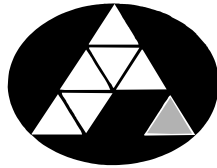


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Muotoilun koulutusohjelma

Henna Hirvonen-Astikainen
Harri Julku

MAANJÄRISTYKSEN KESTÄVÄN LIIMAPUURAKENTTEEN
LIITOSTEN SUUNNITTELU JA TESTAUS

Opinnäytetyö
Joulukuu 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2011

Muotoilun koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A, 80100 Joensuu
p. 050 315 6685 p. (013) 260 6412

Tekijät
Henna Hirvonen-Astikainen, Harri Julku

Nimeke
Maanjäristyksen kestävä liimapuukurakenteen liitosten suunnittelu ja testaus

Toimeksiantaja
Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli maanjäristyksen kestävä liimapuukurakenteen liitosten suunnittelu ja testaus Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoululle. Toimeksiannon tavoitteena oli jatkokehittää olemassa olevia liitoksia liimapuukurakenteeseen sopiviksi. Jatkokehitetty liitokset olivat jalkaliitos ja harjaliitos. Opinnäytetyö esittelee liitosten tuotekehityksen vaiheittain.

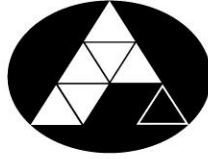
Työ alkoi tutustumisella arkkitehti Antero Turkin suunnittelemaan liimapuukurakenteeseen. Suunnitteluprosessia varten kerättiin tietoa maanjäristyksistä ja niiden vaikutuksista. Tiedonhakuun kuului tiedonkeruu alan kirjoista ja internetistä sekä suullisten lähteiden käyttö.

Työ eteni luonnostelun kautta protomallien valmistukseen ja niiden testaukseen. Protomallien rasituskokeet tehtiin koulun tiloissa sijaitsevassa testauslaboratoriossa. Rasituskokeista saadut tulokset osoittivat, että liitoksia voidaan käyttää maanjäristyksen kestävässä talossa.

Kieli
suomi

Sivuja 58

Asiasanat
teollinen muotoilu, liitokset, liimapuu, maanjäristys

 <p data-bbox="276 474 695 528">NORTH KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<p data-bbox="844 293 1257 414">THESIS December 2011 Degree Programme in Design</p> <p data-bbox="844 421 1350 584">Sirkkalantie 12 A FIN 80100 JOENSUU FINLAND Tel. 050 315 6685 Tel. (013) 260 6412</p>
<p data-bbox="225 613 325 645">Authors</p> <p data-bbox="225 651 751 683">Henna Hirvonen-Astikainen, Harri Julku</p>	
<p data-bbox="225 748 284 779">Title</p> <p data-bbox="225 786 1369 817">Designing and testing of earthquake-resistant joints for glued laminated timber structures</p> <p data-bbox="225 871 459 902">Commissioned by</p> <p data-bbox="225 909 810 940">North Karelia University of Applied Sciences</p>	
<p data-bbox="225 1010 1485 1211">The aim of this thesis was to design and test earthquake-resistant glulam structure joints for North Karelia University of Applied Sciences. The goal of our assignment was the further development of existing joints so that they would be suitable for glued laminated timber structures. Further developed joints were shoe joint and ridge joint. This thesis presents the development process of these joints.</p> <p data-bbox="225 1265 1485 1377">The process started by familiarizing ourselves with a glued laminated timber structure designed by architect Antero Turkki. For the design process, we gathered information about earthquakes and their effects. Information gathered from books, the Internet and by interviewing expert.</p> <p data-bbox="225 1431 1485 1543">The work proceeded from sketching to making prototypes and testing them. The stress tests were carried out in NKUAS's test laboratory. The results of the stress tests showed that the joints can be used in earthquake-resistant buildings.</p>	
<p data-bbox="225 1823 347 1854">Language</p> <p data-bbox="225 1861 320 1892">Finnish</p>	<p data-bbox="938 1823 1054 1854">Pages 58</p>
<p data-bbox="225 1935 357 1966">Keywords</p> <p data-bbox="225 1998 938 2029">industrial design, joints, glued laminated timber, earthquake</p>	

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	5
2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT	6
2.1 Viitekehys.....	6
2.2 Toiminta-asetelma	7
3 MAANJÄRISTYKSEN VAIKUTUS RAKENNUKSIIN	8
3.1 Maanjärityksen synty.....	8
3.2 Maanjärityksen vaikutukset rakennuksiin.....	11
3.3 Rakennusten keskeiset rakenteelliset ratkaisut	12
4 SUUNNITTELUPROSESSI.....	12
4.1 Jalkaliitoksen suunnitteluprosessi	12
4.1.1 Ideointi ja luonnoste lu	13
4.1.2 Protomallit	16
4.1.3 Testaus.....	20
4.2 Harjaliitoksen suunnitteluprosessi.....	30
4.2.1 Ideointi ja luonnoste lu	31
4.2.2 Protomallit	33
4.2.3 Testaus.....	41
5 VALMIIT LIITOKSET JA TESTITULOKSET	47
5.1 Jalkaliitoksen testauksen tulokset.....	47
5.2 Harjaliitoksen testauksen tulokset	47
5.3 Johtopäätökset.....	54
6 POHDINTA	55
6.1 Harrin pohdinta	55
6.2 Hennan pohdinta	56
7 LÄHTEET.....	58

1 JOHDANTO

Nykyisin saamme tuon tuosta lukea uutisista maanjäristyksistä ja niiden aiheuttamista tuhoista. Tosiasia on, että maanjäristykset itsessään eivät aiheuta ihmishenkien menetyksiä, vaan sortuvat rakennukset ovat suurin uhka.

Oppilaitoksessamme Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulussa oli meneillään projekti, jossa suunniteltiin maanjäristyksen kestävää liimapuurakennetta ja siihen liitoksia. Arkkitehti Antero Turkki oli suunnitellut talon tukirakenteen, joka myötäilee maanjäristyksen liikkeitä sortumatta. Tärkeintä maanjäristysalueiden rakennussuunnittelussa on kestävä rakenne, joka joustavuudellaan estää sortumisen.

Saimme mahdollisuuden osallistua tähän merkittävään projektiin, jossa oma työpanoksemme oli osa suurempaa kokonaisuutta. Suunnittelimme liimapuurakenteeseen aiemmin tehtyjen suunnitelmien pohjalta uudet liitokset. Työnjaossa saimme omat vastualueemme, jotka olivat jalka- ja harjaliitoksen suunnittelu, valmistus ja testaus.

Liimapuurakenne ja sen liitokset ovat suunniteltu pääasiassa vähävaraisille maanjäristysalueille, kuten Kiinaan ja Intiaan. Projektissa painotettiin mahdollisimman edullista valmistustapaa, jotta kustannukset saataisiin pidettyä mahdollisimman alhaisina ja näin ollen vähävaraisilla alueilla olisi oikeasti mahdollisuus käyttää suunniteltua rakennetta.

Osallistumalla projektiin meillä oli mahdollisuus vaikuttaa suunnittelullamme turvallisempaan asumiseen.

2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Viitekehys

Opinnäytetyön tavoitteena on jatkokehittää jo olemassa olevia liitosten suunnitelmia ja valmistaa uusista suunnitelmista protomallit. Protomallien tulee olla pellistä valmistettuja. Liitokset tulevat maanjäristysalueille, joissa ei ole mahdollisuuksia korkeaan elintason, kuten Intiaan ja Kiinaan. Liitosten täytyy olla helposti valmistettavissa ja yksinkertaisesti taivuteltavissa, koska on mahdollista, että liitokset joudutaan taivuttamaan lopulliseen muotoonsa vasta työmaalla. Liitokset kiinnitetään puurakenteisiin pulteihin ja ruuveihin.

Jotta voisimme suunnitella maanjäristyksen kestävät liitokset, on meidän ymmärrettävä maanjäristyksen syntymekanismi ja järjestyksen vaikutukset rakennuksiin. Käytämme suullisia ja kirjallisia lähteitä, joista hankimme tietoa järjestyksistä.

Ideointiprosessi alkaa hahmotelmien ja nopeiden piirrosten tekemisellä. Lisäksi teemme hahmomalleja kapalevystä. Esittelemme ideamme tilaajallemme ja alamme 3D-mallintamaan hyväksytyjä ideoita. Mallinnusten pohjalta valmistamme mittapiirroset, joiden avulla alamme valmistamaan peltisiä protomalleja pajalla (kuva 1).

Pajalla valmistettavat protomallit tehdään niin, että ne ovat mahdollisia valmistaa joko koneella tai käsin. Valmiit protomallit on tarkoitus testata laboratoriossa rasiustestillä. Laboratoriotestien valmisteluun kuuluu tukevan kiinnityksen valmistus, sekä hydraulilaitteiden asentaminen. Testit dokumentoidaan valo- ja videokuvaamalla. Myös liitosten mahdolliset kulumat ja vauriot kuvataan.



Kuva 1. Visuaalinen viitekehys.

2.2 Toiminta-asetelma

Prosessin alussa tutustumme jo tehtyihin suunnitelmiin ja niissä ilmenneisiin ongelmiin. Selvitämme työn rajoitukset ja mahdollisuudet. Tutustumme käytettäviin materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin.

Aloitamme työskentelyn jakamalla molemmille omat vastuualueet ja suunniteltavat liitokset. Ensin luonnostelemme päähämme tulleet ideat paperille ja käymme kokouksissa läpi ideamme. Kokouksissa päätämme parhaat ideat jatkokehitystä varten.

Näistä suunnitelmista valmistamme hahmomallit pahvista mittakaavaan 1:2. Mallinamme myös mittoja varten liitoksista 3D-mallit tietokoneella. Tämä auttaa meitä hahmottamaan mahdolliset ongelmat, joita voisi ilmetä prototyypin valmistuksessa.

Seuraava vaihe koostuu protomallien valmistamisesta ja testaamisesta. Teemme pajalla mittakaavaan 1:2 protomallit, jotka testaamme rasisuskokeella. Rasisuskokeessa simuloidaan maanjäristyksen aiheuttamaa rasisusta ja liikettä, joka kohdistuu rakennuksen tukikappaleisiin ja liitoksiin. Näin saamme selville, kestävätkö suunnittelemamme liitokset oikeassa maanjäristyksessä. Rasisuskokeesta saatujen tulosten avulla voimme tehdä tarvittavat muutokset protomalleihin, ennen kuin alamme työstämään lopullisia versioita. Viimeisenä vaiheena on lopullisten tuotteiden valmistus mittakaavassa 1:1.

Ohjaajanamme toimiva Antero Turkki on tehnyt alkuperäisen suunnitelman rakennuksesta, jonka hän lähetti jatkokehitettäväksi Ranskaan Ecole Supérieure du Bois -oppilaitoksen opiskelijoille. He suunnittelivat alustavat liitokset sekä valmistivat liimapuurakenteiden mallit. Suomessa opiskelijat Matteo Pennacchio ja Krista Kaasinen jatkoivat ranskalaisten tekemien suunnitelmien parissa. Jatkamme suunnittelua aluksi yhdessä Matteon ja Kristan kanssa. Myöhemmin jatkamme suunnittelutöitä kahdestaan.

3 MAANJÄRISTYKSEN VAIKUTUS RAKENNUKSIIN

3.1 Maanjäristyksen synty

Maanjäristykset johtuvat kallioperän jännitysten purkaantumisesta. Jännitykset kallioperässä johtuvat litosfäärilaattojen liikkeistä tai maankuoren kohoamisesta, esimerkiksi jääkauden jälkeen. Myös tulivuorten toiminta, ulkoavaruuden kappaleen törmäys, maanvyörymä tai ydinräjähdys voi aiheuttaa maanjäristyksiä. Litosfäärilaatat muodostuvat mantereisesta tai merellisestä kuoresta, tai molemmista. Litosfäärilaattaan kuuluu myös sen alapuolella oleva maapallon vaipan jäykkä yläosa. Maapallo on

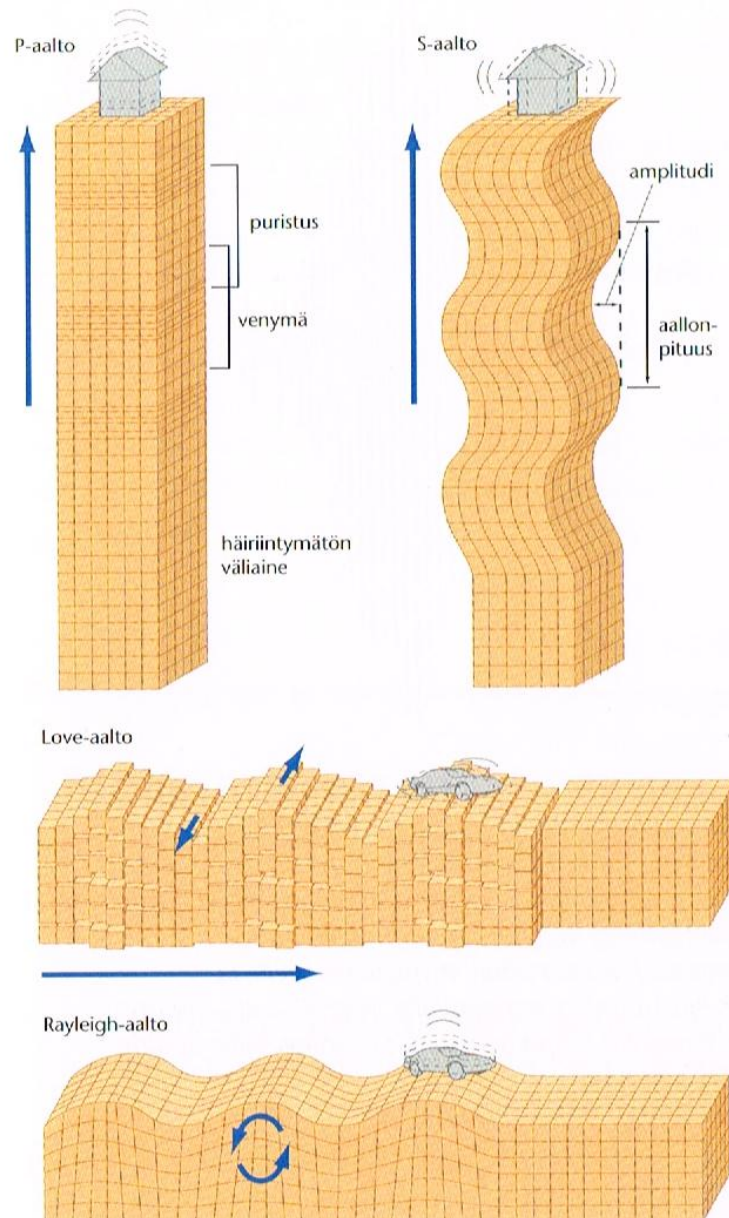
jakaantunut noin kymmeneen suureen laattaan sekä useisiin pienempiin laattoihin. Litosfäärilaatat liikkuvat maapallon kuuman ytimen lämpövirtausten vuoksi. Laatat voivat liikkua kolmella eri tavalla: loittonevasti, törmäten tai toistensa ohi liukuen. Laatat liikkuvat vuodessa noin 3-10 cm. (Ahvenisto, Borén, Hjelt, Karjalainen, Sirviö 2004, 34–35.)

Laattojen törmätessä tai liikkuessa limittäin niiden välille syntyy kitkaa. Kun kitka on riittävän suuri, laattojen liike estyy ja syntyy jännityksiä. Koska laatat pyrkivät koko ajan liikkumaan, kasvaa jännitys jossain vaiheessa kitkavoimaa suuremmaksi, jolloin se purkaantuu äkillisesti aiheuttaen kallioperän murtuman. Tätä murtumaa ja sitä seuraavaa tapahtumaketjua kutsutaan maanjäristykseksi. (Ahvenisto ym. 2004, 37.) Murtuman aiheuttama liike etenee aluksi laattojen välisellä rajapinnalla. Sen jälkeen liike siirtyy ympäröivään kallioperään ja lähtee etenemään seismisenä aaltona kaikkiin suuntiin. Maanjäristyksen alkupistettä maan sisällä kutsutaan hyposentrumiksi ja suoraan sen yläpuolella maanpinnalla olevaa pistettä kutsutaan episentrumiksi. Seismiset aallot voidaan jakaa P-, S-, Rayleigh-, ja Love-aaltoihin (kuva 2). P- eli pitkittäisaallot, ja S- eli poikittäisaallot ovat tila-aaltoja, Rayleigh- ja Love-aallot ovat pinta-aaltoja. (Ahvenisto ym. 2004, 39.)

