

Juho Haapakoski

KATSOMON KATOKSEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Toukokuu 2012



KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
MELLERSTA ÖSTERBOTTENS YRKESHÖGSKOLA
TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

| | | |
|---|---------------------------|--|
| Yksikkö Ylivieska | Aika 15.5.2012 | Tekijä/tekijät Juho Haapakoski |
| Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka | | |
| Työn nimi Katsomon katoksen suunnittelu | | |
| Työn ohjaaja Tapio Malinen | Sivumäärä 22+12 | |
| Työelämäohjaaja Juha Keskinen | | |
| <p>Tämä opinnäytetyö on tehty Ylivieskan Kuulan pesäpallojaoston tilaamana ja sen tarkoituksena on tuottaa suunnitelma Suvannon pesäpallokentällä olevan katsomon katokseen. Työssä on keskitytty suunnitelman tuottamiseen, siihen tarvittavien lujustarkasteluiden tekemiseen ja tarjousten pyytämiseen yrityksiltä.</p> <p>Tiedonlähteinä opinnäytetyöhön olivat pääasiassa käydyt keskustelut suunnittelun ammattilaisten kanssa.</p> <p>Opinnäytetyö käsittelee tämän kaltaisen projektin etenemistä alun hahmotelmista, lopun valmiiseen suunnitelmaan.</p> | | |
| Asiasanat Katsomon katos, suunnittelu | | |

ABSTRACT

| | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| CENTRAL UNIVERSITY SCIENCES | OSTROBOTHNIA OF APPLIED | Date 15.5.2012 | Author Juho Haapakoski |
| Degree programme Industrial engineering | | | |
| Name of thesis Designing a Standshelter | | | |
| Instructor Tapio Malinen | | | Pages 22+12 |
| Supervisor Juha Keskinen | | | |
| <p>This thesis has been done for Ylivieskan Kuula Finnish baseball division and its purpose is to produce a design a standshelter in local baseball field, Suvanto. The main focus of this thesis is producing the design, analysing the strength and sending offer requests for companies related to the work.</p> <p>The main information sources were mainly conversations with professional designers.</p> <p>Thesis ranges from the early sketches to the final design in projects such as this.</p> | | | |

| |
|---------------------------------------|
| Key words Design, stand |
|---------------------------------------|

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty Ylivieskan Kuulan pesäpallojaostolle, jota kiitän saamastani aiheesta. Kiitän Juha Keskistä työn esittämisestä minulle. Työ on ollut todella mielenkiintoinen ja opettavainen. Suuret kiitokset Timo Pällille, joka opasti minua SolidWorks-ohjelman käytössä ja näin suuren rakenteen suunnittelussa. Kiitän myös Tapio Malista työn valvomisesta ja saamistani hyvistä ohjeista.

Ylivieskassa 5.5.2012

Haapakoski Juho

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ESIPUHE

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 2.SUUNNITELMAN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET..... | 2 |
| 2.1 Suunnitelman lähtökohdat..... | 2 |
| 2.2 Työn tavoitteet..... | 3 |
| 3. SUUNNITTELUN TOTEUTUS..... | 4 |
| 3.1 Suunnitteluohjelman valinta..... | 4 |
| 3.2 Alustavat materiaalivalinnat..... | 5 |
| 3.3 Materiaalivalintoihin vaikuttavat kuormat..... | 6 |
| 4 ENSIMMÄINEN SUUNNITELMA..... | 7 |
| 4.1 Betoniantura ja pystytolpan kiinnitys..... | 8 |
| 4.2 Vinotuet ja niiden kiinnitys..... | 9 |
| 4.3 Ylävinotuet..... | 10 |
| 4.4 IPE 140-Palkki..... | 11 |
| 5.TOINEN SUUNNITELMA..... | 12 |
| 5.1 Katoksen ulkonäön muutokset..... | 12 |
| 5.2 Uuden suunnitelman aiheuttamat rakenteelliset muutokset..... | 14 |
| 5.3 Muutosten aiheuttamat ongelmat..... | 15 |
| 6. LUJUUSTARKASTELUIDEN JA TARJOUSPYYNTÖJEN HANKKIMINEN.... | 16 |
| 6.1 Rakenteisiin tulleet muutokset..... | 17 |
| 6.2 Kaarevien palkkien kiinnitykset..... | 18 |
| 6.3 Sivulla olevat vinotuet ja niiden kiinnitykset..... | 19 |
| 6.4 Ylävinotuet..... | 20 |
| 7 TULOKSET JA POHDINTA..... | 21 |
| LÄHTEET..... | 23 |
| LIITTEET..... | 24 |

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantaja on Ylivieskan Kuulan pesäpallojaosto, ja työn aiheena on suunnitella pesäpallokentällä jo oleviin katsomoihin katokset. Suunnitelmien lisäksi työhön kuuluu tarvittavien lujuuslaskelmien esittäminen sekä alustavien kustannusarvioiden tekeminen.

Suvannon pesäpallokentällä on ollut puinen suurehko katsomo, joka valitettavasti paloi vuonna 1996. Tapahtuman seurauksena saadut vakuutusrahat käytettiin modernin hiekkatekonurmikentän hankkimiseen, ja siitä saakka kentän suurimpana puutteena on ollut katetun katsomon puuttuminen. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä suunnitelmat ja tarvittavat lujuustarkastelut mahdollisesti jo vuonna 2012 rakennettavaan katokseen.

Työn toimeksiantajana toimii Ylivieskan Kuulan pesäpallojaosto, joka esittää opinnäytetyössä esiteltävät suunnitelmat Ylivieskan kaupungille. Kaupunki tulee rahoittamaan suurimman osan tulevasta katoksesta, ja tekee näin ollen myös lopullisen päätöksen suunnitelman hyväksymisestä tai siihen tulevista muutoksista. Pääasiassa opinnäytetyön yhteyshenkilönä toimii pesäpallojaoston puheenjohtaja Juha Keskinen, mutta tiivistä yhteistyötä tehtiin myös kaupunginarkkitehti Pekka Taskisen kanssa. Pekka Taskinen esittää tässä opinnäytetyössä esiteltävät suunnitelmat kaupungin tekniselle johtajalle Kari Kentalalle, joka antaa oman mielipiteensä suunnitelmista.

Tavoitteena on tehdä vähintään kaksi erilaista suunnitelmaa kaupungin edustajille esitettäväksi. Näistä suunnitelmista valitaan kentälle paremmin soveltuva, jota lähdetään viemään pidemmälle lujuustarkastelun ja mahdollisten kustannusarvioiden muodossa.

2 SUUNNITELMAN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

2.1 Suunnitelman lähtökohdat

Työn lähtökohtana on katoksen suunnittelu Suvannon pesäpallokentällä olevaan kattamattomaan katsomoon. Kunnollisen, katetun katsomon puute on ollut jo vuosien ajan muuten toimivan pesäpallokentän ongelmana. Kentällä on tällä hetkellä ainoastaan pieni katettu alue sisäänkäynnin vieressä. Tämän katoksen alle jäävä tila on todella rajallinen, ja aiheuttaa sadekelin sattuessa ongelmia paikalle saapuneelle yleisölle. Pelaan pesäpalloa ja olen myös miettinyt useaan otteeseen, että kenttä tarvitsisi katetun katsomon. Tämän takia otin työn vastaan hyvin innokkain mielin.

Työn varsinaisena haasteena koen oman kokemattomuuteni näin ison rakennelman suunnittelussa. Olen suunnitellut erilaisia laitteita ja työkaluja, mutta kaikki edellä mainitut suunnitelmat olen tehnyt opintojen yhteydessä erilaisina projekteina. Näitä ko. projekteja ei ole toteutettu käytännössä, mutta ne ovat opettaneet suunnittelua ja ongelmanratkaisukykyä. Näistä projekteista olen kuitenkin saanut sen verran kokemusta suunnittelusta ja 3d-mallintamisesta, että uskalsin ottaa katoksen suunnittelutehtävän vastaan.

Työn toteuttamissuunnitelmaa tehdessäni mietin pitkään, millä ohjelmalla suunnitelma kannattaisi toteuttaa. Vaihtoehtoina olivat AutoCad- ja Solidworks-ohjelmat, joiden perusteet ovat tulleet tutuksi opintojen yhteydessä. Päädyin kuitenkin paremmin hallitsemaani Solidworks-ohjelmaan, joka tarjoaa myös laadukkaat työkalut 3d-mallien luomiseen. Hyvien 3d-mallien luominen on todella tärkeää suunniteltaessa yleiselle paikalle tulevaa rakennelmaa, koska niistä on helppo saada käsitys rakennelman ulkonäöstä jo etukäteen.

2.2 Työn tavoitteet

Työn lopullisena tavoitteena on tehdä toimiva suunnitelma Suvannon pesäpallokentälle mahdollisesti jo vuonna 2011 rakennettavasta katoksesta. Katoksen tarkoituksena on antaa yleisölle suojaa sateelta, ja näin houkutella enemmän yleisöä katsomaan pelejä myös sadepäivänä. Tämä toisi luonnollisesti myös enemmän rahaa seuralle. Katoksen tarkoituksena on myös kehittää Suvannon pesäpallokentän yleistä ilmettä ja toimivuutta.

Tavoitteenani on ensimmäiseksi tehdä suunnitelma katoksesta ja siihen tarvittavat lujuustarkastelut, sekä mahdollisesti myös alustava kustannusarvio. Toisena tavoitteena on saada kokemusta varsinaisesta suunnittelutyöstä sekä suunnitteluohjelman käytöstä. Kokemusta karttuisi myös lujuustarkasteluiden ja kustannusarvioiden tekemisestä. Juha Keskisen kanssa sovittiin, että otan mahdollisimman paljon itse selville materiaalihankinnoista ja niiden hinnoista. Näitä edellä mainittuja asioita pidän tärkeinä mahdollisten tulevien työtehtävien kannalta. (Keskinen 2011.)

3 SUUNNITTELUN TOTEUTUS

Aloitin katsomon suunnittelun pitämällä Juha Keskinen kanssa palaverin, jossa kävimme läpi katsomolle asetettavia ehdottomia vaatimuksia. Ensimmäinen vaatimus oli, että katsomossa tulisi olla mahdollisimman vähän hitsattuja saumoja. Hitsatut saumat ovat ongelmallisia, koska katsomo on tarkoitus kasata suoraan kentälle talkoovoimin. Tästä johtuen päädyimme käyttämään pulttiliitoksia kaikissa niissä paikoissa, missä se oli suinkin mahdollista. Toinen tärkeä huomioon otettava seikka oli kustannukset, jotka tuli pitää mahdollisimman alhaisina. Tämän koin itselleni haasteeksi, koska minulla ei ollut aiempaa kokemusta tämän kokoluokan rakenteiden suunnittelusta. Lähdin ratkaisemaan kustannusongelmaa tekemällä alkuperäiseen suunnitelmaan mahdollisimman yksinkertaisen rakenteen, mitä lähdin myöhemmin muokkaamaan kohti lopullista muotoa. (Keskinen 2011.)

3.1 Suunnitteluohjelman valinta

Suunnitteluohjelman valitsemiseen vaihtoehtoni olivat AutoCad, Solidworks sekä käsin piirtäminen. Käytännössä mietin vakavasti vain AutoCadin ja Solidworksin väliltä, että kumman valitsen käytettäväksi ohjelmaksi. Päädyin Solidworks-ohjelmaan lähinnä sen takia, että omasin enemmän kokemusta siitä ja sen 3d-ominaisuudet olivat mielestäni ylivoimaiset tässä tapauksessa. Käytin myös yllättävän paljon käsin piirtämistä. Käsin piirsin lähinnä karkeita hahmotelmia koko katoksesta sekä katoksen eri osista. Käsin piirtäminen helpotti huomattavasti 3d-mallin tekemistä, sillä sain tämän ansiosta tehtyä nopeasti hahmotelmia, joiden pohjalta lähdin tekemään valmiita malleja. Myös katoksen eri osien hahmotelmista oli suurta hyötyä, koska kykenin näyttämään hahmotelmia opettajille sekä työn tilaajille ennen ko. osien mallintamista.

