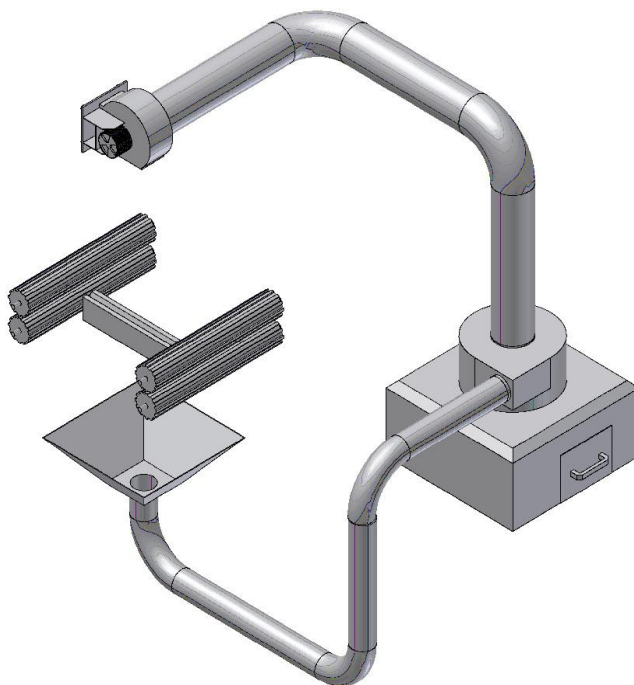


*KUVA 3. Rakennevaihtoehto 1 periaatekuvana*

Käytännössä rakennevaiheito 1 toimii siten, että koivut syötetään koneeseen lehdetön pää edellä (kuvassa 3 vasemmalta ylhäältä). Vetävät valssitelat kiskovat koivun koneen sisään, riipimälevyjen välistä ja koneen perästä ulos. Sykronintirautojen ansiosta kaikki valssitelat ja riipimälevyt mukautuvat koivun rangan muotoihin. Riivityt lehdet putoavat koneen alaosaan vetolaatikkoon. Laatikon täytyessä se vedetään osittain ulos ja tyhjennetään säkkeihin tai vastaaviin.

#### 4.2.2 Rakennevaihtoehto 2: puhaltaminen

Rakennevaihtoehto 2:n lehden irrotusmenetelmänä on puhaltaminen. Irtipuhalletut lehdet imetään pudotussyklonin kautta erilliseen säiliöön. Puhaltimen alle ja sieltä pois koivut kuljetetaan valssiteloilla, jotka säätyvät erivahvaisille rangoille automaattisesti. Laite on rakennettu traktorin peräkärriyn. Käyttäjän suojaus hoidetaan liikkuvien ja vaarallisten osien koteloinnilla. Morfologisen taulukon (taulukko 1) koordinaatteina rakennevaihtoehto 2 on seuraavanlainen: (osatoiminto, ratkaisuperiaate); (1, 6); (2, 1); (3, 2); (4, 1); (5, 2); (6, 2). Rakennevaihtoehto 2 on esitetty periaatekuvana kuvassa 4.

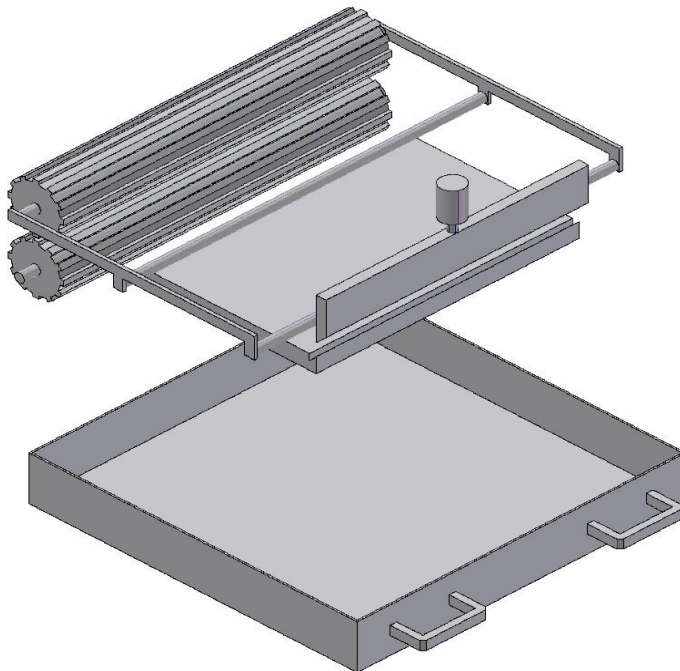


KUVA 4. Rakennevaihtoehto 2 periaatekuvana

Koivut kuljetetaan koneen läpi valssitelojen avulla. Telojen väliin on rakennettu ohjuri, joka estää rankaa taipumasta ja ohjaa sen ulosvetovalssien väliin. Järjestelmässä on radiaalipuhallin, jonka puhalluspuoli on suunnattu kohtisuorasti koivujen kulkureittiä vastaan. Samalla radiaalipuhaltimella sekä puhalletaan lehdet irti että muodostetaan säiliön alipaine, jolla irroitettut lehdet imetään pudotussyklonin kautta säiliöön.

### 4.2.3 Rakennevaihtoehto 3: leikkaaminen

Rakennevaihtoehto 3:ssa on leikkuuterä, jolla koivut viipaloidaan 20...30 millimetrin siivuiksi. Rankoja liikutellaan valssiteloilla, jotka säätävät automaattisesti. Viipaloidut koivut putoavat koneen alaosaan vetolokeroon. Laitetta liikutellaan traktoriin kiinnitettynä. Käyttäjää suojataan koteloinnilla. Vastaavat morfologisen taulukon (taulukko 1) koordinaatit: (osatoiminto, ratkaisuperiaate); (1, 1); (2, 1); (3, 1); (4, 1); (5, 1); (6, 2). Kuva 5 esittää periaatekuvan rakennevaihehto numero 3:n.



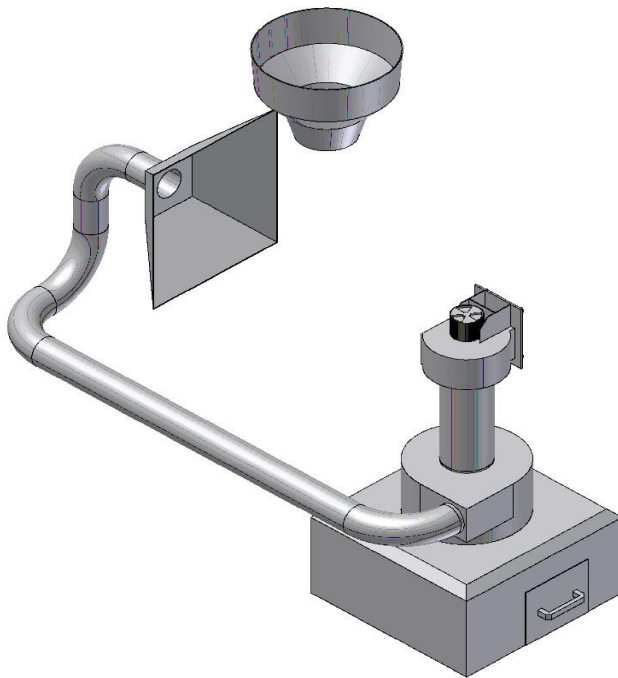
*KUVA 5. Rakennevaihtoehto 3 periaatekuvana*

Koivut vedetään koneen sisään valssiteloilla. Tämän jälkeen koivun lehvästö levitetään leikkuupöydälle ja viipaloidaan hydraulikalla toimivalla leikkuuterällä. Koivun viipaleet putoavat vetolokeroon. Tällä menetelmällä ei luonnollisestikaan saada heti

käyttövalmista lehtimateriaalia, vaan koneen tuotoksista on puhdistettava vierasaineet erillisessä prosessissa. Tämä prosessi voi olla esimerkiksi ilmaerotus, joka todettiin toimivaksi menetelmäksi jo aiemmissa testeissä. Leikkuria käytettäessä koivuista ei pitäisi irrota kovinkaan paljon kuorta.

#### 4.2.4 Rakennevaihtoehto 4: hakettaminen

Tässä rakennevaihtoehdossa on haketin, jolla koivut silputaan karkeahkosti. Hakettimen alapuolelle on rakennettu ilmaerotuslaitteisto, jolla puhalletaan hakettimessa irronneet lehdet pudotussyklonin kautta säiliöön. Laitteisto on rakennettu traktorin peräkärriin ja koivut syötetään hakettimeen käsin. Morfologisen taulukon (taulukko 1) koordinaatit: (osatoiminto, ratkaisuperiaate); (1, 2); (2, 3); (3, 2); (4, 1); (5, 2); (6, 2). Kuva 6 esittää periaatekuvan rakennevaihehto 4:stä.



*KUVA 6. Rakennevaihtoehto 4 periaatekuvana*

Koivut syötetään hakettimeen käsin. Puhtaat lehdet puhalletaan erilleen muusta haketetusta materiaalista radiaalipuhaltimella. Puhaltimen imupuoli on liitetty pudotussykloniin. Syklonista lehdet putoavat luukulliseen helposti tyhjennettävään säiliöön.

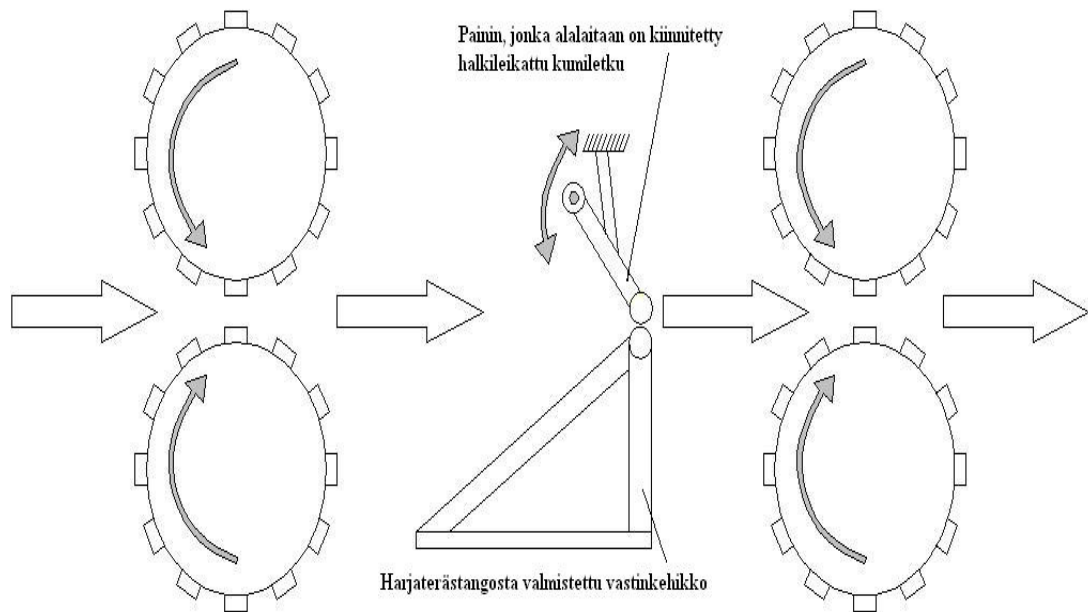


## 4.3 Valittujen menetelmien testaus

Jotta saaduista neljästä rakennevaihtoehdosta saataisiin valittua paras jatkokehitykseen, oli rakennevaihtoehtojen lehden irrotusmenetelmiä testattava käytännössä. Ennen testien aloitusta olemassa olevasta ja epätyytyttävästi toimivaksi havaitusta keruulaitteesta irrotettiin harjastelat. Tämä tehtiin, jotta koneen runkoa ja hyvin toimivia vetoteloja voitaisiin käyttää hyväksi tulevissa kokeiluissa. Osa testeistä tehtiin harjaskerukoneen runkoon itse tehdyillä välineillä, osa valmiilla kaupallisilla koneilla, joita ei alun perin ollut suunniteltu tätä tarkoitusta varten.

### 4.3.1 Riipimälevykokeilut

Erilaisia versioita riipimälevyistä testattiin itse rakennetuilla prototyypeillä, jotka kiinnitettiin osittain puretun harjaskerukoneen runkoon. Kaikki riipimälevytestit tehtiin Rovaniemen ammattikorkeakoulun (RAMK) tiloissa. Riipimälaitteiston ensimmäinen versio koostui harjaterästangosta valmistetusta vastinkehikosta ja 150 x 850 x 8 mm teräslevystä, joka toimi painimena. Teräslevyn alalaitaan oli koko pituudeltaan kiinnitetty halkileikattu kangaspäällysteinen kumiletku antamaan painimelle hieman joustavuutta. Ajatuksena oli kiskoa koivut painimen ja vastimen välistä siten, että irrotetut lehdet putoavat maahan, valmiissa laitteessa koneen alaosan vetolokeroon, ja lehdettömät rangat jatkavat matkaansa koneen perästä ulos. Kuva 7 havainnollistaa testatun riipimälaitteiston rakennetta. Laitteisto on kuvattu sivulta. Harmaat nuolet osoittavat telojen ja saranoidun paininlevyn liikkumavapaussuuntia ja valkeat nuolet koivun kulkureittiä.



*KUVA 7. Testatun riipimälevylaitteiston havainnekuva*

Tällaisenaan rakennettu laitteisto riipi lehtiä yksittäisistä oksistakin niin huonosti, että riipimälevyä ei lähdetty edes kehittämään kokonaisten koivujen riipimiseen kelpaavaksi.

Seuraavaksi päätettiin kokeilla yksittäisten oksien riipimistä pitämällä paininlevy ennallaan, mutta muuttamalla vastinkehikkoa hieman. Niinpä vastinkehikon ylitse koivujen tulosuunnan puolelle kiinnitettiin 0,8 millimetriä paksu ruostumattomasta teräksestä valmistettu levy. Kun tämäkään ei toiminut toivotulla tavalla, päätettiin ryhtyä kokeilemaan erilaisia paininvaiheitoja.

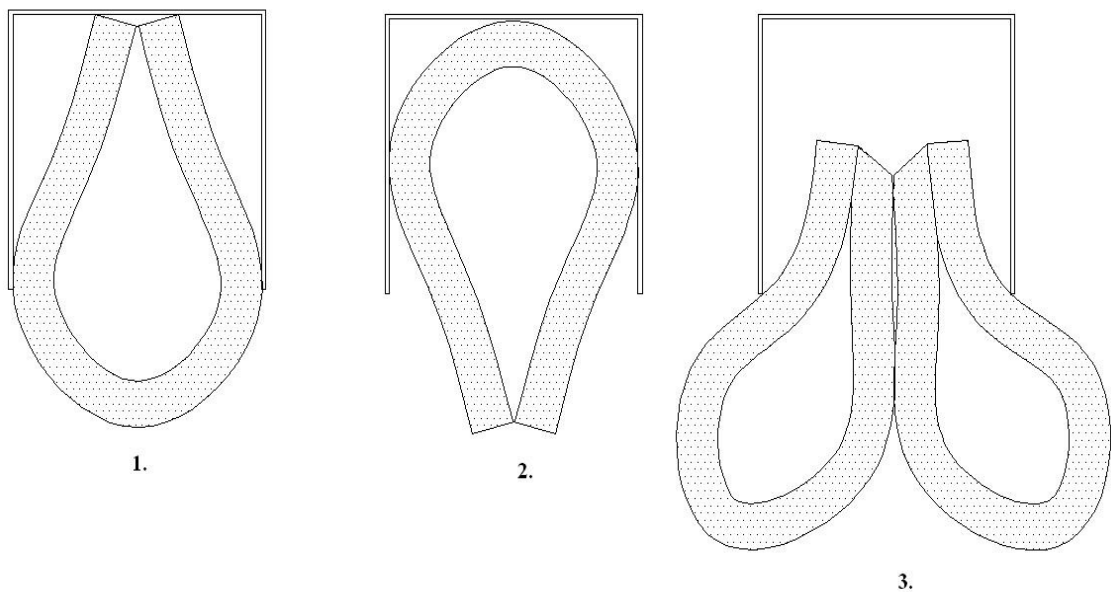
Uusien paininten kehityksessä pyrittiin lisäämään painimen joustavuutta, jotta painin mukautuisi paremmin oksien muotoihin. Edellisten testien perusteella päätettiin, että on järkevintä rakentaa prototyypilaitteet aluksi käsittelemään yksittäisiä oksia, ja mikäli näistä kokeista saataisiin rohkaisevia tuloksia, ryhdyttäisiin kehittämään täysien koivujen riipimiseen sopivia laitteita.

Ensimmäisessä uuden tyyppisessä painimessa oli teräksisen U-profiilitangon ”sisään” taivutettuna 10 mm paksu kumivelyn suikale. Vastimen kehikko teräslevyineen säilytettiin ennallaan. Painin asennettiin siten, että sen aiheuttama paine suuntautui kohtisuorasti alaspäin vastimen huippukohtaa vastaan. Tuloksena tästä oli, että lehtiä

irtosi paremmin kuin aiemmissa testeissä, mutta irronneiden lehtien osuus oksien lehtien kokonaismäärästä oli silmämääräisesti arvioituna alle viisi prosenttia. Päätettiin siirtyä seuraavaan paininvaihtoehtoon.

Toisessa U-profiiliin ja kumiliuskaan perustuvassa rakennevaihtoehdossa teräsprofiilin sisään taivutettu kumiliuska käännettiin vain toisinpäin. Nyt liuskan reunat olivat profiilin ulkopuolella ja liuskan mutka profiilin sisällä. Tämä muutos vain heikensi tulosta.

Kolmantena vaihtoehtona koetettiin lisätä U-profiilin sisään toinen kumiliuska. Kumiliuskat taivutettiin siten, että molempien liuskojen päät tulivat profiilin sisään. Painimen painautuessa vastinta vasten, vastimen harjakohta ja itse koivun oksa työntyvät taivutettujen kumiliuskojen väliin. Tulos ei merkittävästi poikennut aiempien kokeilujen tuloksista. Kuva 8 esittää testattujen paininvaihtoehtojen rakenteet.



*KUVA 8. U-profiilitankoon ja kumiliuskaan (/liuskoihin) perustuvien painimien rakenteet*

### 4.3.2 Leikkuuteräkokeilu ja puhtaaksi puhaltaminen

Leikkuuterään perustuvan menetelmän testausta varten käytiin 24.8.2006 kaatamassa Lapin luonto-opiston mailta yhdeksän nuorta koivua. Koivut kuljetettiin tuoreeltaan Rovaniemen aikuiskoulutuskeskuksen tiloihin, missä ne leikeltiin noin 20...30 millimetrin siivuihin rangan suuntaisesti. Leikkaukseen käytettiin useista ohutlevytöitä tekevästä konepajoista löytyviä kaarisaksia. Leikkausta varten koivujen lehvästöt painettiin litteiksi kahden puukappaleen avulla. Koivuista leikeltiin ainoastaan lehvästöt; paljaat rangat jätettiin alkuperäiseen asuunsa. Kuvassa 9 näkyvät sekä itse kaarisaket että tapa, jolla koivujen lehvästöt litistettiin.



*KUVA 9. Kaarisaket ja koivujen lehvästöjen litistys leikkuuta varten (2)*

Leikkelyn jälkeen saatu materiaali vietiin RAMK:n kuorma-autolaboratorioon, mihin rakennettiin ilmaerotuslaitteisto. Ennen ilmaerotusta saatu materiaali ja leikkomatta jääneet rangat punnittiin. Tämä tehtiin, koska tähän leikkuuterätestiin oli yhdistetty koivunlehtimateriaalia koskeva koe, jossa tutkittiin kuivauksessa lehdistä poistuvan veden määrää. Ilmaerotuksen jälkeen materiaali tultaisiin siis kuivattamaan.

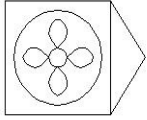
Ilmaerotuksessa käytetyn puhaltimen tuottama tilavuusvirta oli kuristettu arvoon 2 100 m<sup>3</sup>/h. Puhaltimen puhallusaukko oli 150 x 350 mm pystysuuntainen suorakaide.

Puhalletun materiaalin putoamisalueeksi levitettiin 3 x 6 m alalle kevytpeite kolme seinämäisen altaan muotoon. Materiaali siroteltiin puhaltimen ilmavirtaan 1,5 metriä puhallusaukon etupuolelta noin kahden metrin korkeudelta, eli noin 20 senttimetriä puhallusaukon yläreunan yläpuolelta.

Kun kaikki leikattu aines oli käynyt läpi ilmaerotuksen, alettiin tuloksia analysoida systemaattisesti menetelmän todellisen tehon selvittämiseksi. Puhallettu materiaali oli levittäytynyt lähes koko kevytpeitealtaan 6 metrin pituudelle, joten valittu puhaltimen tilavuusvirran tuotto oli kohdallaan. Ala, jolle puhallettu materiaali oli levittäytynyt, jaettiin viiteen lohkokoon. Ensimmäinen lohko kattoi alueen, jonka rajat olivat 1,5 ja 2,0 metriä puhaltimen etupuolella. Seuraavien lohkojen rajat metreinä olivat seuraavat: toinen lohko 2,0 ja 2,5; kolmas lohko 2,5 ja 3,5; neljäs lohko 3,5 ja 4,5; viides lohko 4,5 ja 5,5.

Jokaiselta lohkolta kerättiin yhden kuutiodesimetrin vetoiseen mitta-astiaan näyte-erä, joka punnittiin ja seulottiin käsin kolmeen puhtausluokkaan silmämääräisten arvioiden perusteella. Puhtausluokat olivat roskainen, puoli puhdas ja täysin puhdas. Myös jokaisen puhtausluokan materiaalit punnittiin, jotta voitaisiin laskea puhtausluokkien suhteelliset osuudet kullekin lohkolle pudonneesta aineksestä.

Kuva 10 esittää puhtausanalyysin lohkojen numeroinnin ja lohkojen etäisyydet puhaltimesta, lohkoille pudonneen aineksen kokonaismassan sekä kultakin lohkolta kerätyn yhden kuutiodesimetrin näyte-erän massan. Kuva 10 on havainnekuva eikä sitä ole piirretty mittakaavaan.

	1,5m	0,5m	0,5m	1m	1m	1m
	Lohkon numero	①	②	③	④	⑤
	Kokonaismassa	2333g	1372g	1215g	640g	212g
	Näyte-erän massa	244g	80g	61g	52g	50g

*KUVA 10. Testimateriaalin ilmaerotusjärjestelyt, lohkonumerointi ja lohkoille pudoneen aineksen tiedot*

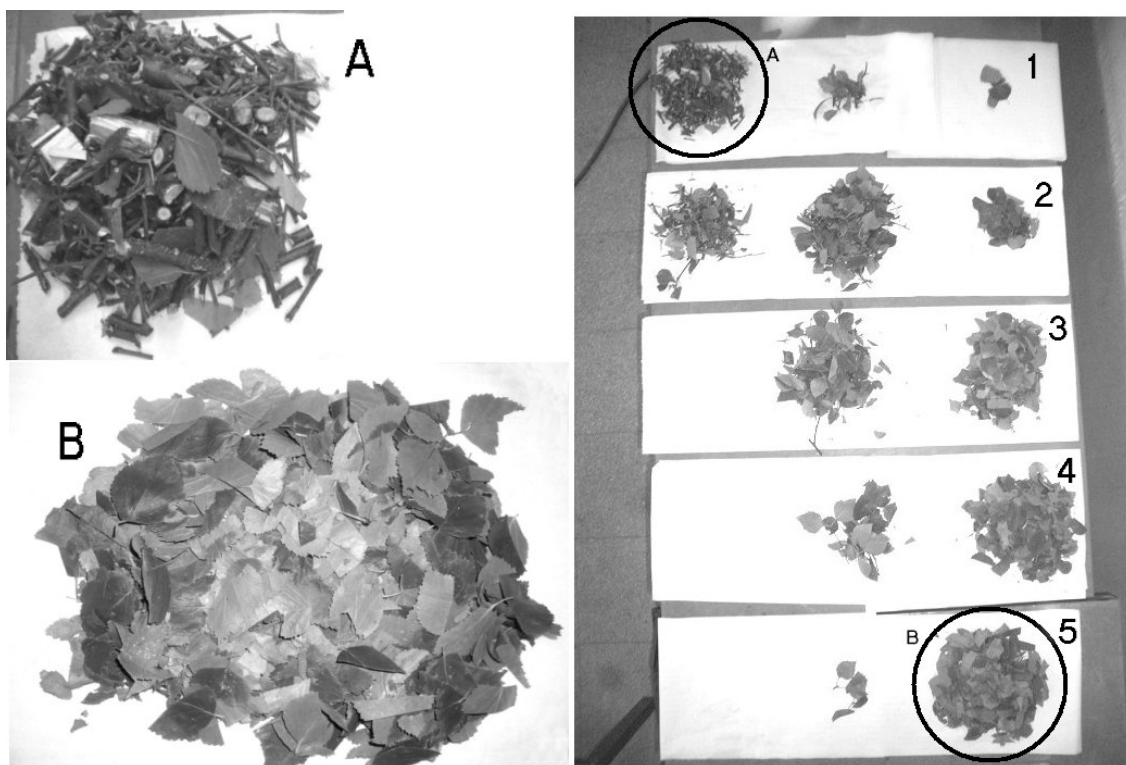
Kun kaikki materiaali punnittiin ennen ilmaerotusta, yhteismassaksi saatiin 5 825 grammaa. Ilmaerotuksen jälkeen ihan kaikkea materiaalia ei kuitenkaan saatu kerätyksi talteen, vaan erotuksen jälkeiseksi yhteismassaksi, kaikkien lohkojen aineksen massa näyte-erät mukaan luettuina, punnittiin 5 772 grammaa. Näin ollen ilmaerotuksessa syntyi materiaalihäviöitä 53 grammaa, eli noin 0,9 %.

Näyte-erien seulonta osoitti, että täysin oksista puhdasta lehtimateriaalia saatiin vain lohkolta 5. Muilla lohkoilla saadun materiaalin vierasainepitoisuus oli 10...100 %. Toisin sanoen muiden kuin lohkon 5 materiaalit joudutaan viemään tässä testatun kaltaisen ilmaerotusprosessin läpi vielä vähintään yhden kerran, jotta niiden puhdas lehtiaines saataisiin talteen. Kaiken kaikkiaan tätä useilla erotuskerroilla saatavaa täysin puhdasta materiaalia oli kaikissa näyte-erissä yhteensä 141 grammaa eli 29,0 % näyte-erien yhteenlasketusta massasta. Taulukkoon 2 on koottu näyte-erien seulonnan tulokset.

*TAULUKKO 2. Näyte-erien seulonnan tulokset*

Vyöhyke	Näyte-erän massa / g	A / g	B / g	C / g	Täysin puhtaan osuus
1	244	237	7	0	0,0%
2	80	32	40	8	10,0%
3	61	0	25	36	59,0%
4	52	0	5	47	90,4%
5	50	0	0	50	100,0%
<b>Yhteensä</b>	<b>487</b>	<b>269</b>	<b>77</b>	<b>141</b>	
A	Roskainen				
B	Puolipuhdas				
C	Täysin puhdas				

Kuva 11 esittää seulotut näyte-erät lohkoittain sekä suurennokset roskaisesta ja täysin puhtaasta materiaalista. Lohkoittain jaotelluissa erissä täysin roskaiset kasat ovat äärimmäisenä vasemmalla, puoli puhtaat keskellä ja täysin puhtaat oikealla. Lohkojen numerointi on lisätty jokaisen jaottelurivin oikeaan yläkulmaan.



KUVA 11. Lohkoittain jaotellut näyte-erät ja suurennokset roskaisesta ja täysin puhtaasta puhtausluokasta (2)

Seuraavaksi koe jatkui ilmaerotettujen materiaalien kuivatuksella. Materiaalit kuivattiin lohkoittain peräkärryn rakennetussa kaappikuivurissa, jonka lämmitysvastuksen termostaatti oli säädetty +35 celsiusasteeseen. Kuivausaikaa tuli 19 tuntia ja 30 minuuttia. Taulukko 3 esittää kuivuserien massassa tapahtuneet muutokset. Koska kuivatus ei kuulu tämän lopputyön aihepiiriin, saadut tulokset esitetään ainoastaan tässä taulukossa eikä niitä analysoida tarkemmin.

TAULUKKO 3. Kuivatuskokeen tulokset

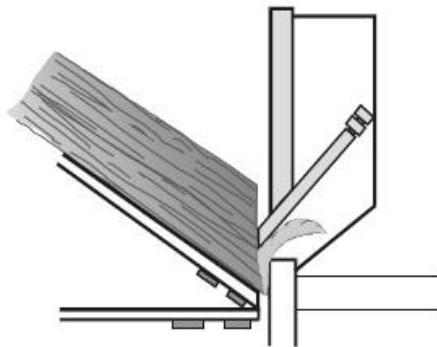
Vyöhyke	Näyte-erän massa / g	Tuorepaino / g	Kuivapaino / g	Absoluuttinen muutos / g	Suhteellinen muutos
1	244	2089	1284	-805	38,5%
2	80	1293	702	-591	45,7%
3	61	1154	529	-625	54,2%
4	52	588	251	-337	57,3%
5	50	162	72	-90	55,6%

### 4.3.3 Karkean haketuksen käyttö lehtien irrotuksessa

Karkean haketuksen soveltuvuutta koivulehtien irrotukseen testattiin Savukoskella sijaitsevalla koneella. Testissä haettiin karkeata haketusta ja sitä myös saatiin. Testattu haketin haketti oksat 10...15 senttimetrin pätkiin irrottamatta juurikaan lehtiä. Saatu materiaali oli niin karkeaa, ettei sen ilmaerotuspuhaltamisesta olisi ollut mitään hyötyä.

Menetelmänä haketusta ei kuitenkaan kannattane sivuuttaa pelkästään tämän yhden kokeilun perusteella. Markkinoilta hakettimia löytyy kolmea eri tyyppiä: laikka-, kartioruuvi- ja rumpuhakettimia.

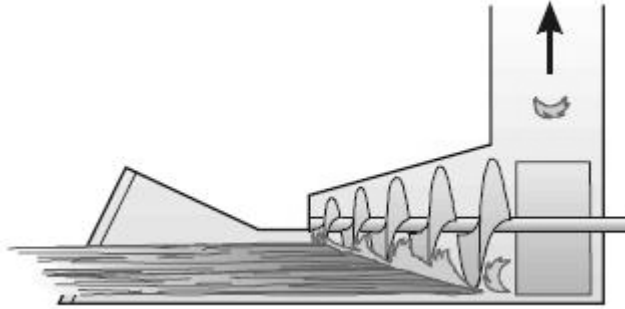
Yleisimpiä pienhakkureita ovat laikkahakkurit, joiden terälaikassa on 2...4 terää. Hakkeen palakokoa säädetään terien etäisyydellä vastaterästä; sopiva palapituus on 20...30 millimetriä. Laikkahakkuri soveltuu hyvin rankahakkeen valmistukseen. Tuottavuus haketuksessa on 10...40 m<sup>3</sup>/tehotunti haketettavasta materiaalista ja syöttötavasta riippuen. Kuva 12 esittää laikkahakkurin toimintaperiaatteen (3, s. 14).



KUVA 12. Laikkahakkurin toimintaperiaate (3, s. 14)

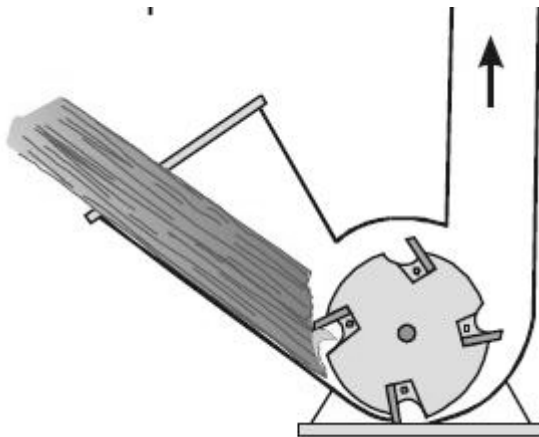
Kartioruuvihakkurissa ei tarvita erillisiä syöttörullia, sillä vaakatasossa pyörivä teräruuvi vetää puun hakkuriin. Kartioruuvihakkurilla voidaan tuottaa vaihtoterin erilaisia palakokoja väliltä 15...100 millimetriä. Parhaiten kartioruuvihakkuri soveltuu rankojen ja sahapintojen hakettamiseen. Haketuksen tehotuntuottavuus on 20...40 m<sup>3</sup> materiaalista ja syöttötavasta riippuen. Kuva 13 esittää kartioruuvihakkurin toimintaperiaatteen (3, s. 15).





*KUVA 13. Kartioruuvihakkurin toimintaperiaate (3, s. 15)*

Rumpuhakkuri soveltuu laikkahakkuria paremmin kokopuu- ja hakkuutähdehakkeen tekoon. Hake puhalletaan maataloustraktorin hakeperävaunuun tai kuorma-autokonttiin. Tehotuntituottavuus haketuksessa on 40...80 m<sup>3</sup>. Rumpuhakkurissa on 2 – 6 terää lieriömäisen terärummun ulkokehällä. Rumpuhakkurissa on yleisesti syöttörullat lähellä terätyynyä, jotka helpottavat syöttöä. Kuva 14 esittää rumpuhakkurin toimintaperiaatteen (3, s. 16).



*KUVA 14. Rumpuhakkurin toimintaperiaate (3, s. 16)*

#### **4.3.4 Menetelmän valinta perusteluineen**

Parhaan rakennevaihtoehdon valinnan apuna käytettiin VDI 2222:n mukaista pistearvostelutaulukkoa. Taulukkoon koottiin 11 arvostelukriteeriä, joista kullekin annettiin oma painoarvokertoimensa väliltä 0...1 ( $g_i$ ). Tämän jälkeen taulukkoon lisättiin kaikki neljä rakennevaihtoehtoa. Jokainen rakennevaihtoehto pisteytettiin arvostelukriteerien mukaisesti arvosanalla 0...10 ( $w_j$ ). Lopuksi kunkin arvostelukriteerin

pistearvo kerrottiin painoarvokertoimella rakennevaihtoehtokohtaisesti ja sekä pistearvot että painotetut arvot laskettiin yhteen. Taulukko 4 esittää valitun pisteytyksen tuloksineen.

