

LIUKUOVIJÄRJESTELMÄ

Tuotekehitys: Weckman Steel Oy

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Suunnittelupainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2011
Antti Alanko

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

ALANKO, ANTTI:

Liukuovijärjestelmä
Tuotekehitys

Suunnittelupainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 23 sivua, 4 liitesivua

Kevät 2011

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on tehty Weckman Steel Oy:lle, joka on keskisuuri metallialan yritys. Yhtiö on erikoistunut teräsohutlevy tuotteiden sekä teräshallien ja traktorin perävaunujen valmistukseen. Opinnäytetyö liittyy Tuhti-tuotemerkkisiin teräshalliin tuleviin liukuovijärjestelmiin.

Liukuovijärjestelmän tuotekehityksen tavoitteina oli parannella vanhan liukuovijärjestelmän rakennetta niin, että tuotteen valmistuskustannukset pienenisivät, sekä saada liukuovijärjestelmä vastaamaan enemmän asiakkaiden tarpeita.

Tuotekehityksen tuloksena tässä opinnäytetyössä esitetään täysin uusi liukuovijärjestelmä uudella toimintaperiaatteella sekä ovijärjestelmän osilla. Osaa uusista osista pystytään myös soveltaman suoraan vanhan liukuovijärjestelmän paranteleluun.

Avainsanat: tuotekehitys, liukuovi

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

ALANKO, ANTTI: Product development for a slide door system

Bachelor's Thesis in Mechatronics 23 pages, 4 appendices

Spring 2011

ABSTRACT

This thesis was made for Weckman Steel Oy, which is a medium-sized metal company. The company is specialized in steel sheet metal products, steel halls and tractor trailers. The thesis involves a slide door system for steel halls known as Tuhti products.

The objectives for the development of the slide door systems were to improve the structure of the old slide door system so that the production cost would decrease and the product would meet the customers needs better.

As a result of the product development, carried out during this study a totally new slide door system was created. Some components of the new system can be directly applied to improve the old slide door system.

Key words: slide door, product development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Yritys	1
1.2	Teräshallit	1
2	TUOTEKEHITYKSEN LÄHTÖKOHDAT	2
2.1	Tuotekehityksen tavoitteet	2
2.2	Liukuovijärjestelmä	2
2.2.1	Liukuovi	3
2.2.2	Rullasto	4
2.2.3	Ovikisko	5
2.2.4	Ovikiskon kannatin	5
2.2.5	Alaohjain	6
2.2.6	Topparilevy	7
2.2.7	Sivulevy	7
2.3	Suunnittelun apuvälineet	8
2.3.1	Autodesk Inventor	8
2.3.2	Solidworks	8
3	TUOTEKEHITYS	9
3.1	Ovikisko	9
3.1.1	Ovikiskon profiili	9
3.1.2	Kiskon kestävyys tarkastelu	11
3.1.3	Materiaali ja pintakäsittely	12
3.2	Rullasto	14
3.3	Ovikiskon kannatin	15
3.3.1	Kannattimen asennus	17
3.3.2	Liukuovien asennus seinään pulttaamalla	18
3.4	Alaohjain	19
3.5	Sivulevy	20
3.6	Topparilevy	21
3.7	Toppari ovikiskoon	22
4	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET	24
	LIITTEET	25