Tila-aallot etenevät maankuoressa, mutta niistä S-aallot eivät kuitenkaan pysty etenemään maan nestemäisen ytimen läpi. P-aallot venyttävät ja puristavat kallioperää, S-aallot vääntävät kallioperää sivuttaissuunnassa. Tila-aallot havaitaan aina ensimmäisenä. Pinta-aallot aiheuttavat suurimman osan maanjäristysten tuhoista. Pinta-aallot syntyvät, kun osa seismisestä energiasta kulkee maan pinnalla. Pinta-aallot ovat hitaampia kuin tila-aallot. Litosfäärilaattojen liike jatkuu vielä maanjäristyksen jälkeen. Uusia jännityksiä syntyy ja purkaantuu ensimmäisen, eli pääjäristyksen alueella. Näitä järistyksiä kutsutaan jälkijäristyksiksi. Ne voivat olla voimakkuudeltaan pääjäristystä huomattavasti heikompia tai yhtä voimakkaita. (Ahvenisto ym. 2004, 38.)

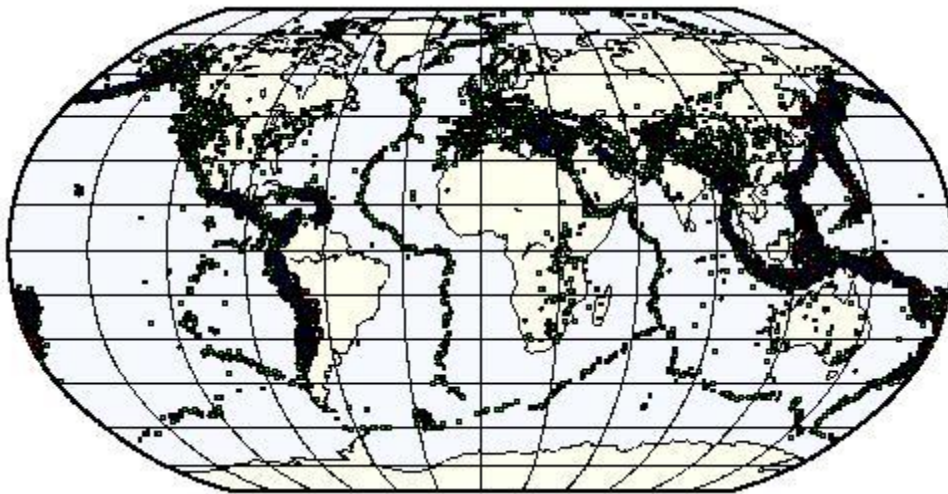
Maanjäristysten voimakkuus vaihtelee huomaamattomasta valtavaa tuhoa aiheuttavaan järistykseen. Maanjäristystä mitataan kahdella asteikolla: Mercallin ja Richterin asteikoilla. Mercallin asteikko kuvaa maanjäristyksen intensiteettiä. Se perustuu maanjäristyksen maa- ja kallioperään, rakenteisiin, ihmisiin ja eläimiin aiheuttamiin

vaikutuksiin. Mercallin asteikolla maanjäristykset jaetaan voimakkuuden perusteella kahteentoista eri luokkaan. Richterin asteikolla maanjäristyksen voimakkuuden mittana on magnitudi. Se ilmoittaa maanjäristyksessä vapautuvan energian määrän. Teoriassa asteikolla ei ole ylä- eikä alarajaa, mutta yleensä asteikko on 0-10. (Ahvenisto ym. 2004, 41.)



Kuva 2. Havainnekuva seismisistä aalloista (Ahvenisto ym. 2004.)

Maanjäristyksiä esiintyy eniten litosfäärilaattojen reunoilla. Erityisesti Tyynen valtameren reunoilla tapahtuu paljon maanjäristyksiä. Toinen maanjäristyksille altis vyöhyke ulottuu eteläisestä Euroopasta Himalajan vuoristoon. Maanjäristyksille alttiita maita ovat esimerkiksi Japani, Chile ja Indonesia. Myös Yhdysvalloissa länsirannikon osavaltiot, kuten Kalifornia ja Alaska ovat järistysvyöhykkeellä (kuva 3). Euroopassa Turkissa on ollut viime aikoina merkittävän suuria järistyksiä. (Robinson, 2002, 76.)



Kuva 3. Maanjäristysten esiintymisalueet (Geotieteiden ja maantieteen laitos 2011).

3.2 Maanjäristyksen vaikutukset rakennuksiin

Suurin kuormitus talon rakenteisiin muodostuu maanjäristyksen aiheuttamasta vaakasuuntaisesta liikkeestä. Talot on yleensä suunniteltu niin, että ne kestävät pystysuuntaisen rasituksen, mutta kestävät heikosti kovaa vaakasuuntaista liikettä ja sen aiheuttamaa räsitusta.

Rakennukset, joissa ei ole otettu huomioon maanjäristyksen aiheuttamia voimia, voivat aiheuttaa vakavia vaaratilanteita tai ihmishenkien menetyksiä. Tällaisissa taloissa on suuri sortumavaara. Talot, joiden rakenteet ovat liian jäykästi valmistettuja, murtuvat helpommin maanjäristyksen aiheuttamasta liikkeestä.

3.3 Rakennusten keskeiset rakenteelliset ratkaisut

Parhaiten kestävät pienet 1-2-kerroksiset talot sekä neliön tai ympyrän muotoiset rakennukset. Sortumille alttiimpia ovat pitkänomaiset, kapeat rakennusmuodot. Rakennusaineista ovat herkimpiä tiili ja elementit, vahvimpia taas puu, teräs ja paikalla valettu betoni. (Tekniikan akateemisten liitto 2003.)

Pilvenpiirtäjissä hyödynnetään kumianturoiden elastisuutta, sekä nestesylintereitä tukirakenteissa vaimentamaan liikettä. Myös rakennuksen katolle asennetaan heilureita, jotka vastaliikkeellä vaimentavat järjestyksen vaikutusta. (Tekniikka & Talous 2011.)

Liitossuunnitelmissa olemme hyödyntäneet näitä tietoja suunnitellessamme liitoksista joustavia.

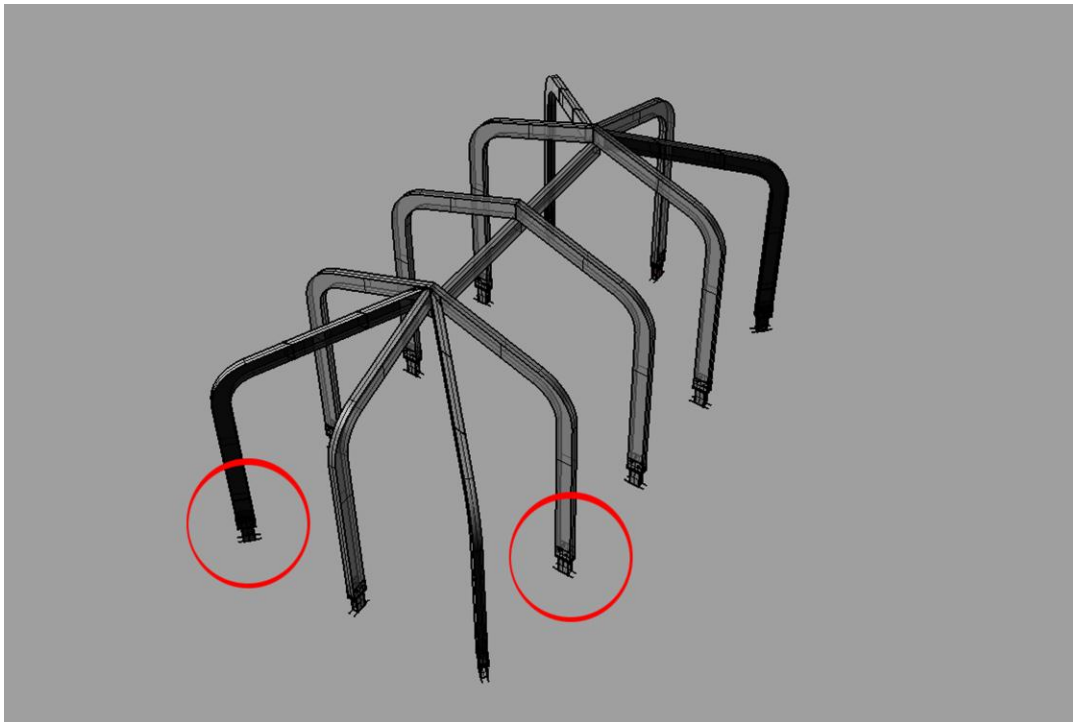
4 SUUNNITTELUPROSESSI

4.1 Jalkaliitoksen suunnitteluprosessi

Aloitimme projektin tammikuun loppupuolella 2011 yhteisellä kokouksella, jossa oli paikalla tilaaja Antero Turkki, ohjaava opettajamme Jukka Niskanen, sekä aikaisemmat suunnittelija Matteo Pennacchio ja Krista Kaasinen. Suunnitteluprosessin alussa kävimme läpi muiden tekemiä liitoksia, joita tulimme jatkamaan. Saimme Matteolta ja Kristalta 3D-mallit, joita he olivat tehneet ranskalaisopiskelijoiden tutkimuksen pohjalta. Aluksi emme olleet varmoja mikä olisi työnjako projektissa, mutta tämä selveni kahden seuraavan kokouksen myötä. Päätimme tammikuun viimeisessä

kokouksessa, että Harri jatkaa Kristan mallintamaa betonivaluun tulevien tukipilarien jalkaliitosta (kuva 4).

Suunnittelussa tuli ottaa huomioon, että liitokset eivät saaneet sisältää ollenkaan hitsausta vaativia kohtia. Syyksi tälle olivat valmistuskustannukset ja joissakin tapauksissa hitsausmahdollisuuden puuttuminen työmaakohteessa.



Kuva 4. Jalkaliitosten paikat rakennuksessa.

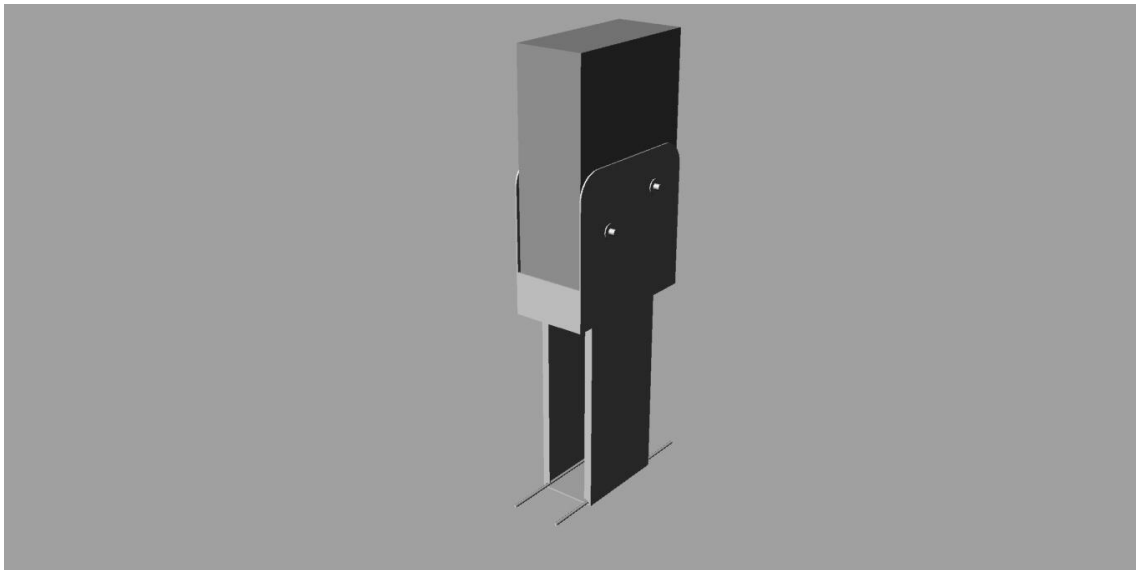
4.1.1 Ideointi ja luonnostelu

Ideointi lähti liikkeelle, kuten yleensäkin nopeilla lyijykynäpiirroksilla. Koska liitosta ei voinut valmistaa hitsaamalla, hidasti tämä huomattavasti projektin etenemistä. Oli haastavaa suunnitella melkein valmis tuote uudestaan, kun yksi tärkeimmistä valmistustavoista jäi pois. Suunnittelua vaikeutti tilaajan toive valmistaa liitos yhdestä kappaleesta taivuttamalla. Liitoksen täytyisi olla joustava, jotta se ei murtuisi rasituksessa.

Suunnittelu vaati paljon kolmiulotteista kappaleen hahmottamista. Jouduinkin useaan otteeseen ottamaan takapakkia piirroksissa huomattuani, että sen hetkinen liitos ei olisikaan mahdollista valmistaa ilman, että joutuisi käyttämään useampaa kappaletta tai hitsaamaan. Lyijykynäpiirrosten ohessa käytin apuna paperia, josta taivuttelin ja leikkelin sopivanmuotoisia kappaleita. Tämä menetelmä helpotti huomattavasti hahmottamaan, miten kappale antaisi periksi leikkauksissaan ja taivutellussa.

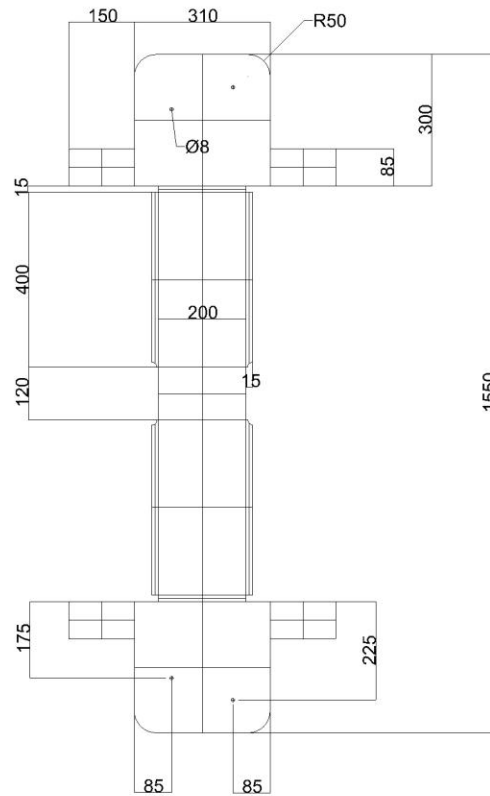
Kun olin saanut valmiiksi muutaman hyvän ehdotuksen, kävin näyttämässä ne tilaajalle. Näistä ehdotuksista tilaaja valitsi parhaimman vaihtoehdon, jota lähtisin jatkamaan.

Suurimmat muutokset liitokseen olivat tässä vaiheessa välipohjan poistaminen, koska sitä ei olisi ollut mahdollista valmistaa vain yhtä kappaletta käyttämällä. Päätin seuraavaksi tehdä valitusta liitossuunnitelmasta 3D-mallin. Tällöin kappaleiden hahmottaminen helpottuisi entisestään (kuva 5).



Kuva 5. Jalkaliitoksen 3D-malli.

Valmiista 3D-mallista tein mittapiirroksen joiden avulla aloitin valmistamaan liitoksesta pahvimallia mittasuhteella 1:2 (kuva 6). Pahvimallin valmistamisessa käytettiin 2 mm kapalevyä, joka oli lähimpänä todellista liitoksen paksuutta, joka on 1:2 suhteessa 1,5 mm. Jätin valmiin mallin liimaamatta, jos tilaaja haluaa tutkia ja levittää mallin auki.

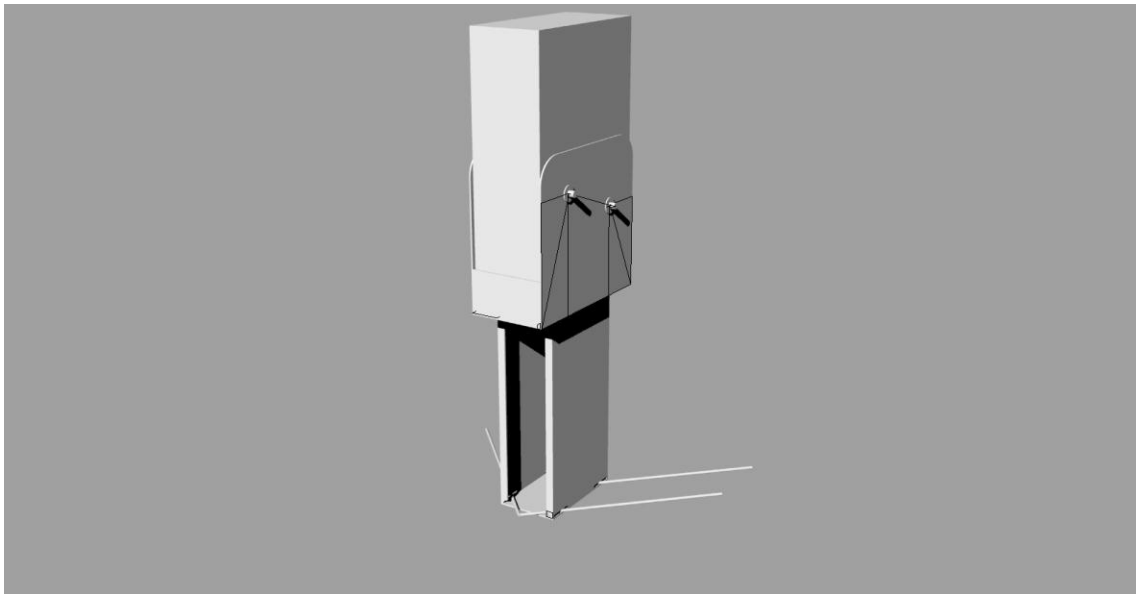


Kuva 6. Mittapiirroksset.