*TAULUKKO 4. Pistearvotaulukko*

Arvostelukriteerit	Painokerroin $g_i$	Rakennevaihtoehto 1		Rakennevaihtoehto 2		Rakennevaihtoehto 3		Rakennevaihtoehto 4	
		Arvo $w_j$	Arvo $g_i w_j$	Arvo $w_j$	Arvo $g_i w_j$	Arvo $w_j$	Arvo $g_i w_j$	Arvo $w_j$	Arvo $g_i w_j$
Toteutustapa yksinkertainen	0,12	7	0,84	2	0,24	7	0,84	4	0,48
Vähän kuluvia osia	0,05	6	0,3	4	0,2	7	0,35	5	0,25
Rakenteen keveys	0,03	3	0,09	2	0,06	4	0,12	3	0,09
Korkea mekaaninen varmuus	0,1	5	0,5	3	0,3	6	0,6	5	0,5
Käyttäjistä riippumaton turvallisuus	0,1	6	0,6	5	0,5	6	0,6	4	0,4
Yksinkertainen osien valmistus	0,08	7	0,56	3	0,24	8	0,64	3	0,24
Yksinkertainen asennus	0,05	7	0,35	2	0,1	3	0,15	3	0,15
Ei häiritse työskentelyä	0,12	6	0,72	6	0,72	7	0,84	6	0,72
Helppo käyttää	0,1	7	0,7	6	0,6	8	0,8	6	0,6
Säilytys helppo	0,05	5	0,25	4	0,2	5	0,25	3	0,15
Halpa	0,1	5	0,5	1	0,1	5	0,5	2	0,2
Kuljetuksen helppous	0,1	6	0,6	2	0,2	6	0,6	3	0,3
	$\sum g_i = 1,0$	$\sum w_j = 70$ $\sum g_i w_j = 6,01$		$\sum w_j = 40$ $\sum g_i w_j = 3,46$		$\sum w_j = 72$ $\sum g_i w_j = 6,29$		$\sum w_j = 47$ $\sum g_i w_j = 5,58$	

Pistearvotaulukosta saadun tiedon ja tämän lopputyön tilaajan tahdon perusteella jatkokehitykseen valittiin koivujen leikkaamiseen perustuva menetelmä.

### 4.3.5 Valitun menetelmän jatkokäsittely

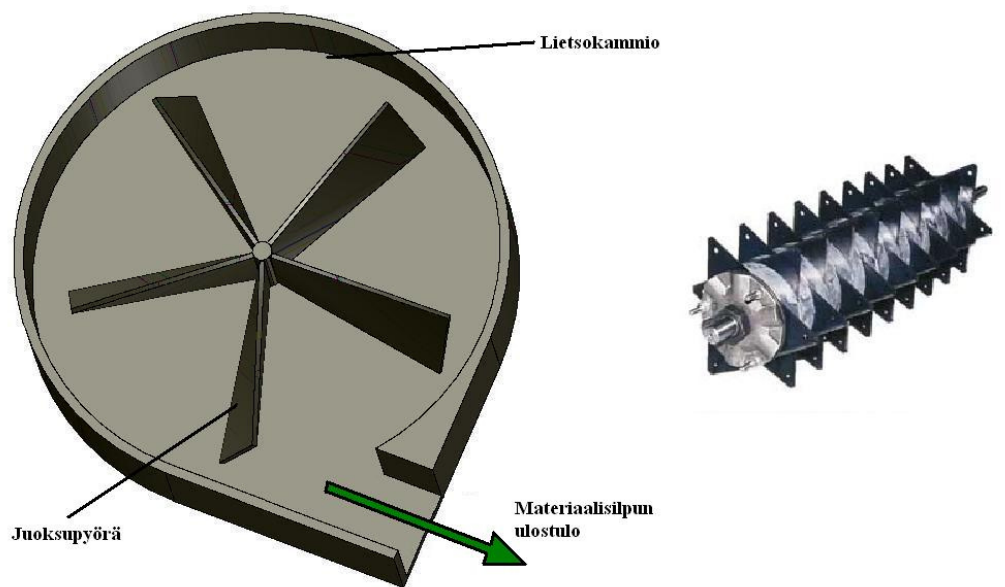
Koivunlehtien irrotukseen parhaiten soveltuvan menetelmän lyötymisen jälkeen Rovaniemen ammattikorkeakoululla pidettiin palaveri, johon osallistuivat tämän opinnäytetyön tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö sekä asiantuntijoita konepajateollisuuden alalta. Palaverissa todettiin ettei ole järkevää alkaa suunnittelemaan alusta asti täysin uutta laitetta koivujen paloitteluun, vaan on parasta etsiä markkinoilla jo oleva samankaltainen laite ja muokata sitä tähän tarkoitukseen sopivaksi.

Asiantuntijoiden neuvoa noudattaen jatkotarkasteluun valittiin silppurilietso. Tällaiset laitteet on alun perin tarkoitettu olkien silppuamiseen, mutta tietyin muutoksin silppurilietso soveltuu myös koivujen paloitteluun.

Palaverin lopuksi työtä päätettiin lähteä jatkamaan tutustumalla markkinoilla oleviin silppurilietsoihin ja niiden toimintaperiaatteisiin. Lisäksi laitteiston jatkokehityksessä tulee tutkia mahdollisuus liittää ilmaerotuslaitteisto silppurin yhteyteen.

## 5 SILPPURILIETSOT

Silppurilietso koostuu kahdesta pääosasta, roottorista ja heittolietsoista. Roottoriin on kiinnitetty useita teriä, jotka roottorin pyöriessä silppuavat koneeseen syötetyn materiaalin. Heittolietso vastaa rakenteeltaan radiaalipuhallinta eli siinä on 4...6 siipinen juoksupyörä ja laaja kaarevaseinäinen lietsokammio. Kuvassa 15 heittolietson periaatekuva on vasemmalla ja silppurilietson roottori oikealla.



*KUVA 15. Heittolietso ja silppurilietson roottori (4)*

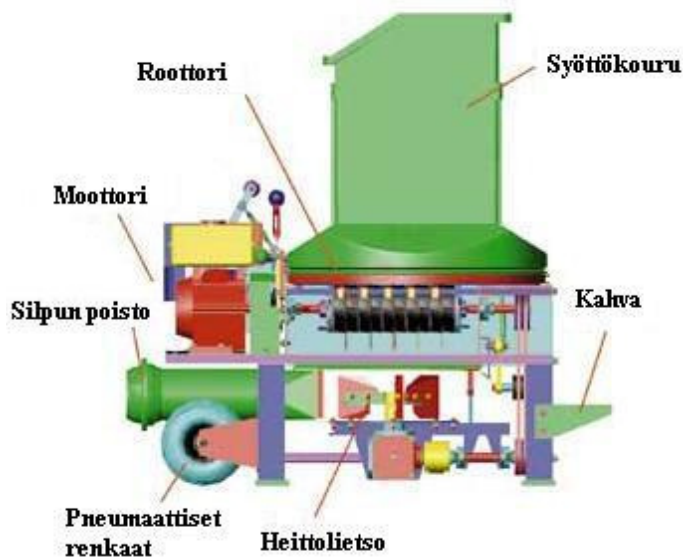
Silppurilietsoja on markkinoilla useaa eri tyyppiä. Useimmat silppurilietso toimivat oman polttomoottorinsa varassa, mutta myös traktorilla pyöritettäviä malleja löytyy. Kuvassa 16 on esitetty muutamia kaupallisia silppurilietsoja, oikeanpuolimmaisina on traktorilla pyöritettävä, kahdessa muussa on oma polttomoottori.

Silppurilietsokoneessa heittolietso on sijoitettu roottorin alapuolelle siten, että silputtu materiaali putoaa lietsoon juoksupyörän akselin suuntaisesti. Kuva 17 esittää silppurilietson rakenteen poikkileikkauksen. Traktoritoimisessa silppurilietsoissa kuvassa näkyvää moottoria ei ole.





KUVA 16. Kaupallisia silppurilietsoja



KUVA 17. Silppurilietsan rakenne (4)

Alun perin silppurilietsot on kehitetty avustamaan olki- yms. silpun levittämisessä viljelyksille. Tasaisesti levitetty silppu parantaa viljelysten tuottavuutta ja vähentää eroosiota.

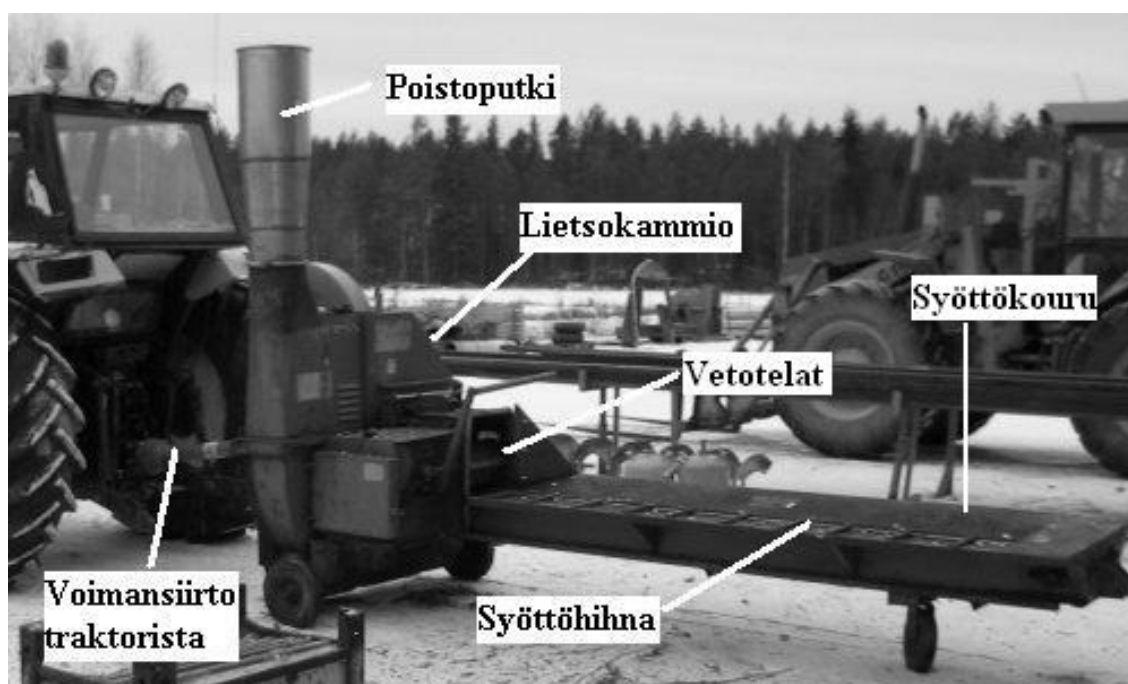
Omalla moottorilla varustettuja silppurilietsoja on saatavilla ainakin 11, 13, 18, 22 ja 30 hevosvoiman polttomoottorilla. Valmistajat lupaavat pienimmänkin koneen tuottavan heittovoiman, joka lennättää materiaalisilpun 15 metrin päähän silpun poistoaukon suulta. Suuritehoisemmilla moottoreilla ja traktorikäytöllä varustetuille koneille luvataan jopa 25 metrin heittoetäisyys. Tämä heittolietsolla tuotettu heittovoima voidaan koivujen silppuamisen yhteydessä valjastaa ilmaerotuksen tarpeisiin.

11 hevosvoiman polttomoottorilla varustettu heittolietso maksaa jälleenmyyjältä ostettuna noin 3 700 euroa, ja 18 hevosvoiman koneella noin 5 200 euroa. Suurempiin koneisiin mentäessä hintakehitys on jotakuinkin lineaarista. Traktorilla pyöritettävän silppurilietson saa noin 3 300 eurolla (5).

## 6 BUCHMANN EXAKT EXPRESS -SILPPURILIETSO

Joulukuussa 2006 KATE-hankkeelle ostettiin aktiivikäytöstä poistettu Buchmann Exakt Express 2002 -merkkinen silppurilietso raanujärveläiseltä maatalousyrittäjältä. Kauppahinnaksi sovittiin 300 euroa. Päällisin puolin kone oli kohtuullisessa kunnossa, mutta myyjä kehotti vaihtamaan laitteen laakerit ennen käyttöönottoa.

Laakerinvaihtoa ja yleistä kuntotarkastusta varten silppurilietso toimitettiin Kemijärvelle KATE-hankkeen alihankkijaksi valitulle T. J. Pyykkösen konepajalle. Kuntotarkastuksessa ilmeni, etteivät silppurilietson myyjän kaupantekijäisiksi antamat vaihtolaakerit riittäneet koneen korjaamiseen, vaan varaosia oli tilattava lisää. Joulun pyhäpäivät viivästyttivät varaosien toimitusta ja laitteen testiajoa. Kuvassa 18 on esitetty Buchmann Exakt Express 2002 -silppurilietson pääosat.



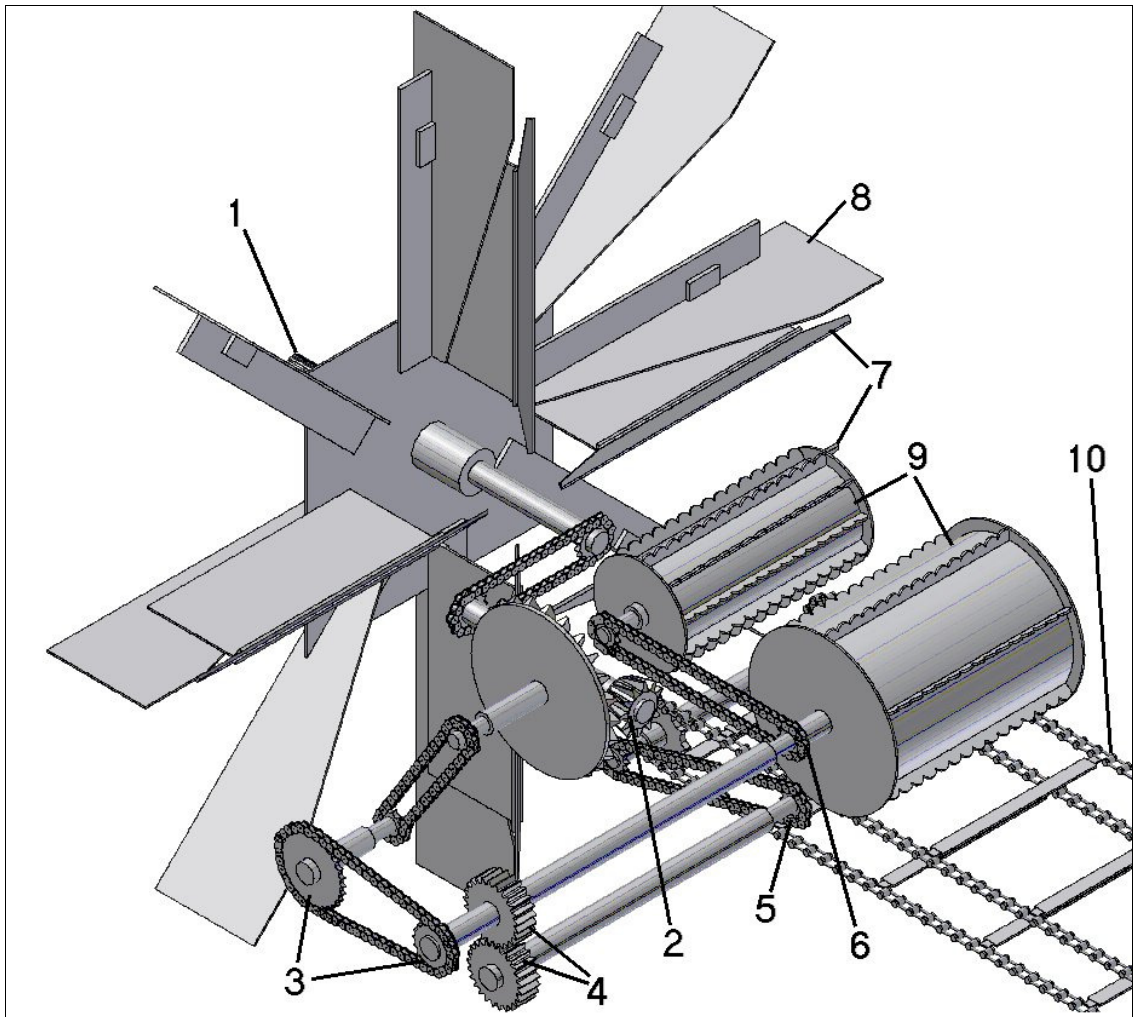
*KUVA 18. Buchmann Exakt Express 2002 -silppurilietson pääosat*

Buchmann Exakt Express 2002 -silppurilietson fyysiset mitat ilman irrotettavaa poistoputkea ovat 3 500 mm x 1 500 mm x 1 700 mm (pituus x leveys x korkeus).



## 6.1 Buchmann-silppurilietson rakenne ja toimintaperiaate

Laakerien vaihtotyö edellytti koneen koteloinnin osittaista purkamista, mikä tarjosi oivan tilaisuuden tutustua laitteen toimintaperiaatteeseen ja rakenneratkaisuihin. Laitteen toiminta on täysin mekaanista. Silppurilietsoa pyöritetään suoralla traktorivoimansiirrolla siten, että laitteen lietsopyörä, johon on kiinnitetty myös leikkaavat terät, pyörii samalla nopeudella kuin traktorin moottori. Lietsopyörän akselilta voima siirretään ketjuin ja hammaspyörin aina vetoteloille ja syöttöhihnalle asti. Kuvaan 19 on mallinnettu ja numeroitu Buchmann Exakt Express 2002-silppurilietson pääosat ja voimansiirtoelimet.



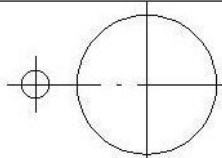
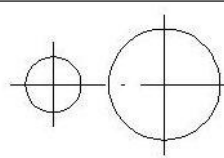
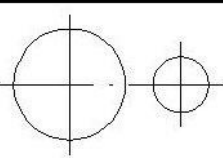
KUVA 19. Buchmann Exakt Express 2002 -silppurilietson pääosat ja voimansiirtoelimet

Kuvassa 19 numerolla yksi on merkitty silppurilietson kiinnitys traktorin voimansiirtoon, kiinnitys on lietsopyörän akselilla. Lietsopyörän akselilta voima siirtyy ketjuvälityksellä kartiohammaspyöräparille, joka on kuvassa merkitty numerolla 2. Kartiohammaspyöräparilta on ketjuvälitys numerolla 3 merkitylle leikkuumitansäätöketjupyöräparille. Näiden ketjupyörien toiminta on selitetty tuonnenpana. Säätöketjupyöräparin ja ison vetotelan (kuvassa numerolla 9) yhdistävällä akselilla on hammaspyöräpari, joka siirtää voiman em. akselin kanssa yhdensuuntaiselle akselille siten, että akselit pyörivät vastakkaisiin suuntiin. Kuvan ketjupyörä numero 5 välittää voiman syöttöhihnaa pyörittäville hammaspyörille. Ketjupyörä numero 6 taas välittää voiman pienelle vetotelalle (kuvassa numerolla 9). Hammaspyöräparilla numero 4 aikaansaadun suunnanvaihdoksen ansionsa syöttöhihna ja vetotelat muodostavat nielun, joka vetää materiaalia kohti leikkuuteriä.

Kuvassa 19 numerolla 8 on merkitty lietsopyörää, jonka lapoihin on 90 asteen jaolla kiinnitetty leikkuuterät (numero 7). Numerolla 7 on merkitty myös koneen runkoon kiinteästi kiinnitetty vastaterä, jota vasten leikkuuterät leikkaavat syötetyn materiaalin. Numerolla 10 on kuvassa merkitty syöttöhihnaa, joka kuljettaa syöttökouruun asetetun materiaalin vetoteloille.

Koneen tuottamien "korsien" pituus voidaan valita muuttamalla vetotelojen pyörimisnopeutta. Tätä tarkoitusta varten koneen kyljessä on kaksi ketjulla yhdistettyä helposti irrotettavaa hammaspyörää (ks. kuva 19, nro 3). Vaihtelemalla näitä hammaspyöriä vähempi tai useampi hampaisiin hammaspyöriin ja poistamalla tai lisäämällä leikkaavien terien määrää, koneen leikkuupituutta saadaan muutettu valmistajan toimittaman taulukon mukaisesti. Eri hammaspyöräpareilla ja terien määrällä leikkuupituus vaihtelee välillä 2,5...130 millimetriä. Valmistajan toimittaman saksankielisen leikkuumittataulukon pohjalta tehty suomenkielinen versio on työn liitteenä (liite 2). Taulukossa 5 on vahvennetulla rajauksella esitetty laakeriremontin aikaan koneessa ollut asetus. Taulukko 5 esittää yksityiskohdan leikkuumittataulukosta.

*TAULUKKO 5. Silppurilietson ostohetken leikkuumitta-asetus, yksityiskohta leikkuumittataulukosta*

Hammaspyörien havainnekuvat Perusketjut			
Hammasluku	11      34	18      29	29      18
4 terää	2,5	5,5	16,5
2 terää	4	11	33
1 terä	8	22	66
Leikkuumitta (mm)			

Silppurilietsoon tutustuttaessa leikkuumitansäätöhammaspyörien hammasluku ja leikkaavien terien määrä laskettiin. Hammasluvut olivat 29 ja 18, ja leikkuuteriä oli neljä. Näiden tietojen ja säätöhammaspyörien fyysisen sijainnin perusteella taulukosta 5 voidaan lukea, että kone tekee yhden leikkuuliikkeen jokaista materiaalin lineaarisesti kulkemaa 16,5 millimetriä kohti. Kone siis leikkaa syötetyn materiaalin 16,5 millimetriä pitkiksi pätkiksi.

## 6.2 Buchmann-silppurilietson teoreettiset kapasiteetilaskelmat

Kapasiteetilaskelmat lasketaan kolmella todennäköisimmällä leikkuumitalla: 16,5; 22 ja 33 millimetrillä. Nämä leikkuumitat voidaan saavuttaa koneessa kiinni olevilla säätöhammaspyörillä, niiden järjestystä vaihtamalla ja leikkuuterien määrää muuttamalla. Laskelmat tehdään traktorin moottorilta otettavalla pyörimisnopeusalueella 1 000...2 000 RPM. Yhden käsiteltävän koivunlehvästön massana käytetään 647 grammaa (ks. luku 4.3.2) ja pituutena 3 000 millimetriä.

### 6.2.1 Kapasiteetilaskelmat: 16,5 millimetrin leikkuupituus

16,5 millimetrin leikkuumitta-asetuksessa koneessa on paikoillaan neljä leikkuuterää, jotka on kiinnitetty lietsopyörälle 90 asteen tasajaolla. Kun materiaali on edennyt 16,5

millimetriä lineaarisesti, on lietsopyörä kääntynyt 90 astetta. Kun vielä tiedetään, että lietsopyörä pyörii samaa vauhtia traktorin moottorin kanssa, voidaan laskea, kauanko koneella kuluu aikaa yhden lehvästön käsittelyssä, ja siitä päästään teoreettiseen raakamateriaalin tuntituottoon.

Lasketaan kaavalla 1 ensin, kuinka monta teräniskua yhden lehvästön käsitteleminen vaatii.

$$\text{iskujen määrä} = \frac{\text{lehvästön pituus}}{\text{leikkuumitta}} = \frac{3\,000\text{ mm}}{16,5\text{ mm}} = 181,82 \text{ isku} \quad \text{KAAVA 1}$$

Lasketaan iskujen vaatima lietsopyörän pyörähdysten määrä kaavalla 2.

$$\begin{aligned} \text{lietsopyörän kiertymä} &= \text{iskujen määrä} \cdot \text{leikkuuterien jako asteina} && \text{KAAVA 2} \\ &= 181,82 \text{ isku} \cdot 90^\circ = 16\,363,6^\circ \\ &= \frac{16\,363,6^\circ}{360^\circ} = 45,45 \text{ kierrosta} \end{aligned}$$

Näin ollen yhden lehvästö käsittelyyn kuluva aika saadaan kaavasta 3.

$$\begin{aligned} \frac{\text{traktorin kierrokset [RPM]}}{60\text{ s}} &= \frac{\text{lietsopyörän kierrokset per lehvästö}}{\text{käsittelyaika}} && \text{KAAVA 3} \\ \text{käsittelyaika} &= \frac{\text{lietsopyörän kierrokset per lehvästö} \cdot 60\text{ s}}{\text{traktorin kierrokset [RPM]}} \end{aligned}$$

Kun yhden puun levästön massana käytetään 647 grammaa, päästään raakamateriaalin teoreettiseen tuntituottoon kaavalla 4.

$$\text{tuntituotto} = \frac{3\,600\text{ s}}{\text{käsittelyaika}} \cdot 0,647\text{ kg} \quad \text{KAAVA 4}$$

Taulukkoon 6 on laskettu Buchmann Exakt Express -silppurilietsion teoreettinen raakamateriaalin tuntituotto ja yhden lehvästön käsittelyyn kuluva aika traktorin

moottorin pyörimisnopeusalueella 1 000...2 000 RPM. Laskutoimitukset on tehty edellä esitetyllä tavalla käyttäen kaavoja 3 ja 4.

*TAULUKKO 6. Teoreettiset kapasiteetilaskelmat 16,5 mm leikkuupituudella*

<b>Traktorin kierrokset</b> / RPM	<b>käsittelyaika per lehvästö</b> / s	<b>tuntituotto</b> / kg/h
1 000	2,73	853
1 250	2,18	1 068
1 500	1,82	1 280
1 750	1,56	1 493
2 000	1,36	1 713

### 6.2.1 Kapasiteetilaskelmat: 22,0 millimetrin leikkuupituus

22,0 millimetrin leikkuumitta-asetuksessa koneessa on paikoillaan yksi leikkuuterä. Kun materiaali on edennyt 22,0 millimetriä lineaarisesti, on lietsopyörä kääntynyt 360 astetta.

Lasketaan kaavalla 1 montako teräniskua yhden lehvästön käsitteleminen vaatii:

$$\text{iskujen määrä} = \frac{3\,000\text{ mm}}{22,0\text{ mm}} = 136,36 \text{ iskua}$$

Iskujen vaatima lietsopyörän pyörahdyksen määrä on 136,36 iskua, koska leikkuuteriä on vain yksi ("jako" on 360 astetta). Näin kaavojen 3 ja 4 avulla saadaan raakamateriaalin teoreettiset tuntituotot 22,0 mm leikkuupituudella traktorin moottorin pyörimisnopeusalueella 1 000...2 000 RPM. Laskelmien tulokset on koottu taulukkoon 7.

*TAULUKKO 7. Teoreettiset kapasiteetilaskelmat 22,0 mm leikkuupituudella*

<b>Traktorin kierrokset</b> / RPM	<b>käsittelyaika per lehvästö</b> / s	<b>tuntituotto</b> / kg/h
1 000	8,18	285
1 250	6,55	356
1 500	5,45	427
1 750	4,68	498
2 000	4,09	569

## 6.2.2 Kapasiteetilaskelmat: 33,0 millimetrin leikkuupituus

33,0 millimetrin leikkumitta-asetuksessa koneessa on paikoillaan kaksi leikkuuterää. Kun materiaali on edennyt 33,0 millimetriä lineaarisesti, on lietsopyörä kääntynyt 180 astetta.

Lasketaan kaavalla 1 montako teräniskua yhden lehvästön käsitteleminen vaatii:

$$\text{iskujen määrä} = \frac{3\,000\text{ mm}}{33,0\text{ mm}} = 90,91 \text{ iskua}$$

Iskujen vaatima lietsopyörän pyörähdysten määrä lasketaan kaavalla 2:

$$90,91 \text{ iskua} \cdot 90^\circ = 16\,363,6^\circ = \frac{16\,363,6^\circ}{360^\circ} = 45,45 \text{ kierrosta}$$

Näin kaavojen 3 ja 4 avulla saadaan teoreettiset tuntituotot 33,0 mm leikkuupituudella taulukkoon 8.

TAULUKKO 8. Teoreettiset kapasiteetilaskelmat 33,0 mm leikkuupituudella

Traktorin kierrokset / RPM	käsittelyaika per lehvästö / s	tuntituotto / kg/h
1 000	2,73	853
1 250	2,18	1 068
1 500	1,82	1 280
1 750	1,56	1 493
2 000	1,36	1 713

### 6.3 Buchmann Exakt Express -silppurilietsion testiajo

Buchmann-silppurilietsion testiajo suoritettiin 29.12.2006 Kemijärvellä T. J. Pyykkösen konepajan pihamaalla. Mitään varsinaista testiohjelmaa ei ollut laadittu, vaan testiajon päätavoitteena oli varmistaa silppurilietsion toimintakunto, tutkia laitteen tekemää materiaalisilppua ja mitata matka, jonka silppurilietsio materiaalin heittää.

Kuten odotettua, laite oli sängen äänekäs. Melu kuitenkin kuului asiaan, sillä laitteen toiminnassa ei ollut valittamista. Syöttöhihna kuljetti testimateriaalina käytetyt, halkaisijaltaan 20...40 millimetriset oksat vetoteloille, mistä ne kulkeutuivat lietsopyörän leikkuuterille ja silputtuna ulos poistoputkesta.

Pisimmillään silppurilietsio heitti materiaalia noin 15 metrin päähän poistoputken suulta. Tätä heittopituuden mittausta varten silppurilietsioon asennettiin 90 asteen mutkan tekevä poistoputki eli materiaalisilppu saatiin näin lentämään maanpinnan suuntaisesti. Itse materiaalisilppu, jota kone tuotti, oli osittain karkeampaa, kuin 16,5 millimetrin leikkuupituusasetus antaa ymmärtää. Kuten kuvasta 20 nähdään, silputun materiaalin joukossa oli suhteellisen runsaasti jopa noin 100 millimetriä pitkiä oksanpätkiä, mutta myös paljon halutun pituista ainesta. Pääsyyinä karkeahkoon leikkujälkeen oli luultavasti tylsät ja kuoppaisiksi kuluneet leikkuuterät.



*KUVA 20. Buchmann-silppurilietsolla tuotettua materiaalisilppua*

Testiajon perusteella päätettiin Buchmann Exakt Express -silppurilietsa ottaa lopullisen koivunlehdenkeruulaitteiston perustaksi. Tätä opinnäytetyötä koskien päätettiin työn piiriin sisällyttää teräs- ja puurunkoisen ja vaneriseinäisen ilmaerotuskourun suunnitteleminen. Kourulle päätettiin tehdä pituutta noin kymmenen metriä ja sisäleveyttä alle metri. Erotuskouruun materiaali johdettaan silppurilietsolta viisi metriä pitkän, vaakatasossa kulkevan putken kautta.



## **7 BUCHMANN-SILPPURILIETSOON PERUSTUVAN ILMAEROTUSLAITTEISTON SUUNNITTELU**

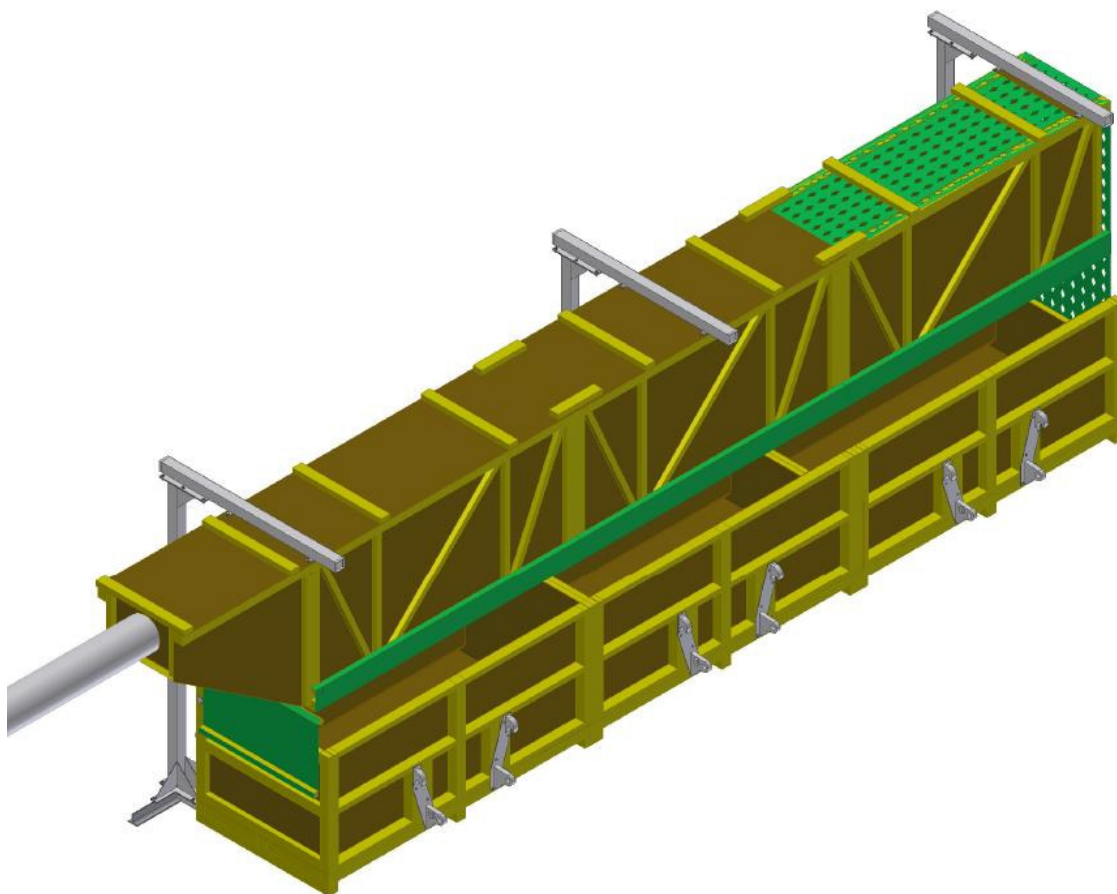
Ilmaerotuskourun tukirakenteiden perusrakennemateriaaliksi valittiin 100 mm x 100 mm putkipalkki neljän millimetrin seinämällä. Putkipalkkia myydään mm. kuuden metrin tankoina. Kourun rakenteessa käytetyt levyosat valmistetaan kolmen millimetrin vahvuisesta perus-rakenneteräslevystä (S235JRG2). Perus-rakenneterästä myydään mm. 1 000 mm x 2 000 mm levyinä sekä 35 mm:n ja 50 mm:n levyisinä lattatankoina. Lattarautaa myydään yleensä kuuden metrin tankoina. Liitoseliminä kourun rakenteessa käytetään M12 ja M14-kuusiokantaruuveja (ISO 4017 ja ISO 4014) ja kuusiomuttereita (ISO 4032). Kourun seinien ja pohjan materiaaliksi valittiin 6,5 millimetrin vahvuinen filmivaneri, jota myydään mm. 1 500 mm x 3 000 mm levyinä (6, s. 53, 74, 99, 267, 274).