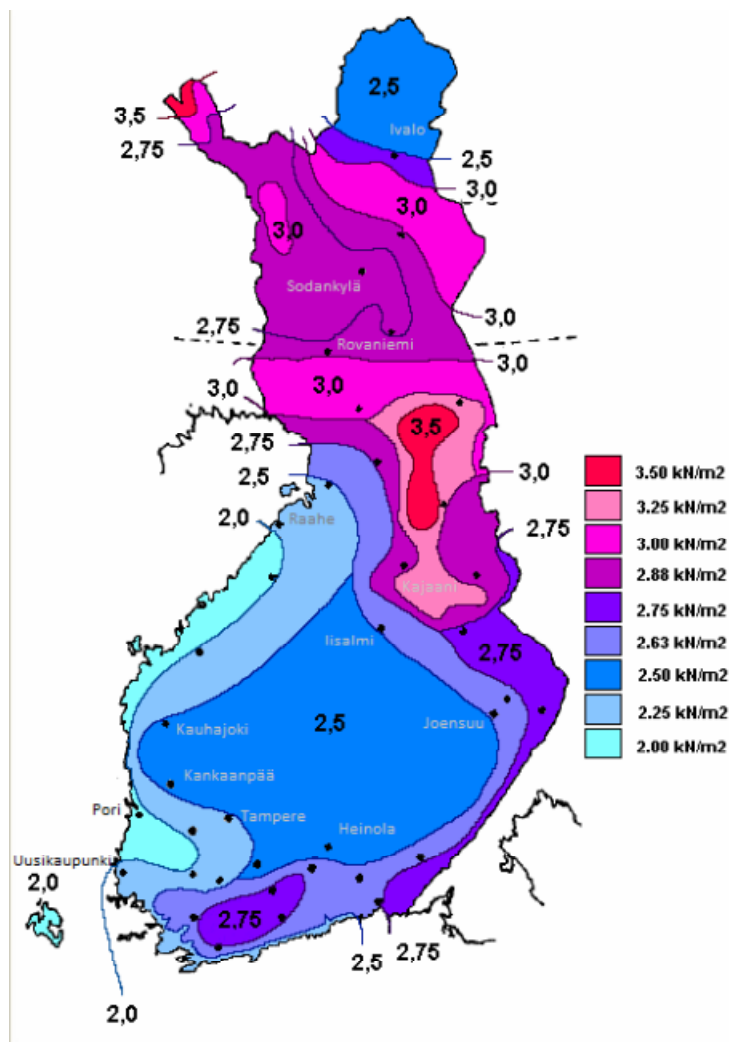
3.2 Alustavat materiaalivalinnat

Ensimmäisessä palaverissa keskustelimme Juha Keskisen kanssa mahdollisista materiaalivalinnoista. Päätimme yhdessä, että pystytolppien ulkomitat tulisi olla 200*200 mm. Pystytolpan ulkomitan valinta perustui Keskisen kokemukseen teräsrakenteista. Muuten minulla oli täysin vapaat kädet valita itse sopivimmat materiaalit joka paikkaan. Päätin käyttää mahdollisimman monessa paikassa samankokoista materiaalia, jotta tilauksen yhteydessä ei tarvitsisi tilata kovin montaa erilaista tuotetta. Valitsemani materiaali oli 150*100mm putkea. Materiaalivahvuudeksi valitsin joka paikkaan 6mm. Materiaalivalinnat tein aluksi vain alustavasti, jotta pääsin aloittamaan 3d-mallinnuksen niiden pohjalta. En vielä tässä vaiheessa tehnyt lopullisia materiaalivalintoja, sillä niihin saattaisi tulla muutoksia vielä lujuustarkasteluvaiheessa. Mikäli lujuustarkastelussa huomataan, että jossain kohdassa on käytetty liian paksua materiaalia, se voidaan vielä vaihtaa ohuemmaksi. Tämä taas puolestaan laskee koko katoksen rakentamiskustannuksia. (Keskinen 2011.)

Katoksen katoksi valitsin itsekantavaa poimulevyä. Itsekantava poimulevy voi olla esimerkiksi Ruukin T70-57L-1058, jonka korkeus on 70 mm, hyötyleveys 1058 mm ja maksimipituus 15000 mm (Ruukki 2012). Tähän ratkaisuun päädyin sen takia, että se helpottaa huomattavasti rakenteiden suunnittelua, sillä näin itse rakenteisiin ei tarvitse suunnitella niin paljon kiinnikekohtia kattopellille. Myös katon päälle tuleva lumikuorma käytännössä katsoen vaatii, että kattopeltinä käytetään kantavaa profiilia. Kantavan kattoprofiilin ansiosta vesi pääsee sateen yllättäessä valumaan suoraan katsomon taakse.

3.3 Materiaalivalintoihin vaikuttavat kuormat

Materiaalivalinnoissa tulee ottaa huomioon katoksen omien materiaalien tuottamat kuormitukset, alueen lumikuormat sekä tuulen aiheuttamat kuormat. Pääasiassa keskityin lumen aiheuttamien kuormien tarkasteluun, koska katoksessa käytettävät materiaalit saattavat vielä muuttua ja tuulen aiheuttamat kuormat ovat kohtalaisen pienet verrattuna lumen aiheuttamiin kuormiin. Toki nekin aiheuttavat oman osansa katoksen rasitukseen, mutta lumen aiheuttamat kuormat ovat varsinainen ongelma johtuen katoksen avonaisesta rakenteesta. Kuten KUVIO 1 osoittaa, lumikuormaksi muodostunee Ylivieskan alueella noin $2,25\text{kN/m}^2$.



KUVIO 1. Suomen lumikuormakartta (Pälli Lujuustarkastelu)

4 ENSIMMÄINEN SUUNNITELMA

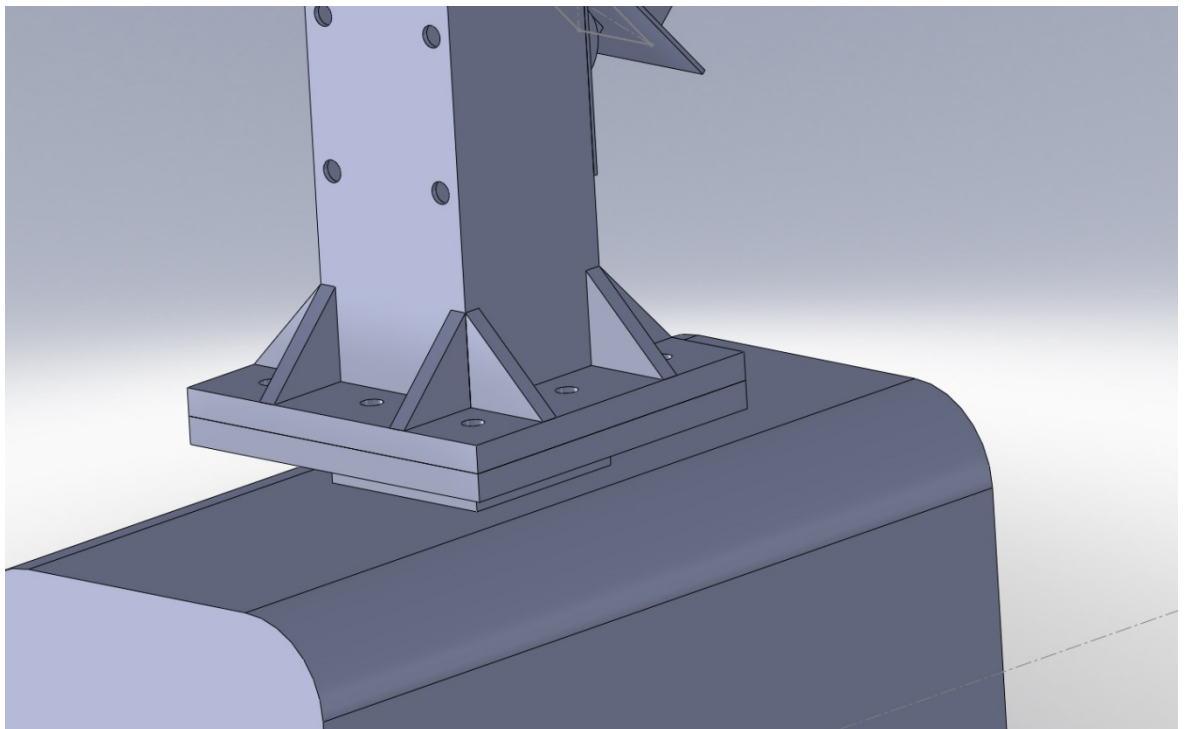
Lähdin tekemään ensimmäistä suunnitelmaani palaverissa keskusteltujen rajoitusten pohjalta. Pystypilareiksi valitsin päätetyt 200*200 mm ja muiden palkkien mitaksi valitsin 150*100 mm. Palkkien seinämävahvuus on 6 mm. Kävin Suvannon pesäpallokentällä mittaamassa katsomon ulkomitat. Mittausten perusteella päätin, että katoksen on syytä olla kokoa 15*11,5 m. Katoksen korkeus vaihtelee, koska takaosasta katos on matalammalla kuin edestä. Tämä korkeuden vaihtelu voidaan havaita KUVIO 2:sta. Katoksen korkeuden vaihtelu helpottaa pesäpallo-ottelun seuraamista, ja sen ansiosta vesi pääsee valumaan katoksen taakse. Taka katon korkeus on 5,5m ja edestä 6,5m. Katon korkeuden määrittäminen sopivaksi oli haasteellista - liian loiva katto vaikeuttaisi ottelun seuraamista, ja liian jyrkkä katto taas ei suojaisi alimpia penkkirivejä vesisateelta.



KUVIO 2. Yleiskuva katoksesta

4.1 Betoniantura ja pystytolpan kiinnitys

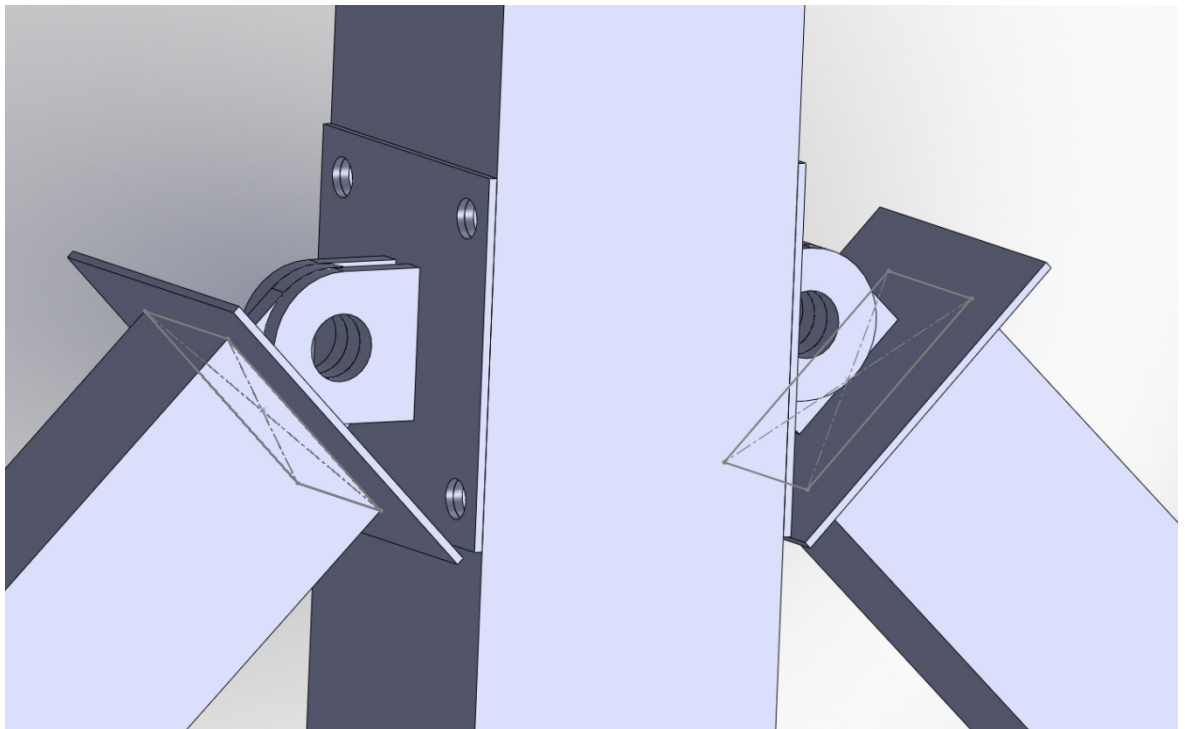
Katos asetetaan sille tehdyille betonianturoille. Kuviosta 3 ei käy ilmi se että, anturoille porataan reiät maahan, johon ne valetaan. Anturoihin asennetaan kiinnityslaipat, joihin pystytolpat kiinnitetään. Kiinnityslaipan koko on 400*400*30 mm. Betonianturoihin asennetaan raudoitus, jolla laipan kiinnitys varmistetaan. Pystytolpan alapäässä on vastaavanlainen laippa, joka asetetaan anturassa olevaa laippaa vasten ja kiinnitetään siihen kahdeksalla pultilla. Pulttien koko on tässä vaiheessa alustavasti 20 mm. Reikien koko puolestaan on 24 mm, jotta katoksen kokoamisvaiheessa on hieman liikkumavaraa mahdollisten epätasaisuuksien takia. Pystytolpan alapäähän tuleva laippa hitsataan kiinni jo ennen kokoamista, ja sen jokaiseen kulmaan asennetaan tuet. Tuet vahvistavat palkin liitosta varmistuen samalla, että palkki pysyy kiinni kiinnityslaipassa.