Kokouksessa kävimme tilaajan kanssa läpi mallia ja hän oli tuotokseen erittäin tyytyväinen. Samalla teimme muutoksen malliin halkaisemalla mallin kahtia juuresta. Lisäämällä liitoslevyt pohjaan, lopullinen liitos pystyttäisiin valmistamaan pienemmistä peltipaloista sekä kuljettamaan pienemmässä tilassa. Samalla huomasimme myös, että jo alkuperäisessä liitossuunnitelmassa oli tullut virhe ja betonivalun sisällä kulkevien harjaterästen kiinnitys liitokseen oli suunniteltu väärin. Tämä saatiin korjattua

yksinkertaisella menetelmällä, jossa liitoksen juureen porataan neljä reikää, joista harjateräkset pujotetaan läpi.

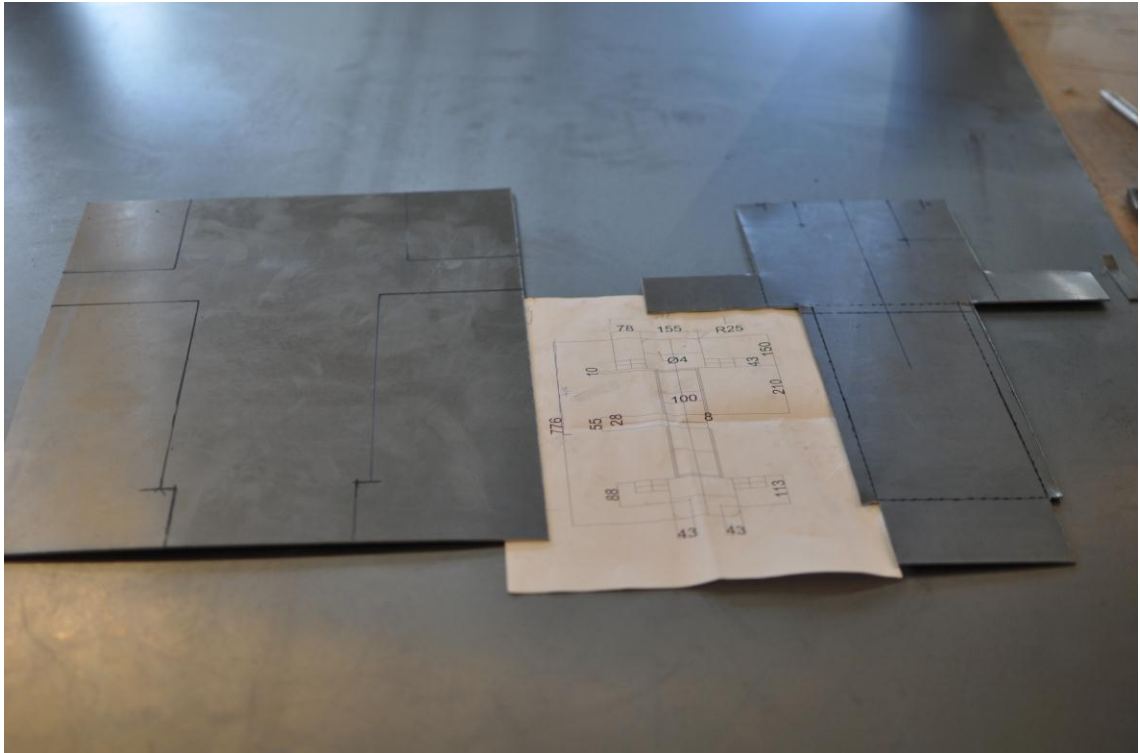
Seuraavaa kokousta varten sain tehtäväkseni suunnitella jalkaliitoksesta sopivan kappaleen talon kulmia varten. Aluksi aloin tekemään täysin uudenlaista kiinnitysmenetelmää betonivaluun, mutta jo alkumetreillä päädyin takaisin alkuperäiseen malliin. Syynä tähän oli se, että kulmaliitos voitaisiin valmistaa samalla menetelmällä kuin muutkin jalkaliitokset. Ainut muutos muihin liitoksiin verrattuna olivat leveämmät reiät harjateräksiä varten niin, että teräkset voivat asettua jalan sisälle myös 45 asteen tulokulmasta (kuva 7). Valmiit liitossuunnitelmat esiteltyäni näytti tilaaja vihdoinkin vihreää valoa protomallien valmistamista varten.



Kuva 7. Kulman jalkaliitos.

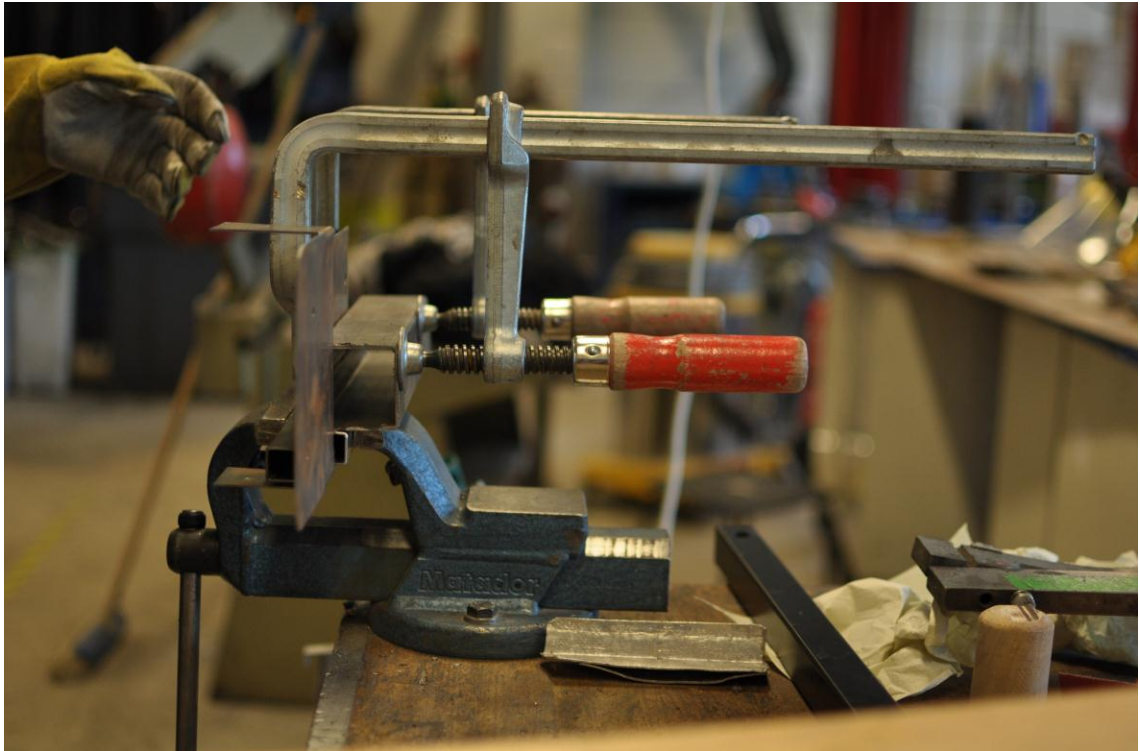
4.1.2 Protomallit

Malli valmistettiin mittasuhteella 1:2. Protomallin valmistamista varten käytin 1,5 mm:n paksua peltiä, johon piirsin aluksi mittaviivat 3D-mallin pohjalta. Tämän jälkeen leikkasin mallin muotoonsa käyttämällä peltileikkuria (kuva 8).



Kuva 8. Leikattu pelti.

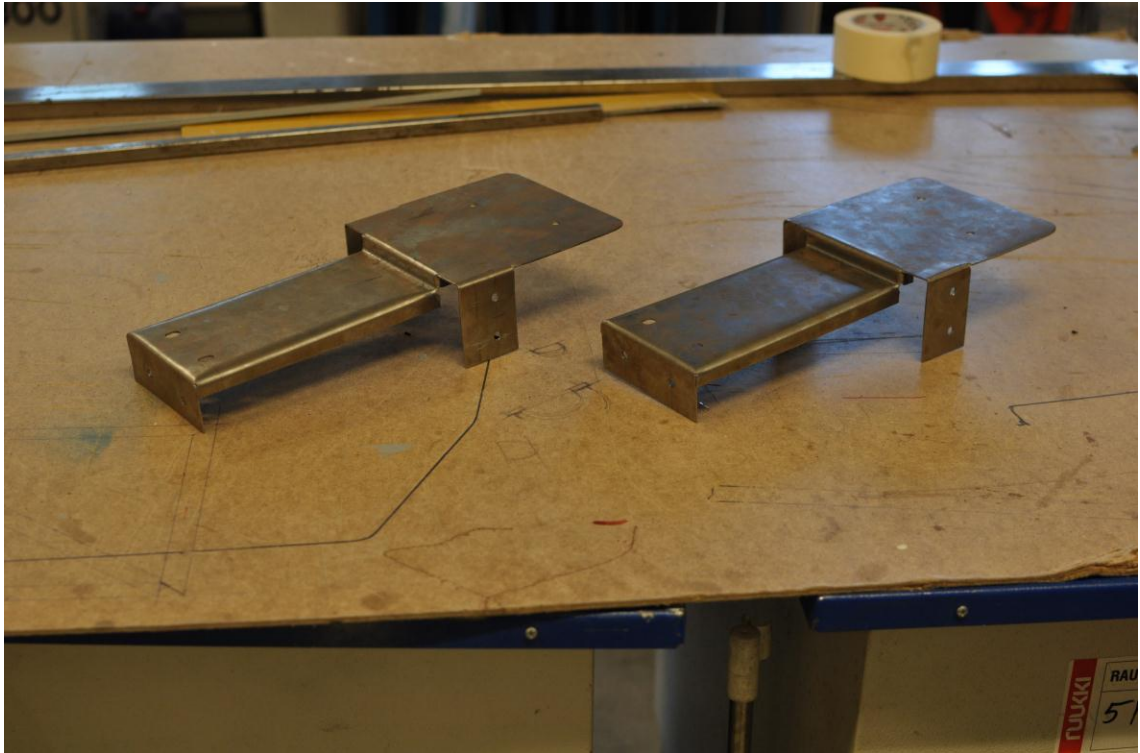
Seuraava työvaihe oli taivutus, joka osoittautui yllättävän hankalaksi toimenpiteeksi, tarpeellisten työkalujen puutteen vuoksi. Taivuttelussa piti huomioida, missä järjestyksessä mallin osat pitivät taivuttaa, koska väärä järjestys saattoi estää joidenkin taivutusten tekemistä. Työkalujen puutteiden vuoksi jouduin käyttämään itse rakennettua taivutinta liitoksen varren kanttausta tehdessä (kuva 9). Taivutin tehtiin metalliputkista, ruuvipenkistä ja puristimista. Muut taivutukset onnistuivat kanttikoneella.



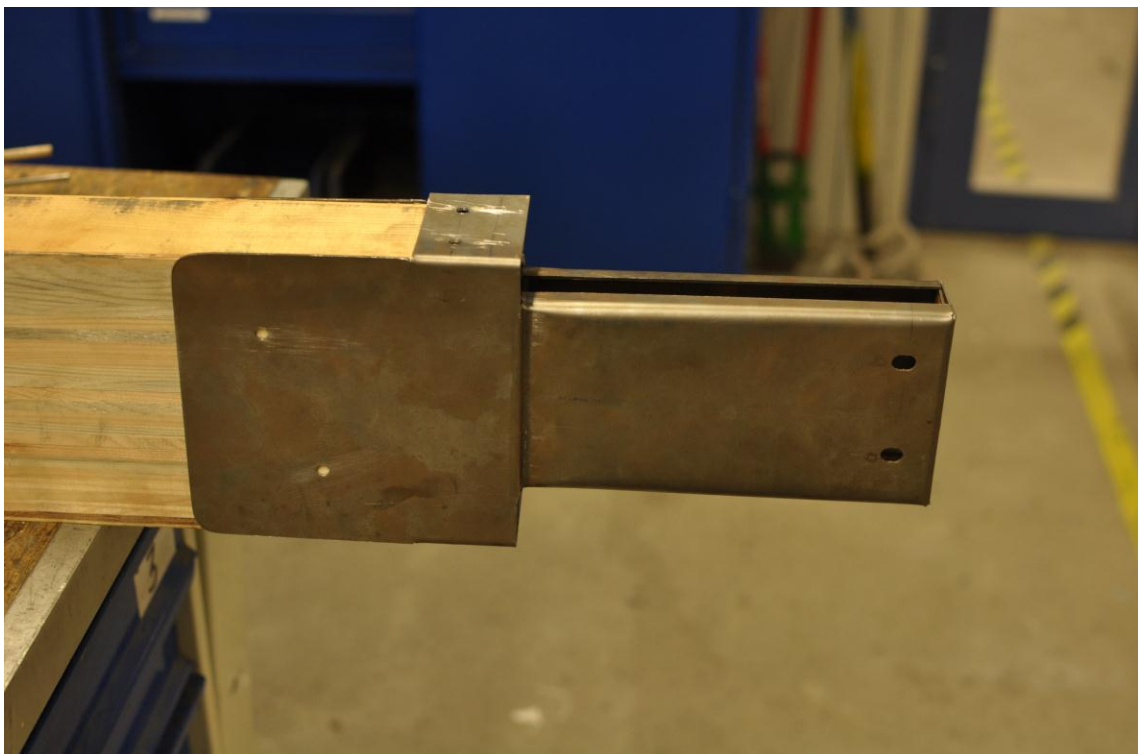
Kuva 9. Hankalien kulmien taivutus.

Taivutusten jälkeen porasin reiät kiinnitysruuveja varten (kuva 10). Tämän jälkeen sain liimapuupalkin laboratoriomestarilta ja huomasin, että liimapuupalkin ja liitosmallin mitat eivät täsmänneet ja liitoksesta oli tullut liian iso. Ratkaisuksi tähän ongelmaan ajattelin laittaa kumilevyt liitoksen ja liimapuun väliin. Keskustelin asiasta tilaajan ja ohjaavan opettajan kanssa. Päädyimme siihen, että valmistaisin uuden liitoksen liimapuun mittojen mukaan, koska testitulokset kumilevyjen kanssa eivät olisi tarpeeksi luotettavia.

Otin uudet mitat suoraan liimapuupalkista varmistaakseni, että uusi malli on varmasti sopivan kokoinen. Uuden mallin valmistus oli huomattavasti helpompaa ja nopeampaa jo kertaalleen tehdyn työn ansiosta. Uusi malli sopi palkkiin täydellisesti, joten liitoksesta saatiin riittävän tiukka eikä väljää tilaa jäänyt ja oli näin myös tarpeeksi tukeva testiä varten (kuva 11).



Kuva 10. Valmiit liitokset.



Kuva 11. Valmiit liitokset kiinni liimapuussa.