### **7.1 Ilmaerotuskourun rakenneratkaisut**

Ilmaerotuskourun suunnittelun lähtökohdaksi otettiin rakenteen modulaarisuus. Rakenne tuli voida purkaa, kuljettaa ja koota uudelleen helposti. Lisäksi kourun pituutta tuli voida tarvittaessa jatkaa ja rakenteen tuli olla mahdollisimman kevyt.

Kuvassa 21 on esitetty kokoonpanokuva suunnitellusta ilmaerotuslaitteistosta. Kourun työpiirustukset on liitteessä 4. Kuten kuvasta nähdään, laitteisto koostuu kolmesta avokattoisesta laatikosta, joihin eroteltu materiaali putoaa ja putkipalkkirakenteisten C-tukien varassa riippuvasta ilmaerotuskourusta. Laitteisto koostuu C-tukia ja työvälinekiinnikkeitä ja suojapeitteitä lukuunottamatta kokonaan puuosista.

Laitteiston kolmea keruulaatikkoa käsitellään traktorilla. Kussakin keruulaatikossa on EURO-työvälinekiinnikkeet traktorin etukuormaajaan kiinnittymistä varten. Keruulaatikoiden yksi laita on saranoitu yläpäästään. Keruulaatikat tyhjennetään kallistamalla niitä, jolloin laatikkoon kertyneen materiaalin massa työntää saranoidun laidan auki ja materiaali putoaa ulos laatikosta. Keruulaatikoiden päätyseinät ovat erikorkuisia ilmaerotuksen helpottamiseksi.



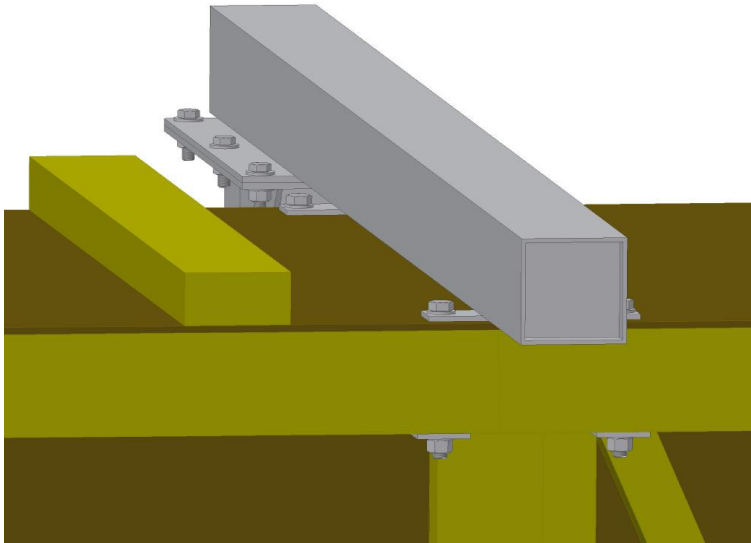
*KUVA 21. Ilmaerotuslaitteisto*

Kuvan 21 vasemmassa laidassa näkyy putki, jota pitkin silputtu aines kulkeutuu silppurilietsolta erotuskouruun. Putkeen voidaan tarvittaessa tehdä supistuksia, mutkia yms., materiaalivirran nopeuden säätelemiseksi.

Kuten kuvasta 21 näkyy, ilmaerotuskourun viimeisessä osastossa ei ole kattolevyä. Osaston katon ja kourun takaseinän muodostaa harvahko verkko, jonka läpi ilma pääsee vapaasti poistumaan kourusta aiheuttamatta pyönteitä tai muita ei-toivottuja virtausvaihteluita. Mahdollisen sivutuulen haitallista vaikutusta erotuskourun toimintaan on pyritty vähentämään suojapeitteillä. Ilmaerotuksen ollessa käynnissä kourun sivuille ripustetut suojapeitteet peittävät kourun ja keruulaatikoiden väliin jäävän noin kolmenkymmenen senttimetrin raon. Keruulaatikoiden tyhjennyksen ajaksi suojapeitteet nostetaan pois tieltä roikkumaan niille varattuihin koukkuihin.

Kuvassa 22 on esitetty ilmaerotuskourun kiinnitys C-tukiin. Jokaisen C-tuen ylävaakapalkkiin on hitsattu lattarauta kiinnikkeet. Kouru kiinnittyy näihin kiinnikkeisiin

yläosastaan pulttiliitoksella. Kiinnitykseen on käytetty M14 x 140 pultteja ja M14 muttereita.

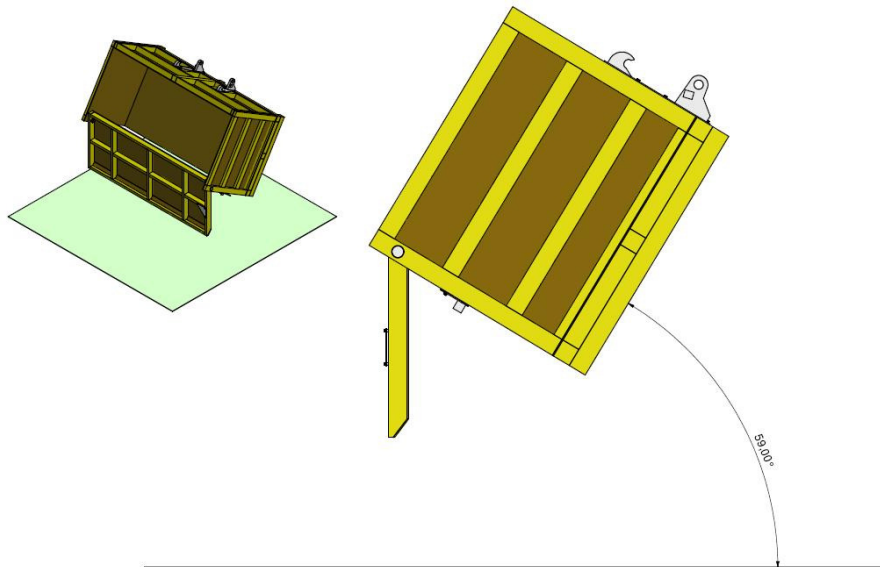


*KUVA22. Ilmaerotuskourun osastojen kiinnitys C-tukiin*

Kuvasta 22 näkyy, miten C-tuen ylä-vaakapalkki on tulpattu umpeen, myös tuen ala-vaakapalkki on tulpattu. Tämä on tehty estämään kosteuden pääsy putkipalkin sisään. Korroosiovaurioiden estämiseksi C-tukien kaikki metalliosat pintakäsitellään maalaamalla.

C-tuen lujuustarkastelu on esitetty liitteessä 4. Liitteessä 4 on myös N-Kehä-ohjelmalla suoritettujen C-tuen lujuuslaskennan tulos. N-Kehän tulosluiskasta ilmenee, että perustilassaan ilmaerotuskourun paino aiheuttaa C-tukien ylä-vaakapalkkiin maksimissaan hieman alle kahden senttimetrin pystysuuntaisen taipuman.

Kuvassa 23 on havainnollistettu keruulaatikoiden tyhjentämistoimenpidettä. Kuvassa esiintyvä kulman arvo 59 astetta on normaali traktorin etukuormaajan kippikulma.



*KUVA23. Ilmaerotuslaitteiston keruulaatikon tyhjennys*

## **7.2 Ilmaerotuslaitteiston materiaalimenekki ja kustannusarvio-laskelmat**

Eritelty esitys ilmaerotuslaitteiston materiaalimenekistä ja arvio materiaalien kustannuksista on liitteen 5 taulukossa. Laskelmien mukaan ilmaerotuslaitteiston rakennusmateriaalit tulevat maksamaan yhteensä noin 2 600 euroa. Tähän summaan ei ole laskettu mukaan rakennustyöstä koituvia palkka- yms. kustannuksia. Massaa laitteistolle kertyy yhteensä noin 1 600 kilogrammaa, joten kuljetukseen tarvitaan vähintään autotraileri tai lavettivaunu.

## 8 YHTEENVETO

Lähtötietomuistioon (liite 1) kirjattuna tavoitteena tälle opinnäytetyölle oli testien kautta löytää menetelmä, jolla kerätään lehdet kaadetuista koivuista ja suunnitellaan laite, joka toteuttaa tätä menetelmää. Tavoiteaikataulun mukaan loppuraportti työstä piti palauttaa vuoden 2006 loppuun mennessä.

Opinnäytetyön tiedonkeruuvaihe alkoi jo vuoden 2006 kesällä. Suunnitelmien mukaisesti tuolloin tutustuttiin jo olemassa olevaan koivunlehdenkeruulaitteeseen ja koeajettiin se. Tämän jälkeen työ jatkui soveltamalla VDI 2222 - tuotekehitysmenetelmää koivunlehtien irrottamiseen sopivan menetelmän etsintään. Etsinnän tuloksena päädyttiin neljään mahdolliseen menetelmään. Näistä menetelmistä testattiin käytännössä kolme.

Testien jälkeen varsinaiseen jatkokehitykseen valittiin menetelmä, jossa koivut pilkotaan pieniksi palasiksi, ja näin syntyneestä materiaalisilpusta seulotaan puhtaat lehdet ripottelemalla silppu puhaltimella synnytettyyn ilmavirtaan. Puhtaat lehdet ovat silpun keveintä ainesta, joten ilmavirta kuljettaa ne kauimmaksi, kun taas raskaana aineksena oksankappaleet putoavat lähelle puhallinta.

Konealan asiantuntijoiden haastattelemisen jälkeen tarkempaan tarkasteluun päätettiin ottaa silppurilietsot. Silppurilietsot vaikuttivat ihanteelliselta laitteelta tähän projektiin. Silppurilietsolla saataisiin paitsi paloitetua koivut myös toteutettua lehtien erotukseen tarvittava ilmavirta. Opinnäytetyön tilaavalle KATE-hankkeelle ostettiin käytöstä poistettu silppurilietsot, ja tutkimusten ja testiajon jälkeen laite päätettiin ottaa kehiteltävän laitteiston perustaksi.

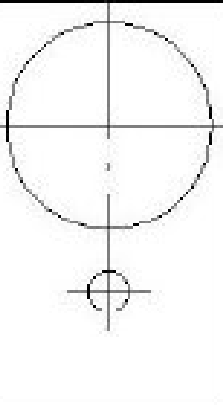
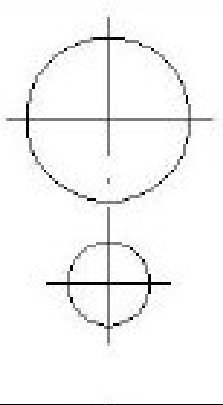
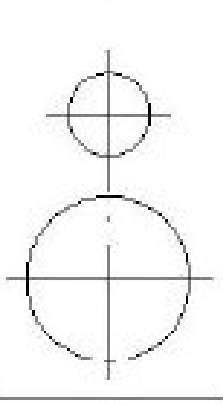
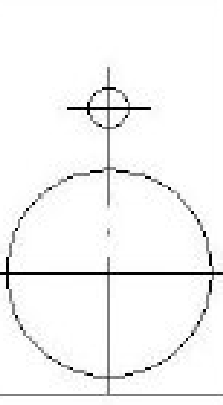
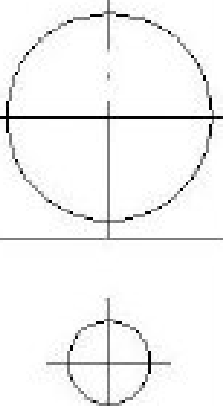
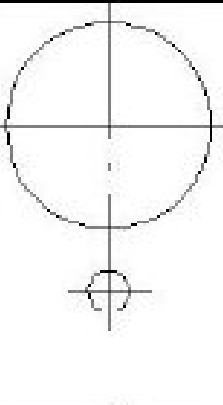
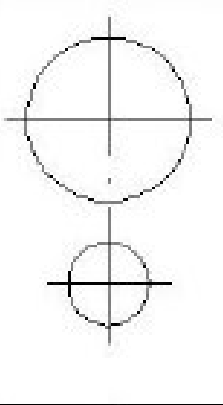
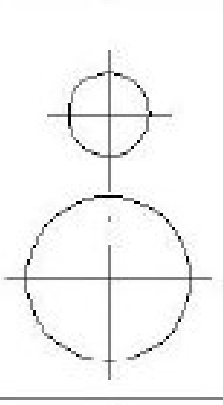
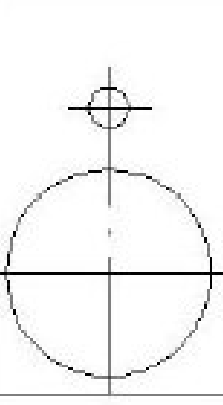
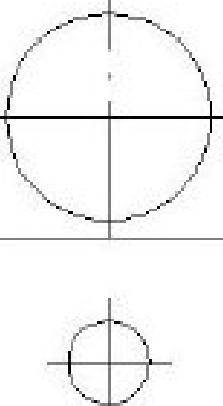
Opinnäytetyön tavoitteen ja sisällön muuttumisen myötä työn kulku erkani suunnitelmiin kirjatusta. Tässä vaiheessa oli jo myös selvää, ettei tavoiteaikataulussa tultaisi pysymään. Enää ei oltu kehittämässä täysin uutta laitetta, vaan ryhdyttiin kehittelemään laitteistoa valmiin koneen ympärille. Työn tavoitteisiin lisättiin teräsrunkoisen, vaneriseinäisen ilmaerotuskourun suunnitteleminen.

Lopulta opinnäytetyössä päästiin tavoitteeseen löytää ratkaisu lehtien keräämiseen kaadetuista koivuista. Työ vei kuitenkin odotettua kauemmin, eikä tavoiteaikataulussa pysytty. Viivästymisestä keskusteltiin työn tilaajan yhdyshenkilön kanssa, eikä se johtanut sanktioihin.

Mielestäni opinnäytetyön tekeminen projektina ja prosessina antoi oppia ja kokemusta kaikkien siihen uponneiden satojen työtuntien edestä. Kokemusta kertyi niin kentällä tapahtuvasta mittaus- ja testaustyöstä, kokoustilanteista kuin käytännön insinööri-tehtävistäkin. Itse työn tekeminen oli miellyttävän haastavaa, ja aiheen laajuus oli mielestäni erittäin sopiva.

## LÄHTEET

1. Ylimaula, Mikko. 2006. TL1411. Tuotekehitys. 7,5 op opintojakso lukuvuonna 2005 - 2006. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
2. Koistinen, Markku 2006. Projektipäällikkö, KATE-hanke. 24.8.2006.
3. Opet Finland Raportti 3. 2001. Pienpuun korjuu- ja käyttöteknologia – tilannekatsaus. SIR Development, VTT.
4. Ideal Machinery inc. 1996. Blizzard straw choppers. Saatavissa: [http://www.wicideal.com/Pages/chopper\\_blizzard.htm](http://www.wicideal.com/Pages/chopper_blizzard.htm). Hakupäivä 19.11.2006.
5. SouthAg Distributing inc. 2006. Strawblowers-hinnasto. Saatavissa: <http://www.southag.com/AgriMetal/strawblowers.htm>. Hakupäivä 20.11.2006.
6. Valtanen, Esko 2002. Tekniikan taulukkokirja, uusittu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Hammaspyörrien havainnekuvat Perusketjut					
Hammasluku	11	18	29	29	34
4 terää	2,5		5,5	16,5	32,5
2 terää	4		11	33	65
1 terä	8		22	66	130
Leikkuumitta (mm)					
1 terä	16		32	48	88
2 terää	8		16	24	44
4 terää	4		8	12	22
Hammasluku	15	31	21	26	31
Hammaspyörrien havainnekuvat Vapaavaltaset ketjut					



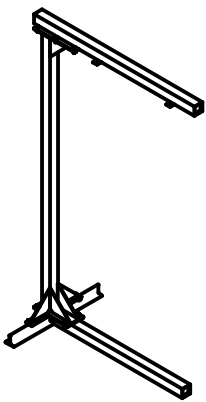
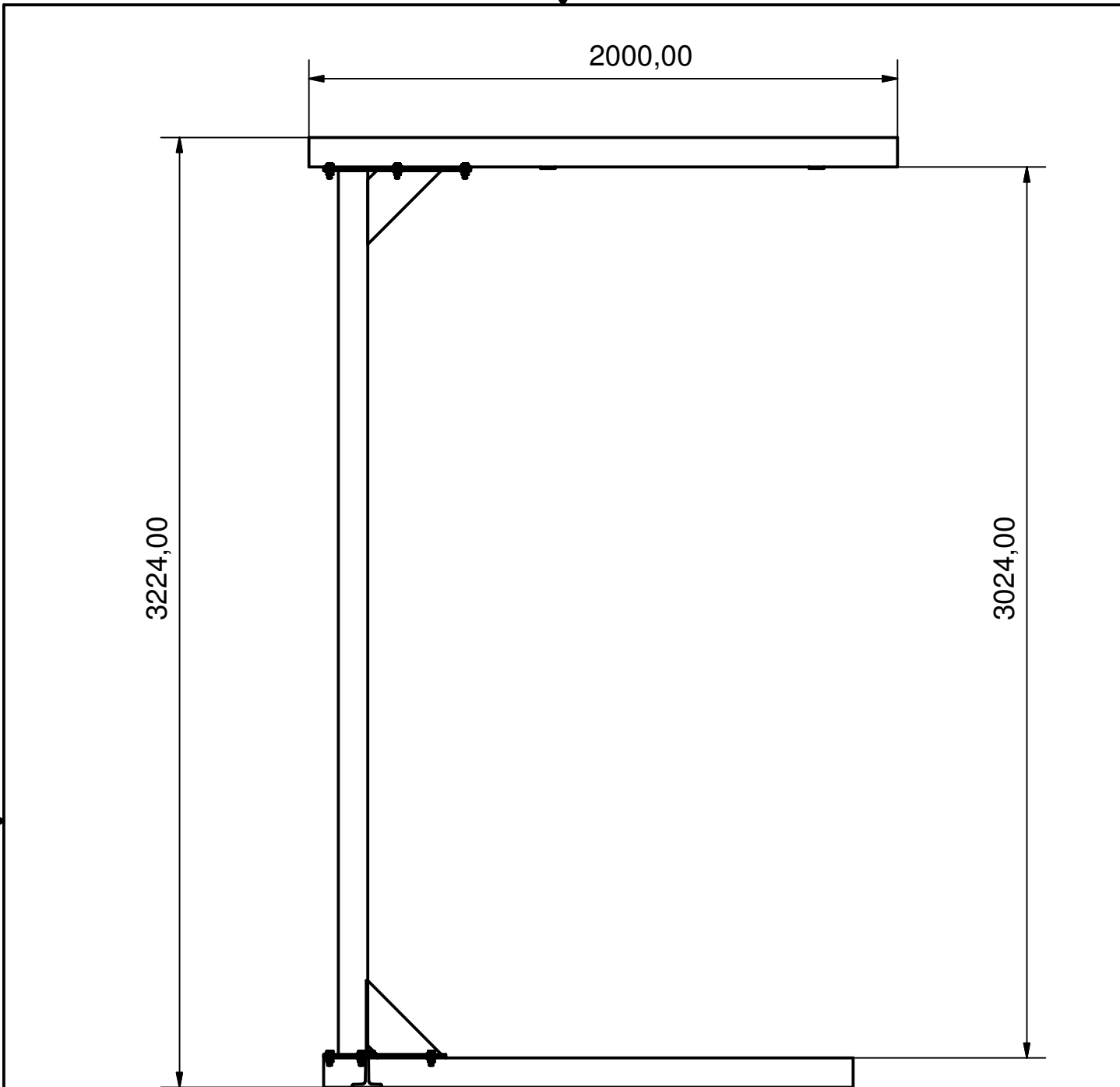
Piirustusnumero	Kuvaus
1000	C-tuki
1001	C-tuki, räjäytyskuva
1100	C-tuen alaosa
1101	C-tuen alaosa, räjäytyskuva
1110	C-tuen alaosan kiinnityslaippa
1200	C-tuen pystypalkki
1201	C-tuen pystypalkki , räjäytyskuva
1210	Jäykiste
1220	Pystypalkin kiinnityslaippa
1300	C-tuen yläosa
1301	C-tuen yläosa , räjäytyskuva
1310	Kourunkiinnityslaippa
2000	Keruulaatikko 1
2001	Keruulaatikko, räjäytyskuva
2010	Keruulaatikko 1, etupääty
2020	Keruulaatikko 1, takapääty
2100	Keruulaatikko 2
2120	Keruulaatikko 2, takapääty
2200	Keruulaatikko 3
2210	Keruulaatikko 3, etupääty
2300	Keruulaatikon pohja
2310	Keruulaatikon pohja, räjäytyskuva
2400	Keruulaatikon kiinteä seinä
2410	Keruulaatikon kiinteä seinä, räjäytyskuva
2420	EURO-työvälinekiinnikkeet
2500	Keruulaatikon avautuva seinä
2510	Keruulaatikon avautuva seinä, räjäytyskuva
2520	Avautuvan seinän pidätinlevy
3000	Päätykolmio
3001	Päätykolmio, räjäytyskuva
3100	Päätykolmion seinälevy
3200	Päätykolmion etuseinä

# PIIRUSTUSLUETTELO

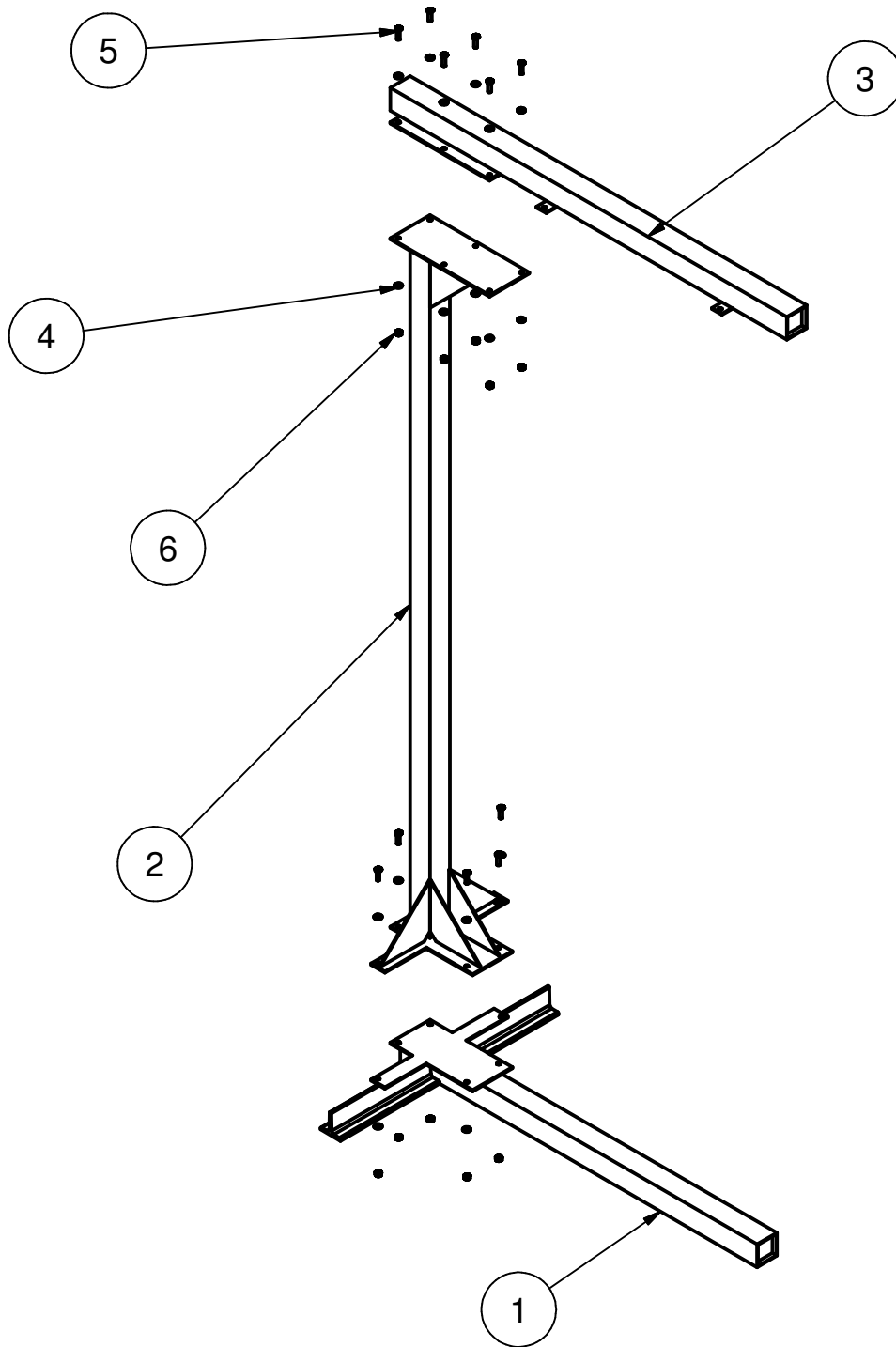
LIITE 3 / 2

Piirustusnumero	Kuvaus
3300	Päätykolmion katto
3400	Päätykolmion pohja
4000	Ilmaerotuskourun osasto
4001	Ilmaerotuskourun osasto, räjäytyskuva
4100	Ilmaerotuskourun osaston seinä
4200	Ilmaerotuskourun osaston katto

Yhteensä 38 piirustuslehteä.



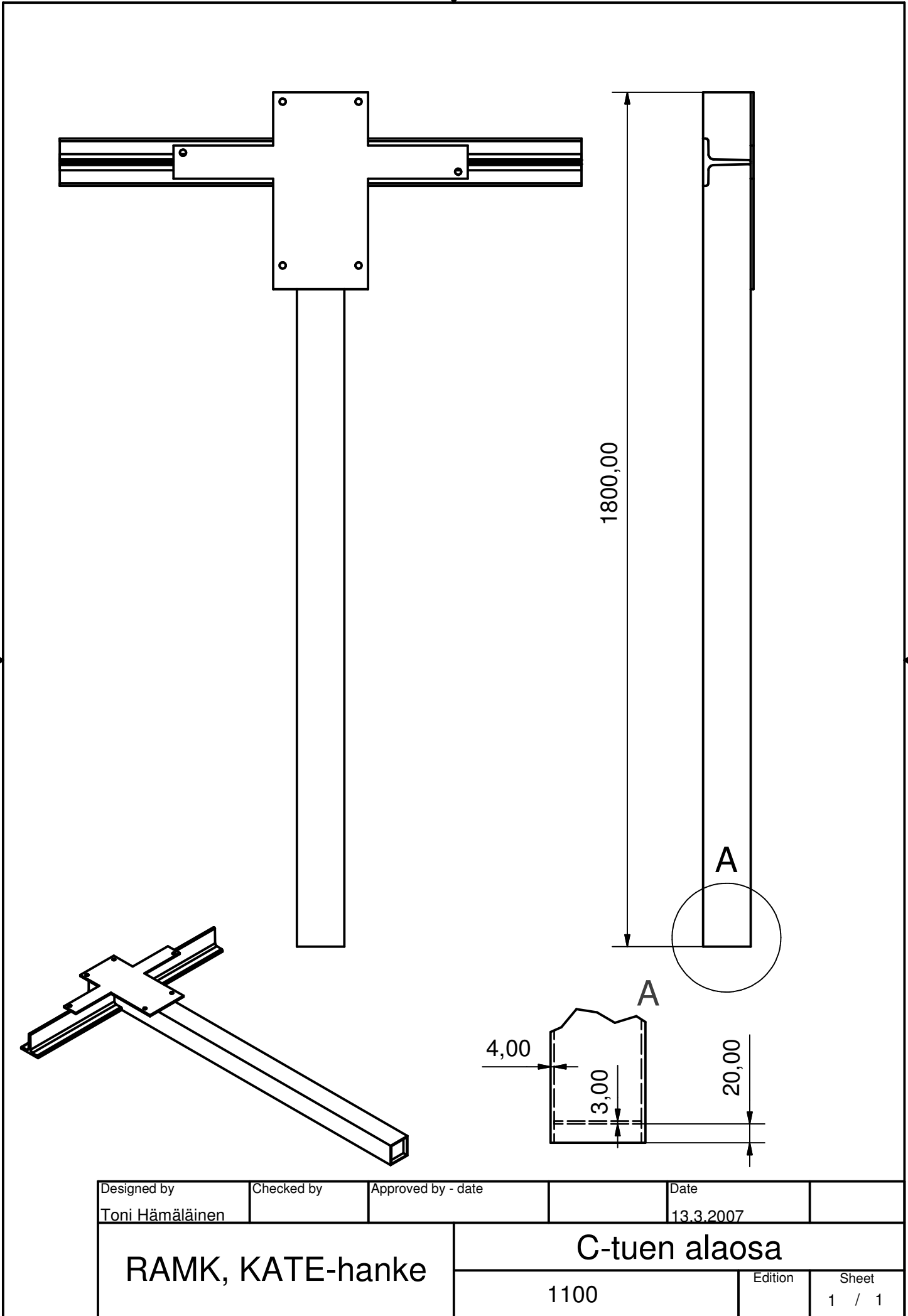
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 12.3.2007	
RAMK, KATE-hanke		C-tuki		
		1 000	Edition	Sheet 1 / 1



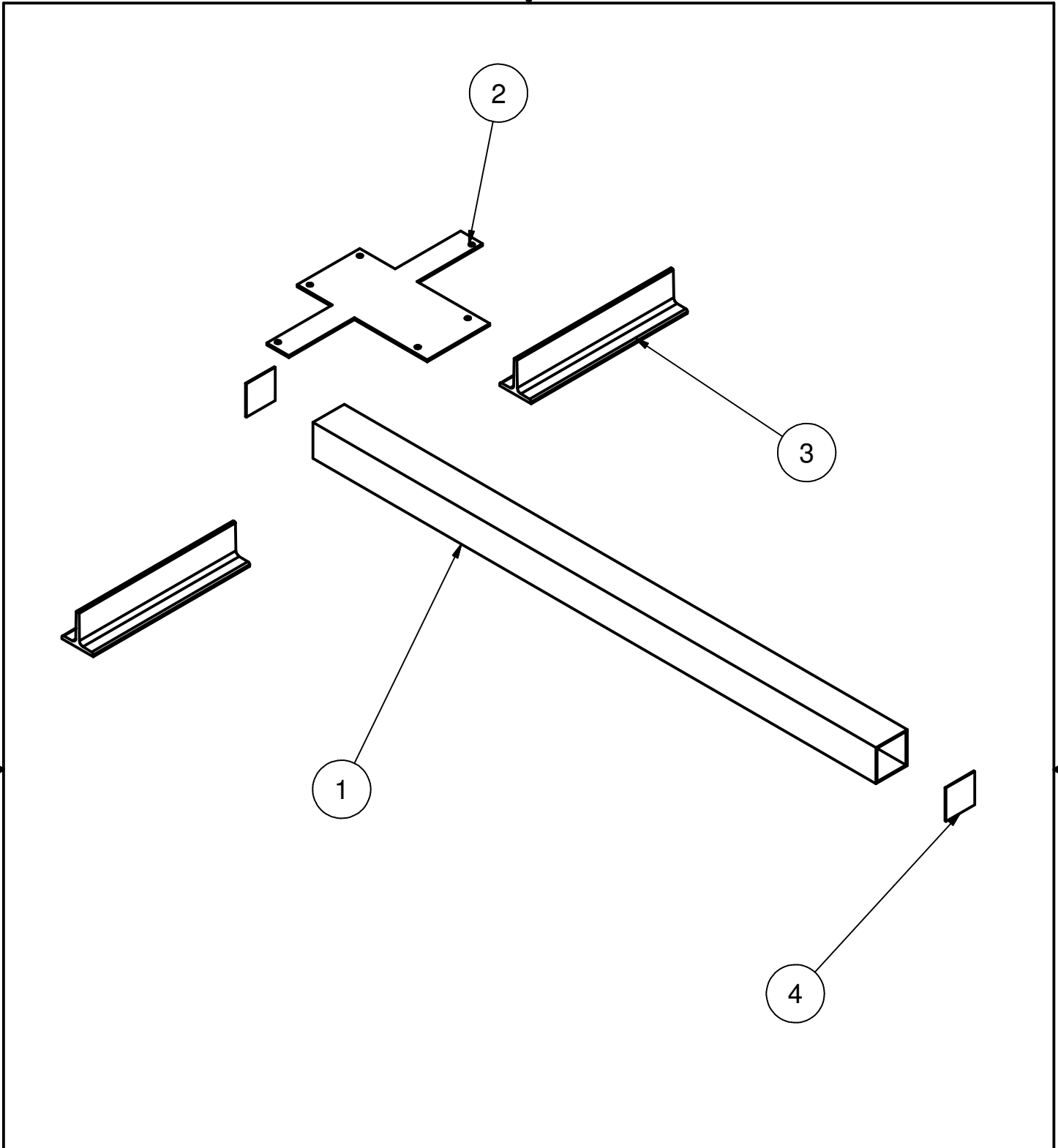
Osaluettelo			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	C-tuen alaosa	1100
2	1	C-tuen pystypalkki	1200
3	1	C-tuen yläosa	1300
4	24	ISO 7089 - 14 - 140 HV	Aluslaatta
5	12	ISO 4017 - M12 x 40	Kuusiokantaruuvi
6	12	ISO 4032 - M12	Kuusiomutteri