KUVIO 3. Pystytolpan kiinnitys betonianturaan

4.2 Vinotuet ja niiden kiinnitys

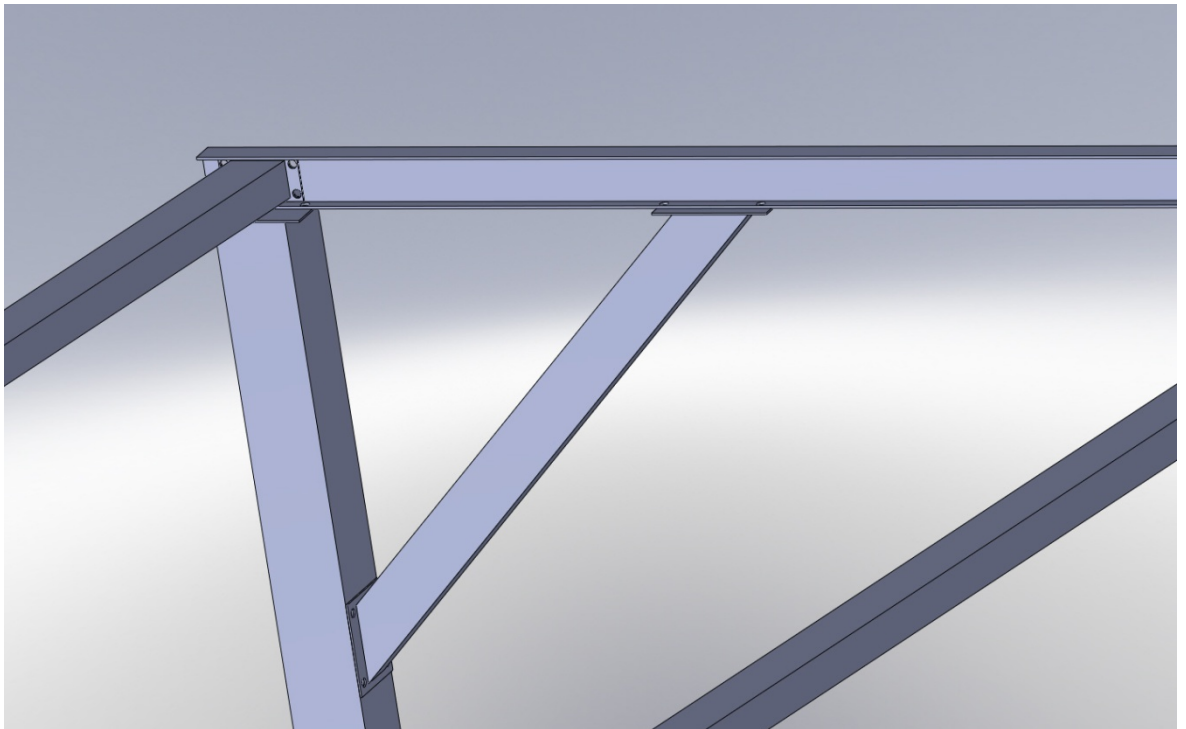
Katoksen sivulla ja takana olevien palkkien ulkomitat ovat 150*100 mm ja paksuus 6 mm. Sivulla olevien tukien pituudet ovat n. 7,2 m ja 7,7 m. Takana olevien tukien pituus on n.8,3 m. Tukien pituudet eivät ole tarkkoja tasalukuja, koska tuet menevät viistoon tolppien välillä. Tukien laittaminen viistoon estää tehokkaasti katoksen sivuttaissiirtymät. Kuviosta 4 nähdään, että tukina käytettyjen palkkien päihin on hitsattu suunnittelemani kiinnitys, joka mahdollistaa helpomman kokoamisen. Pystytolppiin on sijoitettu pulttikiinnityksellä vinotukien päissä käytettyjen laippojen vastakappale. Sivulla keskellä ja takana keskellä oleviin pystytolppiin on porattu reiät läpi asti, jotta vinotuille tarkoitetut kiinnityslaipat saadaan asennettua mahdollisimman helposti. Reikien läpiporaaminen varmistaa myös sen, että vinotuet tulevat tarkasti samalle korkeudelle molemmin puolin pystytolppaa. Kiinnityslaipassa on halkaisijaltaan 45 mm oleva reikä, johon saa laitettua sopivan pultin tai kiinnitystapin.



KUVIO 4 Vinotukien kiinnitys pystytolppiin

4.3 Ylävinotuet

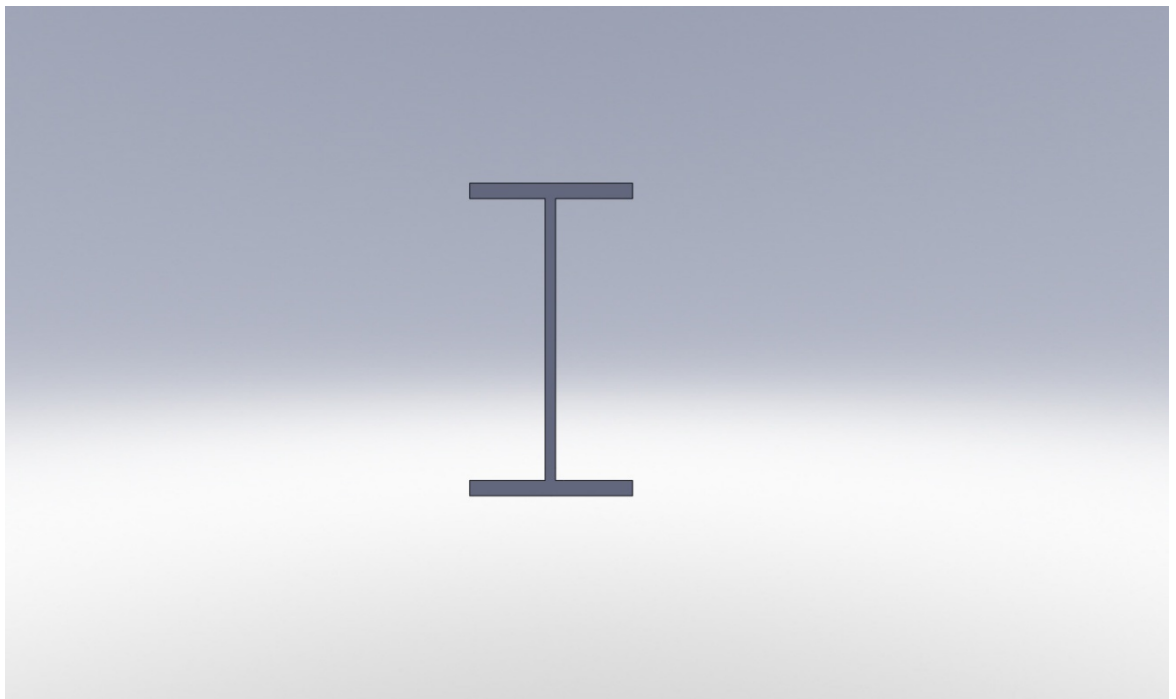
Käytin katoksessa myös pystytolppien yläosaan tulevia lyhyitä vinotukia. Näiden vinotukien tehtävänä on yläosaan tulevien palkkien kannattaminen, sekä katoksen sivuttaissuunnassa tapahtuvan liikehdinnän estäminen. Kuviosta 5 voidaan myös todeta että ylävinotukien asentaminen lyhentää katoksen takana olevan palkin jänneväliä huomattavasti. Ylävinotuen materiaalin mitta oli 150*100 mm, paksuus 6mm. Ylävinotuen pituus oli kaikissa tapauksissa 1,8 m. Näitä tukia tulee katokseen kaiken kaikkiaan kuusi kappaletta. Ylävinotukien molempiin päihin on hitsaamalla kiinnitetty kiinnitysliippa, jossa on neljä reikää valmiina. Pystytolpissa ja rakenteissa käytettävässä IPE-palkissa on valmiiksi poratut reiät, joihin ylävinotuet kiinnitetään. Ylävinotuen kiinnitys tapahtuu kokoamisvaiheessa pulteilla.



KUVIO 5. Ylävinotuki

4.4 IPE 140 -palkki

Katoksen taka- ja etuosissa käytetään kuvion 6 osoittamia IPE 140 -palkkeja. Palkin korkeus on 140 mm ja leveys 73 mm. Ylhäällä ja alhaalla materiaaliveisuus on 6,9 mm. Keskeltä palkkia materiaaliveisuus on 4,7 mm. Palkkeja on katoksessa käytetty neljä kappaletta, ja jokaisen palkin pituus on 7,5 m. Palkkeihin on porattu valmiiksi reikiä sivuun, joihin kiinnitetään katoksen yläosassa kulkevat tukirakenteet. Myös palkin alapintaan on porattu reikiä, joihin ylävinotuet ja pystytolpat kiinnitetään pulteilla. IPE-palkkeihin ei ole tarvinnut hitsata minkäänlaisia kiinnityslaippoja. Valitsin IPE 140 -palkin katoksen tukirakenteeksi, koska siihen on helppo tehdä muiden palkkien kiinnitykset, ja se on todella luja sekä kestävä palkki.



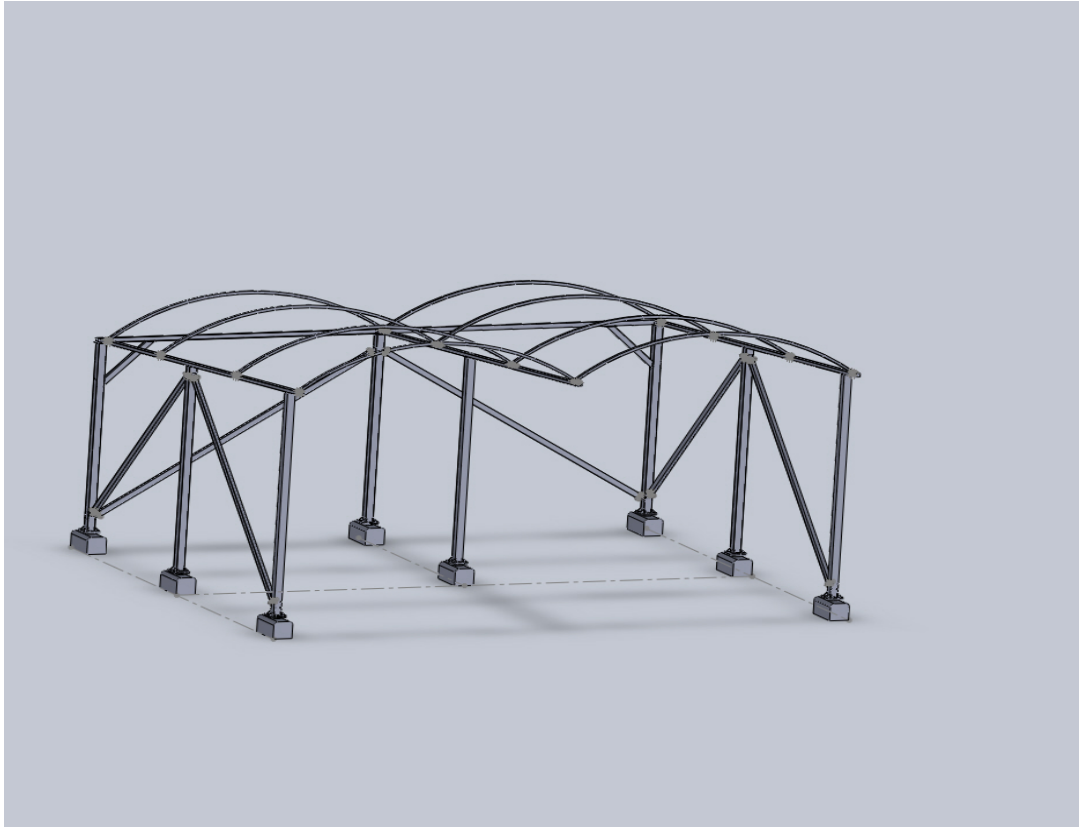
KUVIO 6. IPE 140 -palkki

5 TOINEN SUUNNITELMA

Ensimmäisen suunnitelmani esitin Ylivieskan kaupungin ja Ylivieskan Kuulan pesäpallojaoston päättäjille. Palaverissa esittelin yksityiskohtaisesti suunnitelmani, ja sain palautetta työn laadusta sekä mahdollisista muutoksista. Suunnitelma oli toimeksiantajien mielestä pääosin onnistunut, mutta katoksen ulkonäköön haluttiin pieniä muutoksia. Muihin rakenteellisiin ratkaisuihin ei tässä vaiheessa tullut mitään muutoksia.