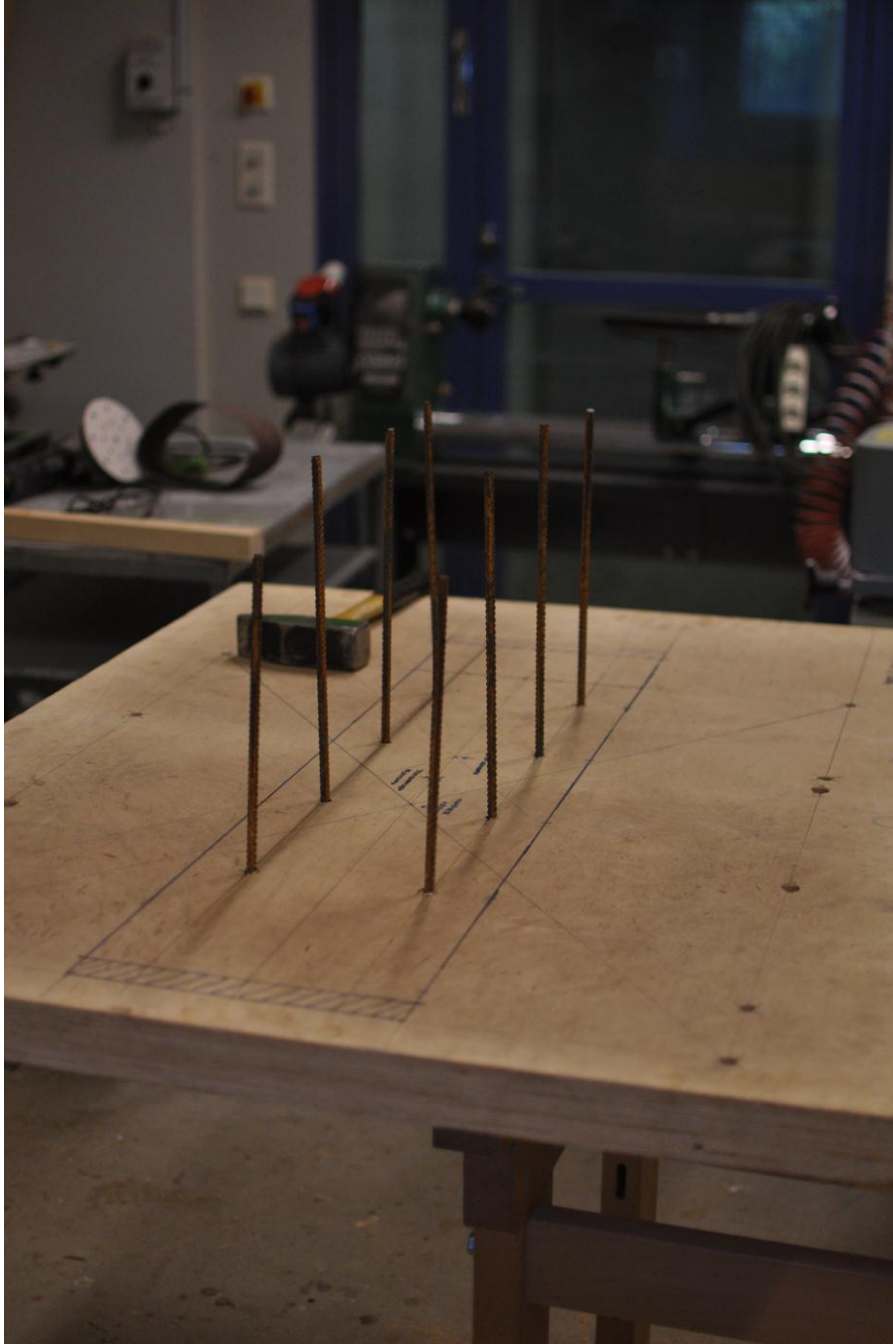
4.1.3 Testaus

Rasitustestin päätimme suorittaa hydraulisylinteriä ja –pumppua käyttämällä, koska tällä tavalla saisimme aikaan tarpeeksi työntöä, joka vastaisi lähimmäksi maanjäristyksen aiheuttamaa liikettä ja energiaa. Mittauksissa saimme työnnön voimaksi 1600 kg ja vedon voimaksi 1200 kg.

Aluksi tutustuimme työparini ja laboratoriomestarin kanssa laboratorioon. Saimme ohjeistusta laitteiden toimivuudesta, sekä kävimme läpi sitä miten tulisimme suorittamaan testin. Onneksemme laboratorio oli uusi ja laitteet olivat erittäin hyvässä kunnossa. Suunnittelimme samalla laboratoriomestarin kanssa, kuinka tulisimme asentamaan hydraulisylinterin ja mallin mahdollisimman tukevasti kiinni testipenkkiin. Tämän jälkeen aloitimme testin valmistelut.

Aluksi hankimme 50 mm paksun vanerilevyn, johon kiinnitämme testikappaleet, jonka jälkeen vanerin voi kiinnittää tukevasti pulteilla itse testipenkkiin. Ensimmäisenä vaiheena mittasimme testipenkissä olevat kiinnityspulttien reiät, joiden mukaan porasimme reiät vaneriin.

Betonivalua varten laitettavat harjateräkset päätimme asentaa läpivientinä vaneriin niin, että teräkset kiertävät vanerin läpi alapuolelta. Tätä varten porasimme reiät ja ajoimme jyrsimellä urat reikien välille levyn pohjapuolelle, etteivät harjateräkset olisi jääneet koholle (kuva 12).



Kuva 12. Harjateräksien kiinnitys.

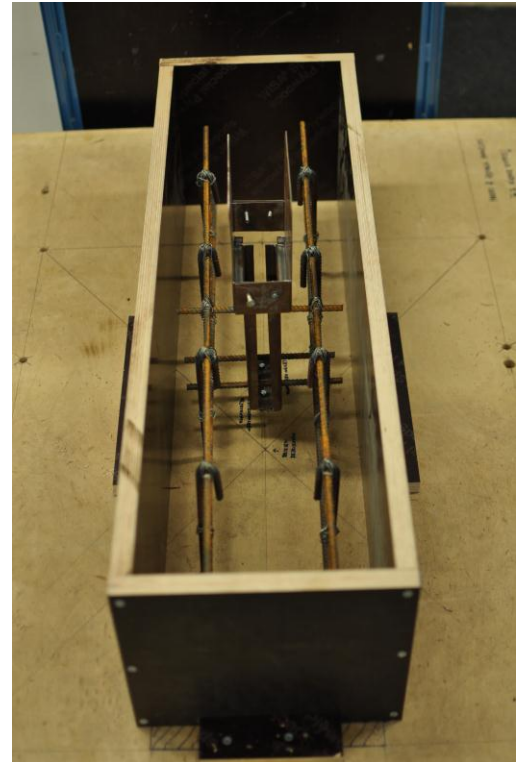
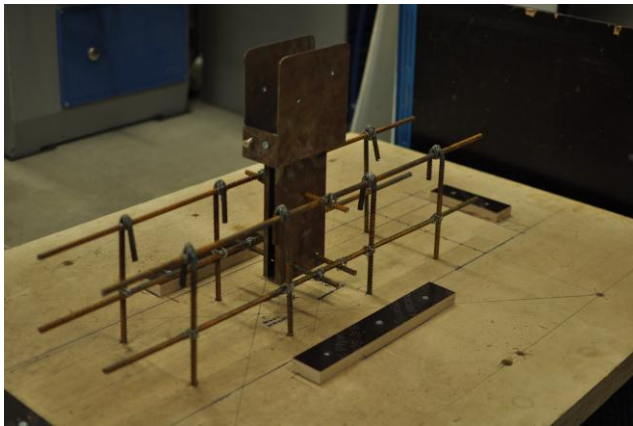
Kun harjateräkset oli saatu asennettua paikalleen, taivutimme niiden kärjet jotta saimme vaakatasoon tulevat harjateräkset kiinni tukevasti (kuva 13). Lisäsimme myös puoliväliin harjaterästikut varmistamaan tukevan kiinnityksen. Kiinnittämiseen käytimme rautalankaa, jolla punoimme harjateräkset yhteen (kuva 14).



Kuvat 13 ja 14. Harjaterästen taivutus ja liittäminen.

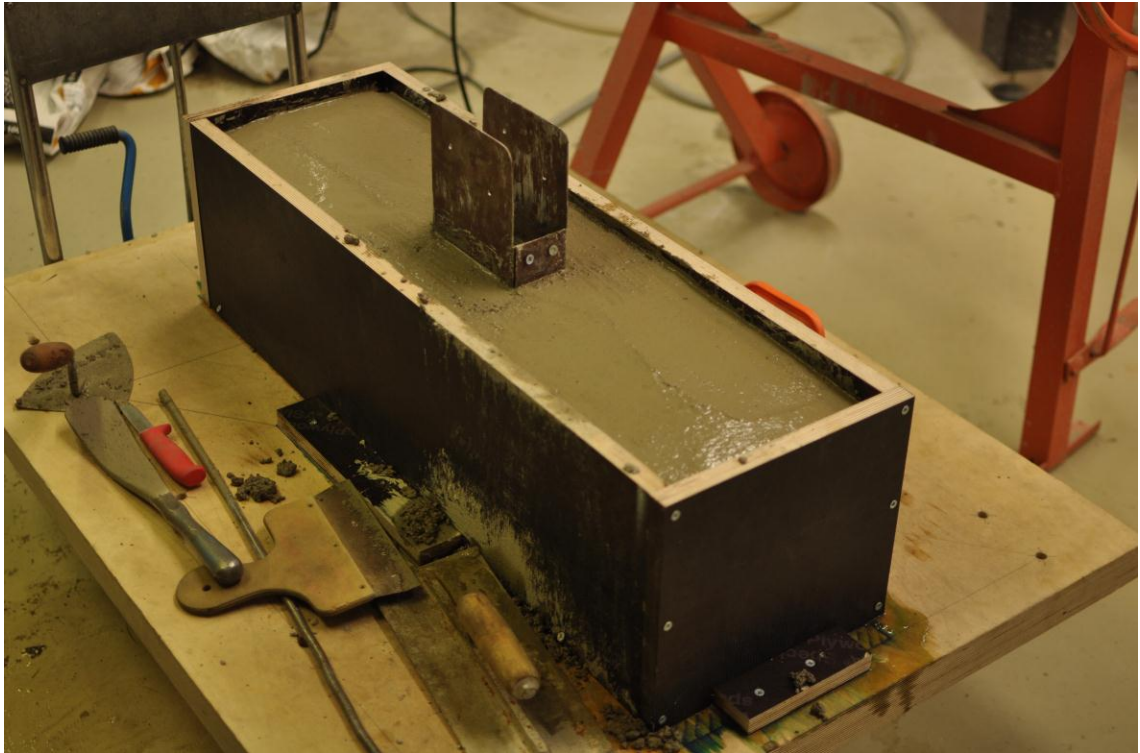
Itse betonivalua varten valmistimme muotin vanerista, jonka kiinnitimme ruuveilla alustaan. Lisäsimme vasteet muotin ulkopuolelle, ettei muotti pullistuisi betonin massasta valuvaiheessa.

Seuraavaksi kiinnitimme itse protomallin kiinni raudoitukseen. Kiinnittämiseen käytimme lyhyitä harjateräksen pätkiä ja rautalankaa. Varmistimme vielä, että malli oli varmasti suorassa käyttämällä apuna vatupassia (kuvat 15 ja 16).



Kuvat 15 ja 16. Mallin kiinnittäminen teräskehikkoon.

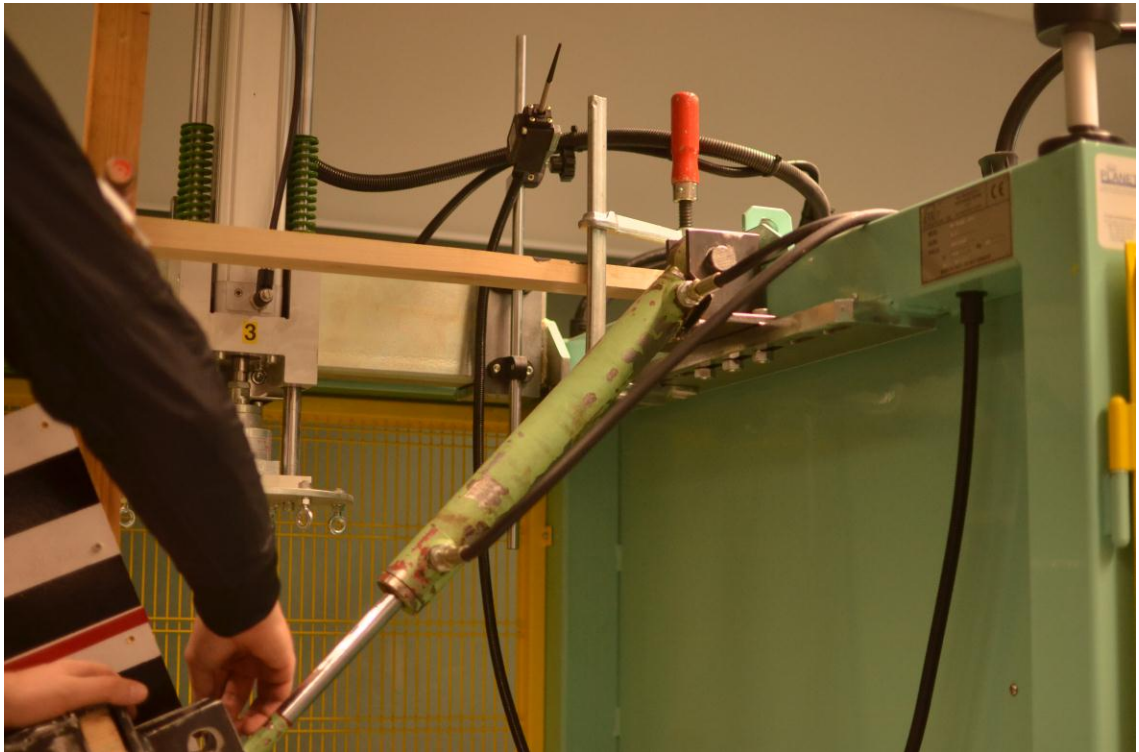
Betonivalua varten jouduimme siirtämään mallin Pohjois-Karjalan amk:n Wärtsilä-keskukseen, koska sieltä löysimme lähimmän betonimyllyn. Varasimme aluksi mukaan kolme säkkiä kuivabetonia, koska olimme laskeneet tämän riittävän. Harmiksi huomasimme valun puolivälissä, että varaamamme betoni ei riittänyt kuin puoliväliin asti muottia, joten jouduimme pikaisesti lähteä hakemaan sitä lisää. Saimme kolme säkkiä lisää kuivabetonia alle tunnissa, joten pääsimme pikaisesti jatkamaan valua. Loppulta saimme valun tehtyä ja betonia meni vajaa kuusi säkistä. Ylimääräistä jäi noin kymmenen litraa (kuva 17).



Kuva 17. Betonivalu.

Annoimme betonin kuivua rauhassa noin kaksi viikkoa, varmistaaksemme tarvittavan lujuuden. Tämän jälkeen siirsimme mallin takaisin Sirkkala-kampukseen. Siirto oli hidasta, koska jouduimme tekemään tämän pääosin käsin nostamalla. Vasta Sirkkalan päädyssä saimme pumppukärrit avuksi.

Varasimme hydraulipumpun Wärtsilä-keskuksesta, mistä kävimme sen myöhemmin hakemassa. Toimitimme pumpun laboratoriamestarille, jotta hän pääsi aloittamaan itse laitteiden asentamista. Hydraulisylinteri (kuva 18) asennettiin testipenkin yläreunaan hitsatulla metallikiinnikkeellä, koska näin saimme mahdollisimman paljon vipuvartta tuottamaan voimaa rasitusta varten.



Kuva 18. Hydraulisyylinteri.

Seuraavaksi siirsimme mallin laboratorioon ja aloitimme kiinnittämään sitä testipenkkiin. Työtä hankaloitti mallin paino ja se, että jouduimme etsimään kiinnityspulttien reiät käytännössä sokkona, koska emme voineet raskaan painon takia katsoa mallin ja testipenkin pohjan väliin. Vihdoin reikien löydyttyä kiinnitimme mallin pohjalevyn kiinni penkkiin käyttämällä neljää pulttia.

Kiinnityksen jälkeen jatkoimme töitä liimapuupalkin kanssa. Merkitsimme mallia hyväksi käyttämällä palkkiin kiinnityspulttien paikat. Tämän jälkeen porasimme palkkiin tarvittavat reiät ja kiinnitimme bulldog-levyt reikien ympärille käyttämällä apuna hydrauliprässiä (kuva 19). Lisäksi palkin yläpään laboratorioimestari rakensi kiinnikkeen, johon saimme kiinnitettyä sylinterin.



Kuva 19. Bulldog-levyjen kiinnitys.