1 JOHDANTO

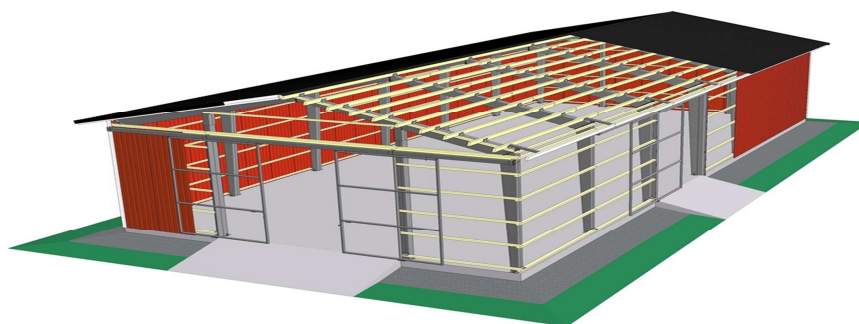
1.1 Yritys

Weckman Steel Oy on vuonna 1962 perustettu yksityinen perheyhtiö, joka on erikoistunut teräsohutlevytuotteiden sekä teräshallien ja traktorin perävaunujen valmistukseen. Yhtiön toimipisteet sijaitsevat Vierumäellä sekä Iisalmessa. Weckmannin konsernin muita yrityksiä ovat Levypyörä ja As Esco (Viro). Weckman Steel Oy:n liikevaihto vuonna 2010 oli 33,2 milj. euroa, josta ohutlevytuotteiden osuus oli 70 %. Vuonna 2010 yhtiön palveluksessa oli noin 150 henkilöä. Yhtiöllä on vientiä 17 maahan, esimerkiksi Venäjälle, Ruotsiin, Norjaan ja Saksaan. Viennin osuus liikevaihdosta on 25 % (Weckman Steel Oy 2011.).

1.2 Teräshallit

Opinnäytetyö perustuu Weckmannin Tuhti-tuotemerkkisiin teräshalleihin sekä konekatoksiin tuleviin liukuovijärjestelmiin. Weckman on aloittanut teräshallituotannon vuonna 1981, ja vuoden 2010 loppuun mennessä halleja on valmistettu lähes 9000 kpl. Hallien suurimmat kohderyhmät ovat maatalous sekä pienteollisuus.

Weckmannin Tuhti-hallin kantavana rakenteena toimii pulttiliitoksin koottava itsekantava teräskehä. Kotelorakenteinen kolminivelkehä mahdollistaa sen, että hallissa on vapaata varastointitilaa lattiasta harjalle asti ilman tilaa vieviä ristikoita. Weckmannin valmistamat pulpettikattoiset konekatokset on toteutettu putkipalkkirakenteella. Kuviossa 1 on esitetty tuhti-hallin leikkauskuva.



KUVIO 1. Teräshallin leikkauskuva

2 TUOTEKEHITYKSEN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Tuotekehityksen tavoitteet

Tuotekehityksen tärkeimmät tavoitteet ovat parantaa vanhan liukuovijärjestelmän rakennetta niin, että tuotteen valmistuskustannukset pienenisivät, sekä saada liukuovijärjestelmä vastaamaan enemmän asiakkaiden tarpeita. Valmistuskustannuksia on mahdollista alentaa rakennetta yksinkertaistamalla niin, että osien työvaiheet vähenisivät. Esimerkiksi osakokoonpanojen hitsausliitoksia pitäisi saada vähennettyä tai niiden tilalle täytyisi kehittää vastaava halvempi liitosmenetelmä.

Vanhan liukuovijärjestelmän asennus teräshalliin tapahtuu hitsaamalla, joka ei ole kaikilla työmailla mahdollista. Lisäksi hitsausolosuhteet eivät aina ole suotuisat työmaalla tapahtuvaan hitsaustyöhön, joten tilalle täytyisi kehittää erilainen asennustapa. Lähtökohtana olisi, että asiakas voisi asentaa liukuoven haluamalleen paikalle ilman ylimääräisiä hitsaustöitä tai asennuksia. Asennustapaa muuttamalla liukuovijärjestelmästä saisi toimivamman kokonaisuuden, joka mahdollistaisi tuotteen myymisen myös muihinkin rakennuksiin kuin Tuhti-halleihin.