5.1 Katoksen ulkonäön muutokset

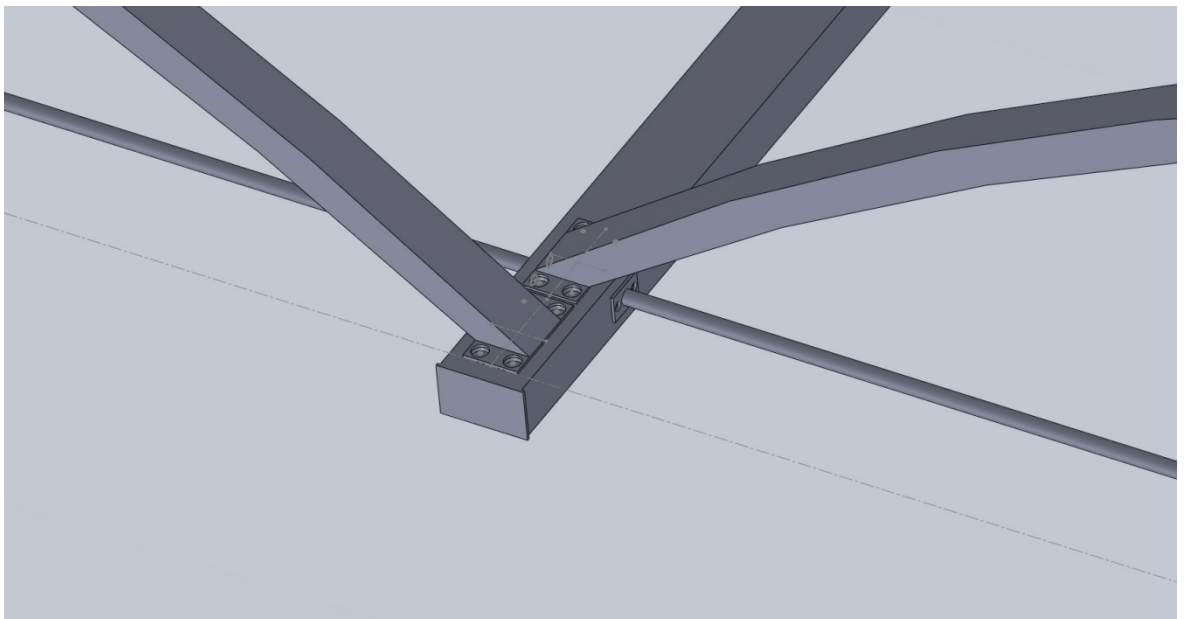
Katoksen ulkonäköön tulevia muutoksia suunnittelin kaupunginarkkitehti Pekka Taskisen kanssa. Taskinen mielestä katos oli muuten sopivan mallinen, mutta se kaipasi enemmän pyöreitä muotoja. Keskustelimme pitkään mahdollisista muodoista ja päädyimme sellaiseen ratkaisuun, että muutan katoksen katon mallin suorasta ratkaisusta kahdeksi kaarevaksi palaksi. Tämä tietenkin aiheutti pieniä muutoksia peltien kiinnitykseen ja katoksen yläpuolen rakenteisiin. Hahmottelimme paperille halutun muodon jonka jälkeen aloin tehdä muutoksia katoksen suunnitelmaan. Ulkonäkömuutokset ovat nähtävissä kuviossa 7. (Taskinen & Kentala 2011.)



KUVIO 7. Yleiskuva katoksesta, jossa on kaareva katto.

5.2 Uuden suunnitelman aiheuttamat rakenteelliset muutokset.

Suurimmat muutokset aiheutuivat siitä, että katoksen edessä oleva pystytolppa tuli siirtää katoksen keskelle johtuen katon uudesta mallista. Tämä siirto oli siinäkin mielessä hyvä ratkaisu, että se paransi katsojien näkymää kentälle. Toinen suuri muutos oli ennen vaakatasossa kulkeneiden suorien palkkien muuttaminen kaareviksi palkeiksi. Katon muuttaminen kaarevaksi muutti katoksen ulkonäköä radikaalisti, mutta suunnitelmaan tulleet muutokset olivat kuitenkin kohtalaisen helppoja ja nopeita toteuttaa. Käytettäviin materiaaleihin ei tullut juurikaan muutoksia. Kuvio 8 esittää muutoksen kohteeksi joutuneen katon uusia kiinnityksiä.



KUVIO 8. Kaarevien palkkien kiinnitys

5.3 Muutosten aiheuttamat ongelmat

Haluttujen muutosten tekeminen itse suunnitelmaan ei ollut hankala tehdä. Ongelmat aiheutuivat siitä, että lujuustarkasteluiden tekeminen kaarevalle katolle on huomattavasti hankalampaa kuin tasaiselle katolle. Tähän on monia syitä, esimerkiksi lumikuorman aiheuttamat voimat muuttuvat erilaisiksi. Tasaisella katolla lumikuorma vaikuttaa pelkästään alaspäin, mutta kaarevalla katolla kuorma pyrkii painamaan pystytolppia myös sivusuunnassa. Katon muodoksi valittiin kaksi keskellä kohtaavaa kaarta. Lumi pyrkii kerääntymään katoksen keskelle aiheuttaen suuria voimia keskellä olevaan pystytolppaan. Pystytolpan etupuolella oleva lipa joutuu suurien voimien kohteeksi talvisin lumikuormasta johtuen. Myös tuulen aiheuttavat voimat käyttäytyvät eri tavalla kaarevalla kuin tasaisella katolla. Aloin tehdä vaadittuja lujuustarkasteluita aluksi itse, mutta noin kahden päivän uurastamisen jälkeen oli pakko todeta, että tämänhetkiset taitoni eivät riittäneet niiden tekemiseen. Otin yhteyttä Juha Keskiseen ja kerroin hänelle kohtaamastani ongelmasta. Sovimme, että käytämme ulkopuolista asiantuntijaa lujuustarkasteluiden tekemiseen.

6 LUJUUSTARKASTELUIDEN JA TARJOUOPYNTÖJEN HANKKIMINEN

Tarjouspyyntöjen hankkiminen osoittautui hankalaksi tehtäväksi työn laadusta johtuen. Otin yhteyttä useisiin yrityksiin, mutta isoilla yrityksillä ei ollut aikaa ottaa näin pientä tilausta vastaan. Pienillä yrityksillä taas ei ollut resursseja tehdä vaadittavia lujoustarkasteluja ja mahdollisia muutoksia suunnitelmiin. Esimerkiksi Ruukin kanssa kävin lupaavia neuvotteluita katoksen toteuttamisesta. Sitten yrityksestä otettiin yhteyttä, ja kerrottiin heidän suunnitteluosastonsa olevan niin työllistetty, että heillä ei ole aikaa toteuttaa näin pientä projektia.

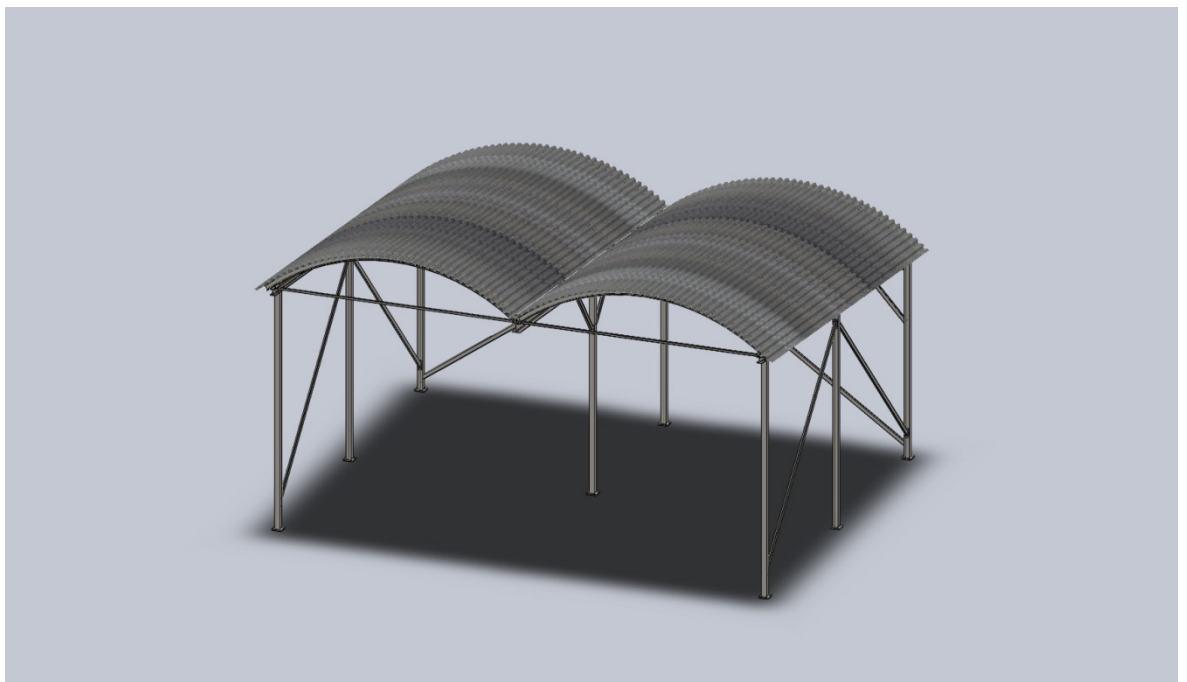
En antanut vastoinkäymisen häiritä, vaan jatkoin yritysten etsimistä keskittyen lähinnä paikallisiin toimijoihin. Kohtalaisen etsimisen jälkeen löysin ylivieskalaisen MastCraft Oy¹ -yrityksen, johon otin yhteyttä. MastCraftin yhteyshenkilönä toimi Timo Pälli, joka suostui tutustumaan työhön tarkemmin. Kävin esittelemässä työni hänelle ja hän suostui tekemään suunnitelmiin vaadittavat lujoustarkastelut, sekä tekemään suunnitelmiin mahdollisia muutoksia. Annoin hänelle vapaat kädet tehdä muutoksia suunnitelmiin, kunhan katoksen ulkonäkö ei muutu. Tämä johtui puhtaasti siitä, etten itse omannut kokemusta näin isojen rakennelmien suunnittelemisesta. Luotin Timo Pällin ammattitaitoon ja tiesin, että hän osaa korjata mahdolliset työssä esiintyvät ongelmakohdat. (Pälli 2011.)

MastCraft oli siinäkin mielessä loistava valinta, koska heillä oli paitsi tarpeeksi osaamista lujoustarkasteluiden suorittamiseen, myös resurssit rakennustarjouksen jättämiseen. Lähetin tekemäni suunnitelmat yritykselle, jossa Timo Pälli teki tarvittavat muutokset materiaaleihin ja rakenteisiin. Olin tiiviisti yhteydessä yritykseen, ja Pälli kyseli minulta tekemistään muutoksista ja selitti niiden tarpeellisuutta. Hän myös opasti minua lujoustarkasteluiden tekemisessä näin suuressa kohteessa.

¹ Opinnäytetyöni aikana yritys vaihtoi nimensä Keskipohjanmaan konekorjaamo Oy:stä Mastcraft Oy:ksi.