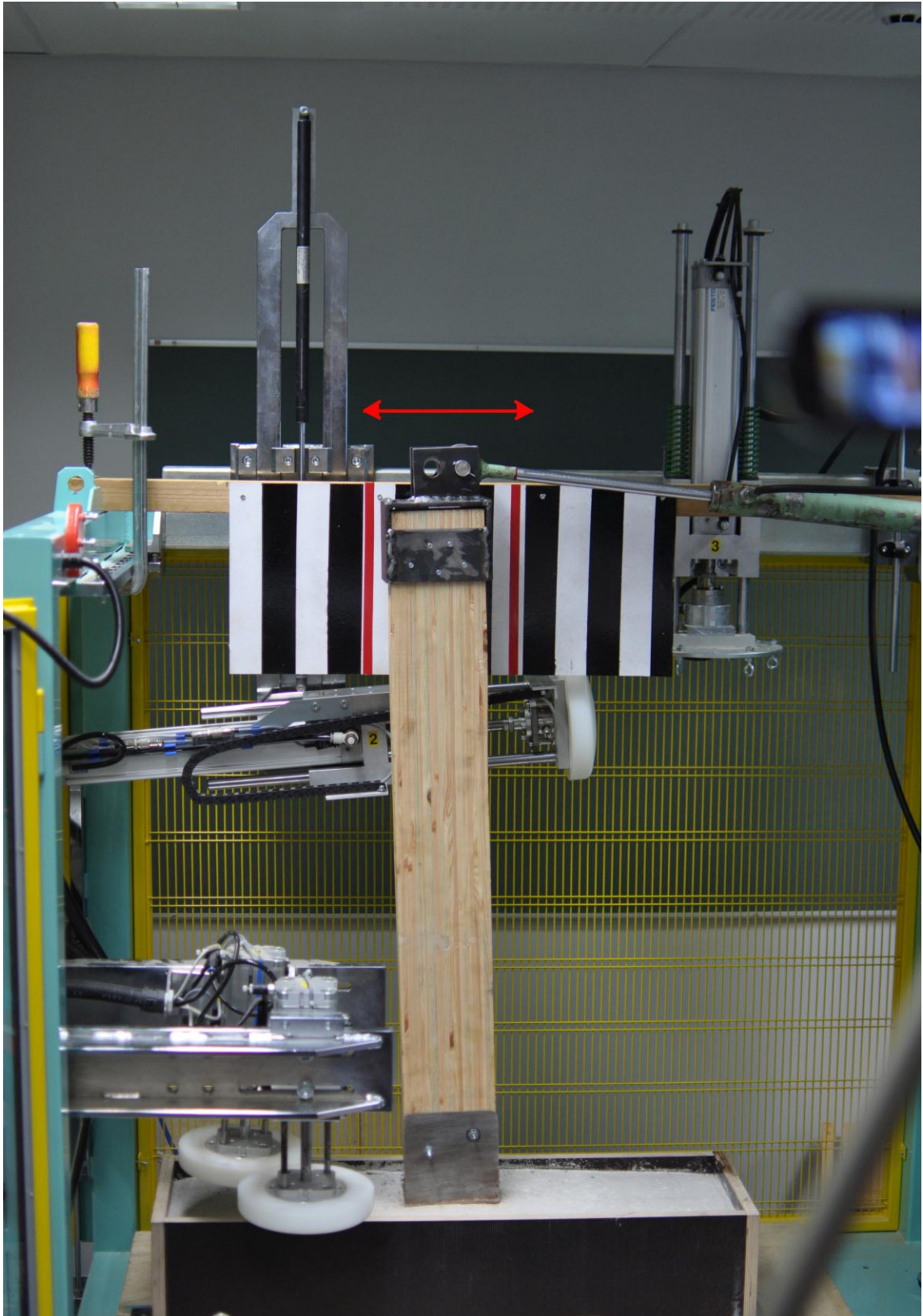
Kun olimme saaneet kaikki tarvittavat reiät ja kiinnikkeet valmiiksi, siirryimme takaisin laboratorioon ja kiinnitimme liimapuupalkin kiinni jalkaliitokseen. Käytimme kiinnittämiseen kaksi kierretangosta valmistettua ruuvia, sekä neljää kansiruuvia.

Sylinterin kiinnityksen jälkeen teimme vielä testiä varten mittataulun, joka kiinnitettiin mallin taakse dokumentointia varten. Taulukossa viivat mitattiin viiden senttimetrin välein. Punaiset viivat merkkasivat liikkeen maksimirajan (kuva 20).



Kuva 20. Liitos valmiina testaukseen.

Kaiken valmistuttua pääsimme viimein testaamaan mallia. Testissä toistuva liike oli noin viisi senttimetriä puolelleen ja tämä liike toistettiin yhden sekunnin välein. Toistoja suoritettiin pari minuuttia (kuva 21). Testin päätyttyä huomasimme, että testi oli onnistunut, eikä päällelpin näkyviä vaurioita syntynyt. Testissä tuli ilmi, että aluksi arvioituja muutoksia metallilevyn rei'issä sekä puussa ei tapahtunut. Jälkeenpäin videolta katsottuna huomasimme, että malli jousti juuresta ja näin ollen murtumia tai muitakaan vaurioita ei päässyt syntymään. Tilaja halusi kumminkin, että purkaisimme mallin ja tutkisimme mahdollisesti mallin sisälle syntyneet muutokset.



Kuva 21. Nuolet kuvaavat liikkeen suuntaa testipenkissä.

Purimme mallin pois testipenkistä ja kuljetimme sen takaisin pajalle purkamista varten. Purettuamme liimapuun pois aloimme irrottaa jalkaliitosta pois betonivalusta. Tätä varten jouduimme piikkaamaan betonia pois mallin ympäriltä (kuva 22). Kun olimme saaneet tarpeeksi betonia pois, leikkasimme liitoksen irti noin puolivälistä käyttämällä kulmahiomakonetta. Irrottamisen jälkeen tutkimme liitoksen ja huomasimme, ettei muutoksia ollut tapahtunut myöskään sisäpuolella, joten testaus oli onnistunut täydellisesti (kuvat 23 ja 24).



Kuva 22. Liitoksen irrotus betonista.



Kuvat 23 ja 24. Liitokset tutkittavana.

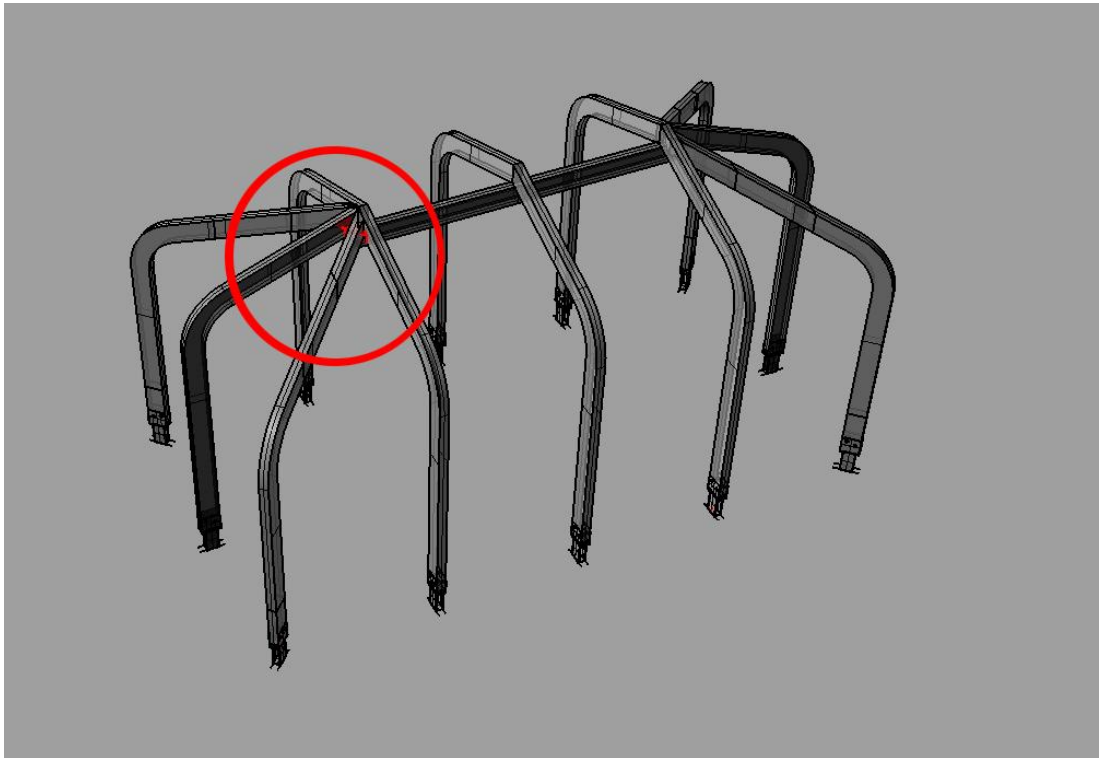
Seuraavaksi aloimme purkaa betonivalua pois vanerilevystä, koska tarvitsimme itse levyn tulevaa harjaliitoksen testausta varten. Irrotimme valun leikkaamalla kulmahiomakoneella vanerin kääntöpuolella olevat harjateräkset poikki. Tämän jälkeen saimme hakattua lekalla valun irti vanerista (kuva 25).



Kuva 25. Betonivalun irrotus.

4.2 Harjaliitoksen suunnitteluprosessi

Harjaliitoksen suunnitteluprosessi käynnistyi tammikuun lopussa, talvella 2011. Aloitimme kokouksella, jossa läsnä olivat tilaajamme Antero Turkki sekä ohjaava opettajamme Jukka Niskanen. Lisäksi kokouksessa olivat mukana kanssaopiskelijat Matteo Pennacchio ja Krista Kaasinen. Kävimme läpi Matteon ja Kristan suunnitelmia. Jatkaisimme heidän suunnitelmien perusteella liitosten suunnittelua. Saimme heidän tekemät 3D-mallinnuskuvat liitoksista. Seuraavissa kokouksissa meille selkiytyi työnjako ja liitokset, joita jatkokehittäisimme. Henna aloittaisi harjaliitoksen suunnittelemisen (kuva 26).



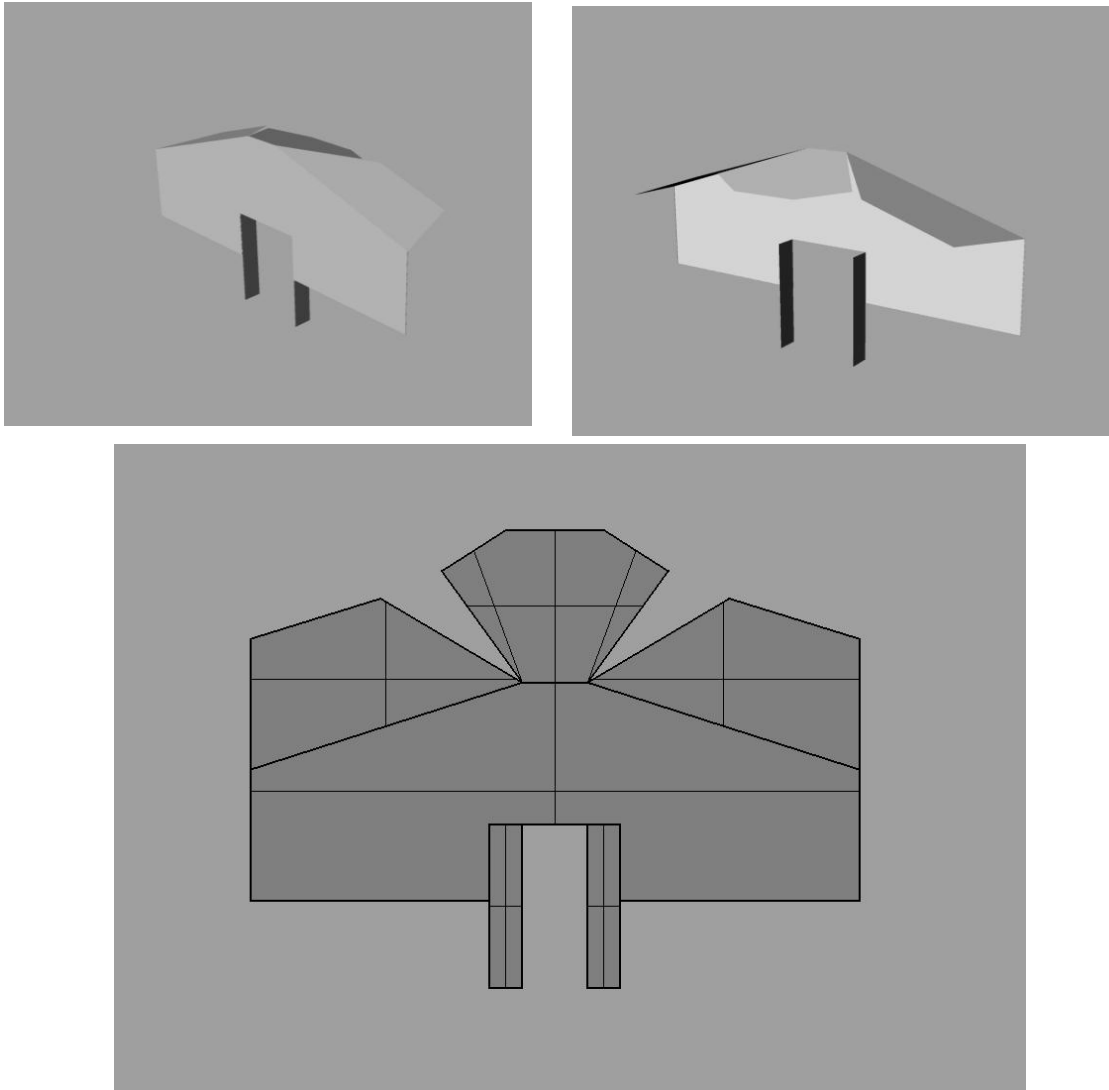
Kuva 26. Harjaliitoksen paikka rakennuksessa.

Tärkein huomio liitoksen suunnittelussa oli se, että liitoksissa ei saisi käyttää ollenkaan hitsausta. Syynä ovat valmistuskustannukset ja se, että kohdemaissa ei välttämättä olisi tarvittavia laitteita työmaalla. Myös se, että liitos tulisi yhdestä kappaleesta, oli tärkeää.

4.2.1 Ideointi ja luonnostelu

Ideointi alkoi tutustumisella saamaamme aineistoon, jonka ranskalaiset opiskelijat olivat laatineet. Saimme kattavat 3D-kuvat talon rakenteesta Kristalta ja Matteolta, joten sen avulla pystyin hahmottamaan, mihin kohtaan liitos tulee. Ihan ensiksi tein nopeita luonnoksia paperille. Aluksi minulla oli hieman vaikeuksia hahmottaa kappaleen kokoa ja taivutuksia, mutta kun tein paperista nopeita hahmomalleja ilman mittakaavaa, selkiytyivät ajatukseni. Oli paljon helpompi hahmottaa kappaleen muoto ja taivutukset, kun käsissäni oli jotakin konkreettista.

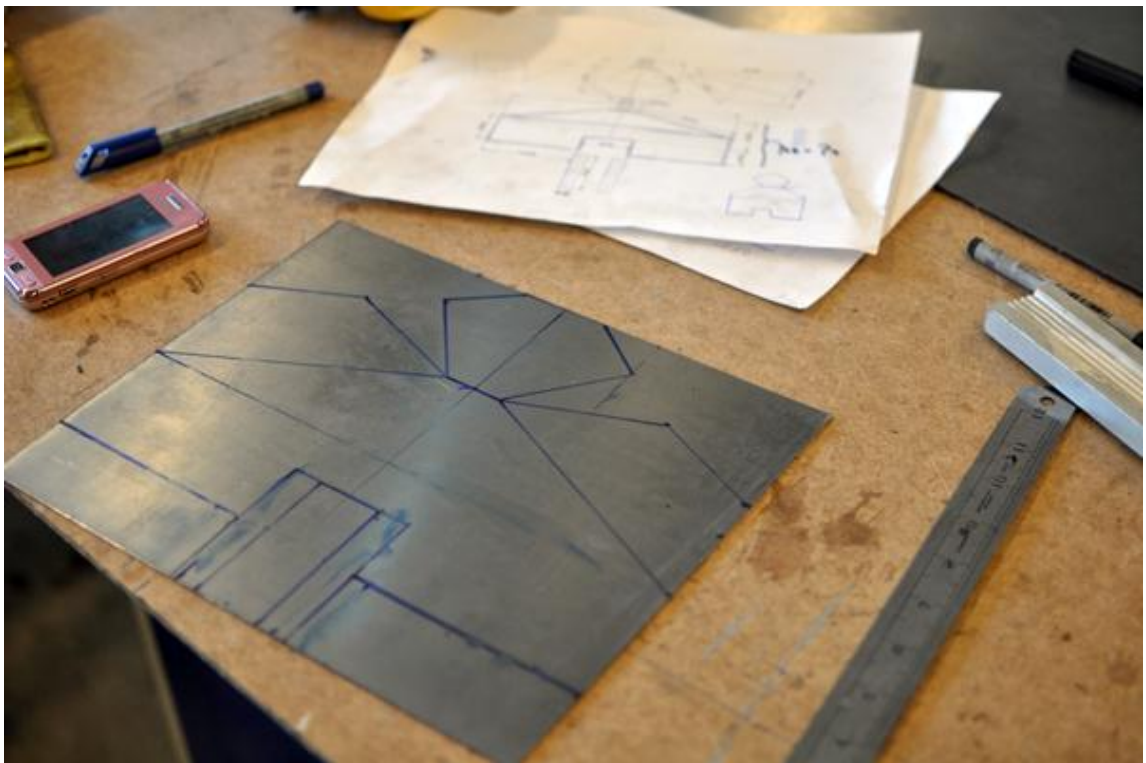
Seuraavassa kokouksessa kävimme tilaajan ja ohjaavan opettajamme kanssa läpi ideoitani ja luonnoksiani. Sain ideoistani palautetta ja valitsimme parhaan jatkokehittelyyn. Tein Rhinoceros-ohjelmalla mittapiirroksen ja 3D-mallin liitoksestani (kuvat 27-29). Mittapiirroksen pohjalta tein 1:2 hahmomallin kapalevystä. Hahmomallin avulla pystyin nimensä mukaisesti hahmottamaan liitokseni taivutukset ja mittasuhteet luonnossa.