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 12.3.2007
--------------------------------	------------	--------------------	-------------------

RAMK, KATE-hanke	C-tuki räjäytyskuva		
	1001	Edition	Sheet 1 / 1

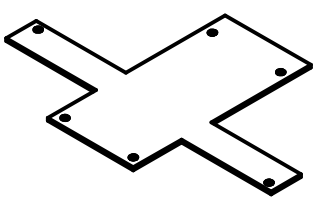
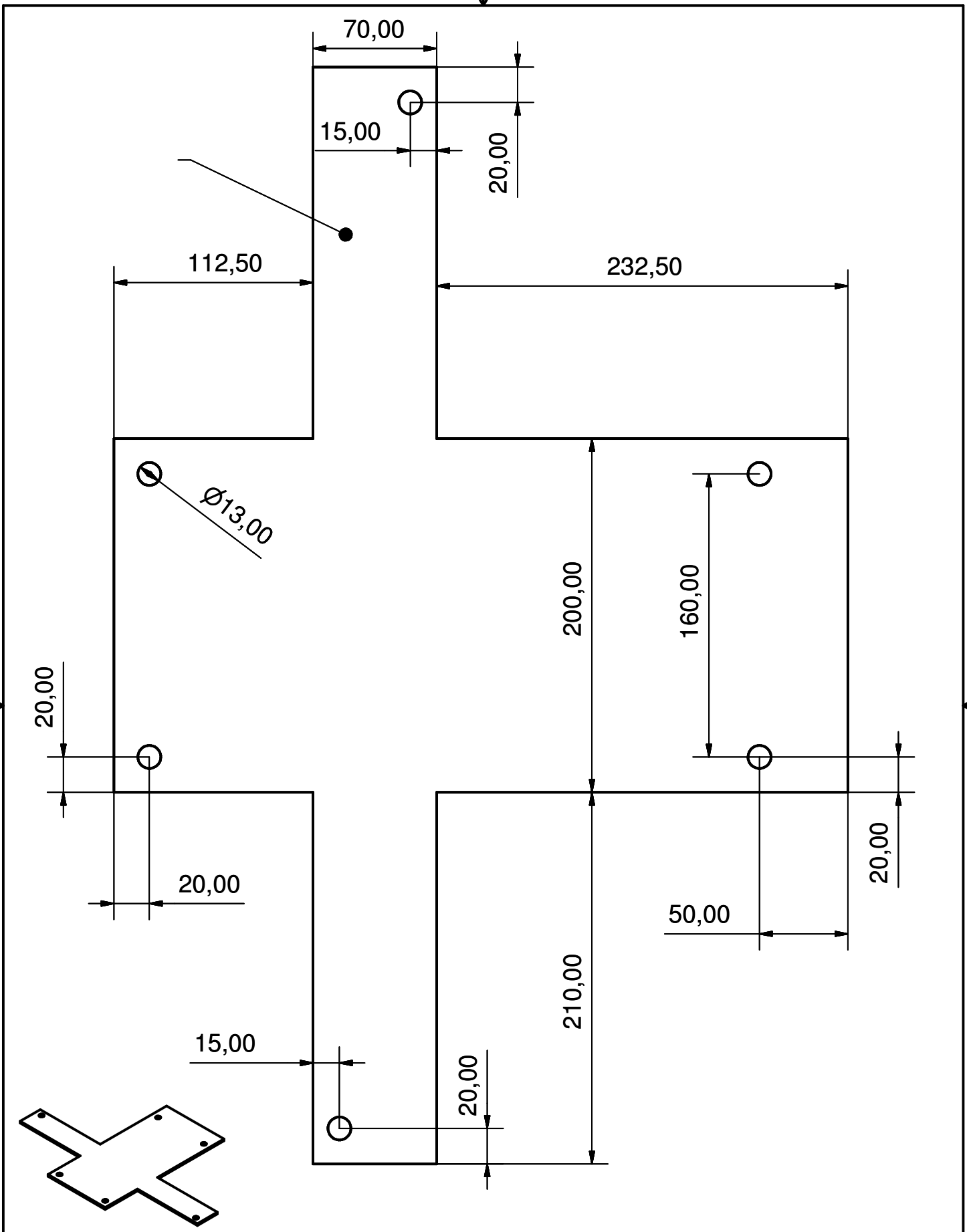


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 13.3.2007
RAMK, KATE-hanke		<b>C-tuen alaosa</b>	
		1100	Edition Sheet 1 / 1

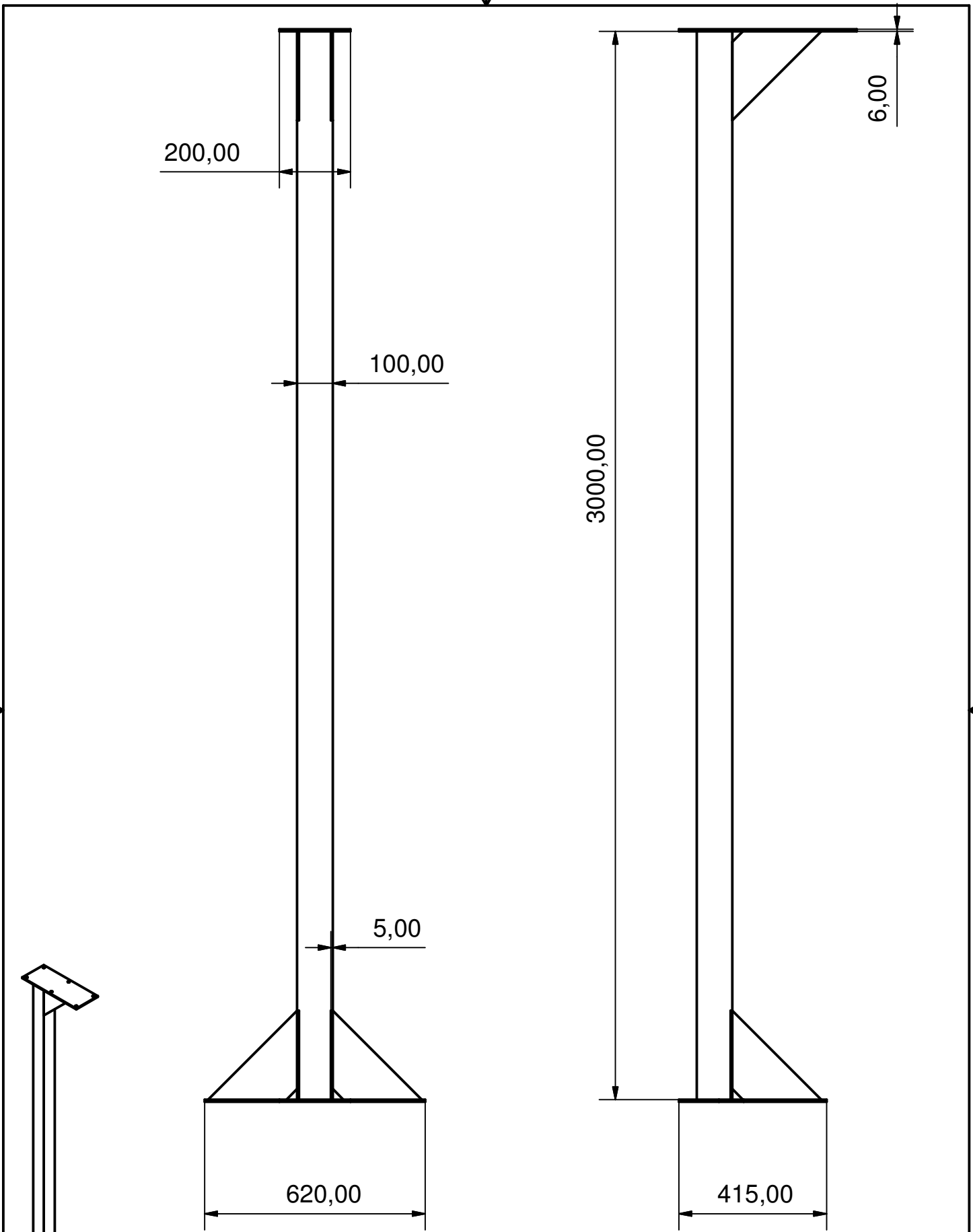


Osaluettelo			
ITEM	QT	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Vaakapalkki	100x100x4 S355J2G3
2	1	Kiinnityslaippa	1110
3	2	ISO 657/21 - T 100x100 - 500	T-palkki S235JRG2
4	2	Putkipalkin tulppa	1120

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 13.3.2007
RAMK, KATE-hanke		C-tuen alaosan räjäytyskuva	
		1101	Sheet 1 / 1

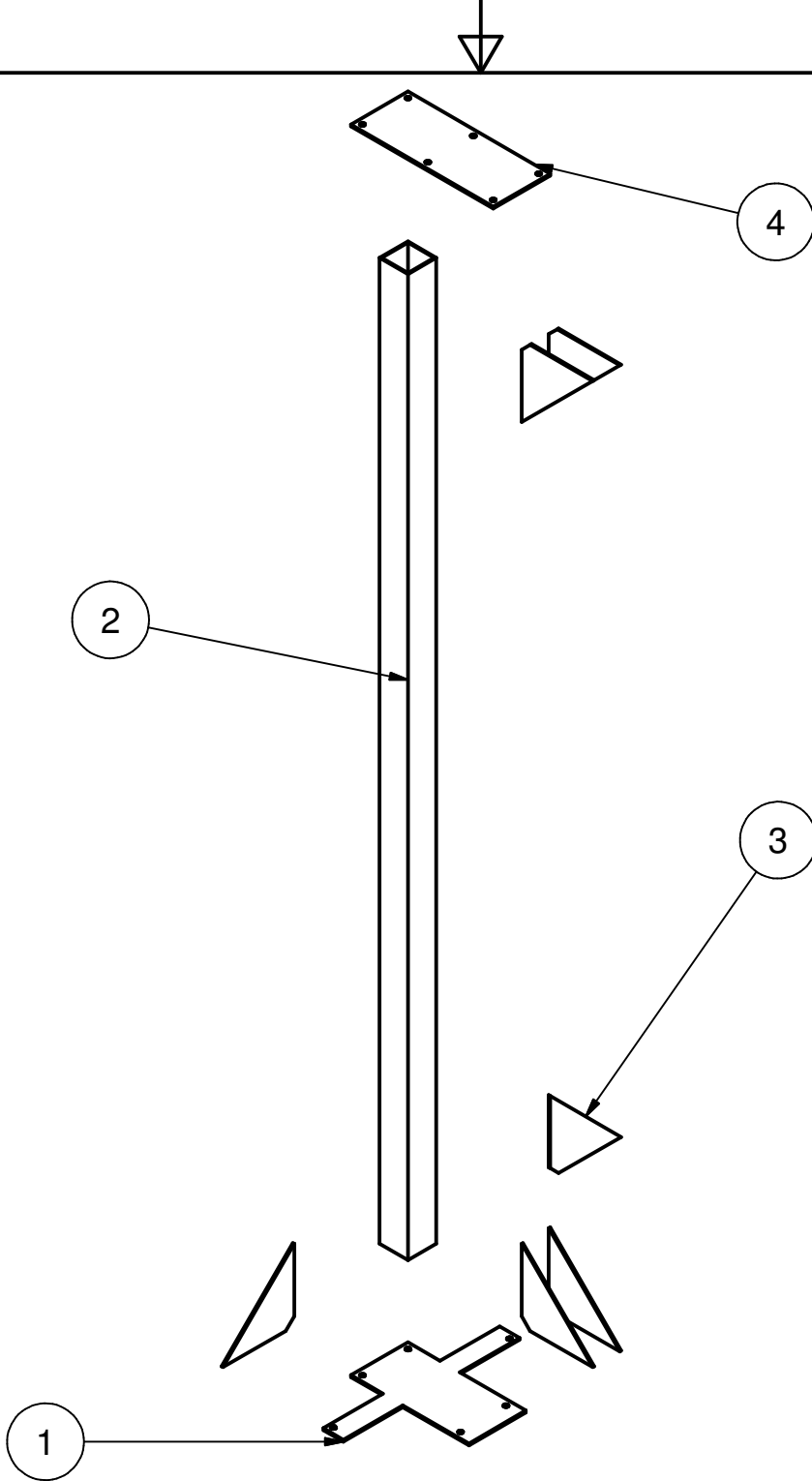


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 13.3.2007
RAMK, KATE-hanke		C-tuen alaosan kiinnityslaippa	
		1110	Sheet 1 / 1



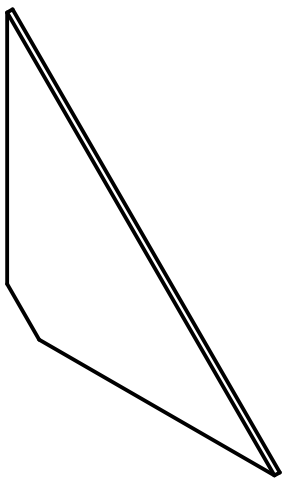
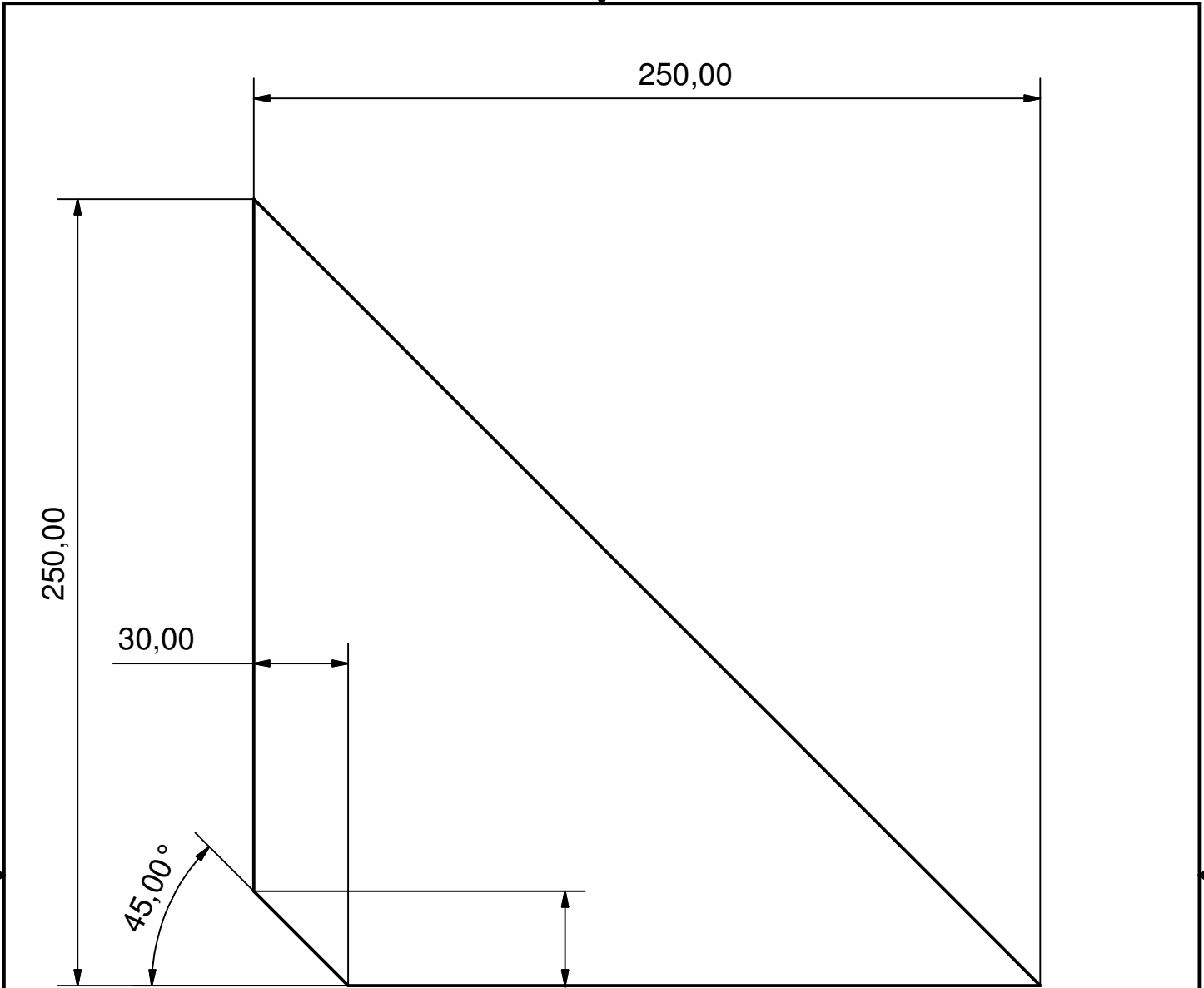
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 15.3.2007
RAMK, KATE-hanke		C-tuen pystypalkki	
		1200	Sheet 1 / 1



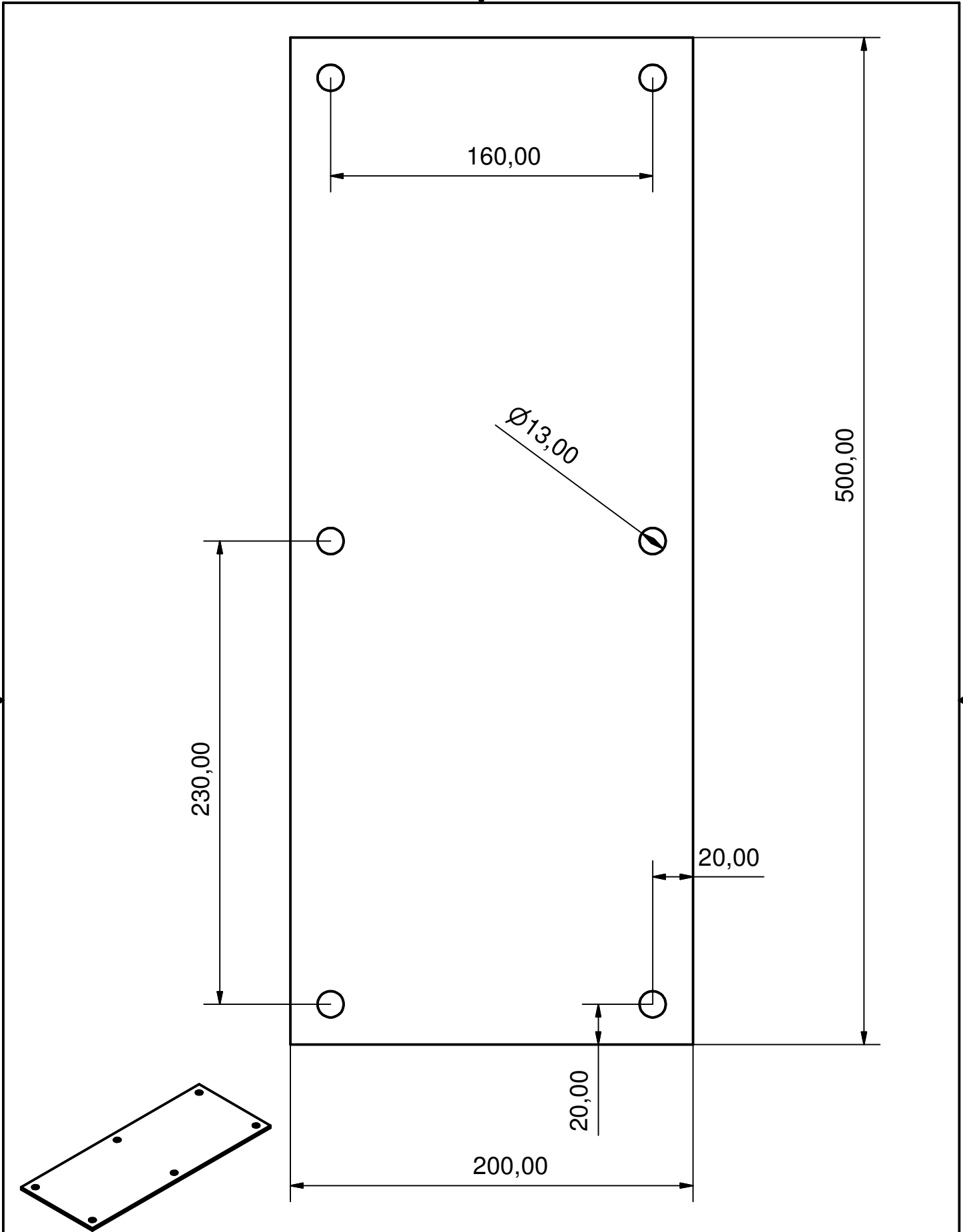


Osaluettelo			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Kiinnityslaippa	1110
2	1	Pystypalkki	100x100x4 S355J2G3
3	6	Jäykiste	1210
4	1	Pystypalkin yläkiinnityslaippa	1220

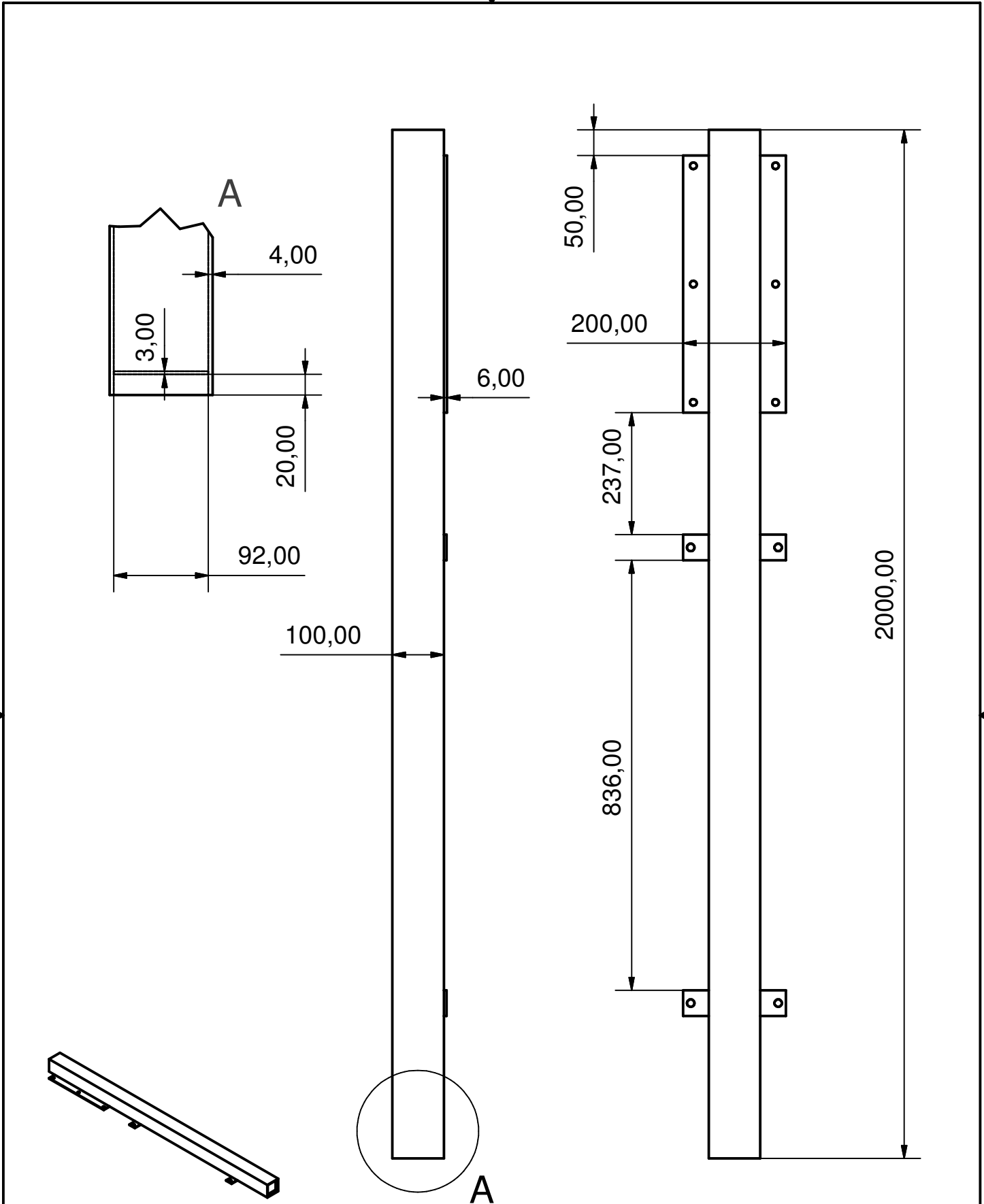
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 15.3.2007
RAMK, KATE-hanke		C-tuen pystypalkin räjäytyskuva	
		1201	Edition Sheet 1 / 1



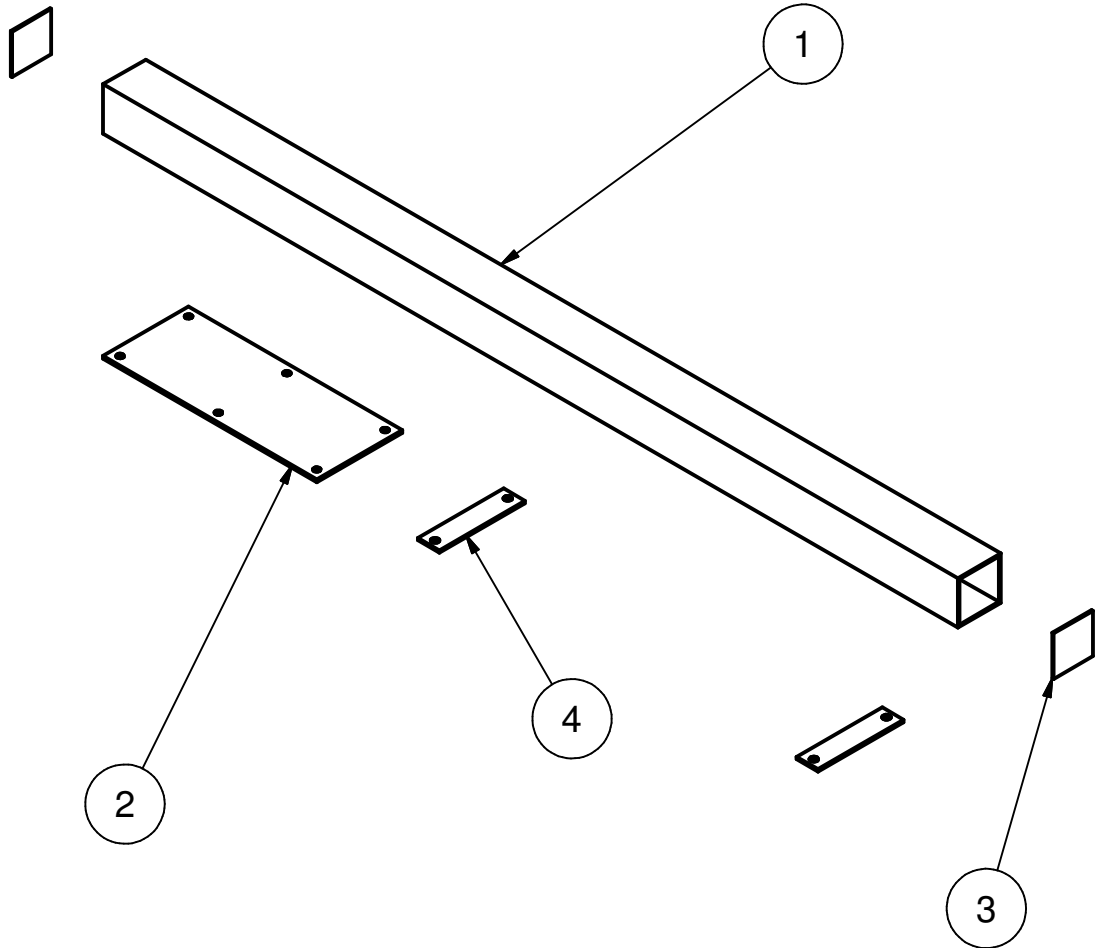
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 15.3.2007
RAMK, KATE-hanke		<b>Jäykiste</b>	
		1210	Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 15.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Pystypalkin yläkiinnitysliippa	
		1220	Sheet 1 / 1

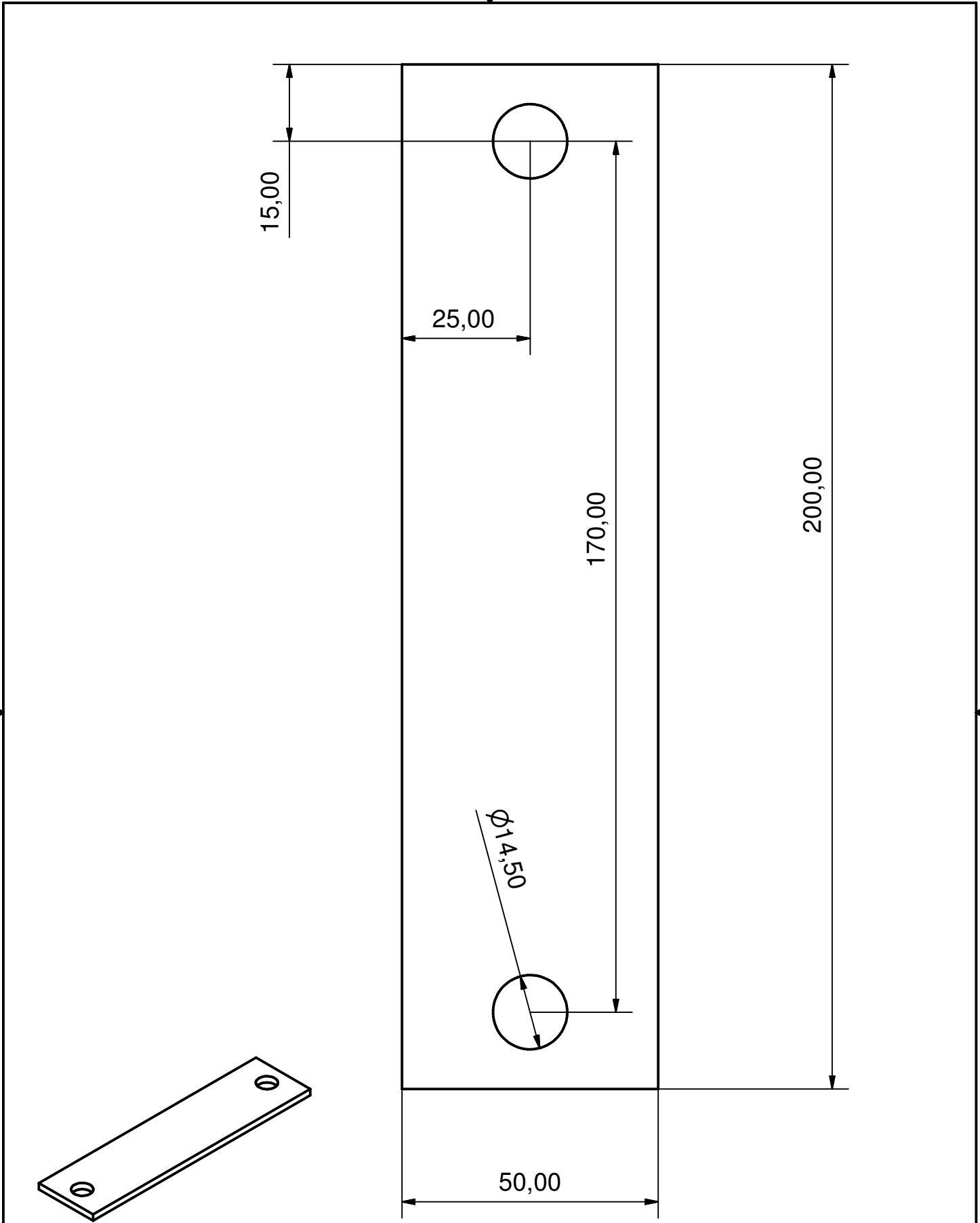


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 15.3.2007
RAMK, KATE-hanke		C-tuen yläosa	
		1300	Sheet 1 / 1