6.1 Rakenteisiin tulleet muutokset

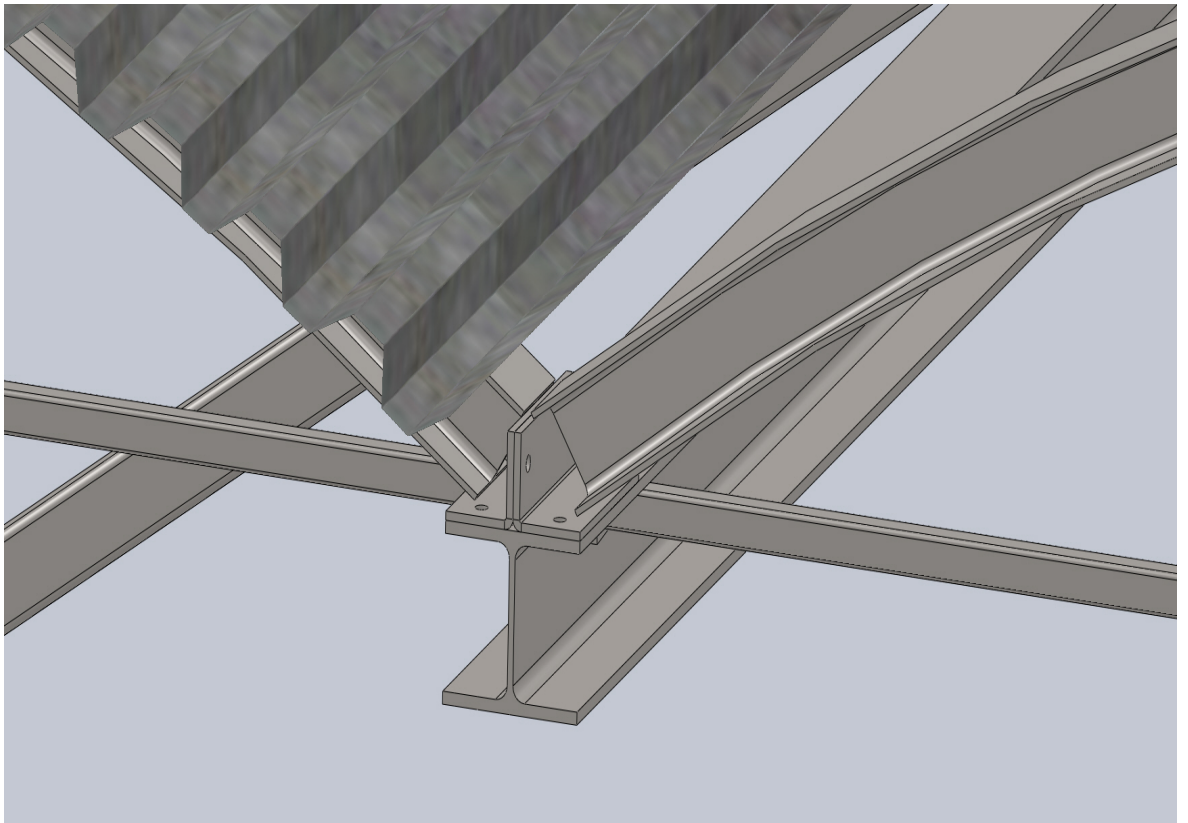
Päällisin puolin katoksen suunnitelma näyttää täysin samanlaiselta kuin mitä se oli ennen Timo Pällin käsittelyäkin. Tähän olen tyytyväinen, sillä mikäli ulkonäkö olisi muuttunut, olisin joutunut käymään kaupunginarkkitehti Pekka Taskisen kanssa keskustelua ulkonäkömuutosten hyväksymisestä. Katoksen lähempi tarkastelu kuitenkin osoittaa, että rakenteisiin on tullut suuria muutoksia. Lähes kaikki tekemäni kiinnitysratkaisut ovat kokeneet pieniä muutoksia, käyttämäni palkit ovat muuttuneet erilaisiksi ja katokseen on tullut muutenkin runsaasti erilaisia pieniä muutoksia. Mielestäni tämä osoittaa, että teimme Juha Keskinen kanssa täysin oikean ratkaisun siirtäessämme katoksen lujustarkastelun ja hienosäädön alan ammattilaiselle. Itse opin paljon tällaisen rakennelman suunnittelemisesta pelkästään katsomalla Timo Pällin tekemiä muutoksia. Oppimistani auttoi myös hänen selittämänsä perustelut kaikille muutoksille. Kuviosta 9 saa hyvän käsityksen siitä, että katoksen ulkonäkö ei kuitenkaan kokenut kovin suuria muutoksia. Katoksessa käytettävät materiaalit käyvät ilmi liitteenä olevasta tarjouksesta (LIITE 2).



KUVIO 9. Yleiskuva valmiista suunnitelmasta.

6.2 Kaarevien palkkien kiinnitykset

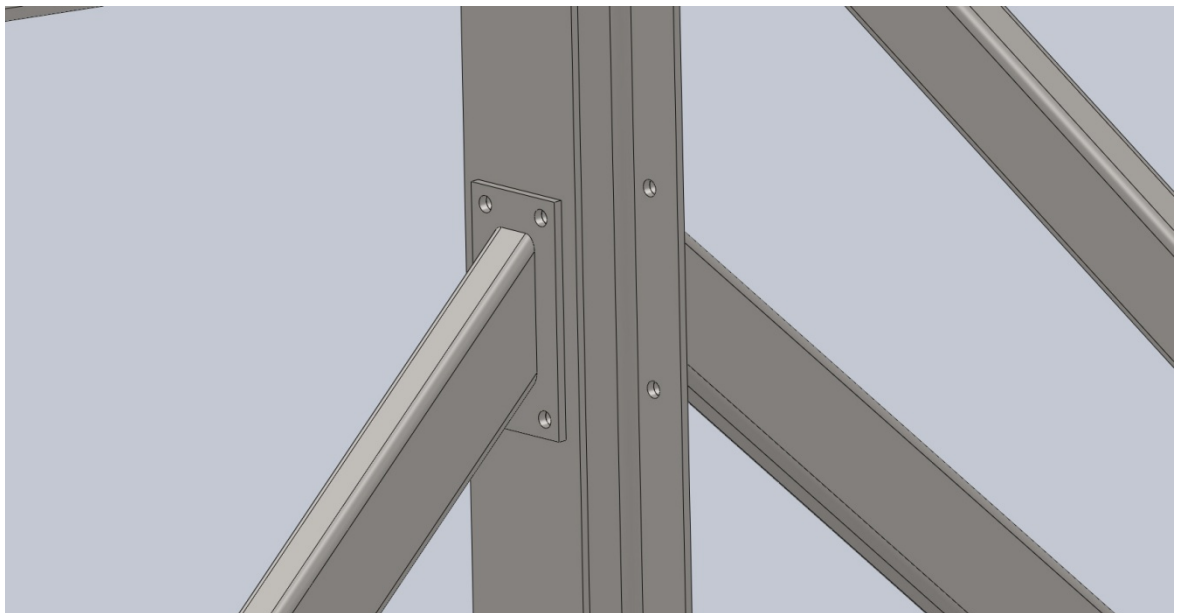
Kuviosta 7 käy ilmi, miten olen itse suunnitellut kaarevien palkkien kiinnityksen katokseen. Omassa suunnitelmassani olen kiinnittänyt palkit rinnakkain suoraan pulteilla kiinni katokseen. Tästä aiheutui se, että kaarevat palkit olivat hieman eri tasossa toisiinsa nähden. Pälli teki tähän kohtaan muutoksen, mikä näkyy parhaiten kuviossa 10. Palkkien malli oli vaihdettu putkipalkista I-palkkiin ja kiinnitys oli suunniteltu siten, että kaarevat palkit saatiin samalle tasolle. Tämä saatiin aikaan tekemällä kaarevien palkkien kiinnitykseen erilainen kiinnityslaippa. Pällin esittämä ratkaisu vähentää palkkien sahausta oikeaan kulmaan, ja täten hieman helpottaa osien valmistusta.



KUVIO 10. Kaarevien palkkien kiinnitykset.

6.3 Sivulla olevat vinotuet ja niiden kiinnitykset

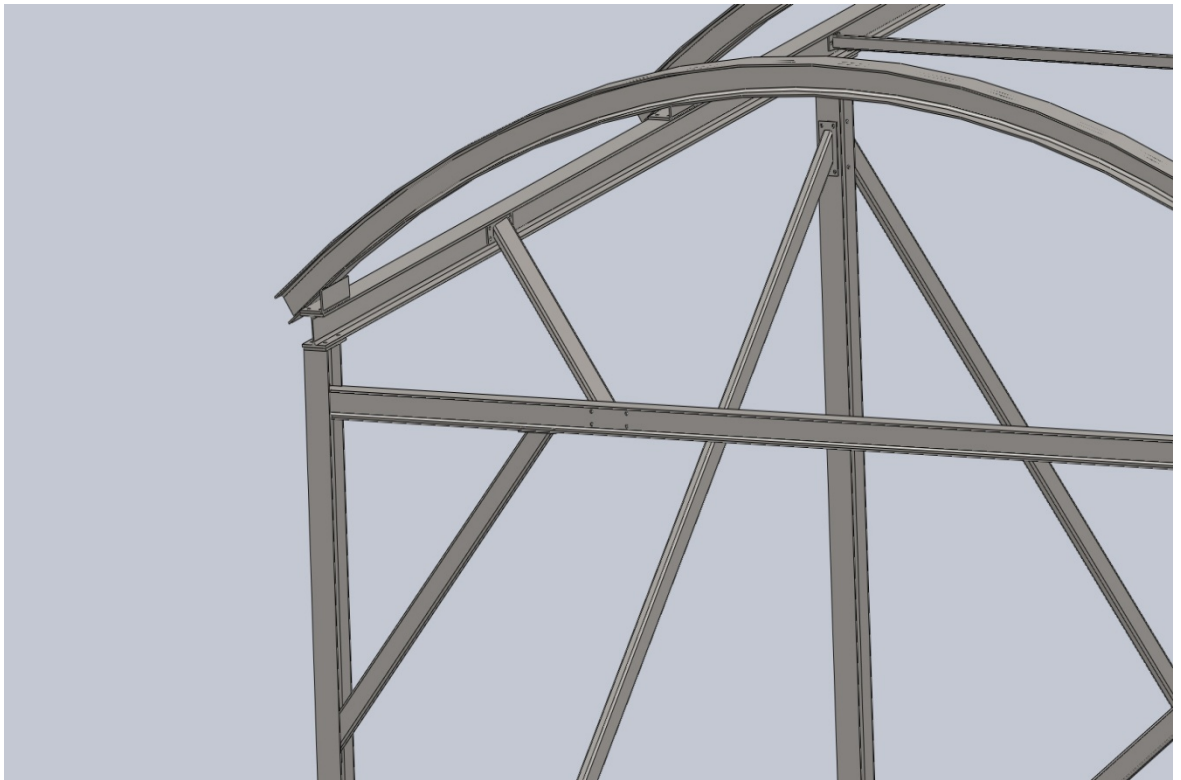
Omassa suunnitelmassani suunnittelin sivulla oleviin vinotukiin rengasmaiset kiinnitykset kokoamisen helpottamiseksi. Rengasmaiset kiinnityslaipat oli tarkoitus kiinnittää vinotukien molempiin päihin, joista ne laskettaisiin paikalleen pystypalkissa oleviin vastakappaleisiin. Pälli ymmärsi tämän ratkaisun ajatuksen, mutta materiaalivaihdoista johtuen hän päätyi hieman erilaiseen kiinnitykseen. Materiaalin vahvuus vaihtui vinotuissa ja pystypalkissa, joten kuviossa 11 esitetty kiinnitysmenetelmä soveltui paremmin uusille palkeille. Vinotukien kiinnitys tapahtuu edelleen pulteilla, mutta rengasmaiset kiinnitykset saivat väistyä.



KUVIO 11. Vinotukien kiinnitykset

6.4 Ylävinotuet

Ylävinotuet pysyivät periaatteessa muuttumattomina omaan suunnitelmaani nähden. Pälli oli lisännyt vaakatasossa kulkevan tuen, joka estää katoksen huojumista. Kuviossa 12 on nähtävissä katoksen sisäpuolelle tullut uusi ylävinotuki. Tähän tukeen oli käytetty samanlaista kiinnitystä kuin mitä itse olin käyttänyt omassa suunnitelmassani.



KUVIO 12. Ylävinotuet

7 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyöni aiheena oli suunnitella katos Suvannon pesäpallokentällä oleviin katsomoihin. Suunnittelun lisäksi työhön kuului tarvittavien lujuustarkasteluiden ja tarjouspyyntöjen toimittaminen. Työnantajana minulla toimivat Ylivieskan Kuulan pesäpallojaosto ja Ylivieskan kaupunki. Työ onnistui täysin siinä mielessä, että Ylivieskan kaupungille toimitettiin minun toimestani suunnitelmat katoksesta, lujuustarkastelut sekä yksi tarjous katoksen valmistamisesta.