Kuvat 27- 29. Mallinnuksia liitoksesta.

4.2.2 Protomallit

Hahmomallin pohjalta aloin tekemään protomallia liitoksesta. Protomalli tulisi myös olemaan mittakaavassa 1:2. Piirsin kappaleen ääriviivat 1,5 mm:n paksuiseen peltiin ja aloitin pellin leikkaamisen (kuvat 30 ja 31). Pellin leikkaaminen oli helppo ja nopea työvaihe. Paljon hankalammaksi osoittautui liitosten taivutusten tekeminen. Koska koulullamme oli rajallisesti sopivia työvälineitä käytettävänä, täytyi minun tehdä taivutukset melkein kokonaan käsin. Apuna käytin ruuvipenkkiä, pajavasaraa ja puristimia.



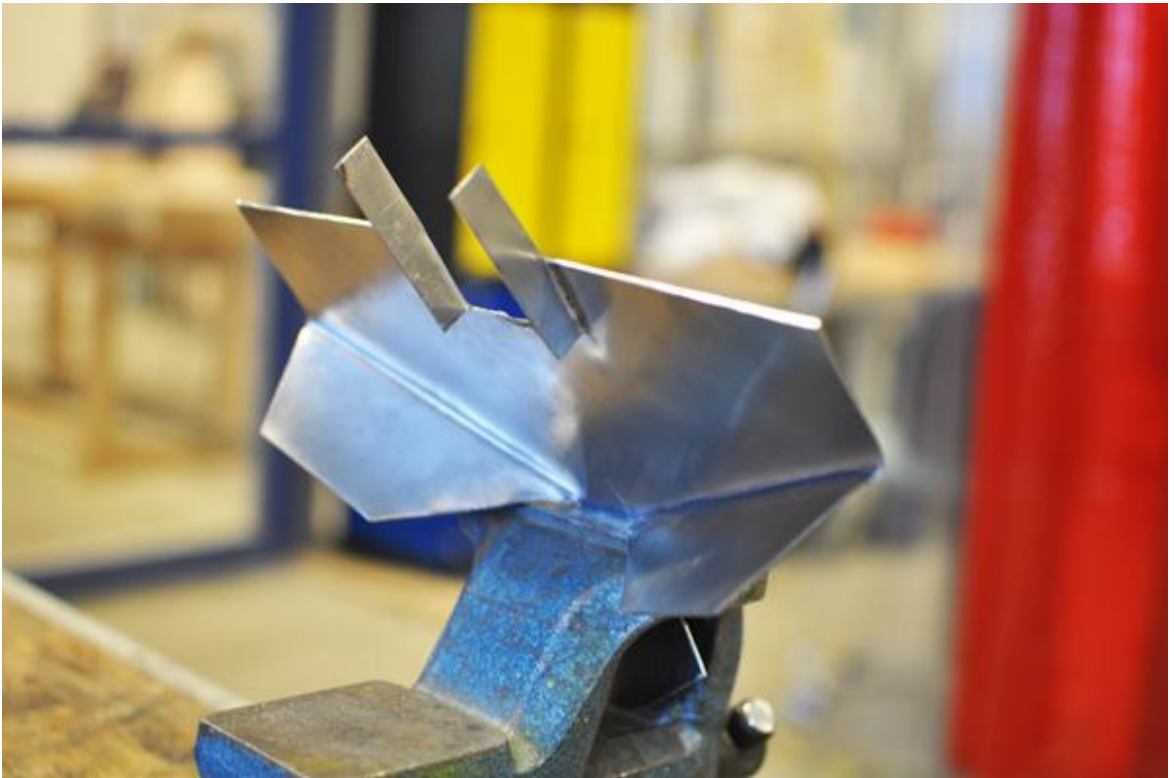
Kuva 30. Liitos piirrettynä peltilevyllä.



Kuva 31. Peltiä leikkaamassa.



Kuva 32. Liitos muotoon leikattuna.



Kuva 33. Liitoksen taivutukset tehtiin ruuvipenkissä.

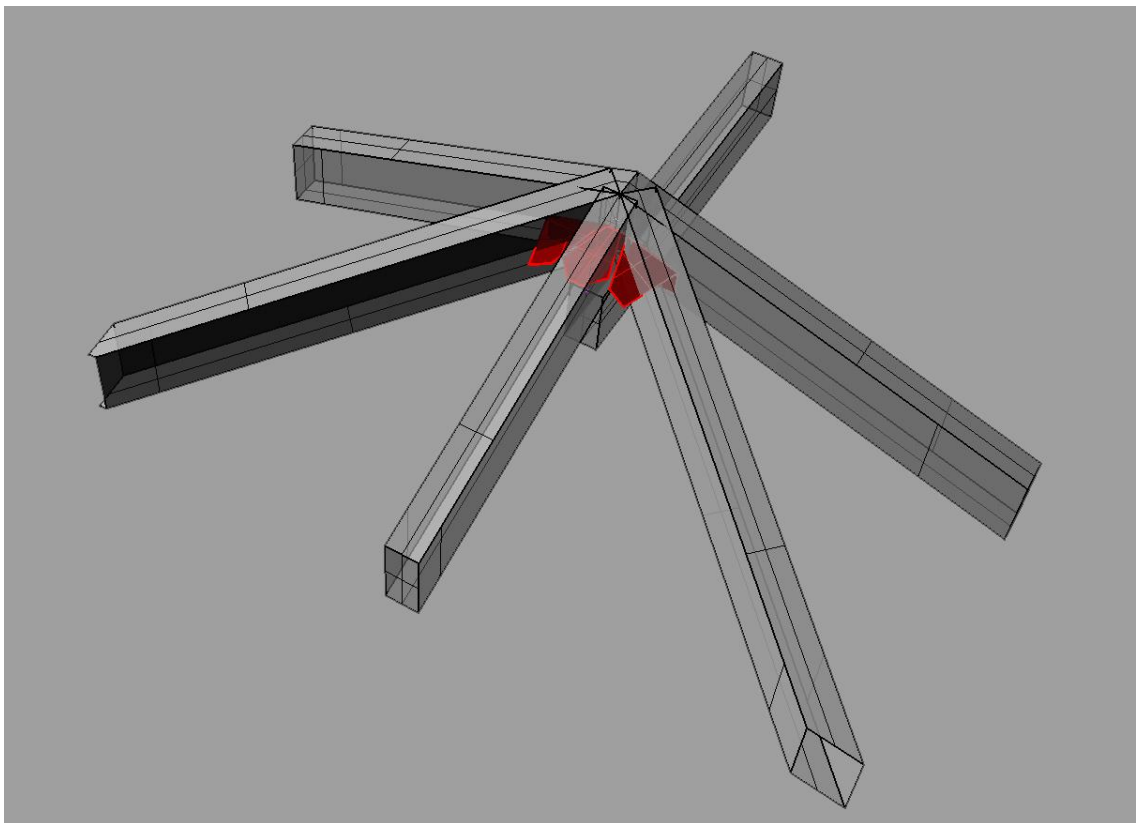


Kuva 34. Liitos ruuvipenkissä.

Taivutusten tekeminen onnistui paremmin, kuin aluksi oletin. Vain alaosan tukiläppien taivutuksessa oli hieman ongelmia, koska minun täytyi ensin porata reikiä läppien välissä olevaan peltiin, että pystyin leikkaamaan tukiläpät ja taivuttamaan ne.

Seuraavassa kokouksessa esittelin tekemäni protomallin. Protomalli oli muuten oikein hyvä, mutta huomasimme, että läpät joihin talon liimapuiset tukipalkit kiinnitettäisiin, olivat hieman turhan lyhyet. Totesimme, että parasta olisi, jos tekisin uuden ja parannellun version protomallistani.

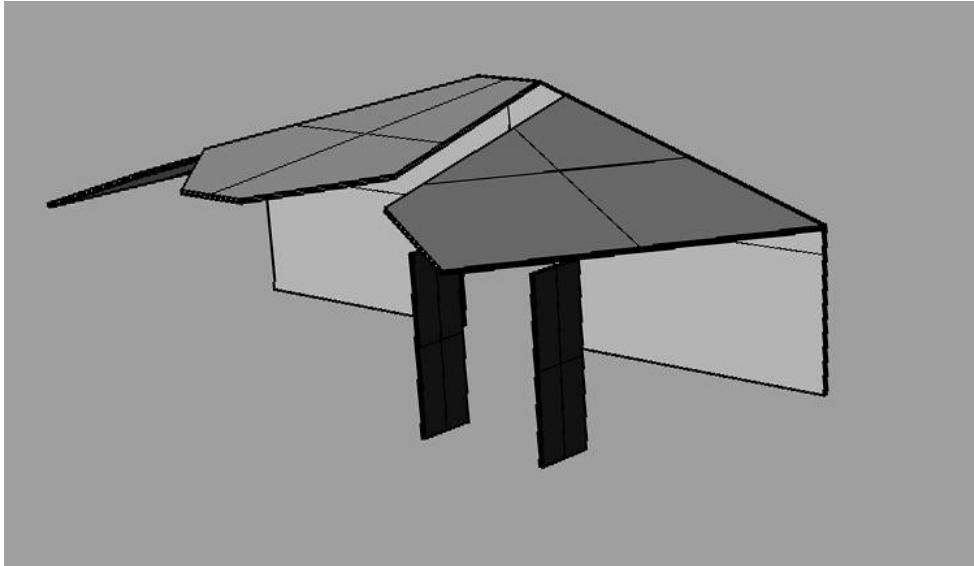
Päätin tehdä läpistä puolet pidemmät, jotta ne kestäisivät paremmin. Läpät tulisivat liimapuupalkkien sisään siten, että liimapuupalkkiin sahattaisiin urat, joihin läpät voitaisiin työntää niiden sisälle (kuva 35).



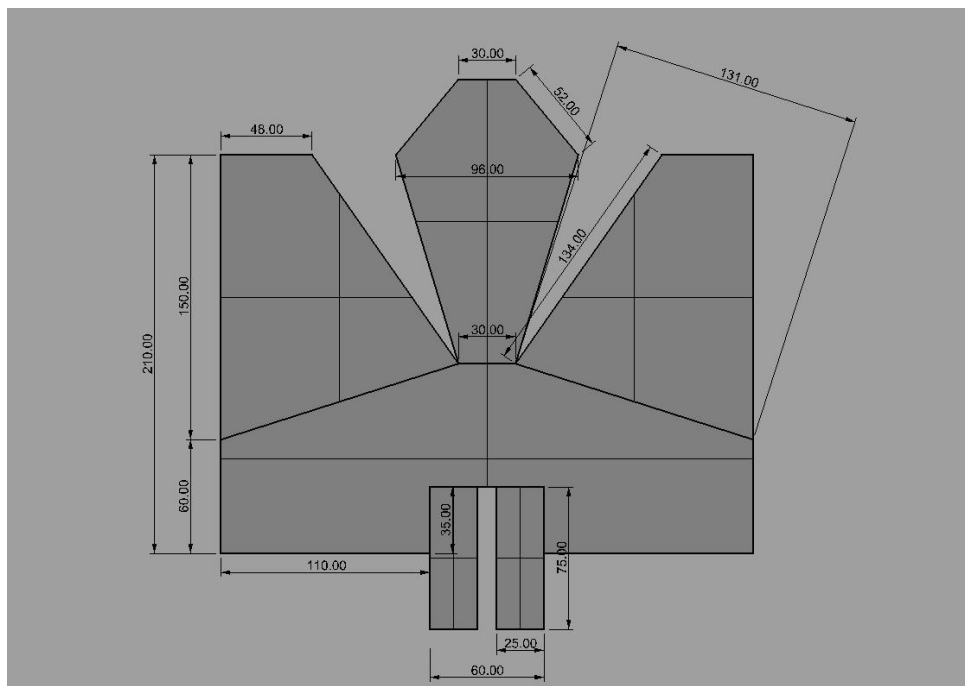
Kuva 35. Liitos paikallaan liimapuupalkkien sisällä.

Lopuksi läpät kiinnitettäisiin pulttien avulla liimapuupalkin ylä- ja alapuolelta. Näin harjaliitos olisi kestävä ja tukeva. Päätin tehdä myös alaosan tukiläpistä hieman paksummat. Tein muutoksia mittapiirroksiin ja 3D-malliin (kuvat 36 ja 37). Noiden uusittujen piirrosten pohjalta aloitin uuden protomallin teon. Koska olin jo käynyt eri

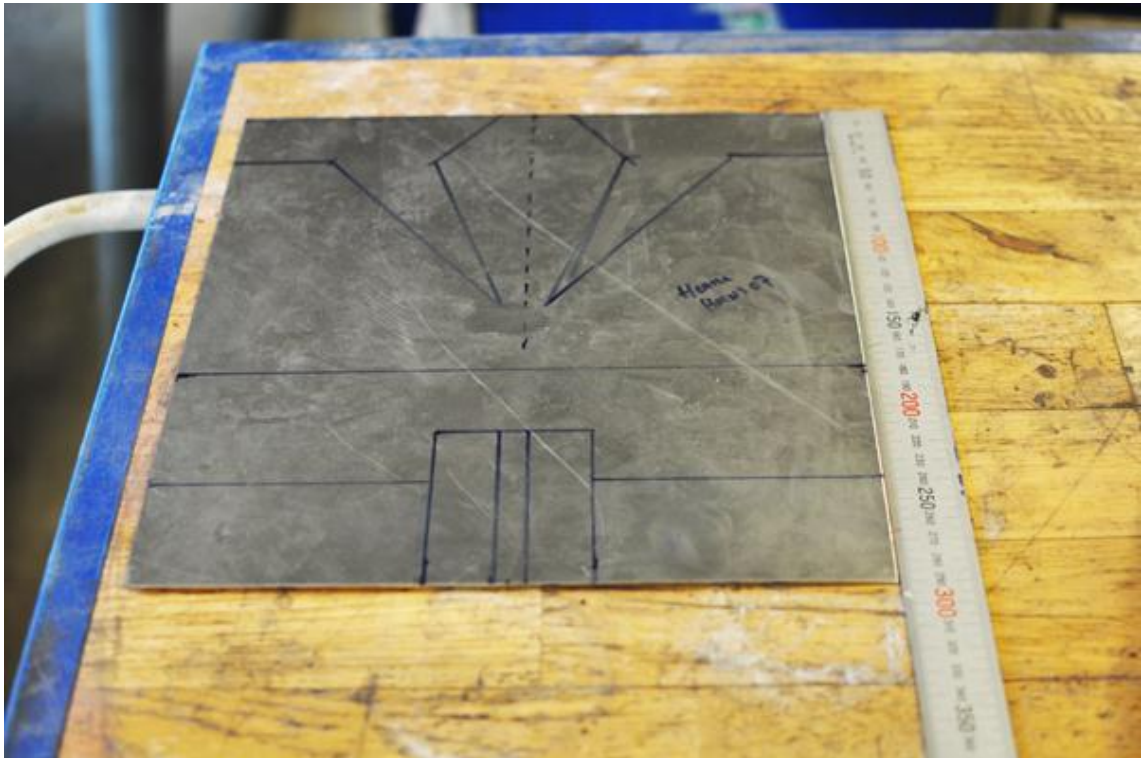
työvaiheet läpi ensimmäistä protomallia työstäessäni, oli toisen protomallin valmistus paljon nopeampaa, koska tiesin tasan tarkkaan mitä tehdä. Toista protomallia tehdessäni en kohdannut mitään ongelmia. Seuraavassa kokouksessa esittelin uuden protomallini. Nyt sen mittasuhteet ja mitat olivat kunnossa, joten sain luvan aloittaa liitoksen testauksen suunnittelemisen.