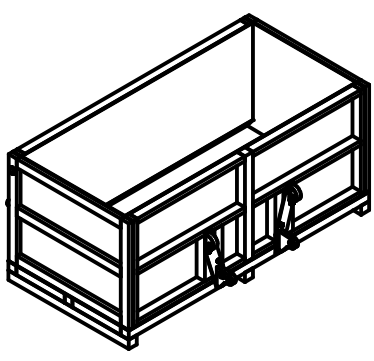
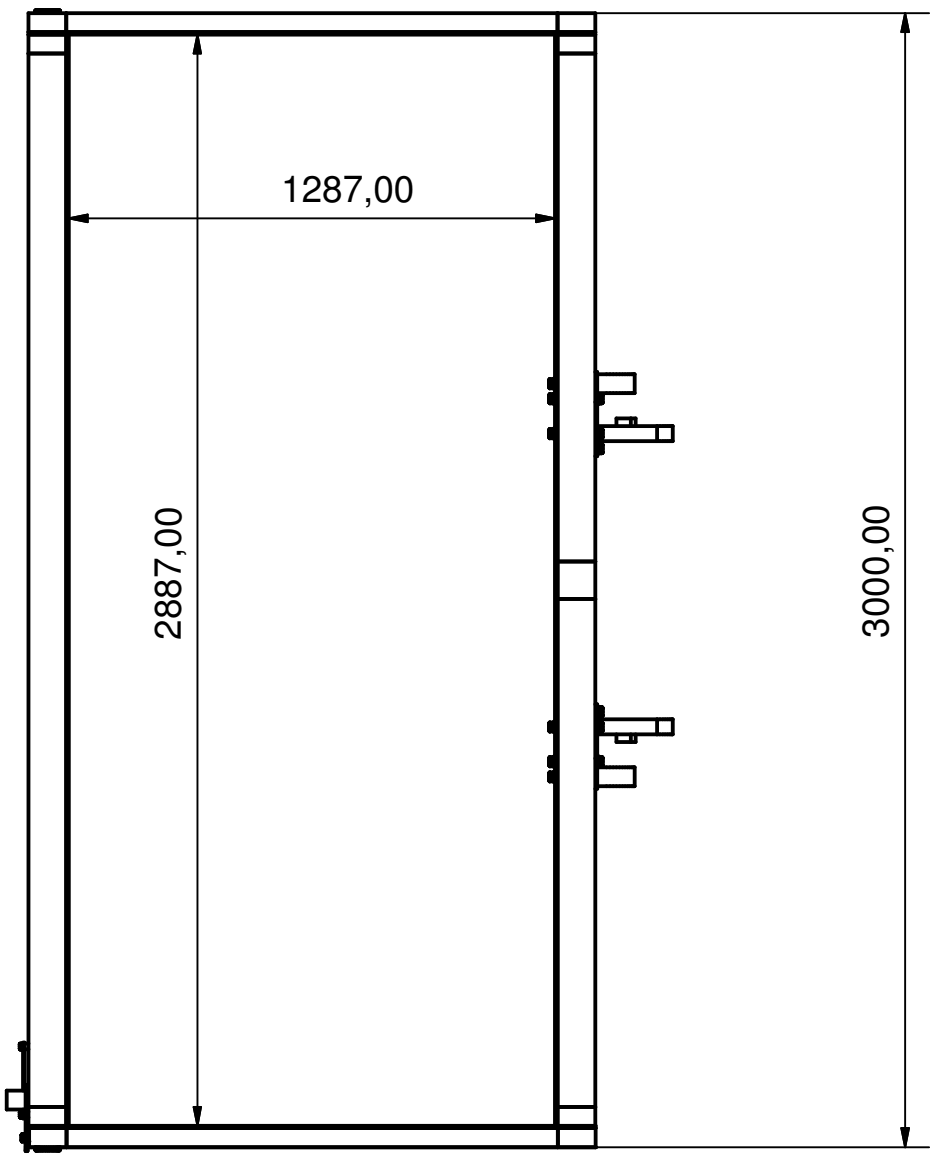
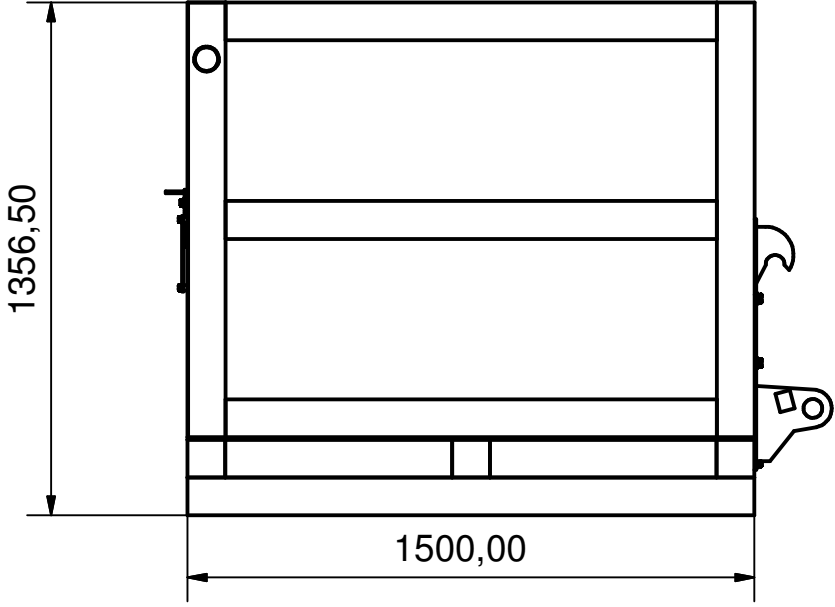


Osaluettelo			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Vaakapalkki	100x100x4 S355J2G3
2	1	Pystypalkin yläkiinnityslaippa	1210
3	2	Putkipalkin tulppa	1120
4	2	Kourunkiinnityslaippa	1310

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 15.3.2007
RAMK, KATE-hanke		C-tuen yläosan räjäytyskuva	
		1301	Edition Sheet 1 / 1



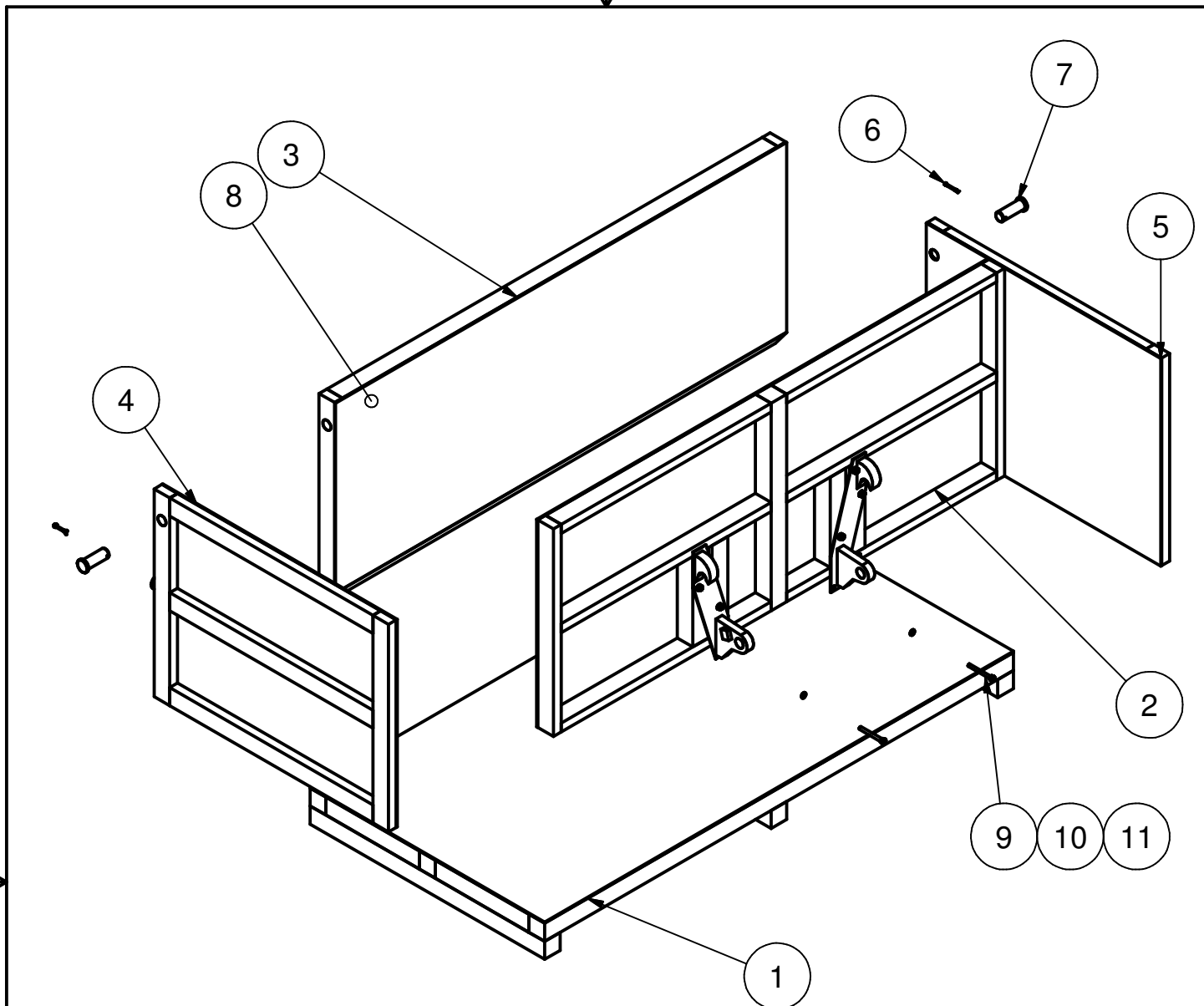
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 15.3.2007
RAMK, KATE-hanke	Kourunkiinnityslaippa		
	1310	Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 16.3.2007
--------------------------------	------------	--------------------	-------------------

RAMK, KATE-hanke	Keruulaatikko 1		
	2000	Edition	Sheet 1 / 1





Osaluettelo

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Keruulaatikon pohja	2300
2	1	Keruulaatikon kiinteäseinä	2400
3	1	Keruulaatikon avautuvaseinä	2500
4	1	Keruulaatikon etuseinä	2010, 2110 ja 2210
5	1	Keruulaatikon takaseinä	2020, 2120 ja 2220
6	2	ISO 1234 - 8 x 63	Saksisokka
7	2	ISO 2341 - B - 50 x 140	Liitinsokka
8	2	ISO 8738 - 50	Aluslaatta
9	2	ISO 4014 - M14 x 140	Kuusiokantaruuvi
10	2	ISO 4032 - M14	Kuusiomutteri
11	4	ISO 7089 - 14 - 140 HV	Aluslaatta

Designed by

Toni Hämäläinen

Checked by

Approved by - date

Date

16.3.2007

RAMK, KATE-hanke

Keruulaatikon räjäytyskuva

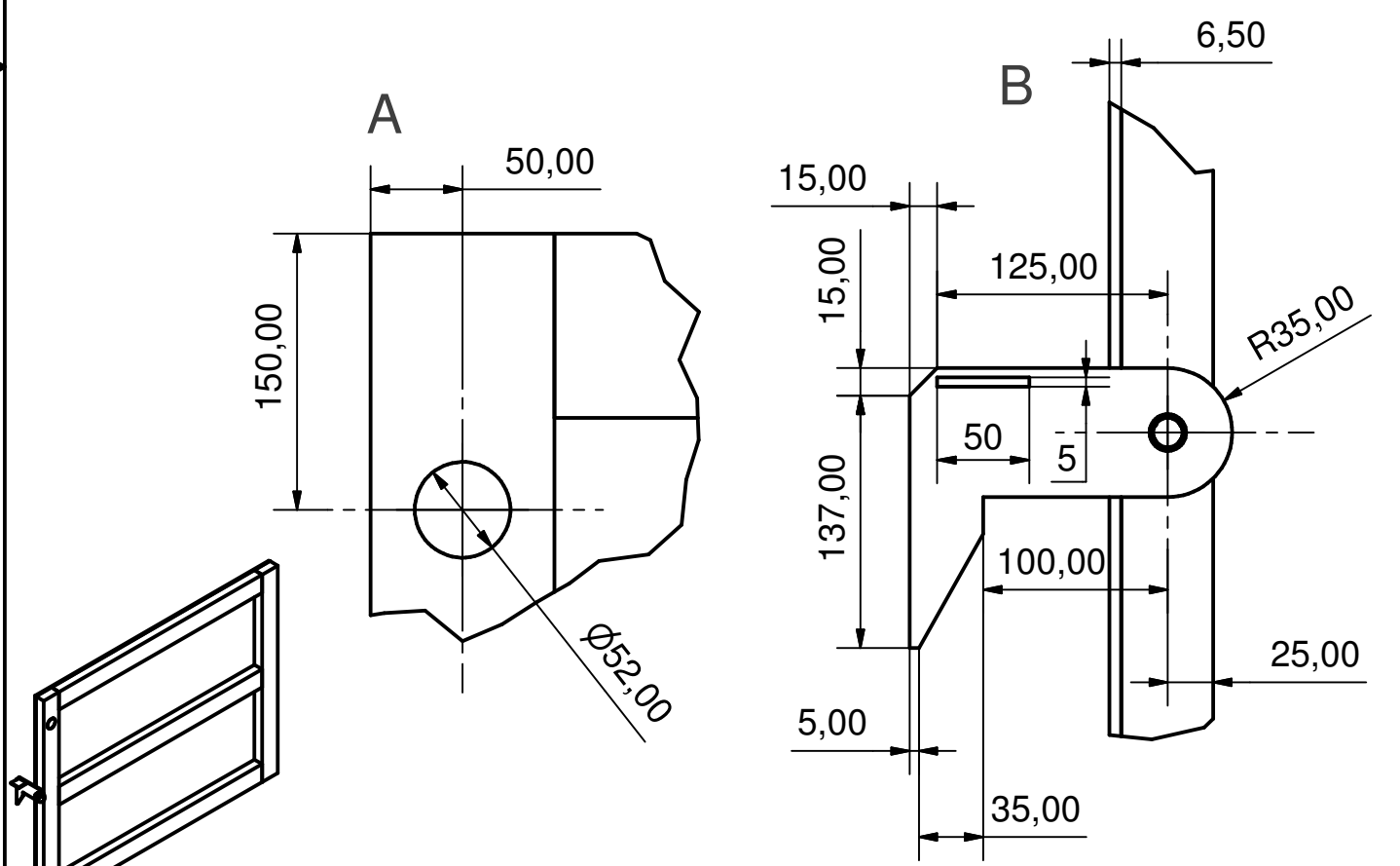
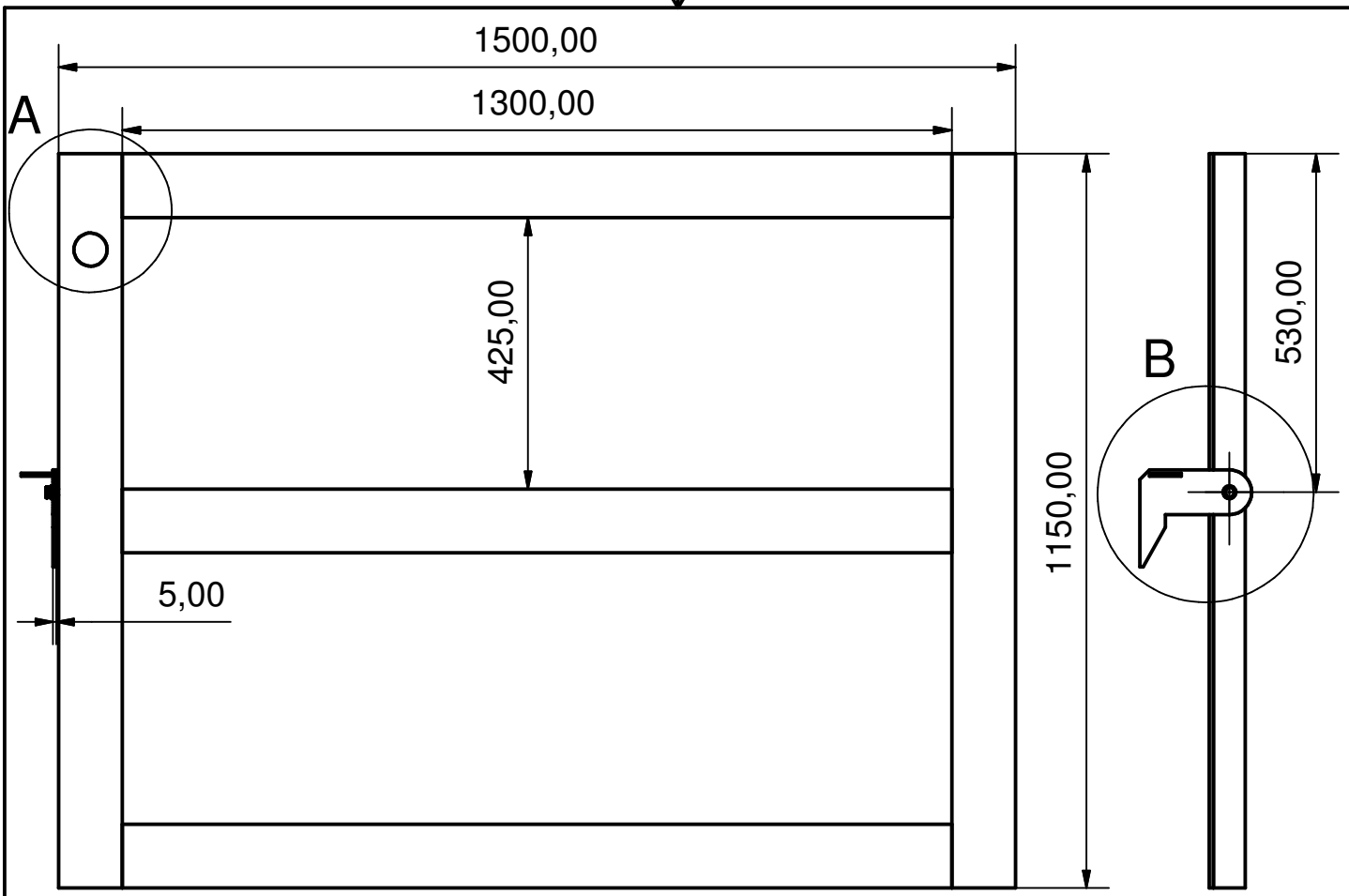
2001

Edition

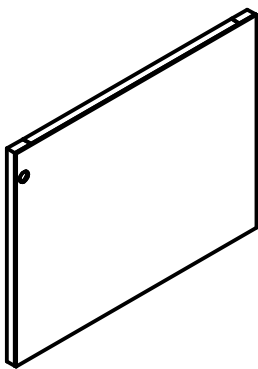
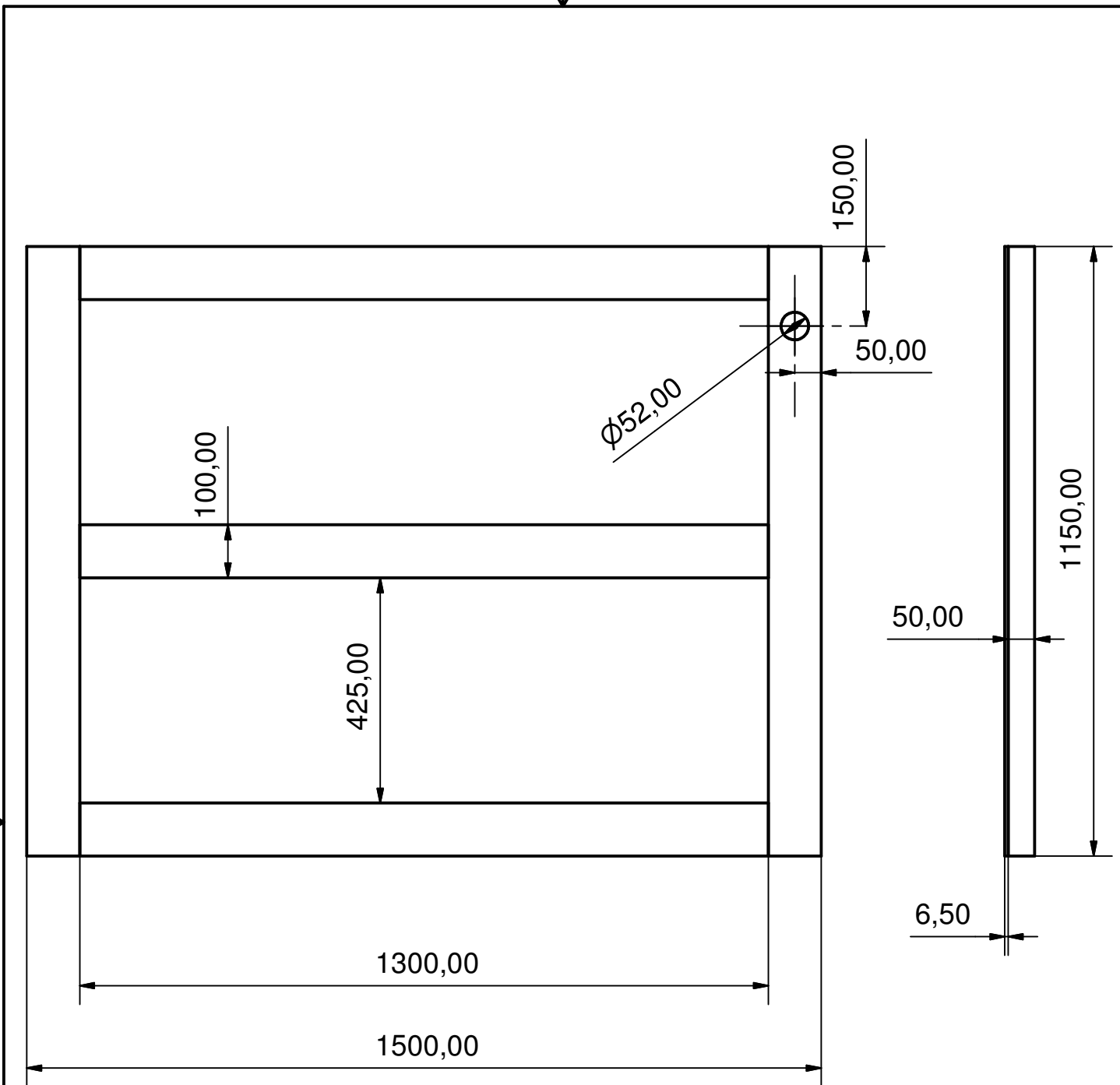
Sheet

1 / 1

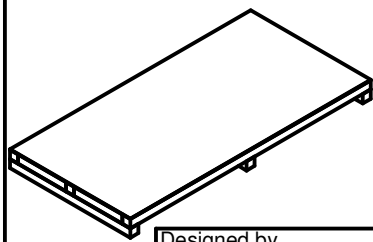
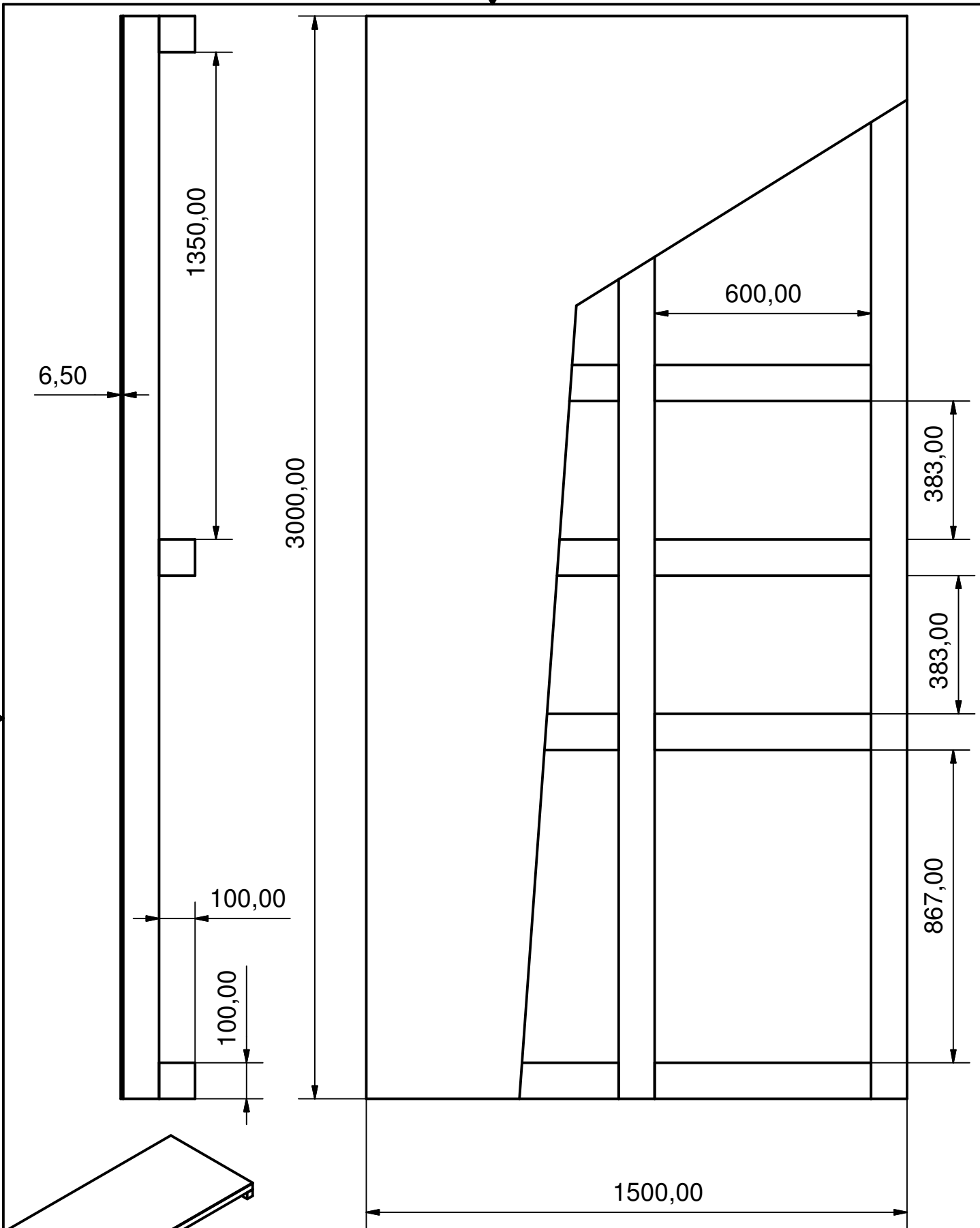




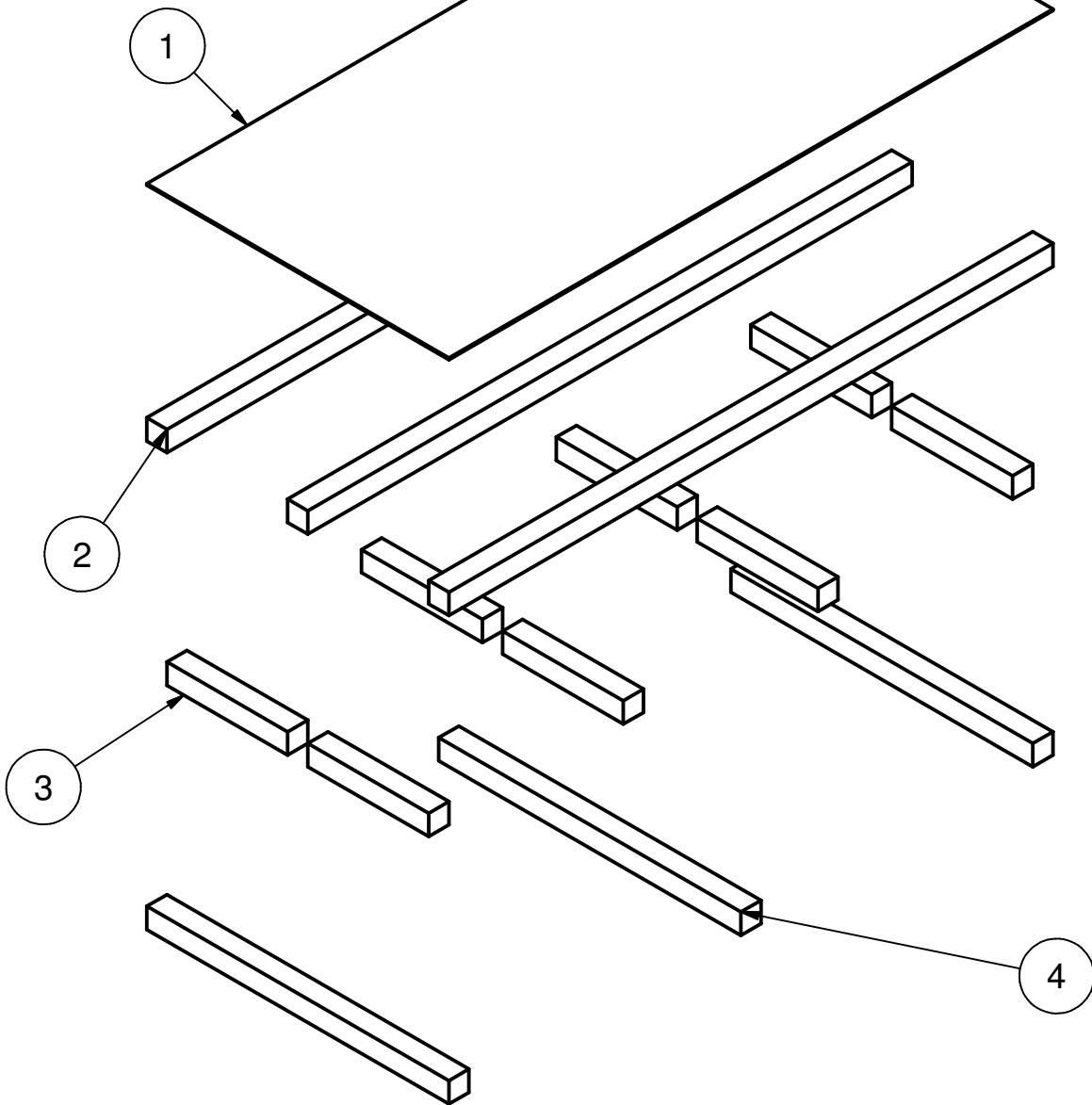
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikko 1, etupääty	
		2010	Edition Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikko 1, takapäätty	
		2020	Sheet 1 / 1

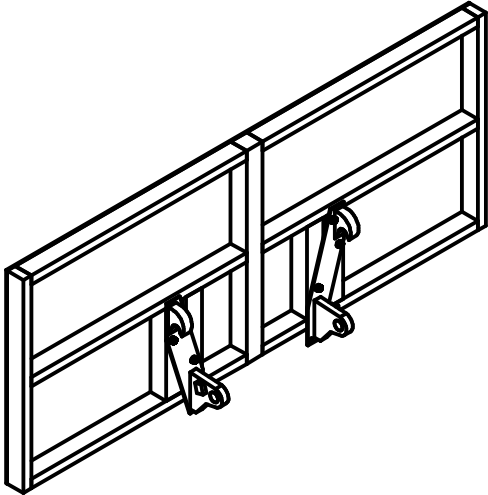
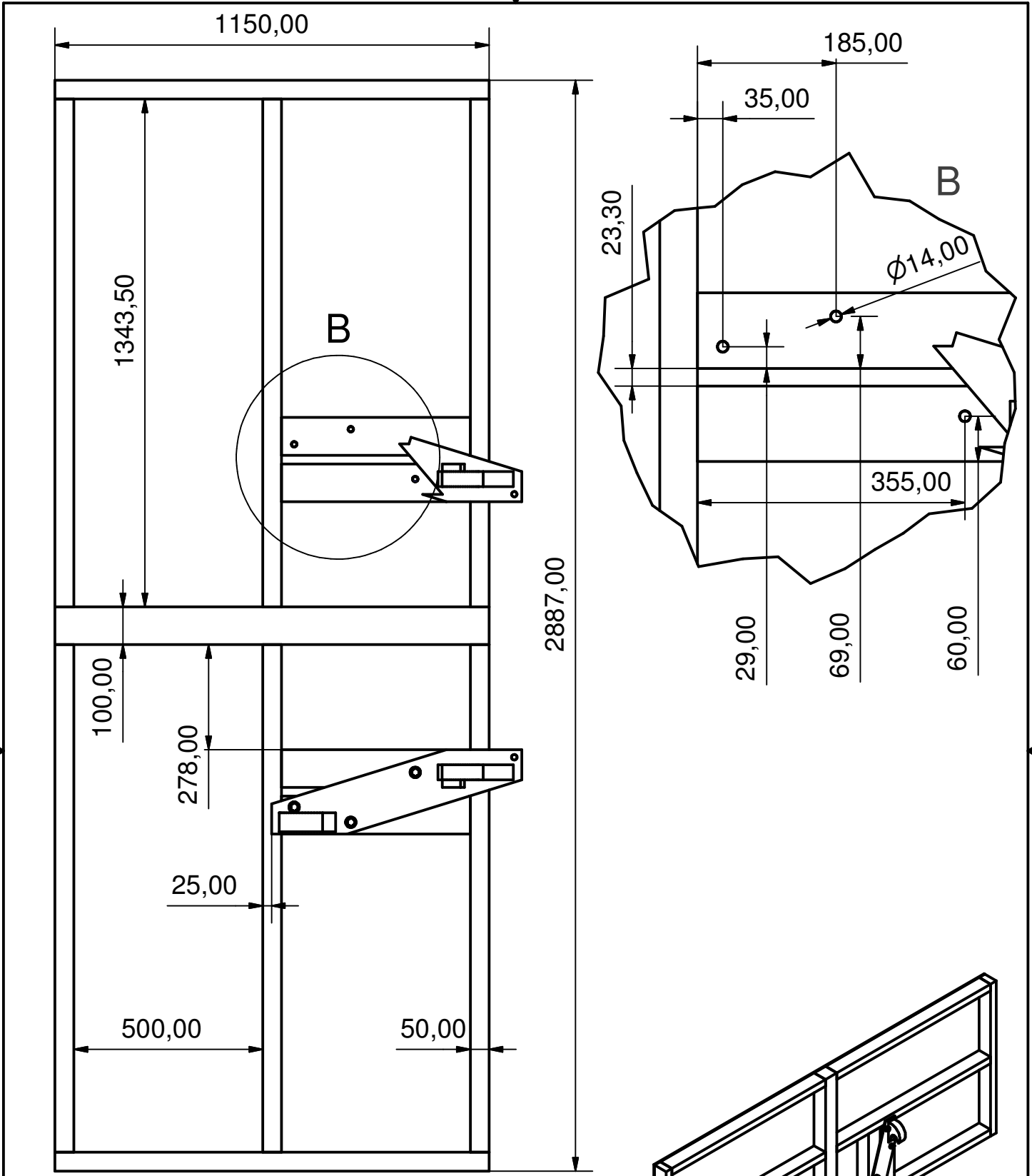


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikon pohja	
		2300	Sheet 1 / 1