Suunnitelman ollessa valmiina voin sanoa, että oppimisen kannalta en olisi voinut parempaa työtä saada. Suunnittelun aikana olen oppinut paljon suunnittelutyöstä, SolidWorks-ohjelman käytöstä, tarjousten hankkimisesta, aikataulutuksesta, eri asioiden huomioon ottamisesta suunnittelun aikana ja niin edelleen. Mikäli aloittaisin suunnittelun tekemisen nyt saamieni tietojen pohjalta tekisin lähes kaiken toisin, ja olisin säästynyt monelta ns. turhalta työvaiheelta. Silti olen tyytyväinen työn kulkuun, koska olen oppinut niin paljon eri asioista ja niiden toiminnasta.

Aloittaessani suunnitelmien tekemisen olin täysin tietämätön siitä, miten näin suuri projekti kannattaisi käynnistää. Työn seuraavissa vaiheissa törmäsin joihinkin ongelmiin, mutta mitään peruuttamattomia virheitä ei tapahtunut. Lähinnä sain omalla tietämättömyydelläni itselleni vain lisää töitä tehtäväksi.

Ensimmäinen tekemäni suunnitelma koki suuria muutoksia sen jälkeen, kun esitin sen kaupungin edustajille. Tästä opin, että tällaisen rakennelman suunnittelussa tulee aina ottaa huomioon esteettiset seikat, vaikka kustannukset onkin tarkoitus pitää mahdollisimman matalana. Lopulta opin kaupungin arkkitehdiltä, että tehdyt

muutokset eivät välttämättä juurikaan vaikutta materiaalikustannuksiin, vaikkakin niiden aiheuttamat ulkonäkömuutokset olisivat huimat.

Toisen suunnitelman tehtyäni huomasin, että alustavasti valitsemani materiaalit eivät olleet toimivia tässä suunnitelmassa. Lujuustarkasteluissa kävi hyvin selvästi ilmi, että omaa kokemattomuuttani olin valinnut huonosti toimivia materiaaleja katoksen rungoksi. Lisäksi Timo Pällin selittäessä minulle miksi materiaalivalintani eivät olleet kovin toimivia, opin jälleen paljon näin ison rakenteen suunnittelusta. Pälli myös opasti minua miten kiinnitykset kannattaa tehdä, kun materiaalit vaihtuivat erilaisiksi. Pälli painotti myös, että tekemäni suunnitelma ja siinä käytetyt kiinnitysmenetelmät olivat sinänsä toimivia, mutta hänen tekemänsä muutokset pienensivät kustannuksia ja paransivat katoksen rakenteellista lujuutta.

LÄHTEET

Kentala, K. ja Taskinen, P. Keskustelu 15.3.2011. Ylivieskan kaupunki. Ylivieska

Keskinen, J. 2011. Keskustelu 1.2.2011. Ylivieskan Kuula, pesäpallojaosto. Ylivieska

Pälli, T. 2012. Keskustelu 10.8.2011-13.4.2012. MastCraft Oy. Ylivieska.

Ruukki 2012. Kantava poimulevy T70-57L-1058. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Rakentamisen-ratkaisut/Kantavat-poimulevyt/Kantava-poimulevy-T70-57L-1058#tab0>. Muutettu 2012. Luettu 15.5.2012.

Wikipedia 2010. Suvannon pesäpallokenttä. Www-dokumentti. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Suvannon_pes%C3%A4pallokentt%C3%A4. Muutettu 2010. Luettu 5.5.2012

LIITTEET

Liite 1 Lujuus- ja kantavuustarkastelu katetun katsomon teräsrakenteille

Liite 2 Tarjous 11.4.2012 ja suunnitelmassa käytetyt materiaalit

LUJUUS- JA KANTAVUUSTARKASTELU KATETUN KATSOMON TERÄSRAKENTEILLE

Tekijä(t) Timo Pälli

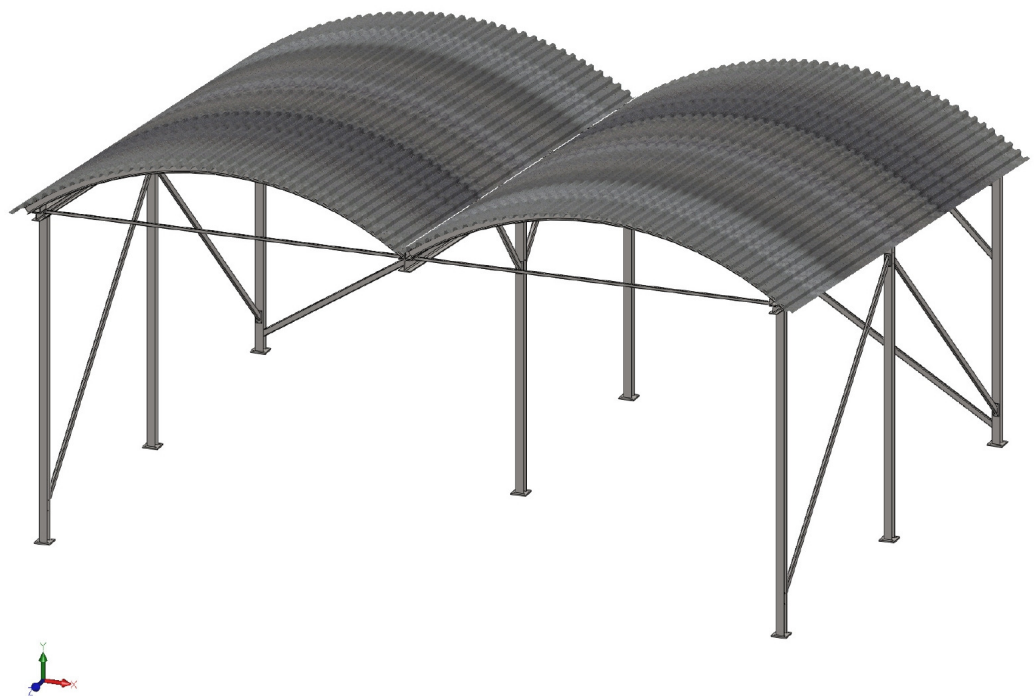
Versio nro: 0.1

Tila: [1] Laskelmat
 [1] Tulokset
 [1] Hyväksytty TP

Päiväys: 16.8.2011

Muutoshistoria:

| Versio nro | Päiväys | Tekijä | Huomautukset |
|------------|------------|------------|------------------|
| 0.1 | 20.02.2009 | Timo Pälli | Lujuustarkastelu |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



Kuva 1. Katos rakennelma

Sisällys

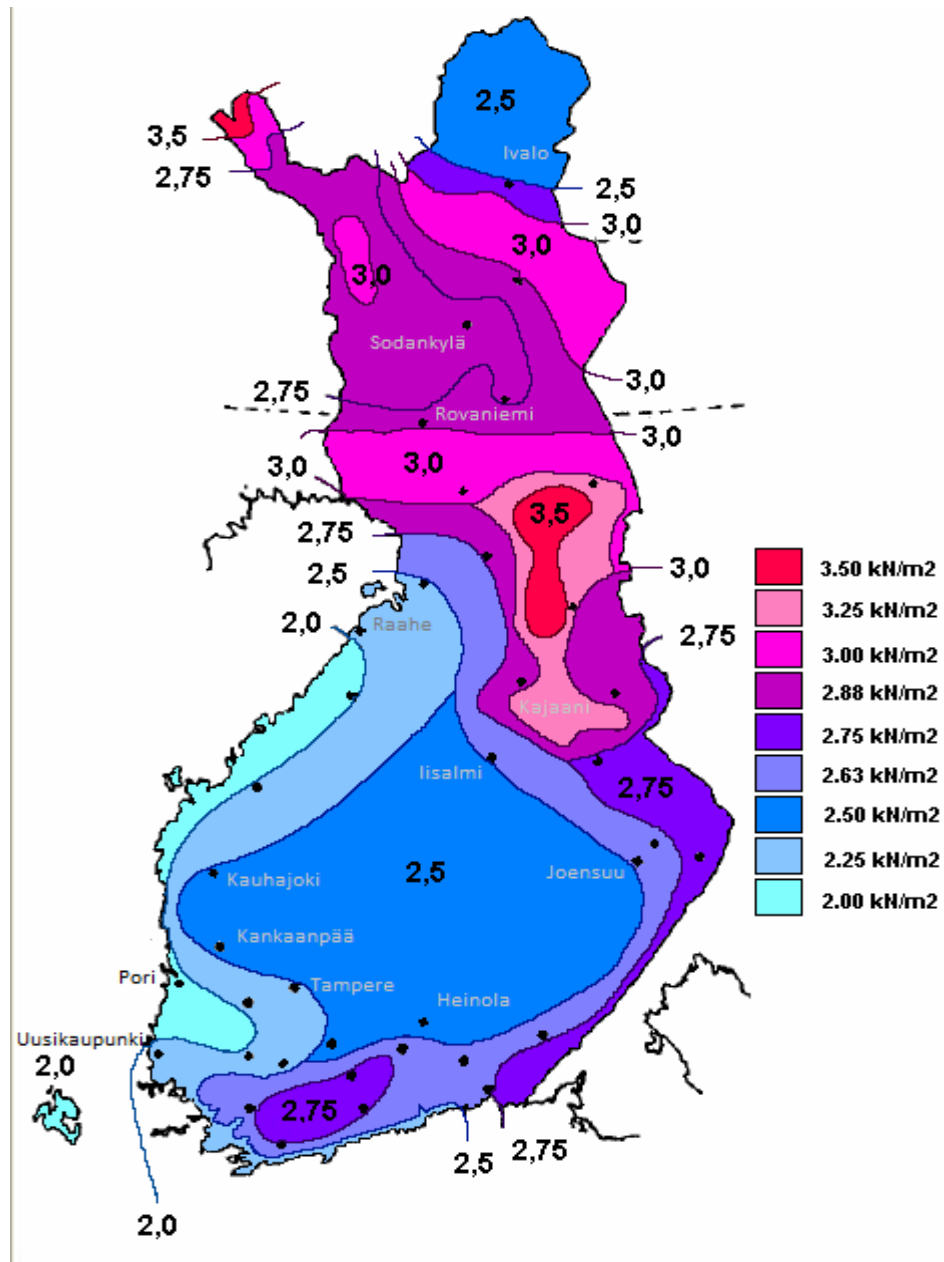
| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Johdanto | 4 |
| 2 | Lähtöarvot | 4 |
| 2.1 | Lumikuorma..... | 4 |
| 2.2 | Käytetyt putki- ja tankoprofiilit | 5 |
| 2.3 | Tuulikuorman määrittäminen..... | 5 |
| 3 | Kuormat ja niiden sijoittelu..... | 6 |
| 4 | Rakenneosien sallitut jännitykset..... | 7 |
| 4.1 | Kuormitetut rungon rakenneosat..... | 7 |
| 4.2 | Jännitys ja siirtymä tarkastelut..... | 7 |
| 5 | Rakenteelliset ratkaisut kuvitettuna | 9 |
| 6 | Yhteenveto | 11 |

1 Johdanto

Laskelmien tarkoituksena on tarkastella Suvannon kentän katsomon päälle tulevan kattorakenteiden lujuus- ja kantavuustarkastelut.

2 Lähtöarvot

2.1 Lumikuorma



Kuva 2. Lumikuorma kartta

Lumikuormaksi laskelmiin rakenteille on kartan perusteella valittu 2,25 Kn/m2.

2.2 Käytetyt putki- ja tankoprofiilit

Kuormia kantavat rakenneosat ovat

- Pystypilarit: HEA160 ja HEB160 (S355).
- Vaakasiteet: HEA140 ja putkipalkki 60 x 40 x 3 (S355).
- Vinositeet: Putkipalkki 120 x 60 x 5 ja 120 x 80 x 4 (S335).
- Katoksen niskapalkit HEB160 ja HEB240 (S355)
- Katoksen kaarevat kattopalkit HEA160 (S355)

Rakennemateriaalin S355 tiheydelle on laskennassa käytetty arvoa 7850 kg/m³ ja kimmokertoimelle arvoa $E = 208$ GPa.

2.3 Tuulikuorman määrittäminen

| Vakiot aluetyypeittäin | α | $V_{k[m/s]}$ | $V_{0[m/s]}$ | C_0 |
|--|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 1 Sisämaa | 0,23 | 15,00 | 18,00 | 1,60 |
| 2 Rannikko, Lappi, Isojenjärvien rannat | 0,20 | 16,00 | 20,00 | 1,60 |
| 3 Merenrannat, Ahvenanmaa | 0,17 | 18,00 | 23,00 | 1,55 |
| | | | | |

Taulukko 1. Tuulen nopeusarvot eri alueille

Laskelmissa valittu tuulikuorman laskenta parametreille arvot aluetyypistä 2 vastaten. (Todellisuudessa tilanne aluetyypin 1 sisämaa mukaan, mutta 2 aluetyypin arvoilla saadaan hieman lisää varmuutta laskelmiin).