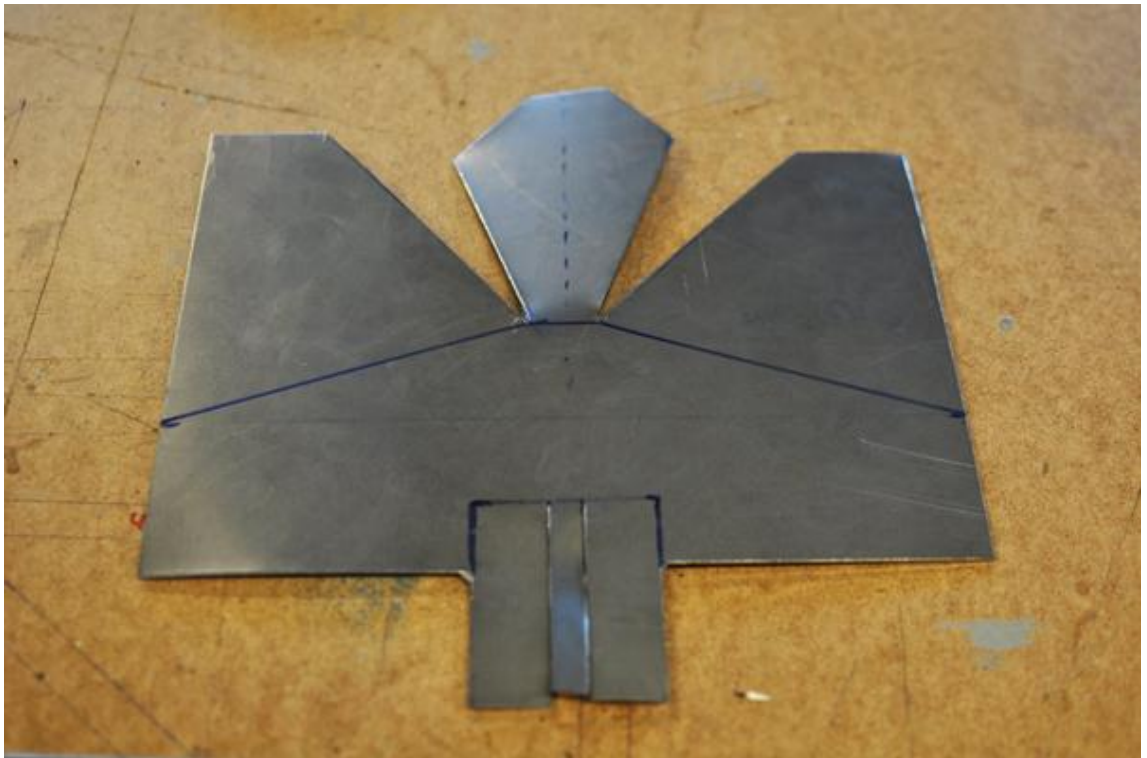
Kuva 36. 3D-mallinnus pidemmällä läpillä, kuvattuna edestäpäin.



Kuva 37. Mittapiirroksen näkökulma.

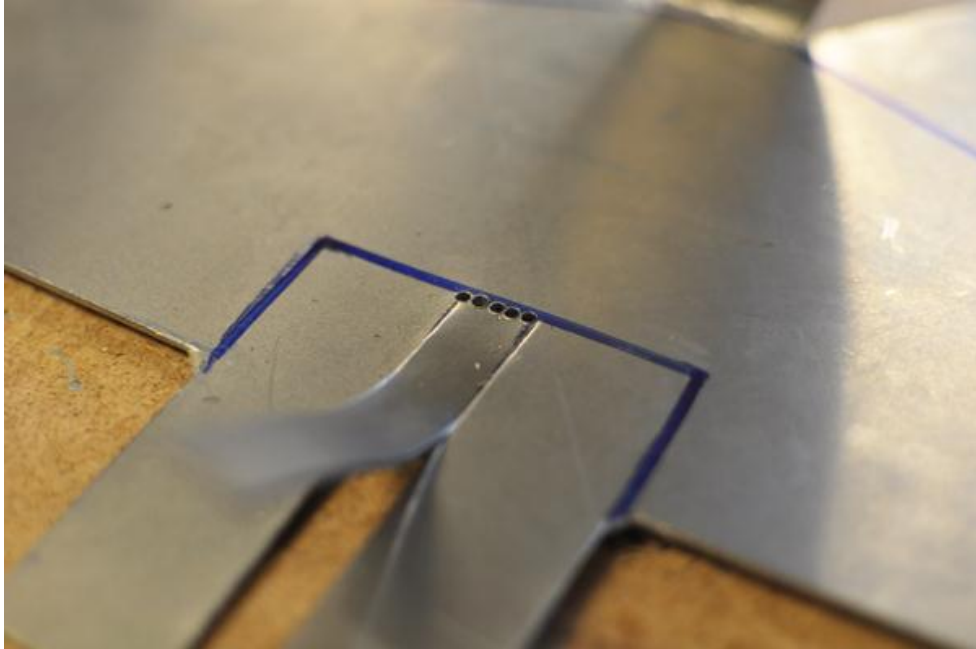


Kuva 38. Parannellun protomallin mitat pellillä.



Kuva 39. Pelti leikattuna muotoon.

Suurin ongelma ensimmäisen protomallin kanssa oli alapuolella olevien tukiläppien leikkaaminen. Nyt tuo työvaihe sujui kuitenkin ongelmitta, sillä porasin keskelle reiät ja naputin ylimääräisen osan peltiä vasaran ja taltan avulla pois (kuvat 40 ja 41).



Kuva 40. Reiät porattuna protomallin alaläppien väliin.



Kuva 41. Ylimääräinen pelti naputeltuna irti.

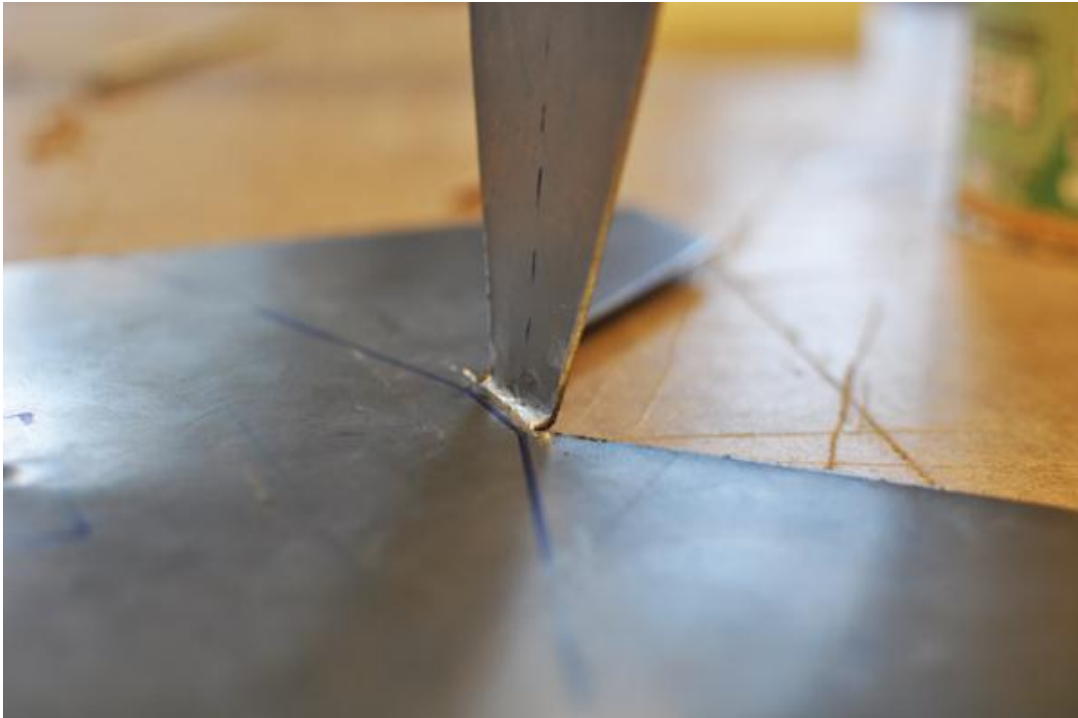
Tämän jälkeen tein taivutukset. Käytin apuna ruuvipenkkiä, puristimia, pajavasaraa ja neliöputkea (kuvat 42- 44).



Kuva 42. Taivutusten tekoa.



Kuva 43. Lähikuva taivutuksesta.

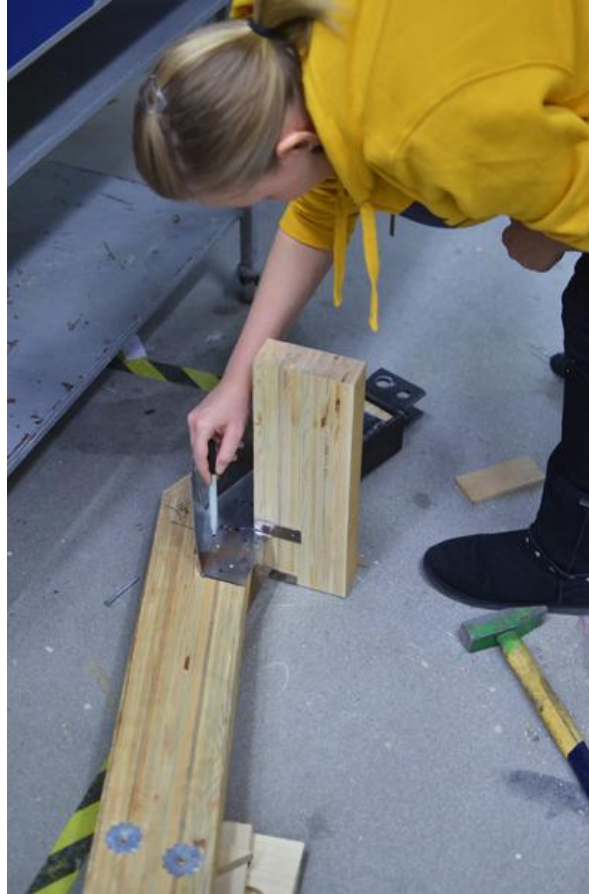


Kuva 44. Lähikuva taivutuksesta.

4.2.3 Testaus

Koulullamme on hyvät laboratoriotilat rasiuskokeita varten. Tilasta löytyy testipenkki, jota hyödynsimme liitokseni testauksessa. Aloimme työparini kanssa valmistella rasiuskoetta. Koska olimme tehneet jalkaliitoksen rasiustestin, osasimme käyttää koneita. Käytimme samaa hydraulipumppua ja sylinteriä kuin jalkaliitoksen testissä. Testipenkin koko on hyvin rajallinen, joten mittasimme kaapin tarkkaan, että saisimme kaiken tarvittavan mahtumaan kaapin sisään.

Leikkasimme jalkaliitoksen testauksessa käytetystä puupalkista sopivat pätkät harjaliitoksen testausta varten. Kiinnitimme palkinpätkät toisiinsa liitokseni avulla. Palkkien toiselle puolelle tulee Kristan ja Matteon suunnittelema peltiliitos kurkihirrelle ja bambukehikolle. Käytimme kuitenkin testissä toisella puolella ensimmäistä protomalliani, josta leikkasin läpät pois. Tämä peltiläppä ajaa saman asian kuin varsinainen liitos. Vasta tässä vaiheessa pystyin määrittämään tarkat pulttien paikat liitoksessa (kuva 45). Liitokset kiinnitetään palkkeihin pulteilla ja ruuveilla (kuvat 46 ja 47).



Kuva 45. Pulttien ja ruuvien paikkojen merkkausta.



Kuva 46. Pulttien kiinnitys.



Kuva 47. Liitokset kiinnitettynä.



Kuva 48. Liitokset kiinnitettynä kaikkiin palkkeihin.

Valmistimme palkille tukevan rautatuen hitsaamalla lattaraudasta kehyksen, joka pitäisi palkit oikeassa kulmassa ja tukevasti paikallaan (kuva 49).



Kuva 49. Tukikehikko.



Kuva 50. Palkin mallausta tukikehikkoon.

Testipenkistä otettujen mittojen avulla osasimme laittaa puupalkit ja rautatuen oikeaan kulmaan puulaatikon sisään. Koska olimme testanneet aiemmin jalkaliitoksen samassa penkissä, oli meillä aluslevy valmiina, johon kiinnitimme puulaatikon. Teimme puulaatikon sisään raudoitukset (kuva 51). Kiinnitimme palkin raudoitukseen rautalankaa käyttäen. Kun saimme palkit tuettua ja kiinnitettyä laatikon pohjaan, oli betonivalun aika.

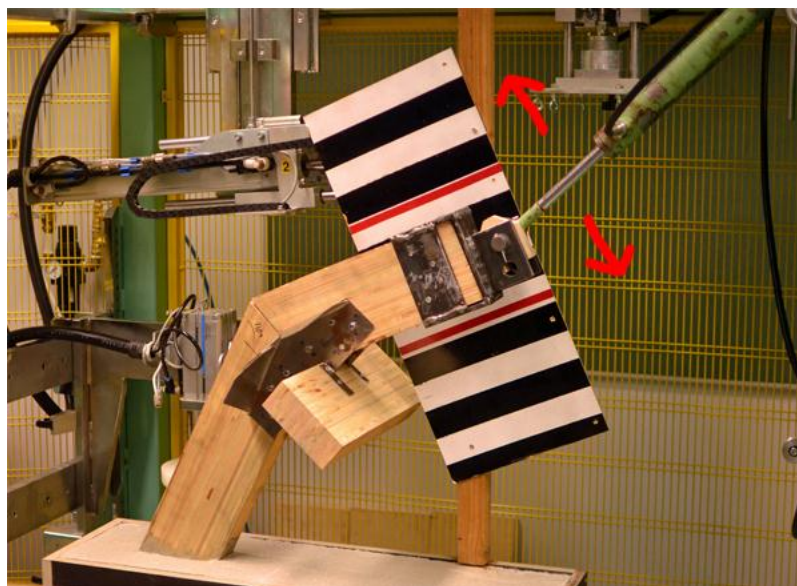


Kuva 51. Palkit valmiina betonivalua varten.

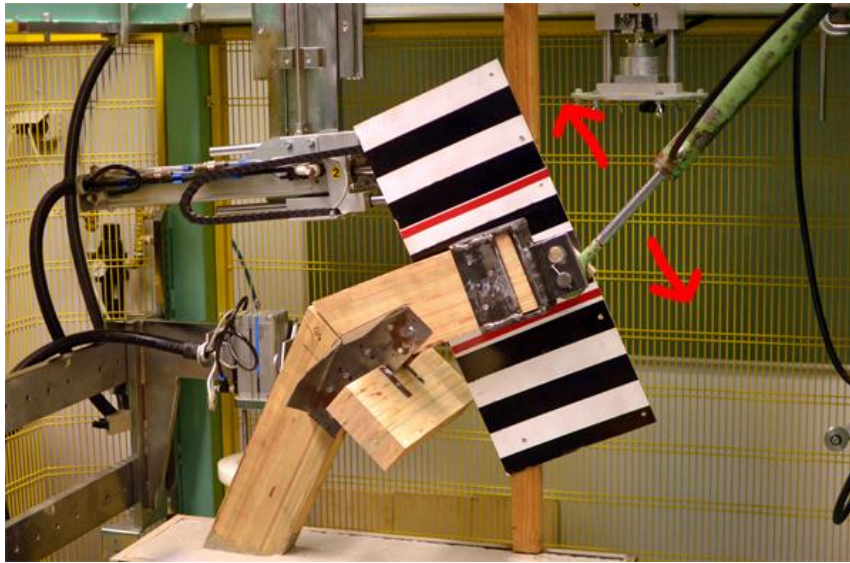


Kuvat 52 ja 53. Betonivalu.

Kun betonivalu oli kuivunut, siirsimme sen laboratorioon testipenkkiin. Tärkeä mietittävä asia oli se, että miten saamme kohdistettua rasituksen juuri oikeaan kohtaan, eli puupalkkien liitoskohtaan. Oli haastavaa saada hydraulisylinteri kohdistettua täysin suoraan linjaan puupalkin kanssa. Kun olimme saaneet sylinterin kohdistettua, pystyimme aloittamaan itse testauksen. Alaviistoon menevän työnnön voimaksi laskimme 1600 kg ja yläviistoon menevän työnnön voimaksi 1200 kg. Testissä meitä avusti laboratoriomestari Keijo Silfsten. Kuvassimme videokameralla koko testin. Testasimme liitosta kaksi kertaa kahdelta eri korkeudelta hydraulisylinterillä pusketuna. (kuvat 54 ja 55)



Kuva 54. Hydraulisylinteri ylemmässä reiässä. Nuolet kuvaavat liikkeen suuntaa.



Kuva 55. Hydraulisyliinteri alemmassa reiässä. Nuolet kuvaavat liikkeen suuntaa.

5 VALMIIT LIITOKSET JA TESTITULOKSET

5.1 Jalkaliitoksen testauksen tulokset

Testi onnistui odotetusti, eikä liitos kokenut suuria muutoksia. Murtumia ei syntynyt, eikä alussa oletettuja muutoksia liimapuussa tai liitoksen rei'issä tullut ollenkaan. Testauksessa huomasimme, että lähellä betonin pintaa olevat taivutukset joustivat ja näin ollen vältyttiin murtumilta. Testin jälkeisissä tutkimuksissa ei myöskään löytynyt merkkejä vaurioista. Testi dokumentoitiin valo- ja videokuvaamalla, myös liitoksen jälkitutkimukset valokuvattiin.