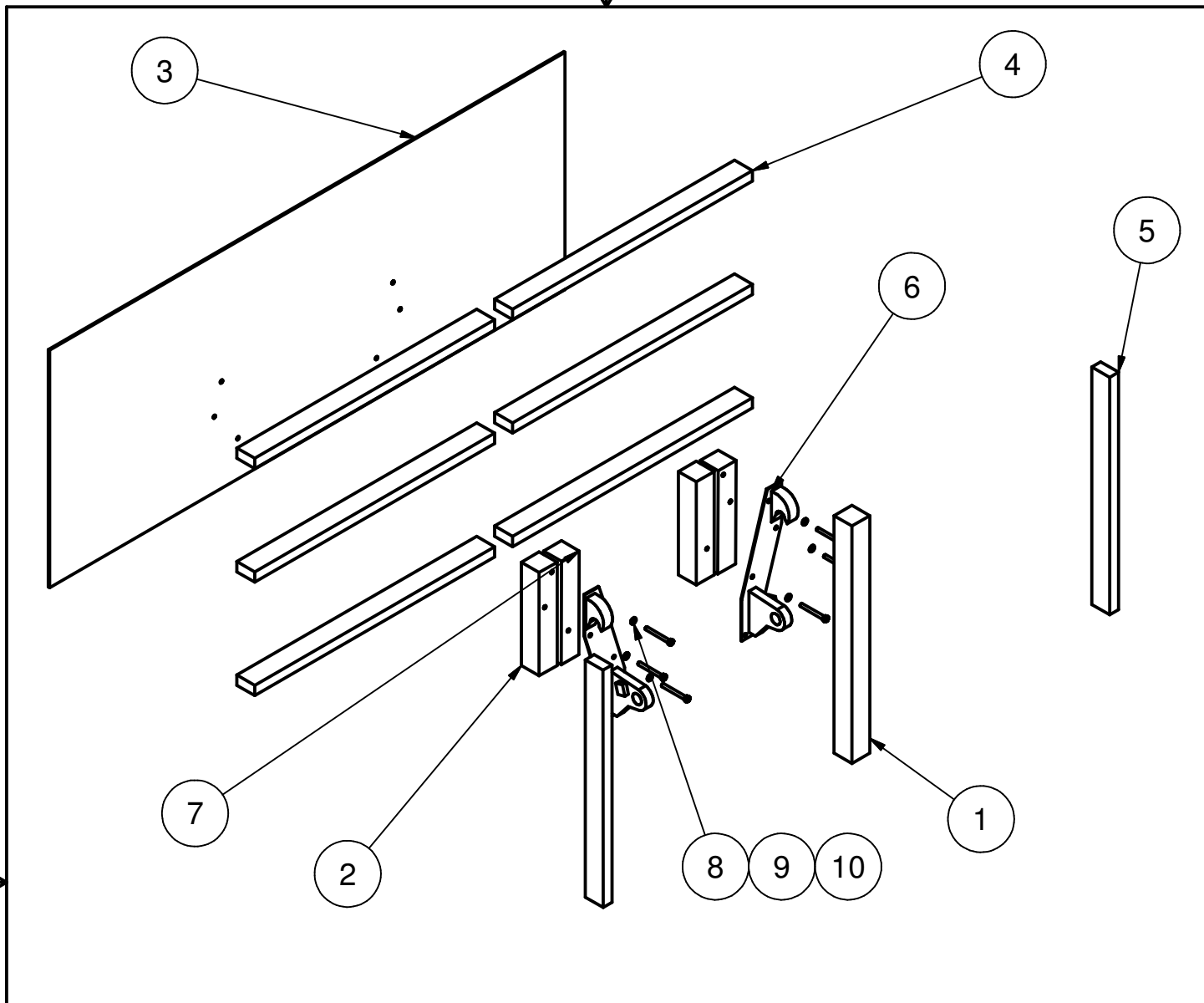


Osaluettelo			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Vanerilevy	1500x3000x6,5mm
2	3	Pohjan pitkittäistukituki	100x100x3000mm parru
3	8	Pohjan poikittaistuki	100x100x600mm parru
4	3	Pohjan pitkä poikittaistukituki	100x100x1500mm parru

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikon pohja, räjäytyskuva	
		2310	Edition Sheet 1 / 1



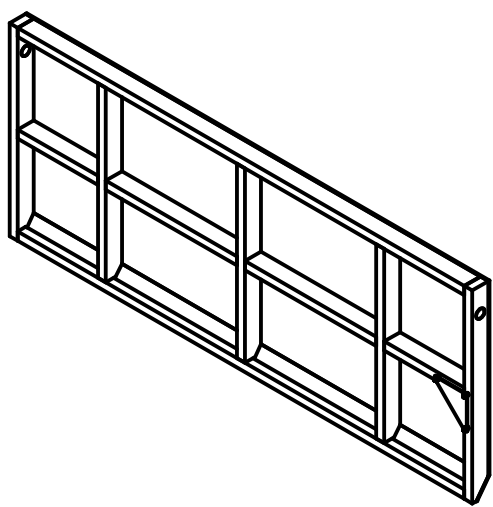
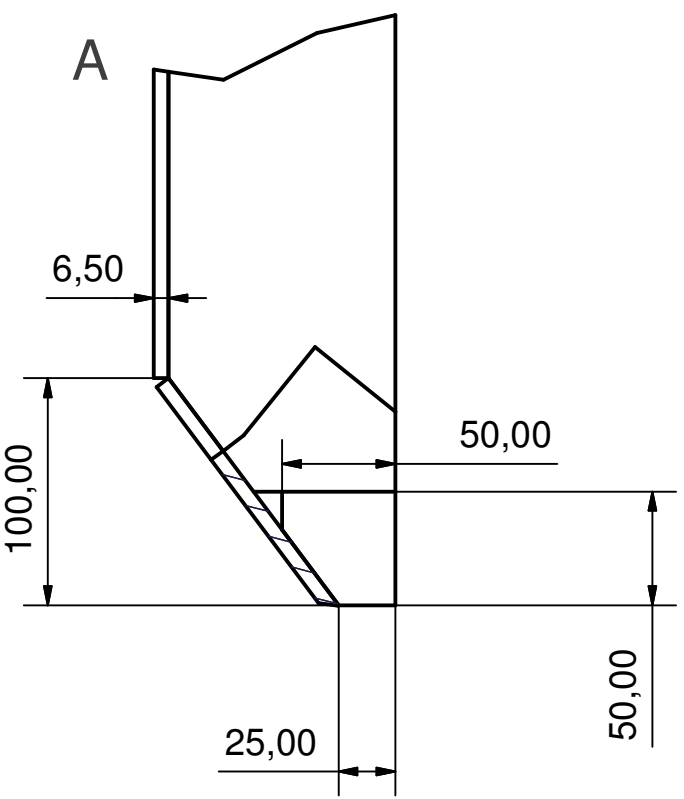
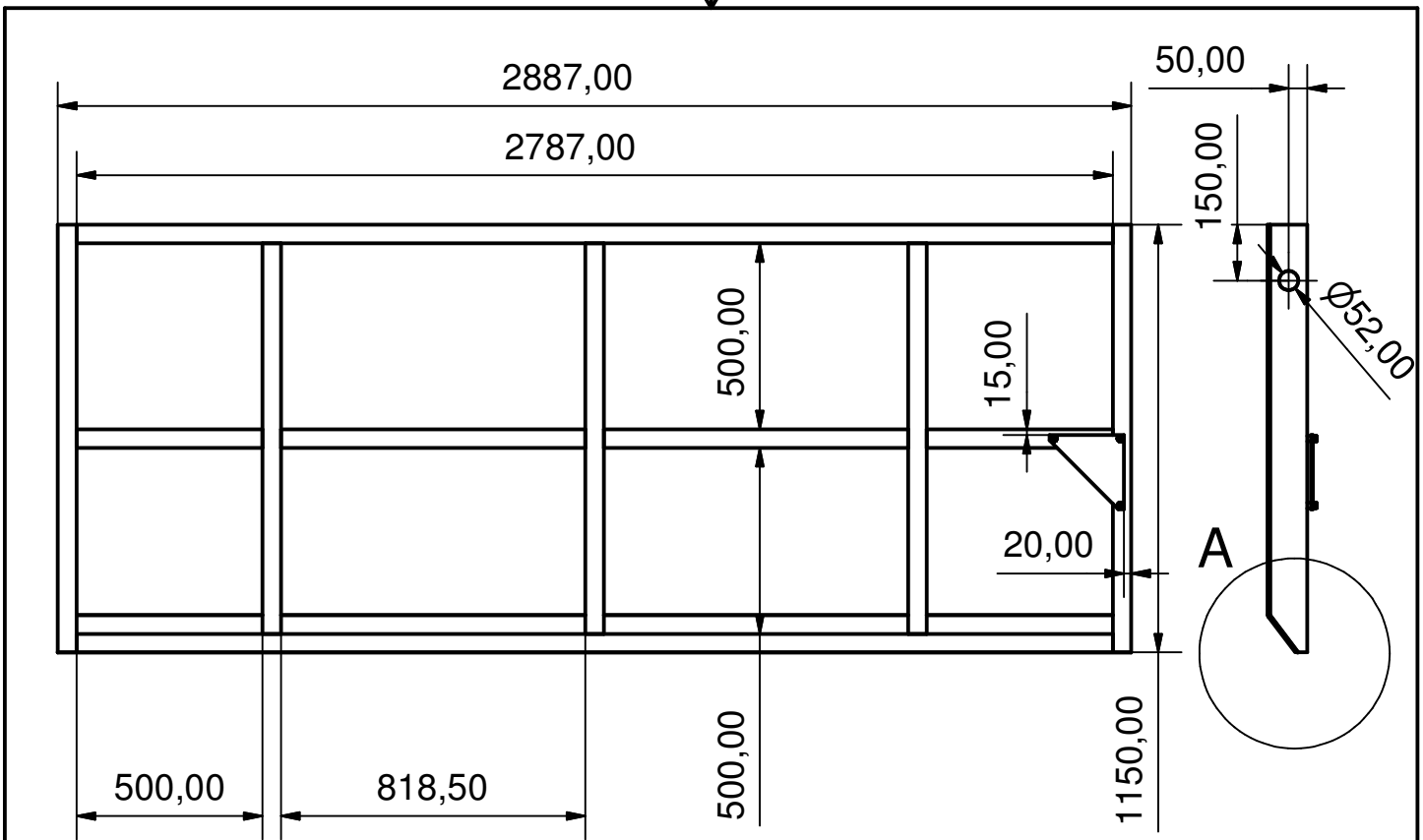
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikon kiinteä seinä	
2400		Edition	Sheet 1 / 1



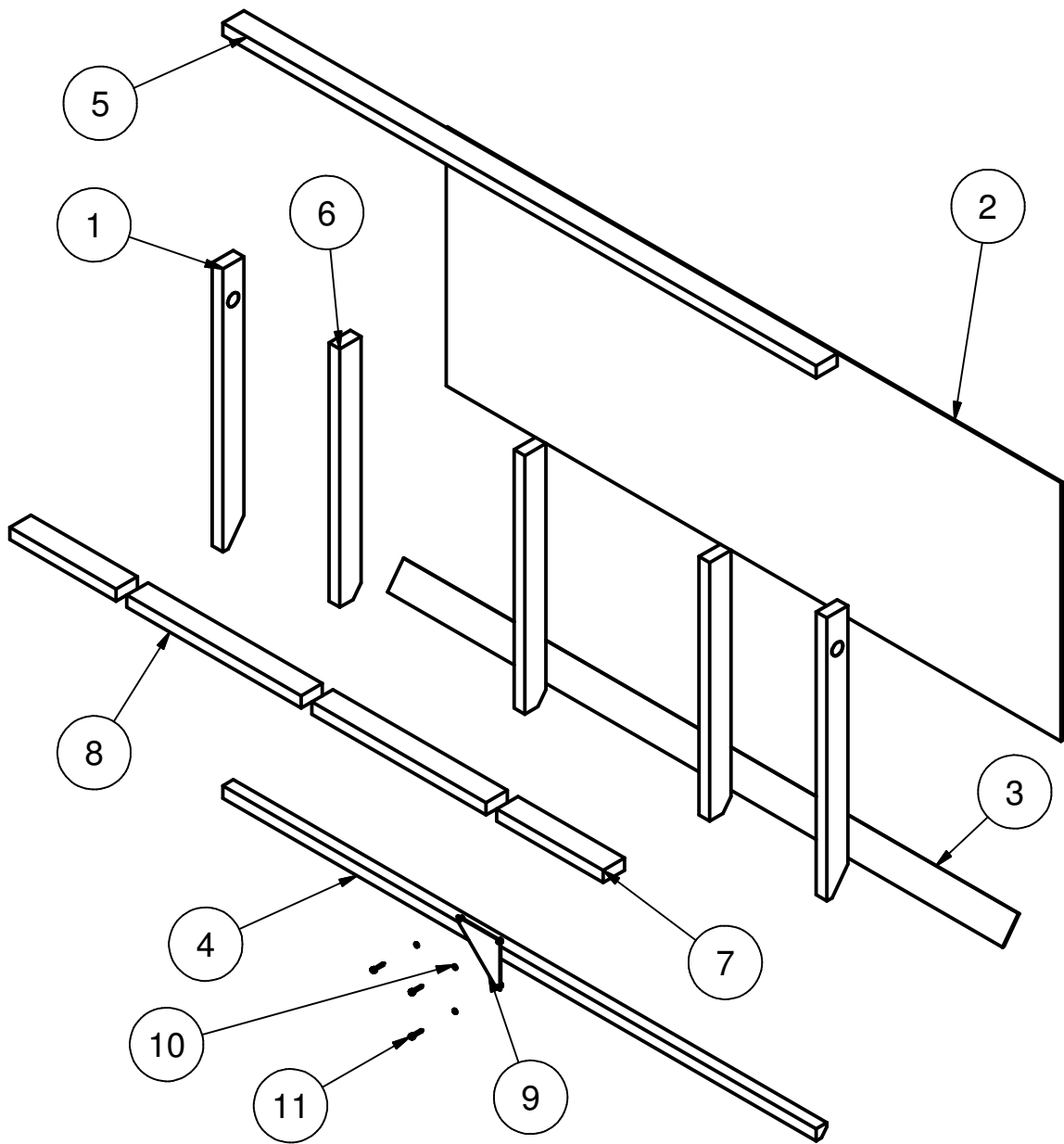
### Osaluettelo

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Keskipystytuki	100x100x1150mm parru
2	2	Työkalukiinniketuki	100x100x500mm parru
3	1	Seinälevy	2987x1150x6,5mm vanerilevy
4	6	Vaakatuki	100x50x1343,5mm lankku
5	2	Sivupystytuki	100x50x1150mm lankku
6	1	EURO-työvälinekiinnikkeet	
7	2	Työkalukiinniketuki 2	100x100x500 parru
8	12	ISO 7089 - 14 - 140 HV	Aluslaatta
9	6	ISO 4032 - M14	Kuusiomutteri
10	6	ISO 4014 - M14 x 130	Kuusiokantaruuvi

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruul. kiinteä seinä, räjäk.	
		2410	Edition Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikon avautuva seinä	
2500		Edition	Sheet 1 / 1



### Osaluettelo

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Päätypystytuki	100x50x1150mm lankku
2	1	Seinälevy	2987x1150x6,5mm vanerilevy
3	1	Seinälevy suikale	2887x125x6,5mm vanerilevy
4	1	Pitkittäistuki alapää	50x50x2887mm rima
5	1	Pitkittäistuki yläpää	100x50x2787mm lankku
6	3	Välipystytuki	100x50x1150mm lankku
7	2	Päätypoikittaistuki	50x50x500mm lankku
8	2	Välipoikittaistuki	50x50x818,5 lankku
9	1	Sulkuhaan pidäinlevy	2520
10	3	ISO 8738 - 8	Aluslaatta
11	3	ISO 1479 - ST 8 x 50 - C	Levyruuvi

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
--------------------------------	------------	--------------------	-------------------

RAMK, KATE-hanke

Avautuva seinä, räjäkuva

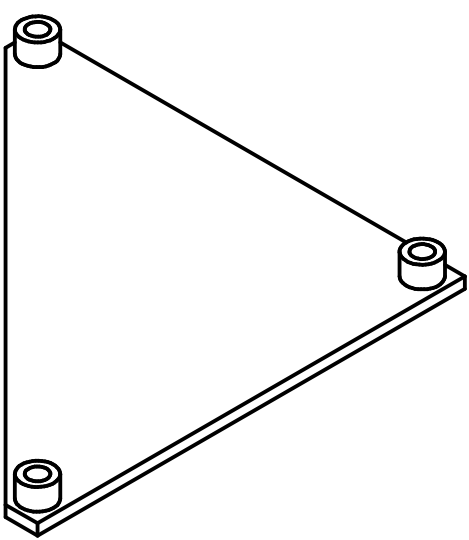
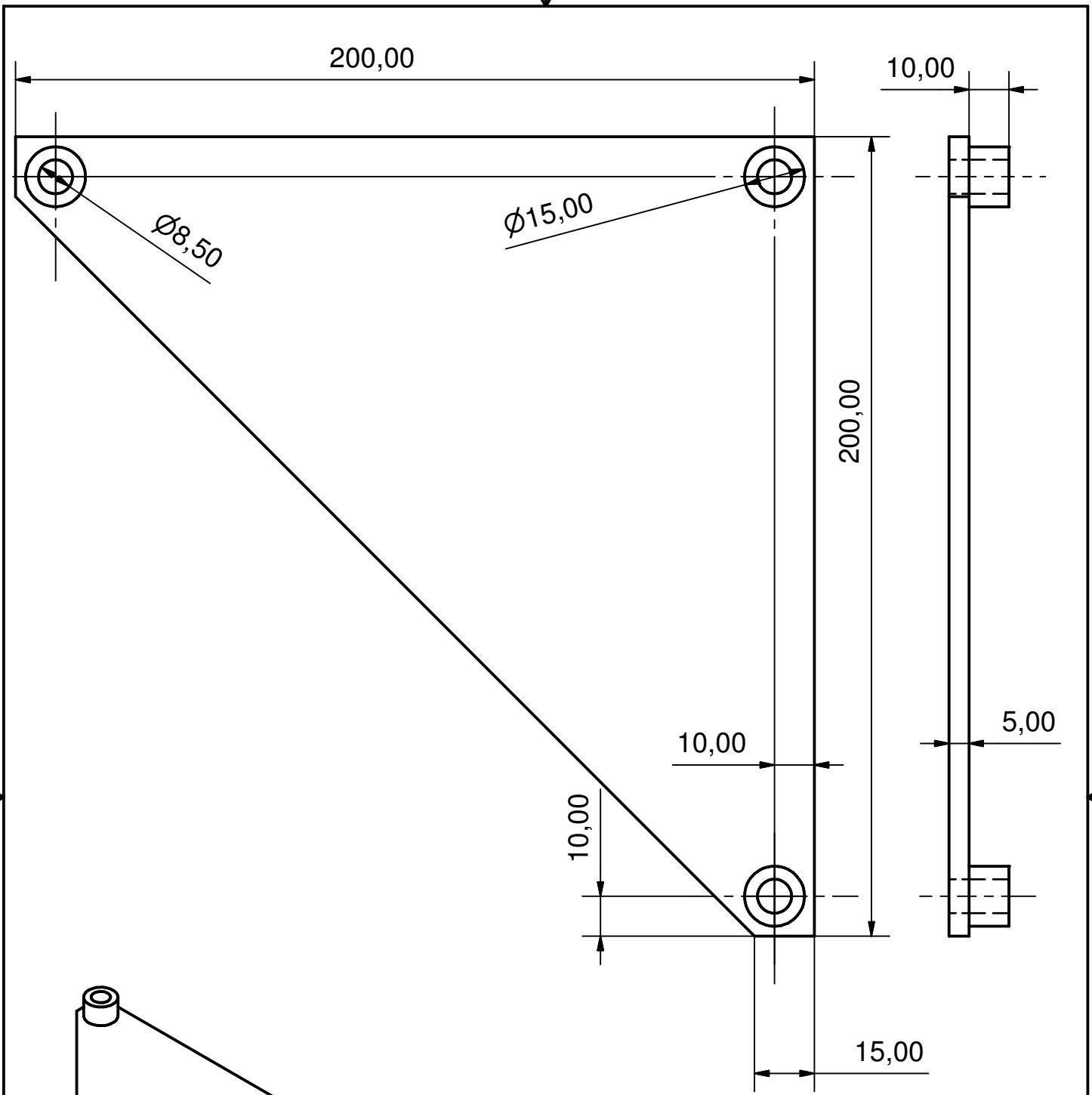
2510

Edition

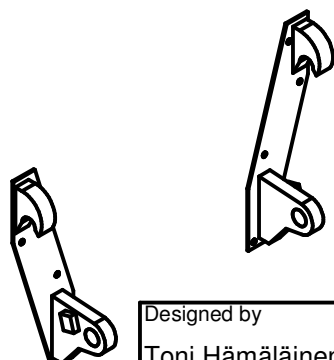
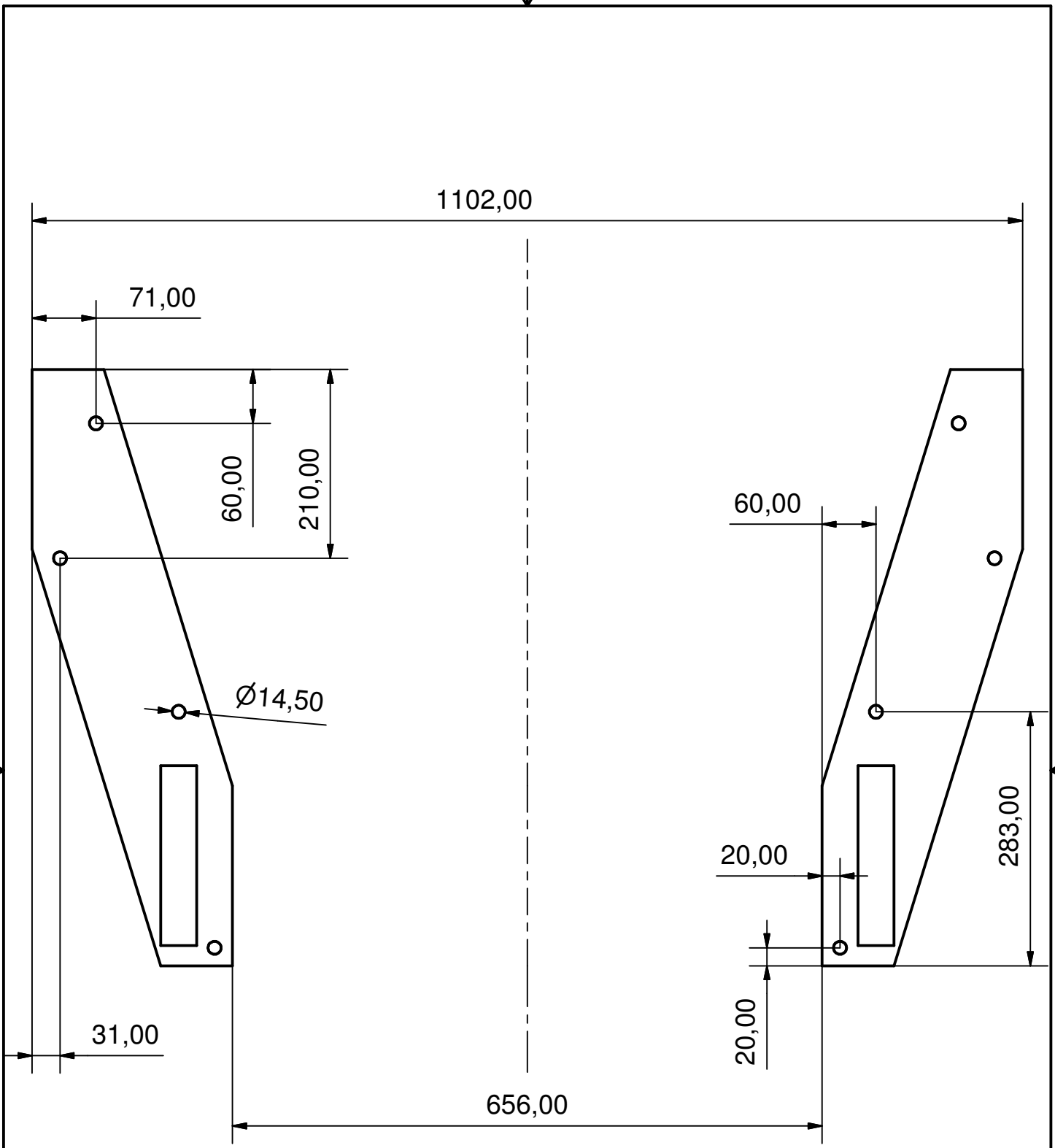
Sheet

1 / 1

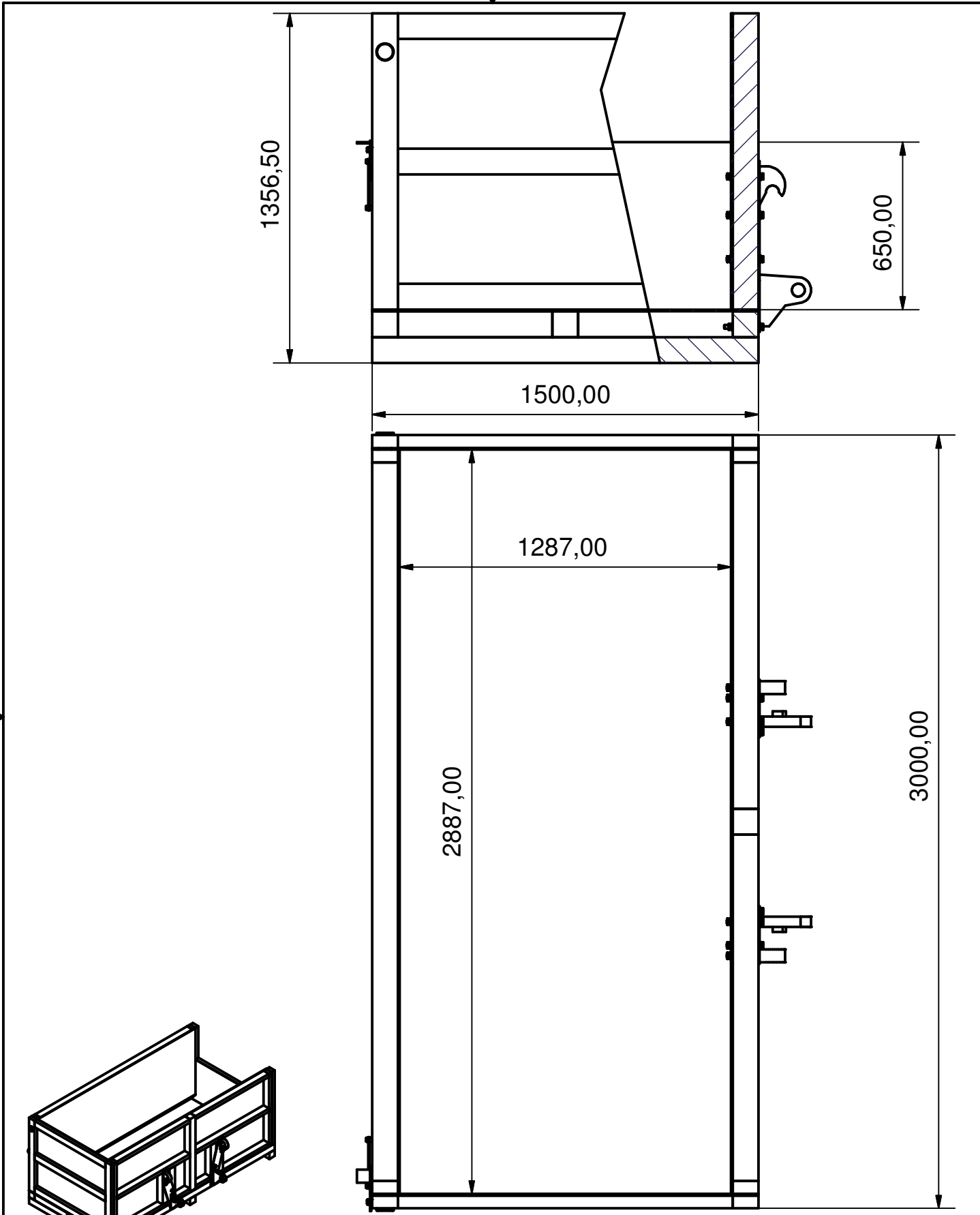




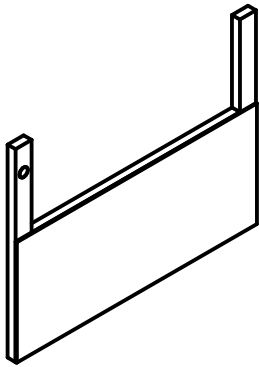
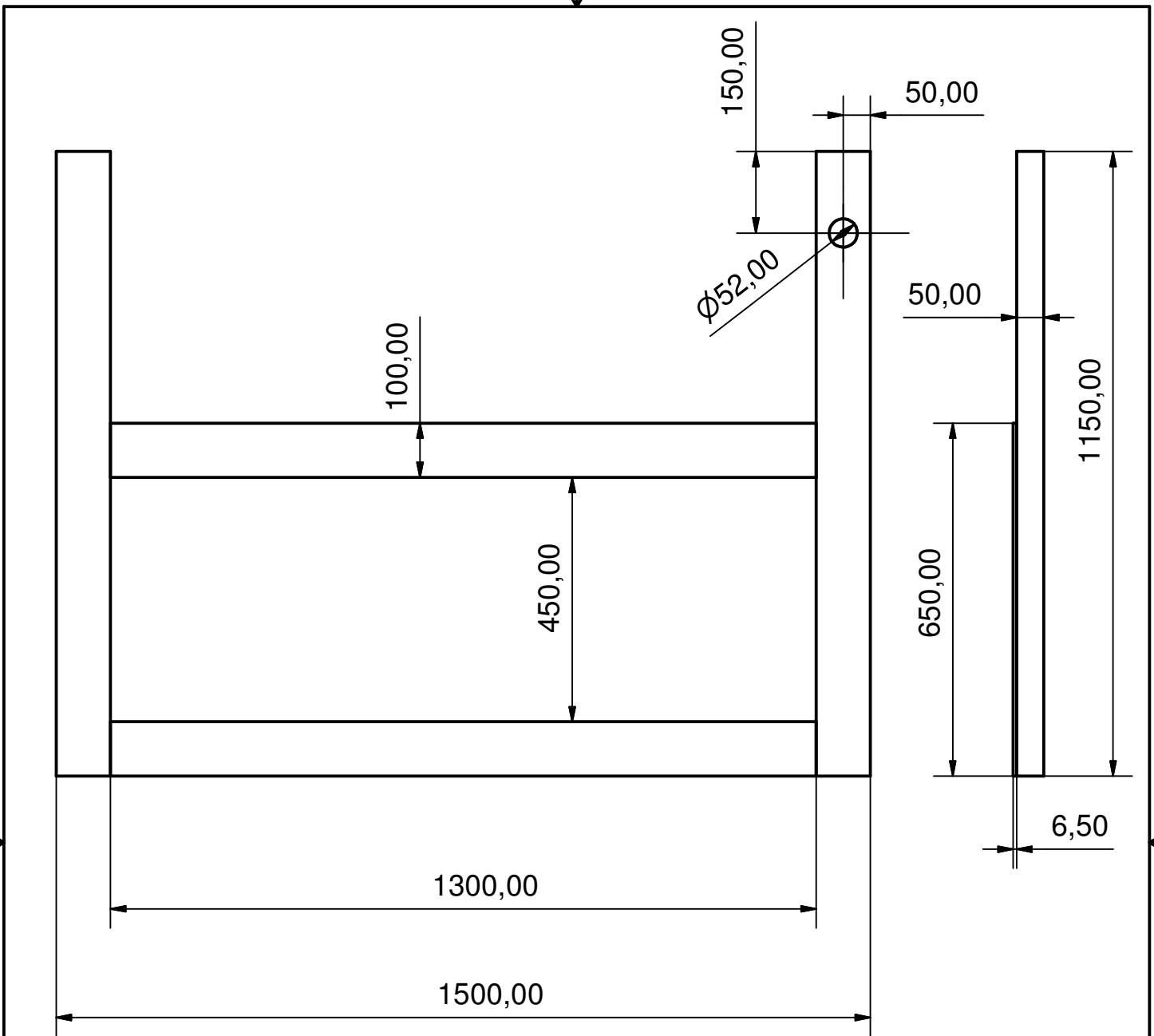
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Avautuvan seinän pidätinlevy	
		2520	Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke		EURO-työvälinekiinnikkeet	
		2420	Sheet 1 / 1

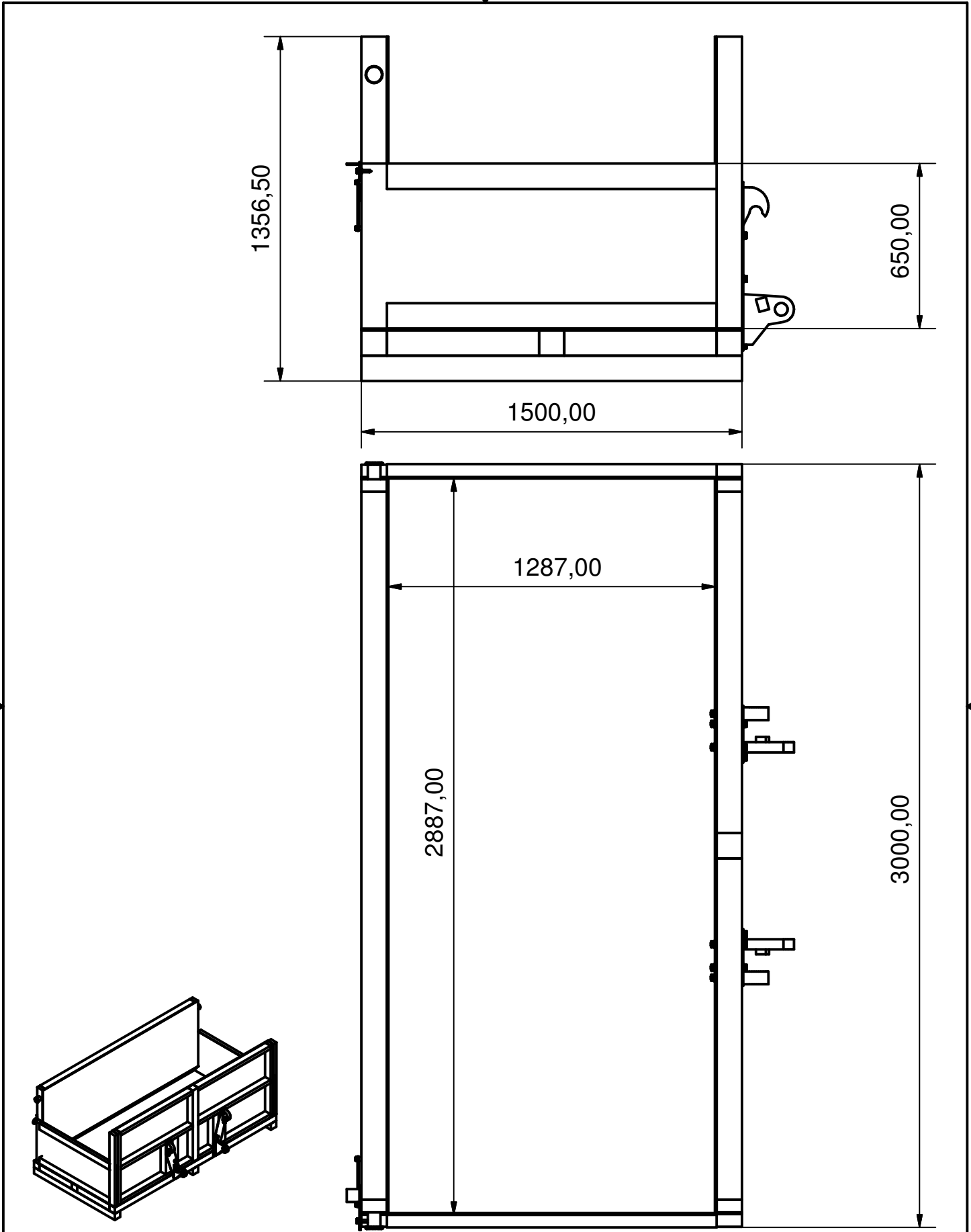


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke	Keruulaatikko 2		
	2100	Edition	Sheet 1 / 1