$\alpha = 0,20$ (vakio)

$V_k = 16$ m/s (vuosittaisen maksimituulen keskiarvo)

$V_0 = 20$ m/s (perusnopeus)

$C_0 = 1,6$ (puuskakerroin)

TUULIKUORMAtuulikuorma W_k

$$W_k = C_k A_e C_1 q_n n_t$$

$$C_k = \text{muotokerroin (1,0)}$$

$$A_e = \text{projektiopinta (pinta-ala tuulelle m}^2\text{)}$$

$$C_1 = \text{dynaaminen lisäkerroin (1,0) (ominaistaajuudesta riippuvainen)}$$

$$q = \text{tuulenpaine}$$

$$n_r = \text{tuulenpaineen reduktiokerroin (1,0). Tuulenpaineen reduktiokerroin tuuli- ja jääkuorman kuormitusyhdistelmissä (muulloin 1,0)}$$

$$n_t = \text{tuulenpaineen kuormituskerroin (1,2)}$$

TUULEN NOPEUS

tuulen nopeus muuttuu korkeuden funktiona seuraavasti

$$V_h = C_0 V_0 (h/h_0)^{\alpha/2}$$

$$\alpha = \text{mastovakio (sisämaa 0,20)}$$

$$C_0 = \text{puuskakerroin (1,6)}$$

$$V_0 = \text{peusnopeus (20m/s)}$$

$$h_0 = 10\text{m}$$

$$V_h = \text{nopeus korkeudella h}$$

$$V_{10} = \text{puuskanopeus}$$

$$V_{10} = C_0 V_0 = 1,6 * 20\text{m/s} = 32,00 \text{ m/s}$$

TUULENPAINtuulenpaine q_h korkeuden funktiona lasketaan seuraavasti

$$q_h = 1/2 P (C_0 V_0)^2 ((ah+h)/h_0)^{\alpha}$$

$$P = \text{ilman tiheys } 1,29\text{kg/m}^3$$

$$aH = \text{rakennuksen sijoituspaikan korkeusero ympäristöstä}$$

$$h = \text{rakennuksen korkeus}$$

$$h_0 = 10\text{m}$$

tuulenpaine 10m korkeuteen asti oletetaan vakioksi ja se lasketaan seuraavasti

$$q_{10} = 1/2 P (C_0 V_0)^2$$

*Taulukko 2. Tuulikuorman määrittäminen***3 Kuormat ja niiden sijoittelu**

Katoksen kokonais lumikuormaksi tulee katon koko $200\text{m}^2 \times 2,25\text{Kn/m}^2 \rightarrow 450\text{Kn}$. Lisäksi rakenteiden täytyy kannatella kattopellin painosta aiheutuva kuorma. Kattopellin paino/ m^2 on $8,94 \text{ kg}$, kyseinen kuorma on huomioitu laskelmissa. Em. kuormat sijoitettu laskelmissa kaarevien kattopalkkien yläpintaan.

Tuulipintaa \rightarrow tuulikuormaa rakenteelle huomioitu noin 40m^2 alalle.

Tuulikuorma 28Kn jaettu ja sijoitettu kohdistuvan pysty- ja vaakapilareiden.

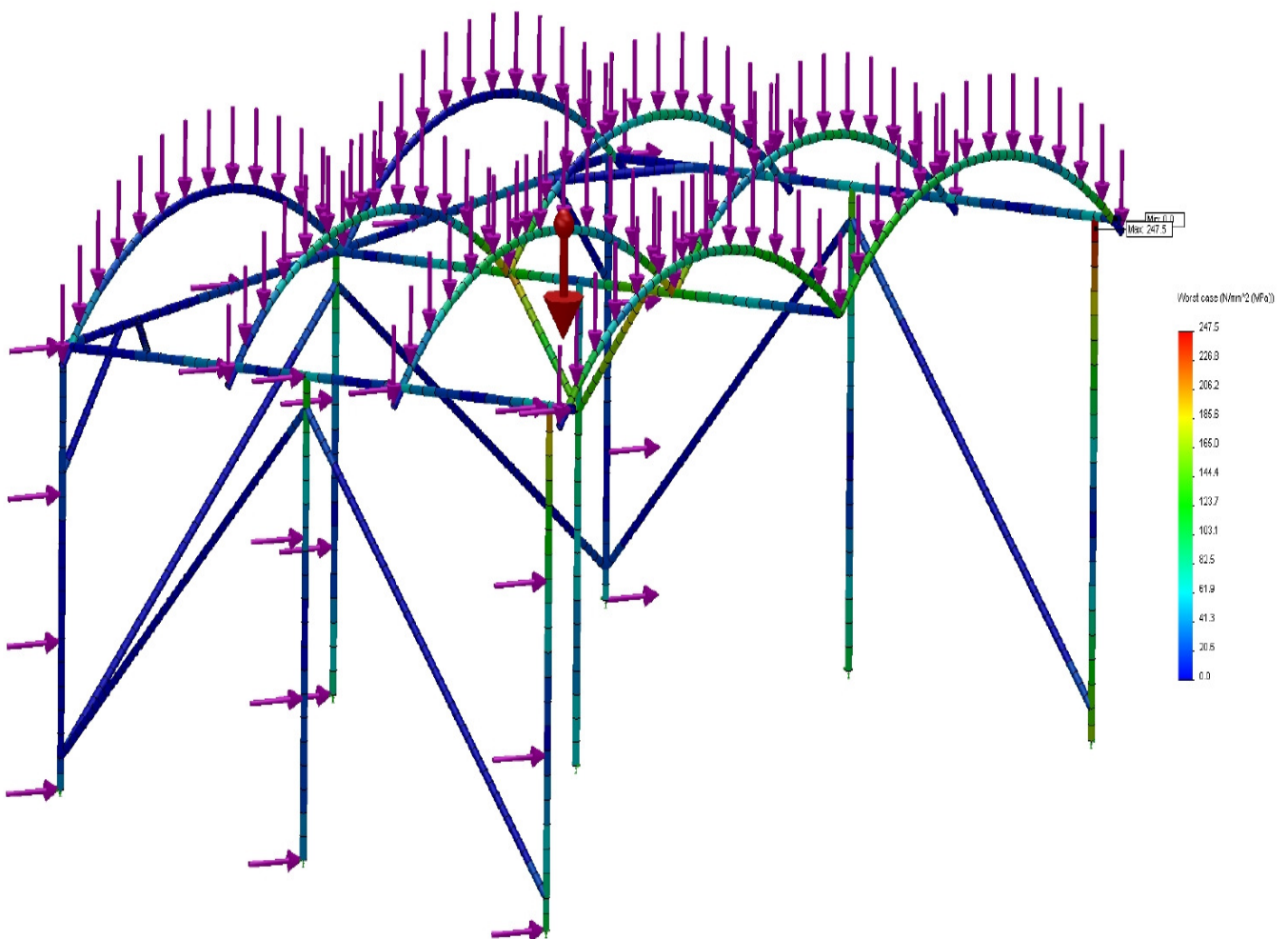
4 Rakenneosien sallitut jännitykset

4.1 Kuormitetut rungon rakenneosat

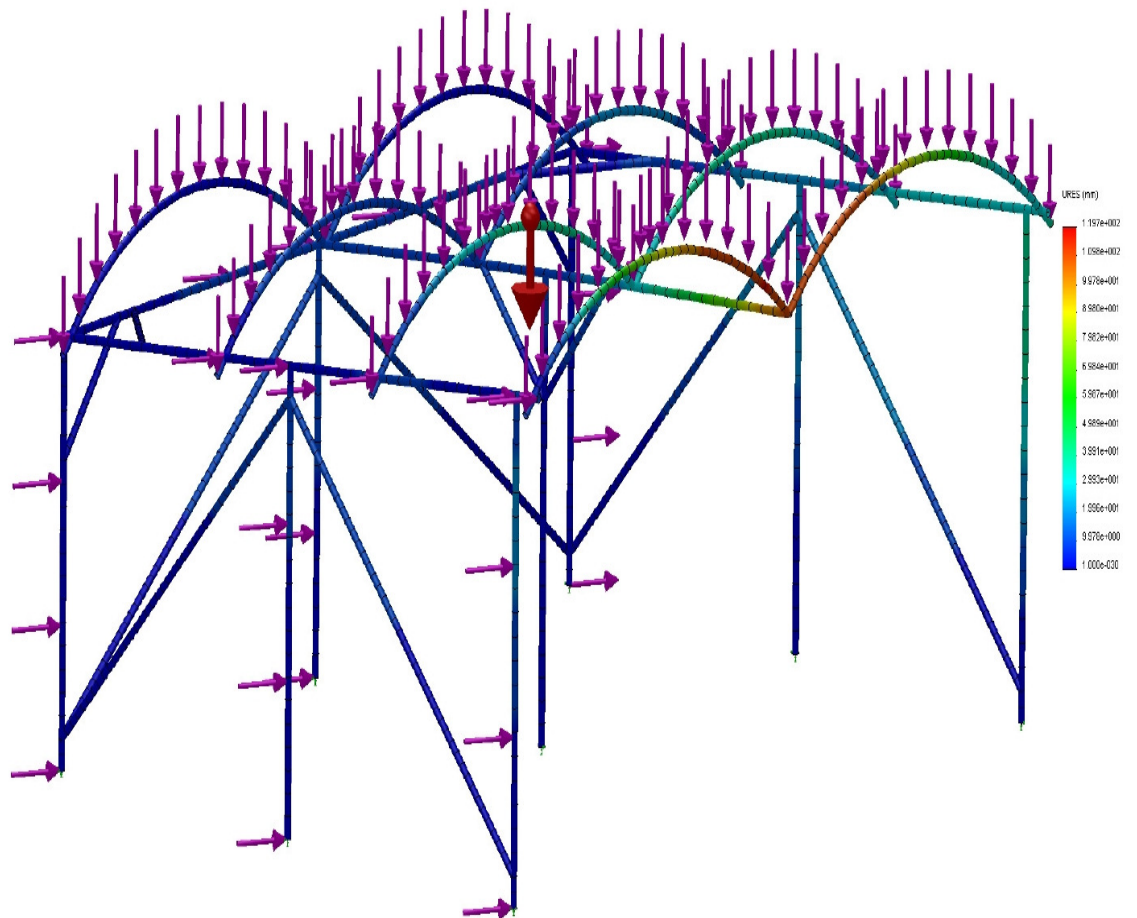
Rakenteiden materiaalin S355J2H myötöraja on 355 MPa (Rautaruukin terästuotteet, suunnittelijanopas 1996, ISBN 952-5010-03-1). Materiaalin osavarmuusluvaksi annetaan = 1,4. Tällöin saadaan suurimmaksi sallituksi jännitykseksi rakenteissa 253,6 MPa.