5.2 Harjaliitoksen testauksen tulokset

Testi oli erittäin onnistunut. Puupalkkien liitoskohtaan ja itse liitokseen kohdistui suuria voimia, mutta liitos toimi juuri niin kuin olin toivonutkin (kuvat 56–57). Se jousti hyvin

liikkeen mukana. Liitos taipui alaosasta aavistuksen, mutta ei murtunut tai antanut periksi missään vaiheessa. Harjaliitoksen toisella puolella oleva peltiläppä jousti myös hyvin. Se taipui hieman yläosastaan. Myöskään ruuvit ja pultit eivät murtuneet ja reiät eivät laajentuneet. Testin loppupäätelmä on, että liitosta voisi hyvinkin käyttää maanjäristyksen kestävässä talossa. Kappale olisi helppo ja edullinen valmistaa, joten kaikki edellytykset täyttyvät. Testin jälkeen purimme rakennelmamme ja kuvasimme kaikki kappaleet. Ruuveissa ja pulteissa ei näkynyt merkittäviä jälkiä.



Kuva 56. Palkit ja liitokset testin jälkeen.



Kuva 57. Takaosan peltiläppä taipui yläosasta hieman.



Kuva 58. Harjaliitos testin jälkeen.



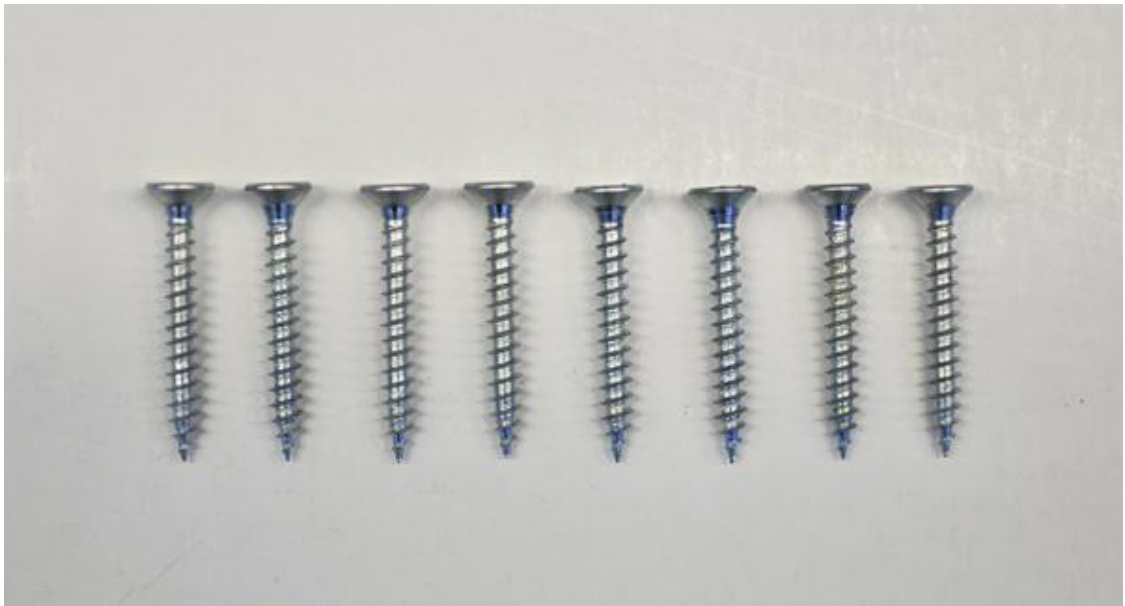
Kuva 59. Liitokset kuvattuna alhaalta päin testin jälkeen.



Kuva 60. Liitokset pysyivät hyvin paikallaan.



Kuva 61. Testissä käytetyt pultit kuvattuna testin jälkeen.



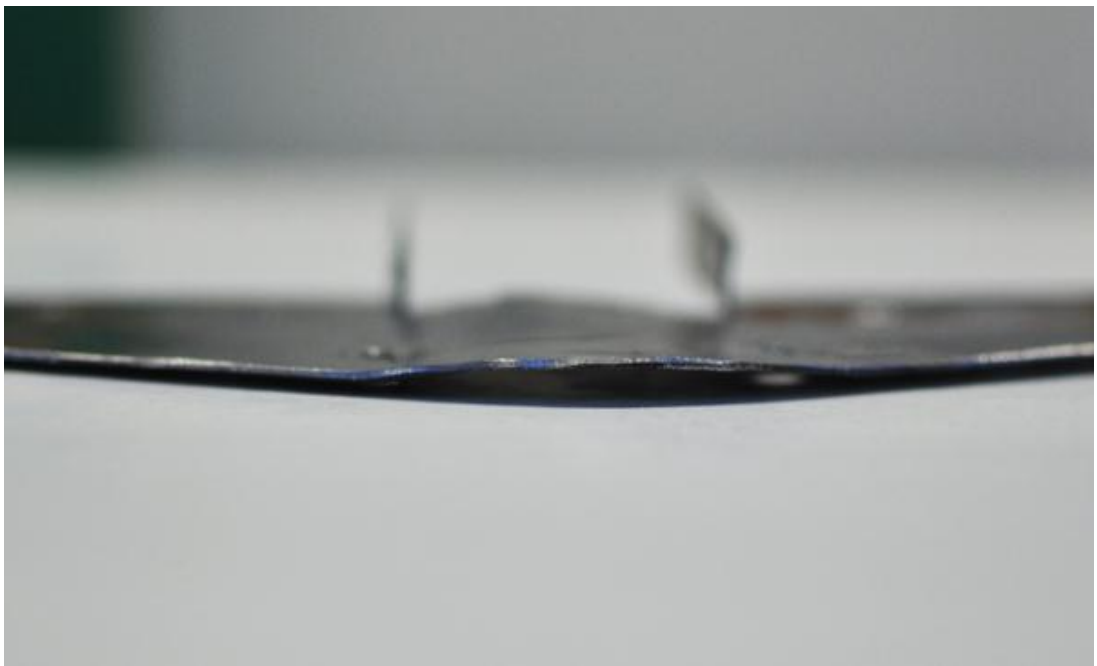
Kuva 62. Testissä käytetyt ruuvit kuvattuna testin jälkeen.



Kuva 63. Taustapuolen peltiläppä kuvattuna testin jälkeen. Pientä taipumista tapahtunut.



Kuva 64. Liitosten reikiin kohdistui myös suuria voimia, mutta ne pysyivät ennallaan.



Kuva 65. Taustapuolen peltiläppä taipui hieman yläosastaan.

Liitokset eivät siis kärsineet suuremmin testissä (kuva 66). Ainoastaan pientä taipumista oli molemmissa liitoksissa havaittavissa. Liitoksen taivutukset pitivät myös hyvin.



Kuva 66. Molempien puolten liitokset kuvattuna testin jälkeen.

Myöskään liimapuupalkit eivät vaurioituneet tai haljonneet, vaikka epäilimme sitä ennen testiä (kuva 67).



Kuva 67. Liimapuupalkit kuvattuna testin jälkeen.

5.3 Johtopäätökset

Oppilaitoksessamme ei ollut aiemmin tehty näin laajoja laboratoriotestejä kappaleille. Testitulokset osoittivat, että suunnitellut liitokset ovat oikeasti käyttökelpoisia maanjäristyksen kestävässä talossa. Liitosten testitulokset ovat luotettavia, koska onnistuimme laboratoriossa simuloimaan maanjäristyksen kaltaiset olosuhteet ja voimat.

Opinnäytetyömme uutuusarvoa korostaa sekin, että yleensä tämänkaltaisiin projekteihin suunnitelmat tekevät insinöörit. Saimme tuotua projektiin tietotaitoa teollisen muotoilijan näkökulmasta. Tiesimme liitoksia suunnitellessamme, millaiset työstötavat toimisivat liitosten valmistamisessa parhaiten. Onnistuimme vaativassa projektissa suunnittelemaan toimivan ja konkreettisen tuotteen, jota voi oikeasti hyödyntää. Vaikka

meiltä puuttuu insinöörin koulutus, pystyimme muotoilijan ammattitaitomme ansiosta hahmottamaan jo suunnittelu- ja mallinnusvaiheessa mahdolliset ongelmakohdat. Näin pystyimme välttämään jo alkuvaiheessa turhat valmistustekniset ongelmat.

Pidämme projektia ja sen tuloksia erittäin onnistuneina. Toivomme, että tämä onnistunut työmme olisi hyvä esimerkki siitä, miten teollinen muotoilija pystyy halutessaan laajentamaan osaamistaan muihinkin aihealueisiin, kuin vain teolliseen muotoiluun. Ehkä tulevaisuudessa muutkin teolliset muotoilijat uskaltaisivat rohkeasti ottaa tämän kaltaisia projekteja vastuulleen ja tuoda ammattitaitoaan esille.

6 POHDINTA

6.1 Harrin pohdinta

Aikanaan minulta kysyttiin:” millaisen opinnäytetyön meinaat tehdä?” Tiesin jo silloin, että tavoitteena oli tehdä jokin konkreettinen tuote. Itse tuotteesta en ollut vielä varma, mutta en arvannutkaan kuinka ajankohtainen ja iso projekti tuli olemaan. Aluksi epäröin hieman, että pystynkö toteuttamaan näin kattavaa projektia. Onhan kumminkin kyseessä maanjäristyksen kestävien rakenteiden suunnittelusta, joten projekti voi toivon mukaan jonain päivänä auttaa ihmisiä selviämään kyseisestä luonnonkatastrofista.

Suunnittelutyöltään projekti erosi huomattavasti aiemmin tekemistäni projekteista. Alkuun projekti tuntui jopa enemmän insinöörin, kuin muotoilijan suunnittelulta. Koin suunnittelun avartavana kokemuksena, koska yleensä olin tottunut suunnittelemaan lähinnä tuotteiden ulkomuotoa. Tällä kertaa suunnittelun piti mennä teknisemmälle tasolle, kuin koskaan aiemmin.

Mallin valmistus olikin mielenkiintoinen homma. Kuten yleensä kaikki ei välttämättä aina onnistunut niin helposti valmistusvaiheessa, kuin paperilla oli suunniteltu ja mallintaessa kuviteltu. Tämä onkin työn parasta antia, kun oppii käytännön kautta. Näin osaa jatkossa tehdä suunnittelutöitä niin, että osaa välttää jo kertaalleen kohdatut hankaluudet.

Pääsin ensimmäistä kertaa tekemään kunnollisen laboratoriotestin ja olinkin tästä innoissani. Ilmassa leijui kumminkin pieni epäluulo ja pelko epäonnistumisesta. Koko projektin kohokohta olikin mielestäni tuotteiden testaus. Pääsin vihdoinkin näkemään miten tuotokseni tulisi kestämään rasituksen. Saisin myös tietää oliko tekemäni työ mennyt tyystin hukkaan. Lopputuloksesta huolimatta testi oli hyödyllinen, sillä testin epäonnistuessa olisimme saaneet tuloksen, jonka pohjalta olisi voinut tehdä tarvittavat muutokset. Kuitenkin toivoin, että liitoksemme kestäisivät rasituksen.

Laboratoriotestien jälkeen, olin erittäin tyytyväinen testien lopputulokseen. Molemmat suunnittelemani liitokset kestivät testit erittäin hyvin. Yhteistyö työparini kanssa sujui luontevasti. Kohtasimme harvemmin esteitä, joihin kummallakaan ei olisi löytynyt sopivaa ratkaisua. Projekti toi mukanaan paljon uutta tietoa ja kokemuksia tutkimustyöstä. Myös pajatyöskentely kokemus kasvoi entisestään. Näin projektin päätyttyä, voinkin todeta, että epäilin turhaan taitojamme, sillä onnistuimmehan valmistamaan hyvin toimivan tuotteen.

6.2 Hengan pohdinta

Kun aloitin projektissa, ei minulla ollut kokemusta rakennuksiin liittyvästä suunnittelusta. Projekti tarjosi mahdollisuuden päästä suunnittelemaan konkreettisesti jotain sellaista, mitä en ollut koko opiskeluaikani tehnyt, joten tartuin innolla tilaisuuteen. Aihe on hyvin ajankohtainen, sillä olemme saaneet lukea lehdistä tuon tuosta maanjäristyksistä ja niiden aiheuttamista tuhoista. Ajatus siitä, että pystyisin ehkä vaikuttamaan suunnittelullani rakennusten turvallisuuteen maanjäristysalueilla, tuntui hyvältä.

Eri osien suunnittelu rakennukseen on hyvin haastava työ teolliselle muotoilijalle. Muotoilijoilla on täysin erilainen lähestymistapa asioiden suunnitteluun kuin esimerkiksi rakennusinsinööreillä. Muotoilijat keskittyvät kappaleen ulkomuotoon ja käytännöllisyyteen, insinöörit taas kappaleen kestävyys- ja lujuuteen, heille ulkomuoto on toissijainen asia. Juuri tämän takia oli haastavaa hypätä vieraalle aihealueelle ja päästää irti teollisen muotoilijan ajattelutavasta. Alussa keskityin ehkä liikaakin kappaleen ulkomuodon miettimiseen, mutta vähitellen ymmärsin, että

kestävyys, turvallisuus, valmistettavuus ja käytännöllisyys ovat tässä projektissa avainsanoja.

Työskentely pajalla oli vaivatonta, koska opiskeluajalta oli kertynyt kokemusta koneiden ja materiaalien käytöstä. Kun siirryimme testilaboratorioon, tarvitsimme siellä laboratoriomestarin apua. Testipenkki, hydraulipumppu ja sylinterit olivat minulle aivan uutta. Projektissamme oli monta eri aihealuetta, mikä teki siitä mielenkiintoisen ja vaihtelevan. Välillä olimme elementissämme teollisina muotoilijoina, kun työskentelimme pajalla ja mallinnusohjelman parissa, yhtäkkiä olimmekin testilaboratoriossa laskemassa voimia ja paineita sylinterille.

Mielestäni onnistuin suunnittelutyössäni hyvin ja olen erittäin tyytyväinen työmme tuloksiin. Työskentelymme työparini kanssa oli toimivaa ja saumatonta. Teimme ensimmäistä kertaa tämänkaltaiset rasiustestit koulullamme. Rasiustestien tulokset puhuvat myös suunnittelun onnistumisesta – pystyin hyödyntämään ammattitaitoani ja suunnittelemaan suurta rasiusta kestävästä liitoksen kiinnityksineen. Tämä antoi minulle suuresti itsevarmuutta työskentelyyni tulevana teollisen muotoilun ammattilaisena.

Se, että opinnäytetyömme on yhdistelmä teollista muotoilua ja rakennussuunnittelua, on vain ja ainoastaan hyvä asia. Minä henkilökohtaisesti sain niin paljon uutta tietoa, että siitä on varmasti hyötyä tulevaisuudessa. On ymmärrettävä, kuinka yhdistää tarve ja käytäntö. Ei riitä, että suunniteltava kappale on miellyttävä ulkomuodoltaan, vaan yhtä tärkeää on kappaleen toimivuus käytännössä. Jos kappale ei toimi käytännössä, ei siitä ole mitään hyötyä. Opin tämän projektin aikana ajattelemaan laajemmin kokonaisuutta, syitä ja seurauksia. Näiden asioiden ajattelu on hyvin tärkeä taito teollisen muotoilijan ammatissa.

7 LÄHTEET

Ahvenisto, Borén, Hjelt, Karjalainen, Sirviö. 2004. Geofysiikka, tunne maapallosi. WS Bookwell Oy. Porvoo.

Helsingin yliopisto 2011. Geotieteiden ja maantieteen laitos.

<http://www.helsinki.fi/geo/seismo/maanjaristykset/tieto/perustietoa.html>.
29.11.2011.

Robinson, A. 2002. Earth Shock. Hurricanes, volcanoes, earthquakes, tornadoes and other forces of nature. Thames & Hudson Ltd. Lontoo.

Tekniikka & Talous 2011. Näin pilvenpiirtäjät rakennetaan kestävämmän järjestyksiä: symmetrinen muoto ja sitkeä rakenne.

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/nain+pilvenpiirtajat+rakennetaan+kestamaan+jaristyksia+symmetrinen+muoto+ja+sitkea+rakenne/a598814>.
1.12.2011.

Tekniikan akateemisten liitto TEK. 2011. Tekniikan etiikan tietopankki.

<http://www.tek.fi/tekniikanetiikka/case/case17.htm>. 1.12.2011.

Suulliset lähteet

Silfsten, Keijo. 2011. Laboratoriomestari. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.
Suulliset tiedonannot, syksy 2011.

Turkki, Antero. 2011. Arkkitehti. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.

Opinnäytetyöhön liittyvät kokoukset, helmikuu 2011 - marraskuu 2011.

Muut lähteet

Protomallien testausvideot nähtävillä osoitteessa:

www.youtube.com/glulam2011