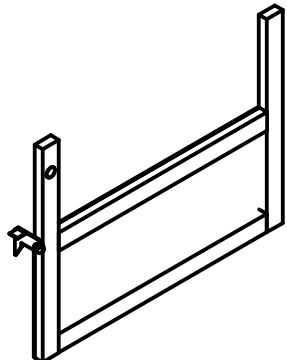
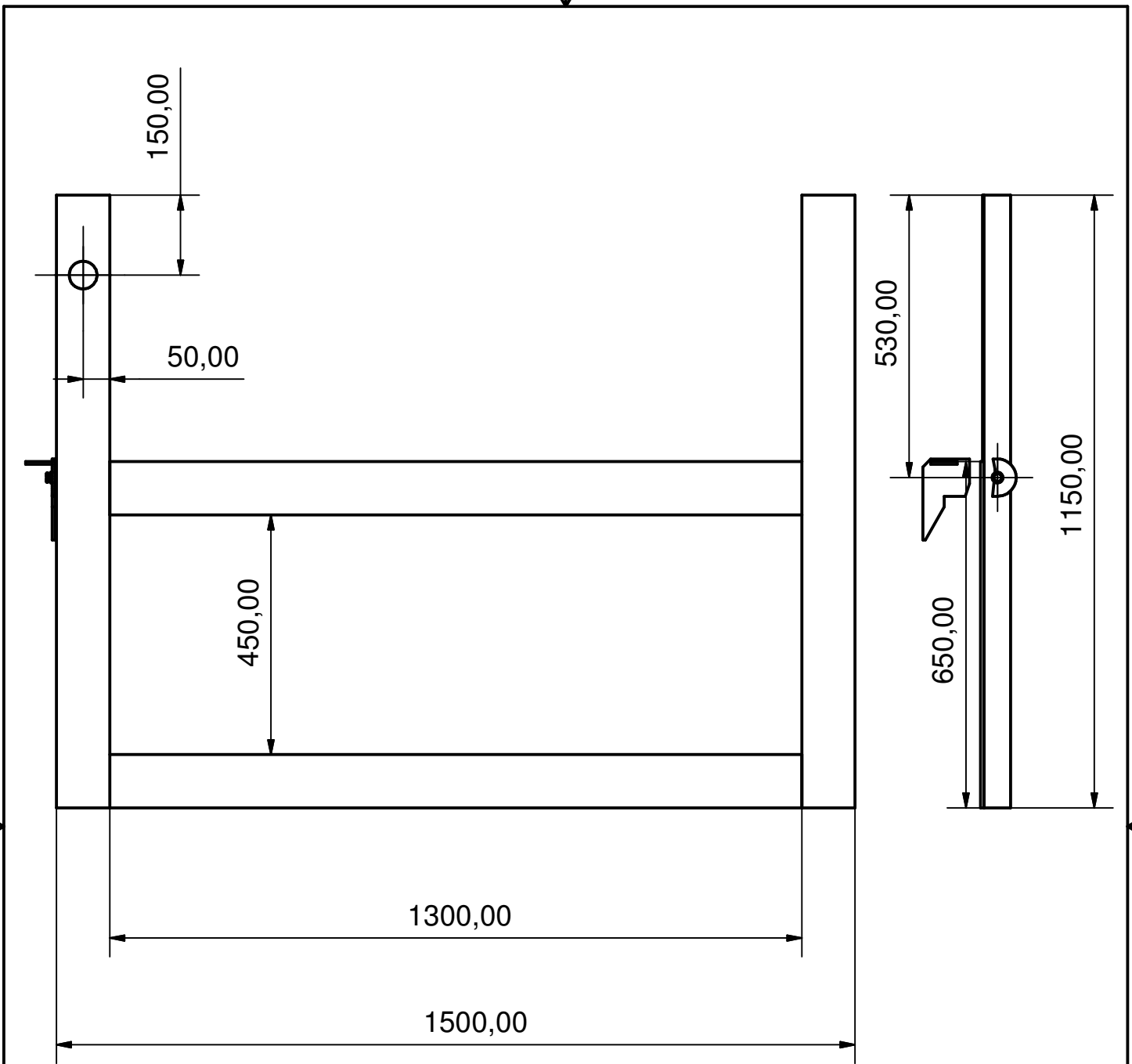


**Keruulaatikon 2:n etupääty on identtinen keruulaatikko 1:n etupäädyn kanssa.**

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikko 2, takapääty	
		2120	Sheet 1 / 1

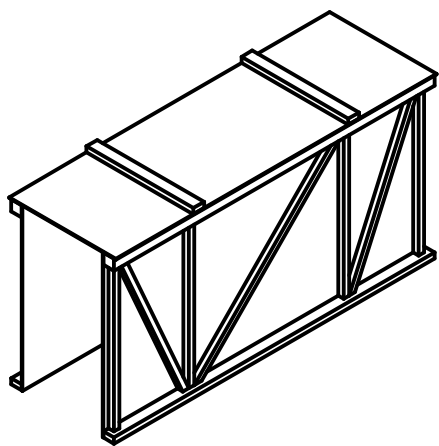
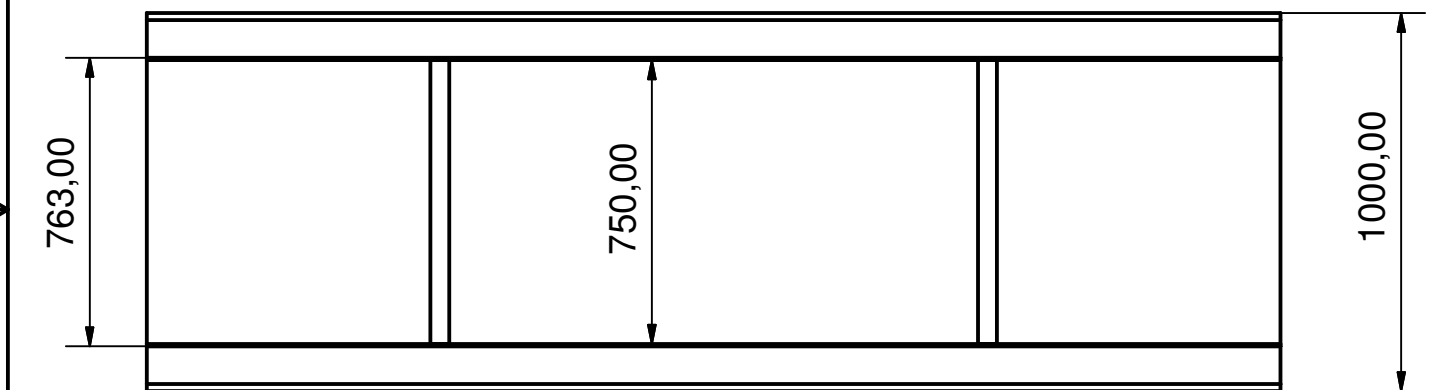
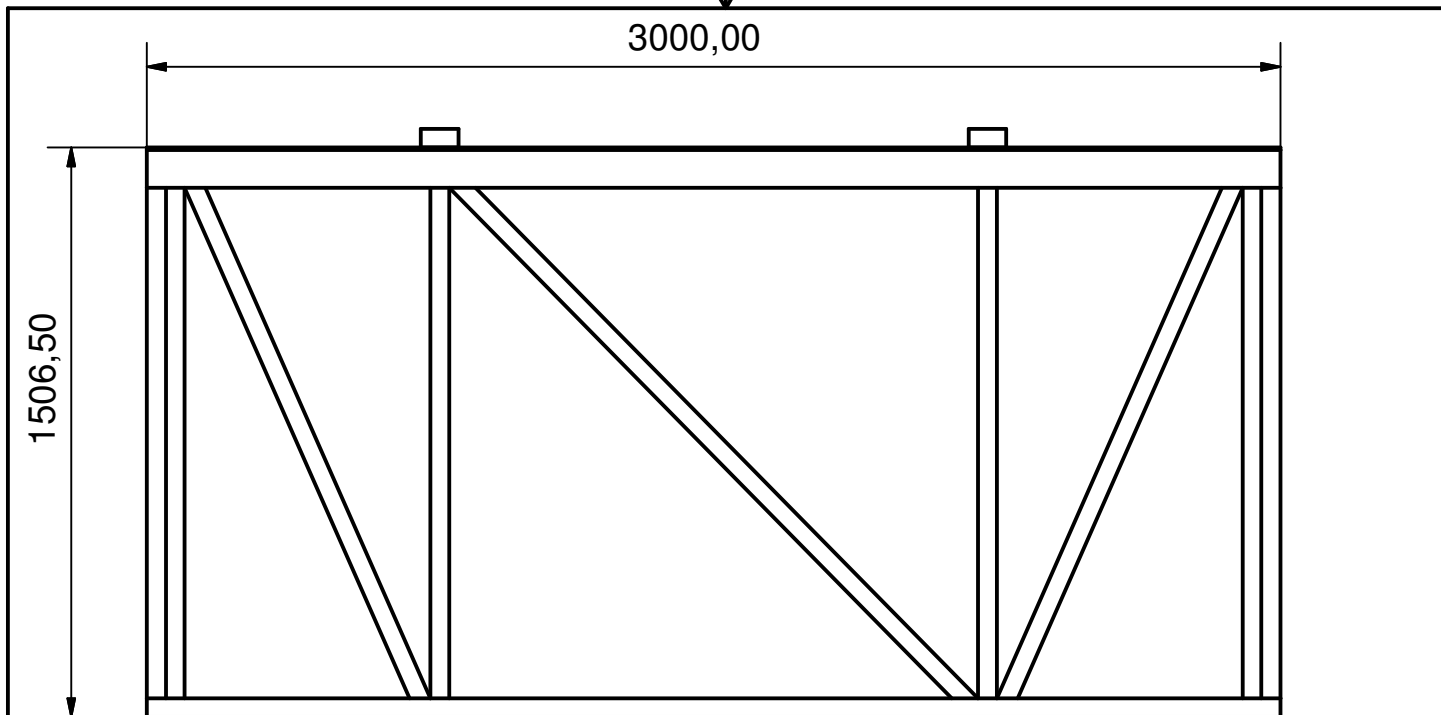


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 19.3.2007
RAMK, KATE-hanke	Keruulaatikko 3		
	2200	Edition	Sheet 1 / 1

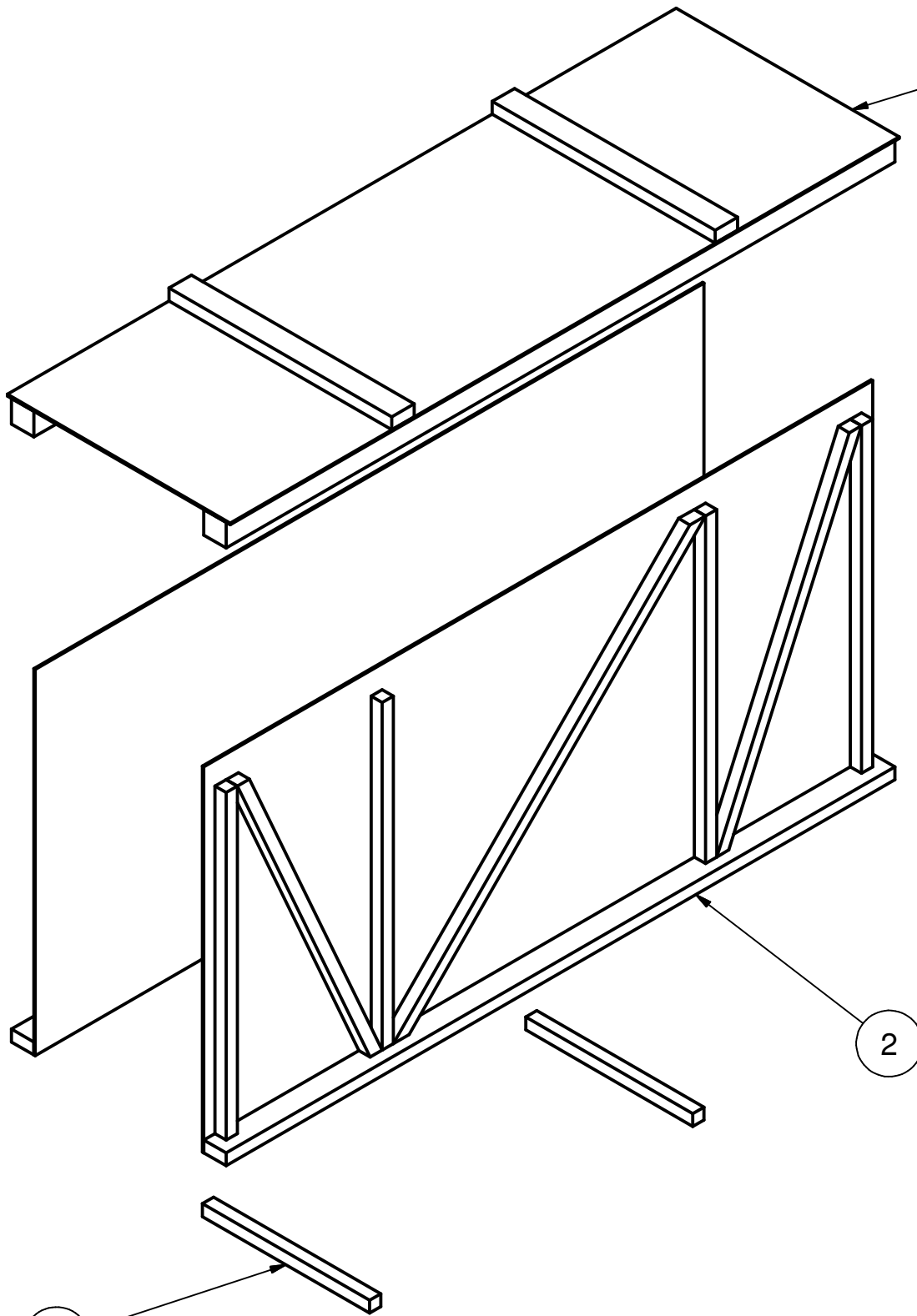


**Keruulaatikon 3:n takapäätty on identtinen keruulaatikko 2:n takapäädyn kanssa.**

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Keruulaatikko 3, etupäätty	
		2210	Edition Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke	Ilmaerotuskourun osasto		
	4000	Edition	Sheet 1 / 1



3

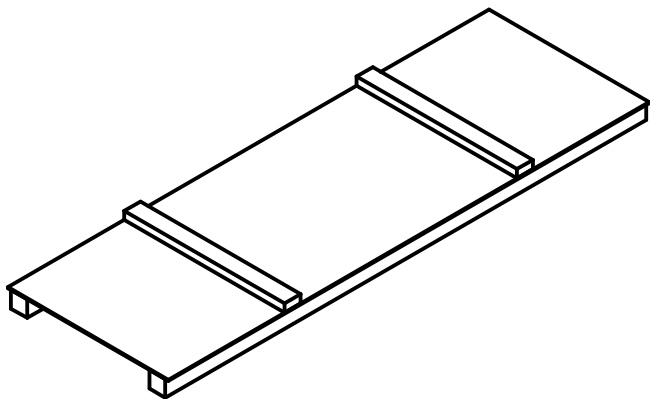
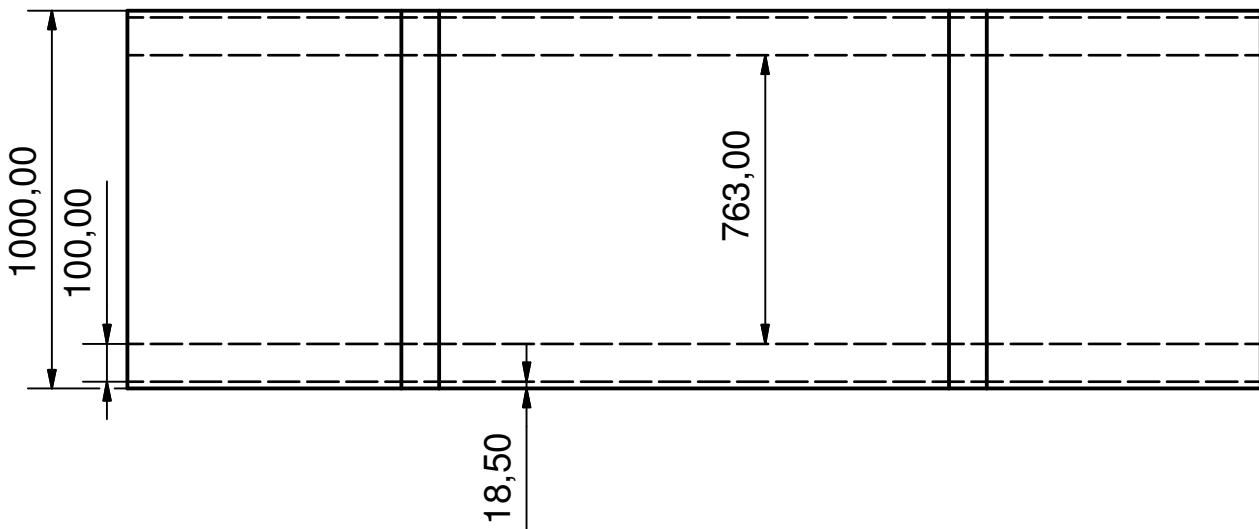
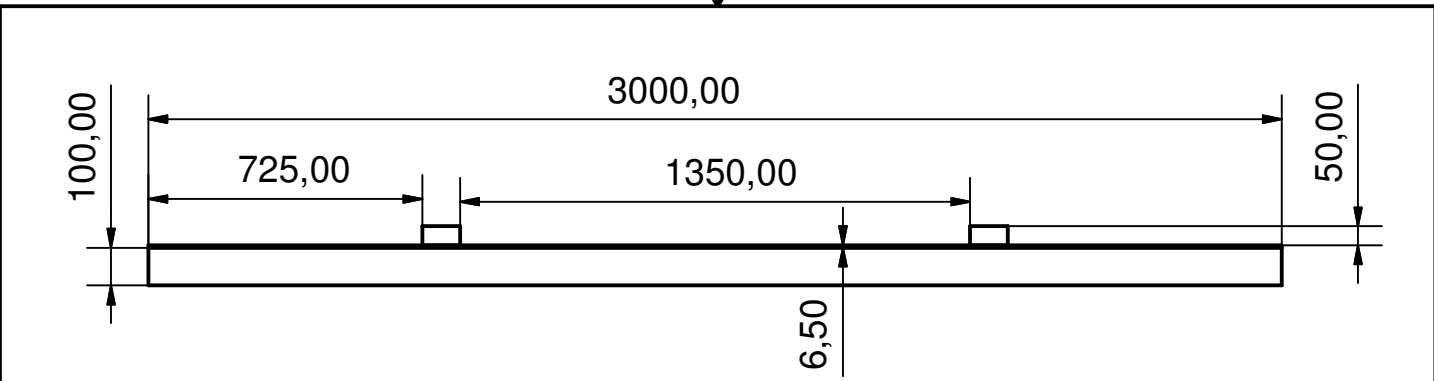
2

1

Osaluettelo			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Kourun osaston katto	4200
2	2	Kourun osaston seinä	4100
3	2	Poikittaistuki	50x50x750mm rima

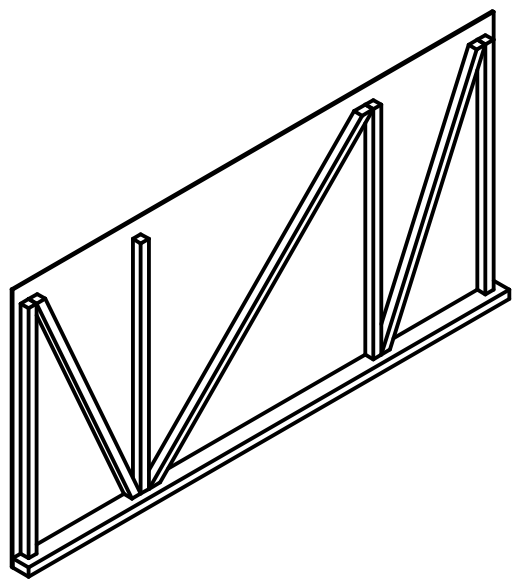
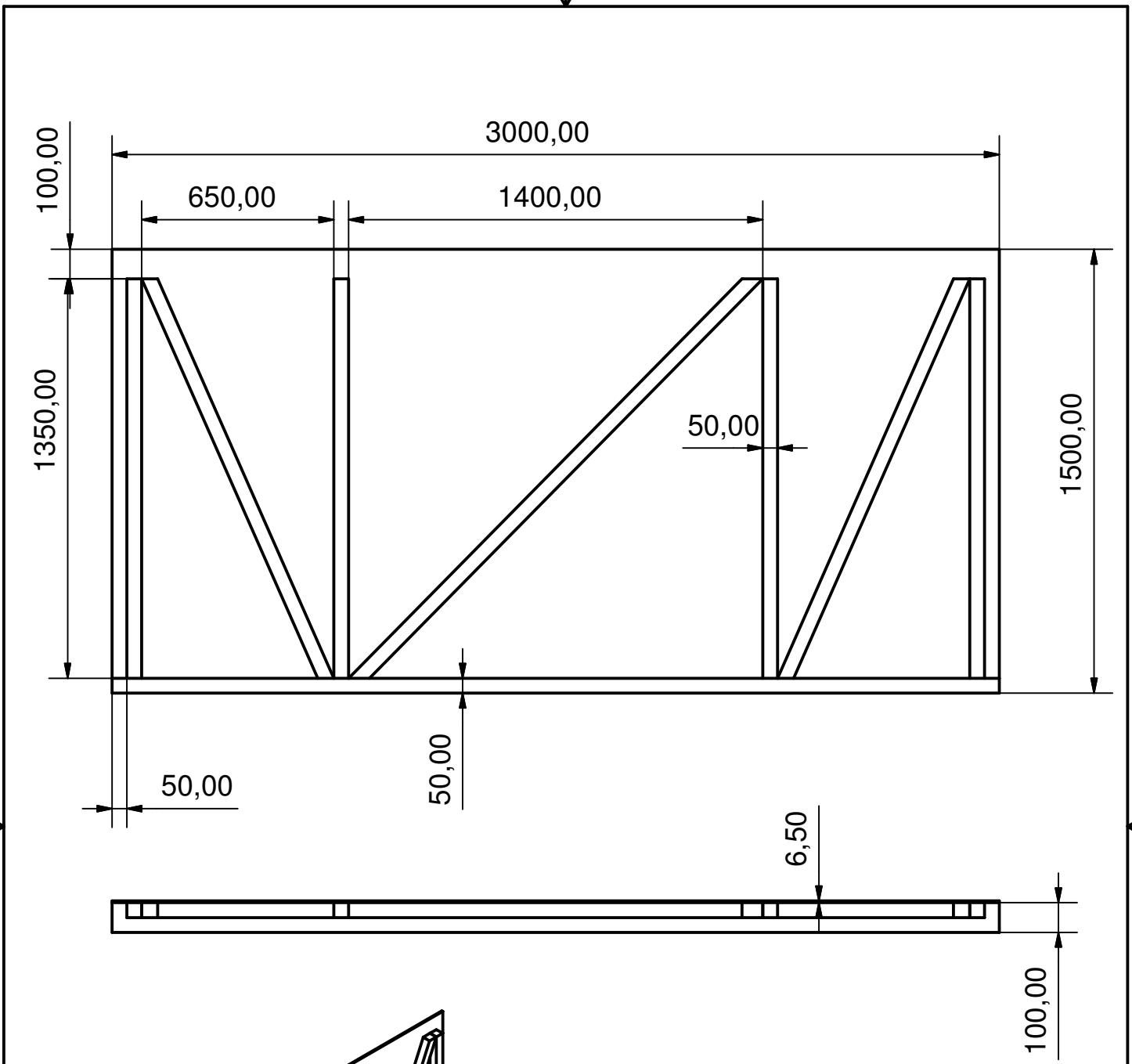
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Ilmaerotuskour. osasto, räjäk.	
		4001	Sheet 1 / 1



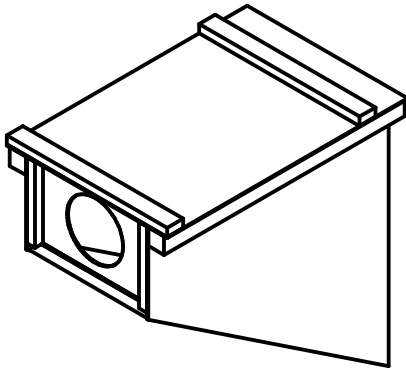
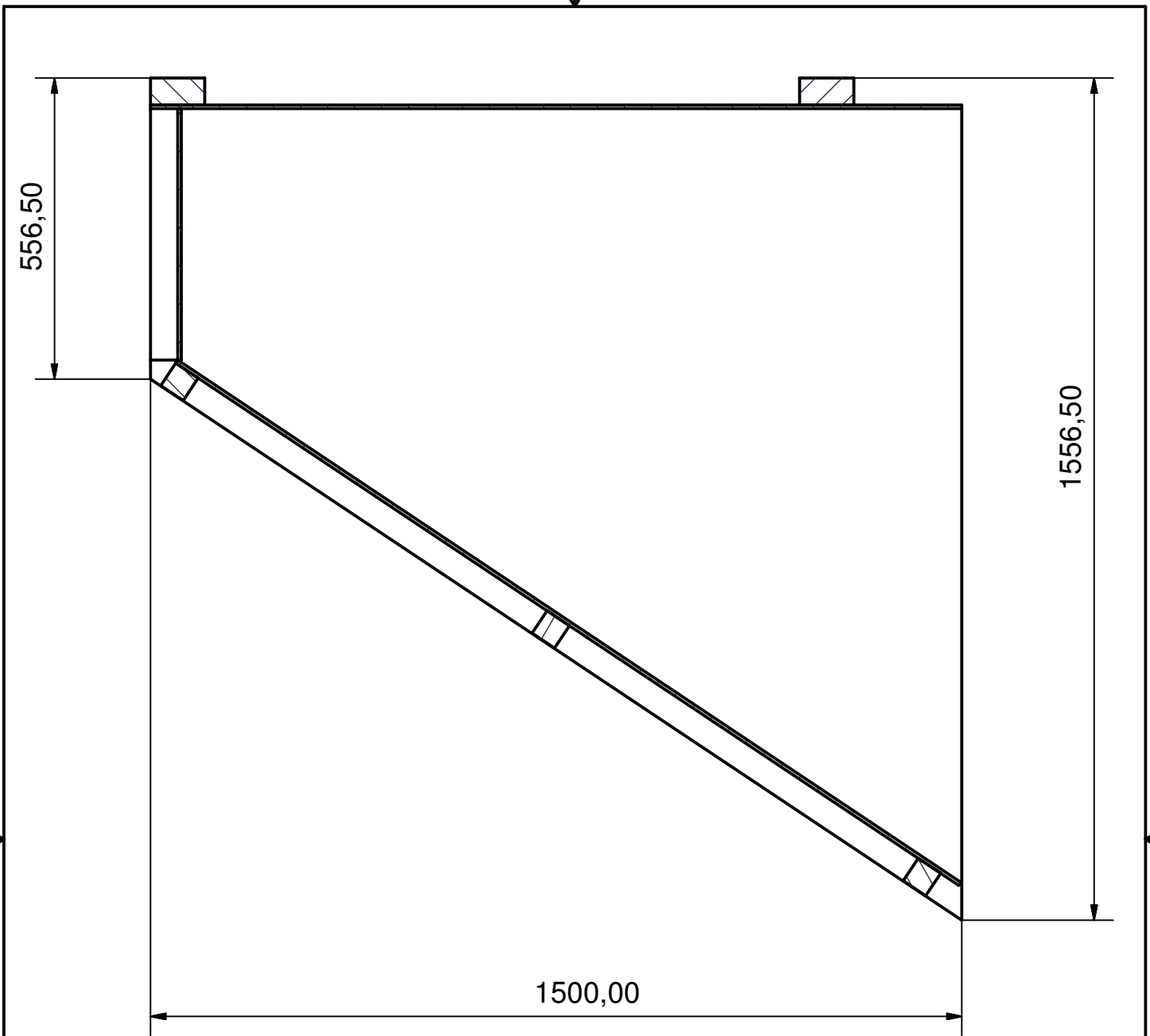


Katoton kourun osasto kattolevyn  
puuttumista lukuunottamatta  
identtinen.