4.2 Jännitys ja siirtymä tarkastelut

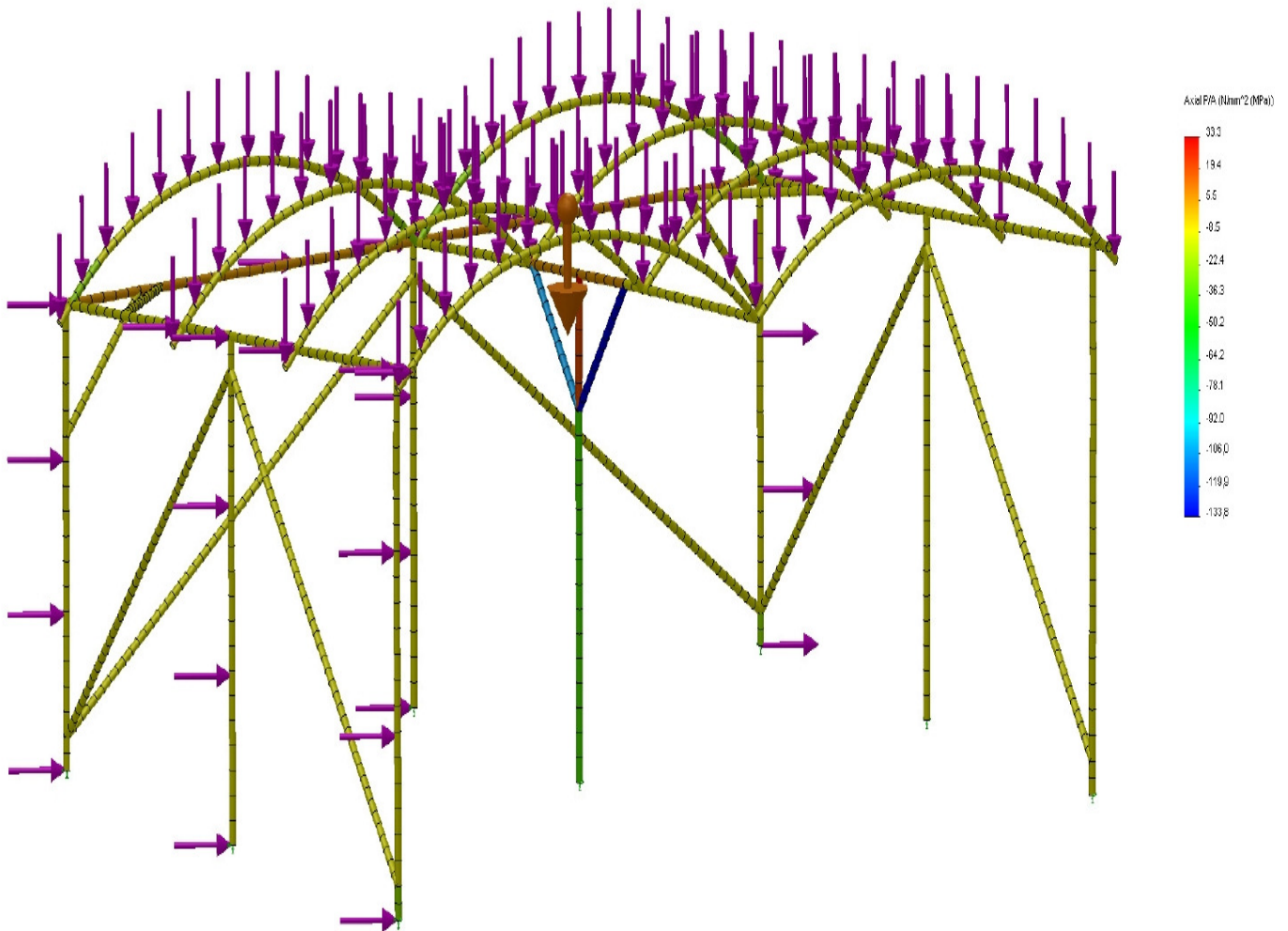
Jännitys ja siirtymä tarkastelut suoritettu FEM-anlyysin perusteella. Kuvista nähdään että jännitykset pysyvät sallituissa rajoissa.



Kuva 3. Von Mises jännitykset, MAX. 247Mpa



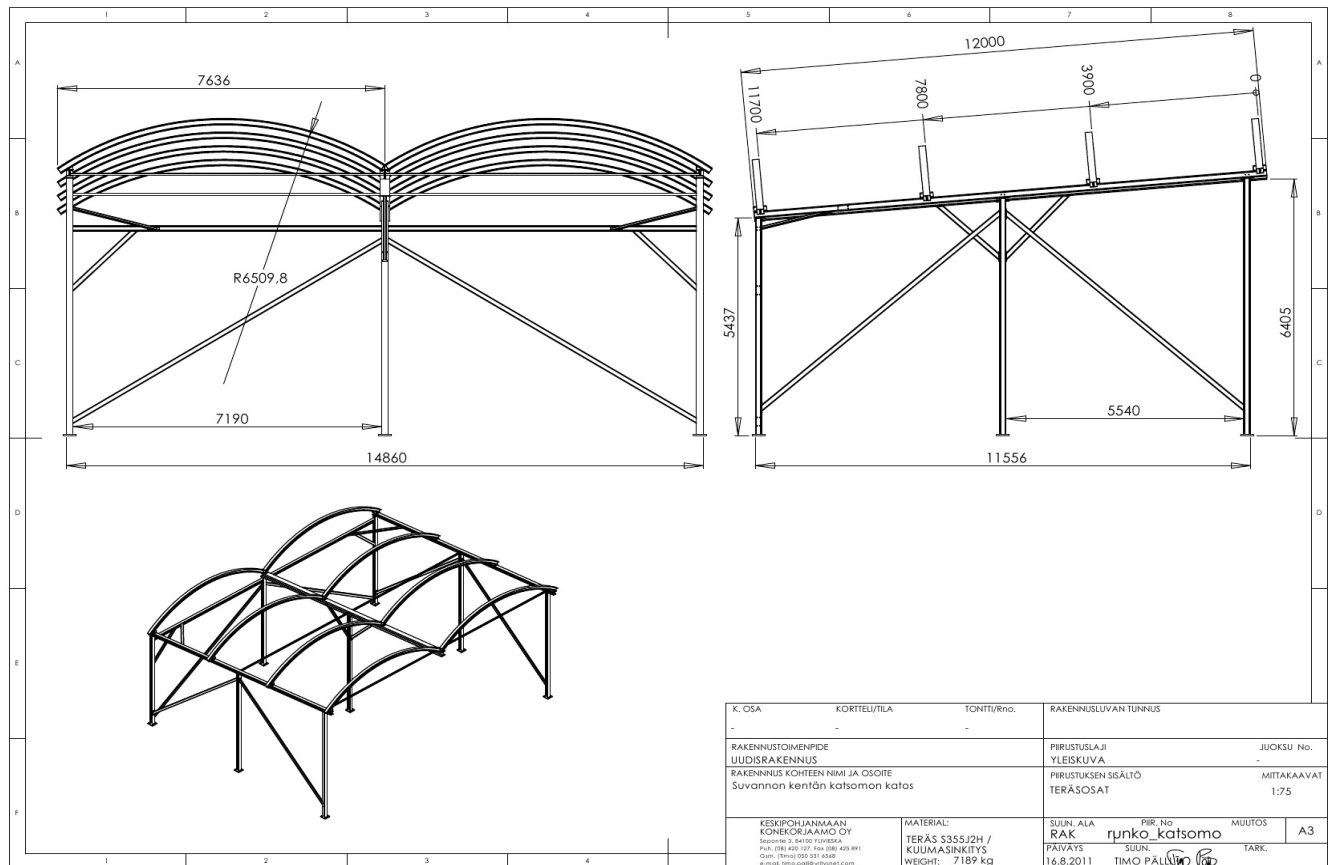
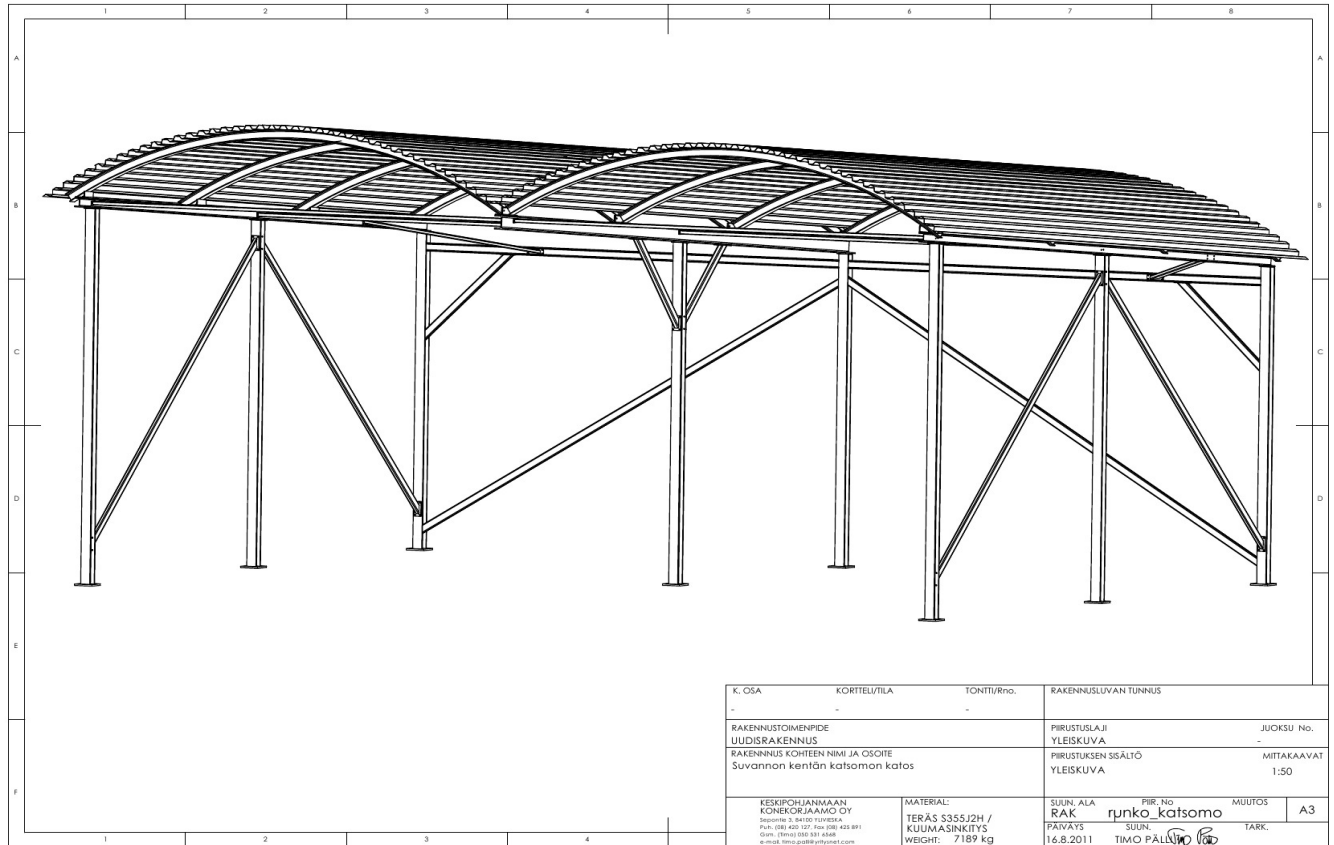
Kuva 4. FEM-analyysi siirtymät, MAX.119mm



Kuva 5. FEM-analyysi nurjahdus jännitykset MAX.-134Mpa.

5 Rakenteelliset ratkaisut kuvitettuna

Rakenteelliset ratkaisut, rakenteet kokoonpannaan pulttiliitoksin asennuspaikalla.



Kuvat 7 ja 8. Rakenteelliset ratkaisut.

6 Yhteenveto

Tässä raportissa on esitetty Suvannon katsomon kattamiseen tarkoitettun katoksen lujuus- ja kantavuustarkastelut.

Lopuksi todettakoon että suunniteltu katos täyttää täyttää sille asetetut vaatimukset.

| Asiakas | | Laskutusosoite | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------------|---------------------|
| Ylivieskan kaupunki | | Ylivieskan kaupunki | | | |
| Lisätiedot: | | Toimitusosoite | | | |
| Toimitusaika: | Perustuksen tarvikkeet 1 vk Teräsrakenteet 4 vk | Suvanto/pesäpallokenttä Ylivieska | | | |
| Toimitusehto | | Maksuehto | 14 pv | | |
| Tilaus numero | | Viivästyskorko | 18% | | |
| Kuljetusmuoto | | Valuutta | EUR | | |
| Bruttopaino (teräsrak.) | 7203 | | | | |
| Bruttopaino (kattopelti) | | | | | |
| Ostajan yhteyshlö: | | | | | |
| Vastuumyyjä: | Timo Pälli | | | | |
| Nimike/Nimitys | | Til. Määrä | 'a Määrä | alv 0% a-hinta | alv 0% Summa |
| <p>Teräsrakenteet (Suvannolle) toimitettuna ilman asennusta. Kokoonpano pulttiliitoksin. Teräsrakenteet valmistetaan kuvien mukaisesti. Tarjous ei sisällä sinkitystä eikä palkkien taivutusta.</p> | | | | | |
| HEA/HEB runkopalkit (laser) | | kg | 4900 | | |
| Taivutettavat kattorunkopalkit HEA160 | | kg | 1945 | | |
| Huom! Taivutettavat palkit toimitetaan sovittuun paikkaan taivutettavaksi. Taivutuksen jälkeen ne toimitetaan MastCraftille jatkotyöstöön. | | | | | |
| Levyleikkeet, pohjalätkät ja yläpään kiinnitysosat | | kg | 343 | | |
| Perustuksen tarvikkeet | | kpl | 1 | | |
| Rakennesuunnittelu, lujuustarkastelu ja konepajatyö | | kpl | 1 | | |
| Kiinnitystarvikkeet, kuumasinkittynä | | kpl | 1 | | |
| Kattopelti, poimulevy T70-57L-1058 (08/350) Znk | | m² | 200 | | |
| | | Loppusumma alv 0 % alv 23 % Loppusumma alv 23 % | | | |
| Optio, teräsrakenteiden sinkitys | | kpl | 1 | | |