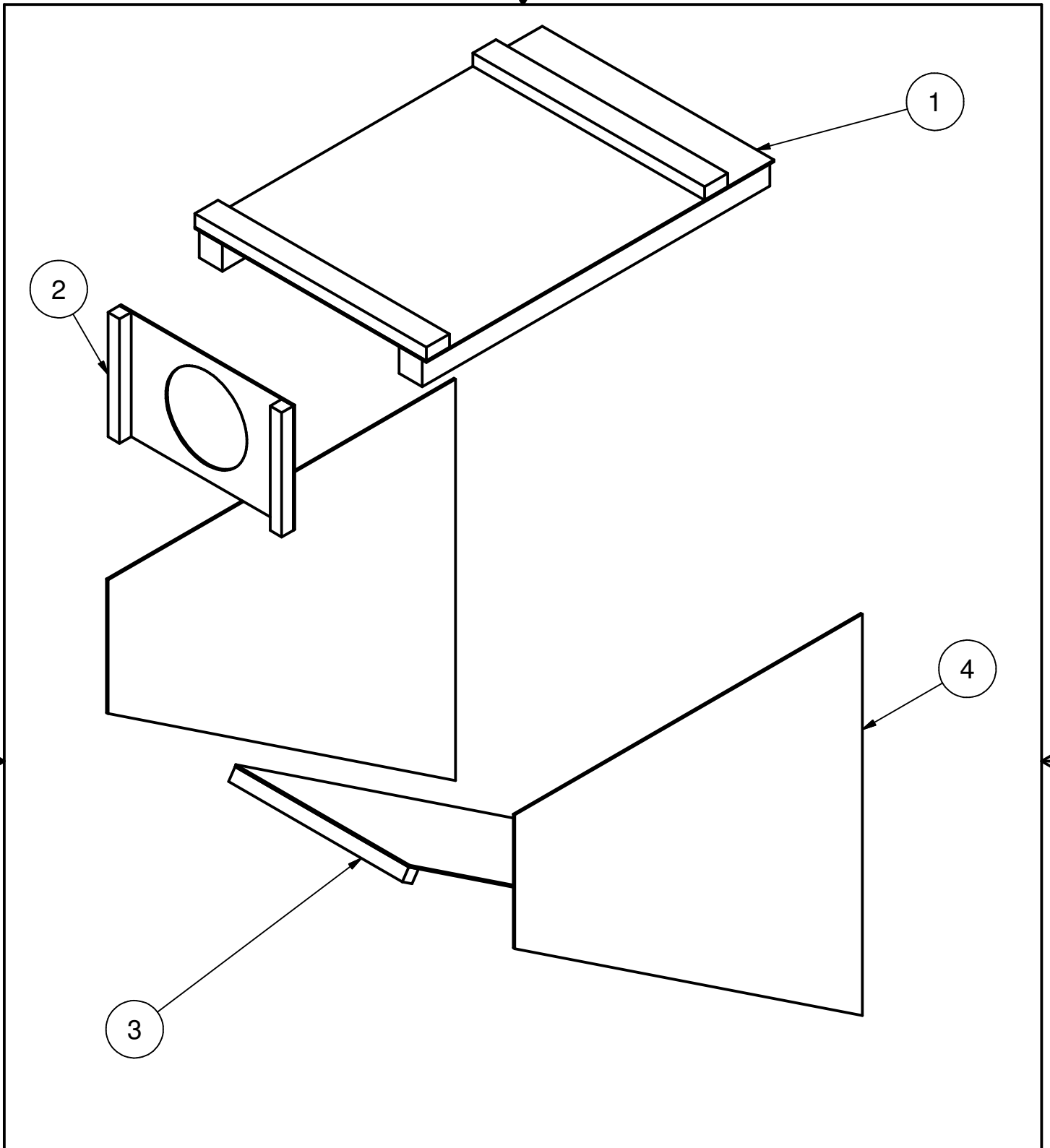
Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Ilmaerotusk. osaston katto	
		4200	Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Ilmaerotuskourun seinä	
		4100	Sheet 1 / 1

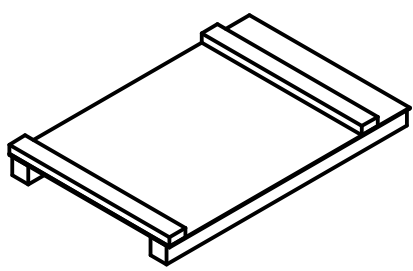
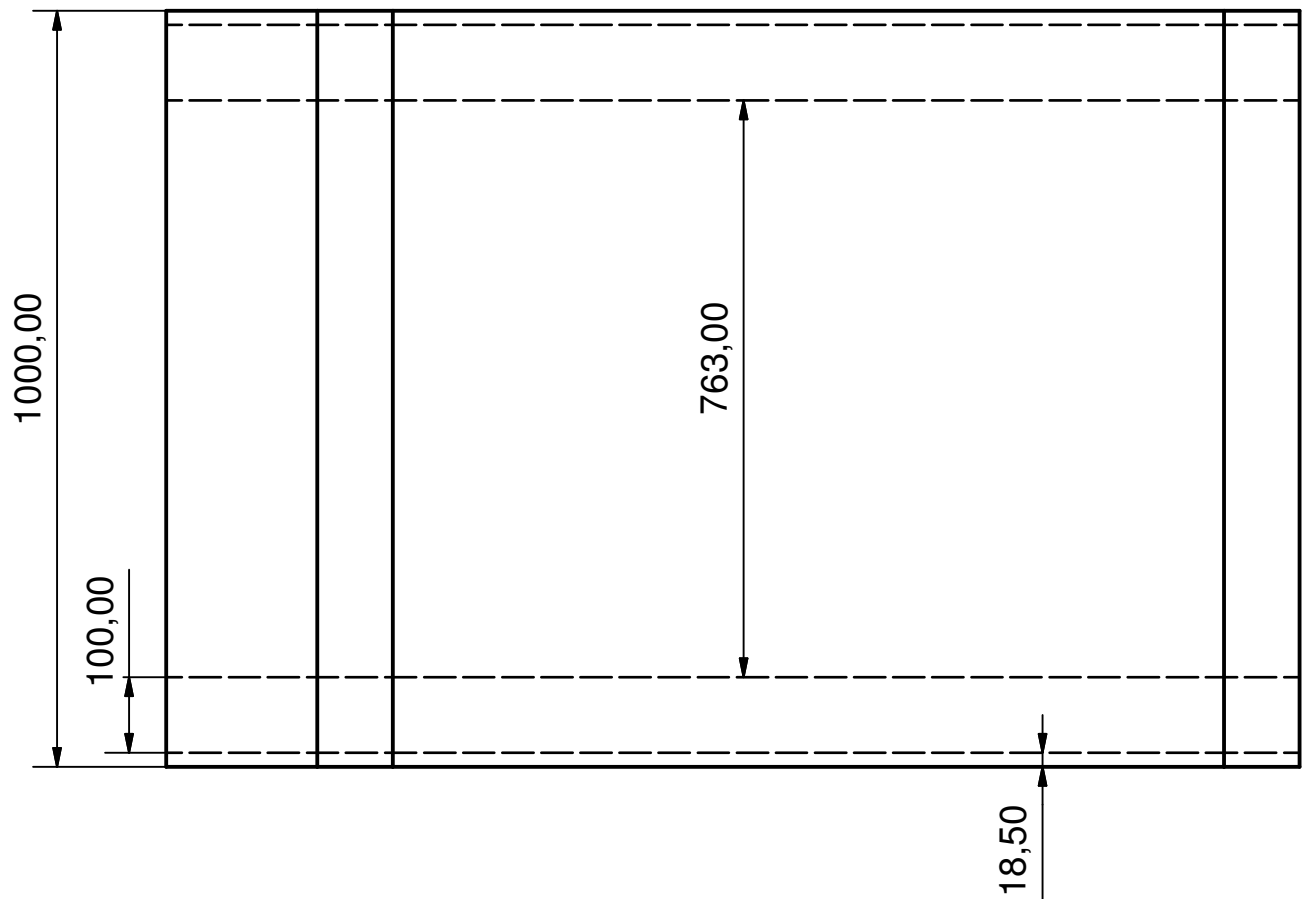
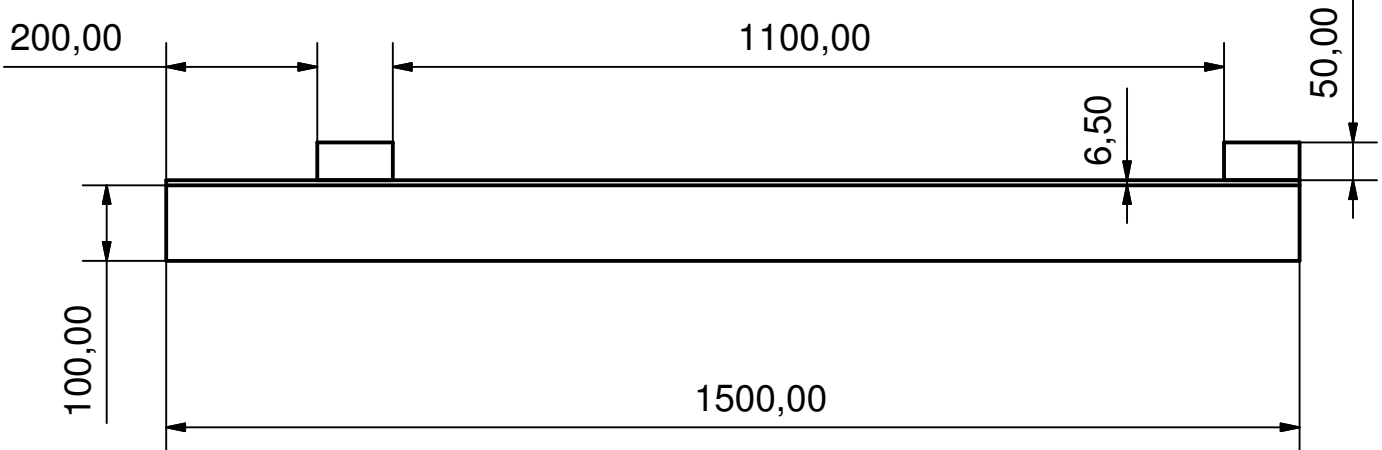


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007	
RAMK, KATE-hanke		Päätymä		
		3000	Edition	Sheet 1 / 1



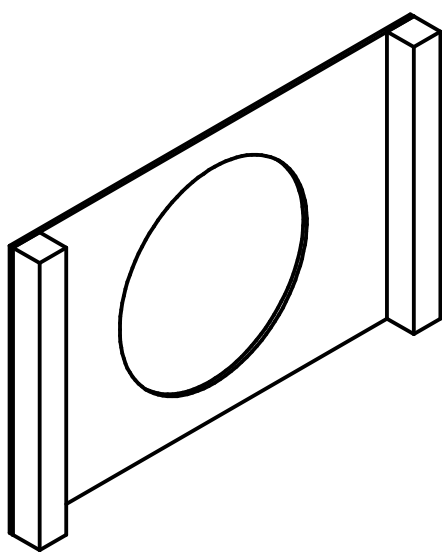
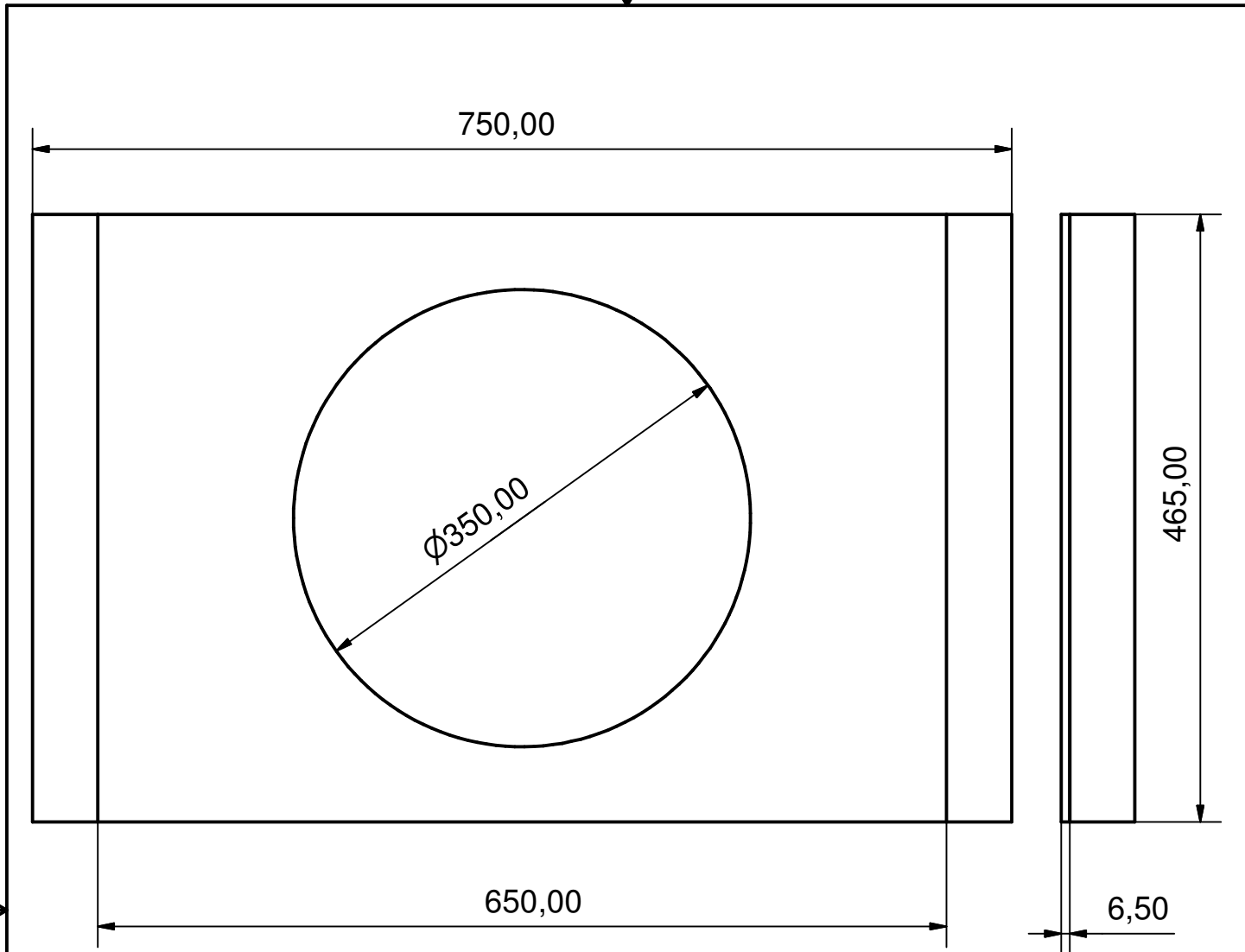
Osaluettelo			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Päätykolmion katto	3300
2	1	Päätykolmion etuseinä	3200
3	1	Päätykolmion pohja	3400
4	2	Päätykolmion seinälevy	3100

Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Päätykolmio, räjäytyskuva	
		3001	Sheet 1 / 1

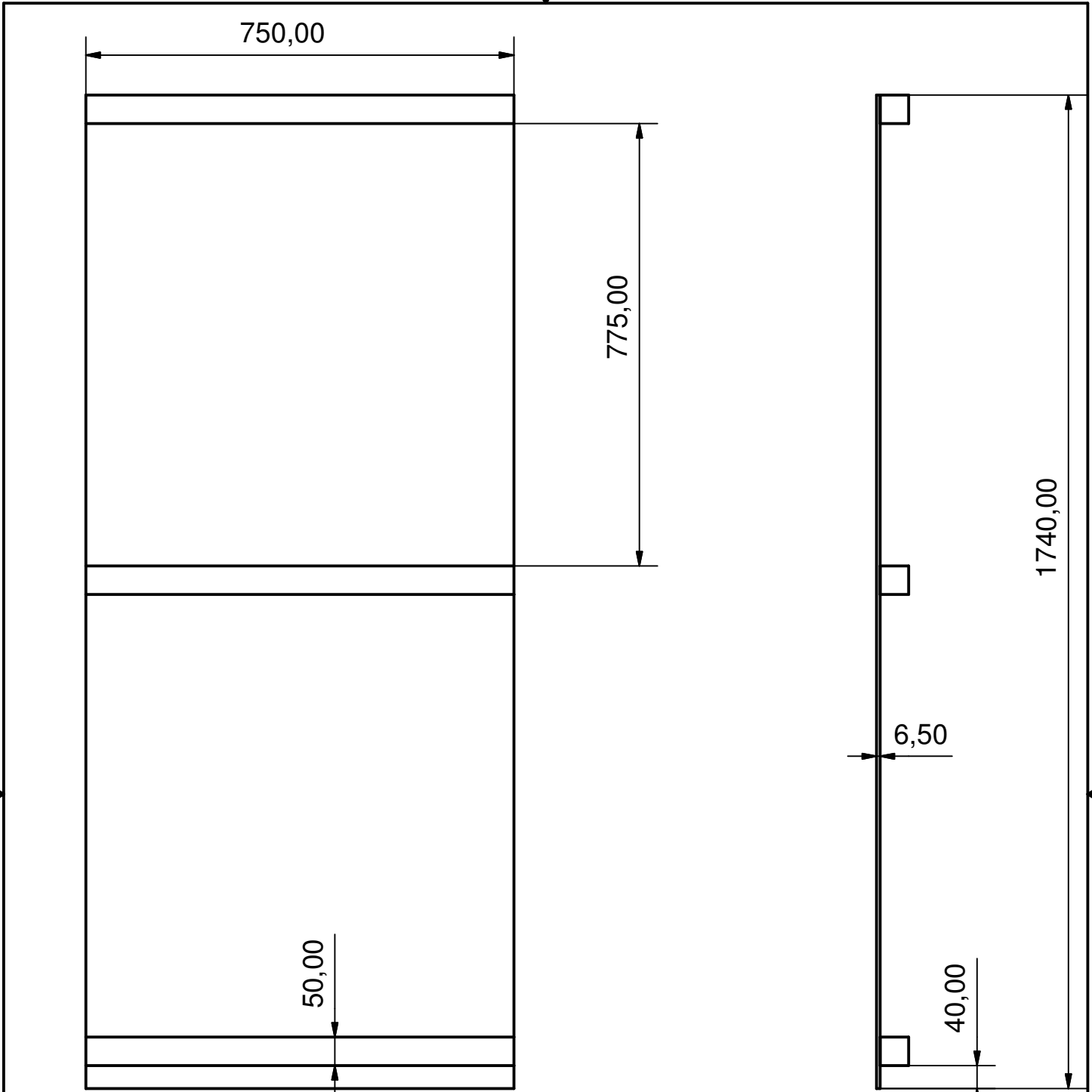


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Päätykolmion katto	
		3300	Sheet 1 / 1

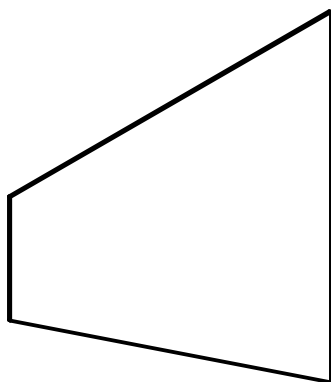
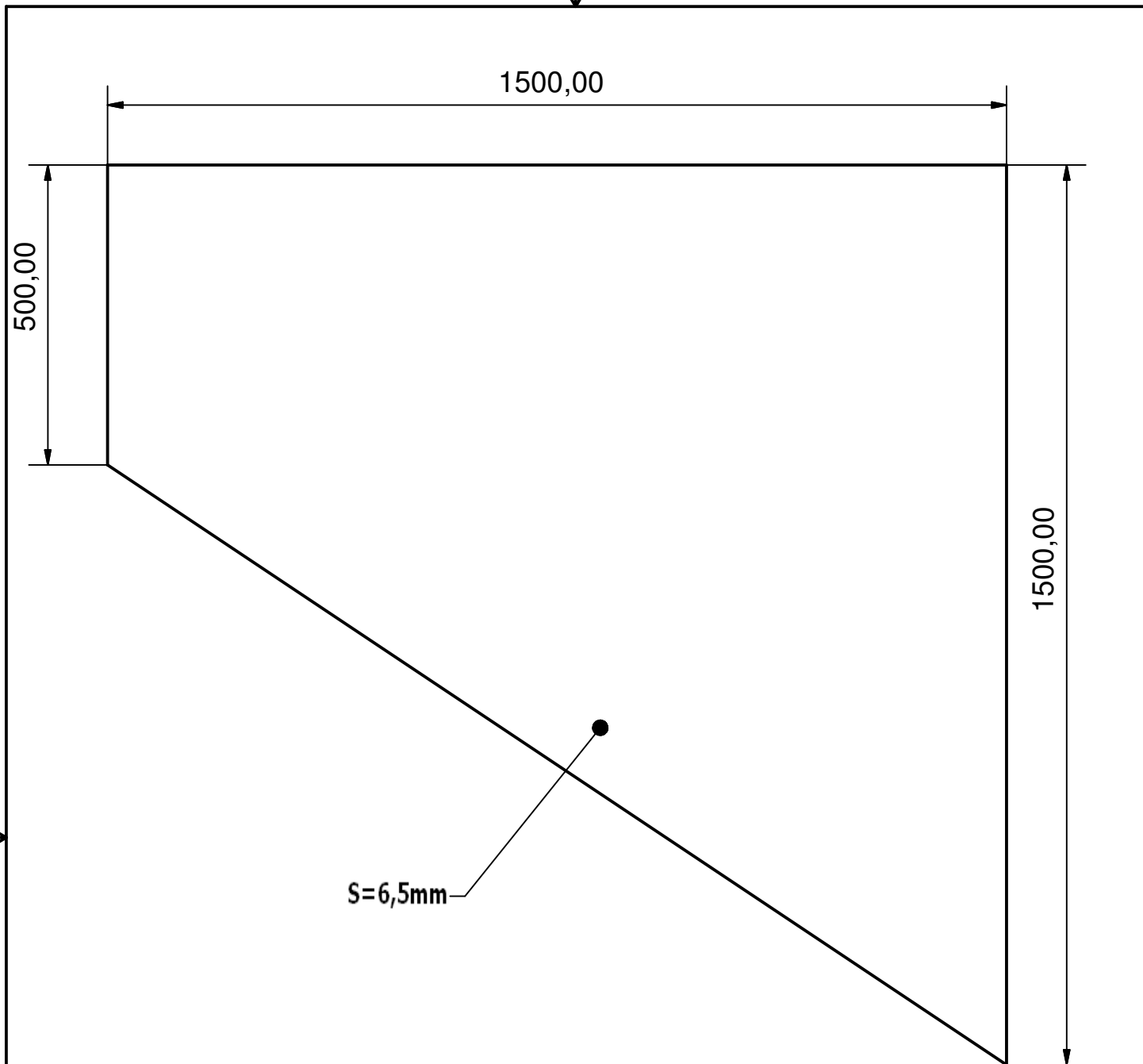




Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Päätykolmion etuseinä	
		3200	Edition Sheet 1 / 1

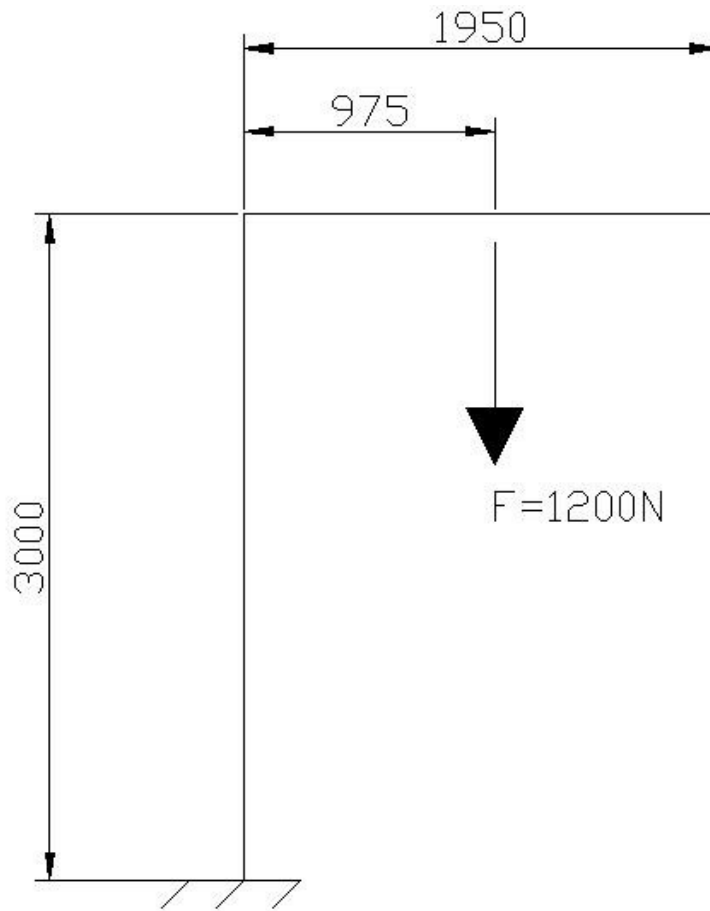


Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Päätykolmion pohja	
		3400	Sheet 1 / 1



Designed by Toni Hämäläinen	Checked by	Approved by - date	Date 20.3.2007
RAMK, KATE-hanke		Päätykolmion seinälevy	
		3100	Sheet 1 / 1





Voima  $F=1200\text{ N}$  on saatu laskemalla yhteen kourun osaston rakenteiden massa.

100 x 100 x 4mm -putkipalkin taivutusvastuksen ja poikkipinta-alan arvot suoraan taulukkokirjasta (5, s.140).

$$W_t = 4\,527\,000\text{ mm}^3$$

$$A = 1\,495\text{ mm}^2$$

Vetojännitys

$$\sigma_v = \frac{F}{A} = \frac{1200\text{ N}}{1495\text{ mm}^2} = 0,803 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 1

Taivutusjännitys

$$\sigma_t = \pm \frac{F \cdot a}{W_t} = \pm \frac{1200\text{ N} \cdot 975\text{ mm}}{45\,270\text{ mm}^3} = \pm 25,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 2

## C-tuen lujuustarkastelu

## LIITE 4 / 2

Yhdistetyt jännitykset

$$\sigma_{yhd1} = \frac{F}{A} - \frac{F \cdot a}{W_t} = (0,803 - 25,84) \text{ MPa} = -25,04 \text{ MPa}$$

*KAAVA 3*

$$\sigma_{yhd2} = \frac{F}{A} = 0,803 \text{ MPa}$$

*KAAVA 4*

$$\sigma_{yhd3} = \frac{F}{A} + \frac{F \cdot a}{W_t} = (0,803 + 25,84) \text{ MPa} = 26,65 \text{ MPa}$$

*KAAVA 5*

26,65 MPa << 355 MPa , joten rakenne kestää.

C-TUKI

OULUN teknillinen oppilaitos / Koneosasto  
OULU  
22-03-2007 kello: 16:13:54  
YLEISVERSIO 01.10 ... 01. 1991.

```
#####>  
°TY°      :C-TUKI, lujuustarkastelu                    0  
C#####  
°OSATY°   :                                       0  
C#####  
°LASKIJA:TONI HÄMÄLÄINEN                               0  
C#####  
°DATA-TIEDOSTO LEVYLLZ NIMELLZ:C-TUKI.DNK              0  
#####
```

SOLMUTIEDOT

```
=====
```

KEHZN SOLMUJEN MZZRZ = 5		
SOLMUJEN KOORDINAATIT		
SOLMU	X-KOORDIN.	Y-KOORDIN.
	m	m
1	0.000	0.000
2	0.000	1.500
3	0.000	3.000
4	0.975	3.000
5	1.950	3.000

SAUVATIEDOT

```
=====
```

SAUVOJEN MZZRZ		= 4					
SAUVAN ALKUSOLMUN NUMERO		= I					
SAUVAN LOPPU SOLMUN NUMERO		= J					
VAKIOKERROIN		K1= 10000000					
SAUVA I J	ALA	HIT.MOM	E/K1	PITUUS	COS	SIN	NIVEL
	cm^2	cm^4	N/cm^2	m			
1 1 2	14.95	226.3500	2.100	1.500	0.000	1.000	Ei
2 2 3	14.95	226.3500	2.100	1.500	0.000	1.000	Ei
3 3 4	14.95	226.3500	2.100	0.975	1.000	0.000	Ei
4 4 5	14.95	226.3500	2.100	0.975	1.000	0.000	Ei

SOLMUKUORMAT

```
=====
```

PISTEKUORMITETTUJA SOLMUJA ON 1			
SOLMU	FX	FY	MZ
	kN	kN	kNcm
4	0.0000	-1.2000	0.000000

TUKITIEDOT

```
=====
```

TUETTUJA SOLMUJA = 1			
VAPAA LIIKE = 0			
ESTETTY LIIKE = 1			
SOLMU	Tx	Ty	Tz(KIERTYMINEN)
1	1	1	1

TASAISET SAUVAKUORMAT

```
=====
```

SAUVA NUMERO	PAINO	KUORMA	SIVUTTAISPAINE
	n = 0	+ 0 - 0	+ = - 0 : - = 0 -
	kg/m^3	N/m	N/m
1	-7850.000	0.00	0.00
2	-7850.000	0.00	0.00
3	-7850.000	0.00	0.00
4	-7850.000	0.00	0.00

SIIRTYMAT

```
=====
```

NURKKA	X-SUUNTA	Y-SUUNTA	KIERTYMA
--------	----------	----------	----------

# C-tuen lujuustarkastelu

# LIITE 4 / 4

## C-TUKI

	cm	cm	RAD
1	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.329718	-0.000809	-0.004396
3	1.318873	-0.001534	-0.008792
4	1.318873	-0.952602	-0.010259
5	1.318873	-1.955683	-0.010298

## SAUVAVOIMAT

=====

SAUVA	NURKKA	N kN	Q kN	M kNm
1	1	1.7809	0.0000	1.393126
	2	-1.6049	-0.0000	-1.393126
2	2	1.6049	0.0000	1.393126
	3	-1.4288	-0.0000	-1.393126
3	3	-0.0000	1.4288	1.393126
	4	0.0000	-1.3144	-0.055781
4	4	-0.0000	0.1144	0.055781
	5	0.0000	-0.0000	-0.000000

## TUKIVOIMAT JA ULKOISET PISTEKUORMAT

NURKKA	FX kN	FY kN	MZ kNm
1	-0.000000	1.780920	1.393126
2	-0.000000	0.000000	0.000000
3	-0.000000	-0.000000	0.000000
4	0.000000	-1.200000	0.000000
5	-0.000000	-0.000000	-0.000000

LASKENTA KESTI 19.66 SEKUNTIA

LUJUUSOPIN MUKAISTEN Q ,M JA N PIIRROSTEN TEKEMISEKSI SELVITZ SAUVOILLE OHELMASSA MERKKISZNN^T:

- POSIT.NORMAALIVOIMA ALKU- JA LOPPUPZZSSZ OIKEALLE.
  - POSIT.LEIKKAUSVOIMA ALKU- JA LOPPUPZZSSZ YL^S.
  - POSIT.MOMENTTI ALKU- JA LOPPUPZZSSZ VASTAPZIVZZN:
  - SAUVAN ALKUPZZ ON AINA ORIGOSSA. (SAUVAKOORDINAATISTO)
  - - TUKIVOIMA JA VASTAAVA TUEN KOHDALLA OLEVA SOLMUVOIMA KUMOAVAT TOISENSA TZSSZ TAULUKOSSA.
- SAUVAIN ALKUPZZT ON ANNETTU LZHT^TIEDOISSA

TARKISTA LASKENNAN YKSIK^T !!!

YKSIK^VALINNAT OLIVAT

	LASKENNASSA	TIEDOSTOSSA
1	PITUUS :mm	C-TUKI.DNK
2	POIKKIPINTA :mm^2	-
3	NELI^MOM :mm^4	-
4	KIMMOKERR. :N/mm^2	-
5	SOLMUKUORMA :kN	-
6	MOMENTTI :Nm	-
7	SAUVAPAINO :kg/m^3	-
8	TASAKUORMA :N/m	-

YKSIK^TIEDOT VAIN PERUSTAPAUKSESSA

Materiaalimenekki ja kustannusarviot

**C-tuki**

**Materiaali**

	Hinta / €/kg	Menekki / m tai m <sup>2</sup>	Teräksen tiheys Menekki / kg	7850 kg/m <sup>3</sup> Hinta / €
Neliöputki 100x100x4 (S355J2G3)	1,3	8,22	99,16	128,91
Yleinen rakenneteräslevy S=6mm (S355K2G3)	1,2	1,09	42,78	51,34
Yleinen rakenneteräslevy S=5mm (S355K2G3)	1,2	0,38	14,92	17,9
Yleinen rakenneteräslevy S=3mm (S355K2G3)	1,2	0,06	2,36	2,83
T-palkki 100x100 (S235JRG2)	1,1	1,00	16,41	18,05
<b>YHTEENSÄ</b>			175,62	219,02

*Liitoselimet*

M12x40 normaalikierteinen kuusiokantapultti	12 kpl
Aluslaatta 12-14HV	24 kpl
M12 -mutteri	12 kpl

**Kourun osasto**

	Hinta / € /m tai m <sup>2</sup>	Menekki / m tai m <sup>2</sup>	Yht. Massa /kg	Hinta / €
Vanerilevy S=6,5mm	14,5	12	39	174
Tasakanttinen lankku (100x50mm)	1,55	8	20	12,4
Tasakanttinen parru (100x100mm)	4,11	6	30	24,66
Tasakanttinen rima (50x50mm)	0,89	22,02	27,53	19,6
<b>YHTEENSÄ</b>			116,53	230,66

*Liitoselimet*

Uppokantaisia puuruuveja
Uppokantaisia, itseporautuvia levyruuveja

**Päätykolmio**

	Hinta / € /m <sup>2</sup>	Menekki / m tai m <sup>2</sup>	Yht. Massa /kg	Hinta / €
Vanerilevy S=6,5mm	14,5	6,15	20	89,23
Tasakanttinen lankku (100x50mm)	1,55	2	5	3,1
Tasakanttinen parru (100x100mm)	4,11	3	15	12,33
Tasakanttinen rima (50x50mm)	0,89	3,18	3,98	2,83
<b>YHTEENSÄ</b>			43,97	107,49

*Liitoselimet*

Uppokantaisia puuruuveja
Uppokantaisia, itseporautuvia levyruuveja

Materiaalimenekki ja kustannusarviolaskelmat LIITE 5/1

Materiaalimenekki ja kustannusarviot

**Keruulaatikko1**

	Hinta / € /m <sup>2</sup>	Menekki / m tai m <sup>2</sup>	Yht. Massa /kg	Hinta / €
Vanerilevy S=6,5mm	14,5	14,64	47,58	212,27
Tasakanttinen lankku (100x50mm)	1,55	33,44	83,59	51,82
Tasakanttinen parru (100x100mm)	4,11	21,45	107,25	88,16
Tasakanttinen rima (50x50mm)	0,89	2,79	3,48	2,48
YHTEENSÄ			241,9	354,73

*Liitoselimet*

Uppokantaisia puuruuveja  
Uppokantaisia, itseporautuvia levyruuveja

**Keruulaatikko2**

	Hinta / € /m <sup>2</sup>	Menekki / m tai m <sup>2</sup>	Yht. Massa /kg	Hinta / €
Vanerilevy S=6,5mm	14,5	13,89	45,15	201,42
Tasakanttinen lankku (100x50mm)	1,55	32,14	80,34	49,81
Tasakanttinen parru (100x100mm)	4,11	21,45	107,25	88,16
Tasakanttinen rima (50x50mm)	0,89	2,79	3,48	2,48
YHTEENSÄ			236,22	341,87

*Liitoselimet*

Uppokantaisia puuruuveja  
Uppokantaisia, itseporautuvia levyruuveja

**Keruulaatikko3**

	Hinta / € /m <sup>2</sup>	Menekki / m tai m <sup>2</sup>	Yht. Massa /kg	Hinta / €
Vanerilevy S=6,5mm	14,5	13,14	42,71	190,57
Tasakanttinen lankku (100x50mm)	1,55	30,84	77,09	47,79
Tasakanttinen parru (100x100mm)	4,11	21,45	107,25	88,16
Tasakanttinen rima (50x50mm)	0,89	2,79	3,48	2,48
YHTEENSÄ			230,54	329,01

*Liitoselimet*

Uppokantaisia puuruuveja  
Uppokantaisia, itseporautuvia levyruuveja

**Kokoonpano**

M14 x 140 pultteja	12 kpl
M14 muttereita	12 kpl
Aluslaatta 14	24 kpl

## Materiaalimenekki ja kustannusarviot

Puutavaran hinnat  
Puun tiheytenä on käytetty  
EURO-työvälinekiinnikkeet, hintatieto

<http://www.sahakonttori.fi/> Hakupäivä 22.3.2007  
500 Kg / m<sup>3</sup>  
<http://www.jinmatractor.ca/loader-attachments/adapters/weld-on-kits.shtml>

### Massat ja hinnat

(ei sisällä silppurilietson massaa eikä hintaa, eikä myöskään rakennustyön hintaa)

<b>Osa</b>	<b>Määrä</b>	<b>Á massa</b>	<b>Á hinta</b>	<b>Yht.massa</b>	<b>Yht.hinta</b>
C-tuki	3	176 kg	219,02 €	527 kg	657,06 €
Kourun osasto	2	117 kg	230,66 €	233 kg	461,32 €
Kourun osasto, katoton	1	78 kg	100,16 €	78 kg	100,16 €
Päätykolmio	1	44 kg	107,49 €	44 kg	107,49 €
Keruulaatikko1	1	242 kg	354,73 €	242 kg	354,73 €
Keruulaatikko2	1	236 kg	341,87 €	236 kg	341,87 €
Keruulaatikko3	1	231 kg	329,01 €	231 kg	329,01 €
EURO-työvälinekiinnikkeet	3		80,00 €		240,00 €
<b>YHTEENSÄ</b>	10			1 591 kg	2 592 €

Rakentavan konepajayrityksen arviot rakennustyöhön kuluista miestyötunneista

40 Miestyötuntia