Liukuovijärjestelmän osilla on myös jonkin verran hävikkiä, jota olisi saatava vähennettyä. Valmiit osat joutuvat joissakin tapauksissa odottamaan pitkiäkin aikoja ulkovarastoissa ennen asiakkaille toimittamista, mikä aiheuttaa kappaleissa maalipinnan heikkenemistä huomattavasti sekä osien ruostumista. Hävikin aiheuttavat materiaaliratkaisut sekä pintakäsittelymenetelmät.

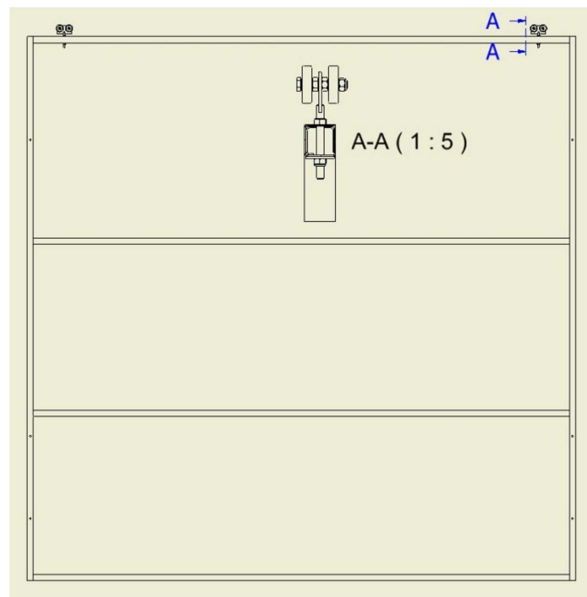
2.2 Liukuovijärjestelmä

Liukuovijärjestelmään kuuluvat seuraavat osat: ovi, ovikisko, ovikiskon kannatin sekä kiinnitin, rullasto, sivulevy, topparilevy ja alaohjain. Liukuovijärjestelmiä on kolmenlaisia. Yhden oven järjestelmässä on yksi ovi yhdellä ovikiskolla. Kahden oven järjestelmässä on kaksi ovea kahdella kiskolla. Ainoana erona yhden oven järjestelmään on ovikiskon kannatin, johon asennetaan kaksi ovikiskoa. 2-osaisessa järjestelmässä on kaksi ovea yhdellä kiskolla. 2-osaiseen järjestelmään

ei tule lainkaan topparilevyä vaan molemmille puolille oviaukkoa tulee sivulevy. Liitteissä 1 - 3 on kaikkien kolmen järjestelmän rakennepiirustukset.

2.2.1 Liukuovi

Oven runko valmistetaan 50 mm:n putkipalkista, jonka ainevahvuus on 2 mm. Oven rungossa on kaksi pystyputkea, joihin on hitsattu neljälle vaakaputkelle kiinnikkeet. Ylimpään vaakaputkeen asennetaan kaksi rullastoa, joiden varassa ovi liikkuu ovikiskoa pitkin. Oven runkopalkit on maalattu pulverimaalilla. Ovia valmistetaan kahta korkeutta (4100 mm sekä 4400 mm), mutta leveyksiä on useita. Ovia on myös mahdollista tilata erikoismitoilla. Kuviossa 2 on liukuoven rungon piirustus.



KUVIO 2. Liukuoven runko

Oven runko toimitetaan irto-osina, joten asiakas joutuu kasaamaan sen työmaalla. Rungon vaakaputket kiinnitetään pystyihin joko hitsaamalla tai poraruuveilla. Yleisin verhous ovelle on profiilipelti, mutta lautaverhous on myös mahdollinen asenta

Ovenkahvoja on kahdenlaisia: nivelellisiä ja jäykkiä. Nivelellinen kahva asennetaan, jos ovia on kahdella kiskolla ja ovet menevät päällekkäin. Oven kahva koostuu kolmesta osasta: putkesta, jonka molemmat päät on taivutettu 90 asteen kulmaan, ja kahdesta kuusioruuvista, jotka on hitsattu putken molempiin päihin (kuvio 3)



KUVIO 3. Ovenkahvamallit

2.2.2 Rullasto

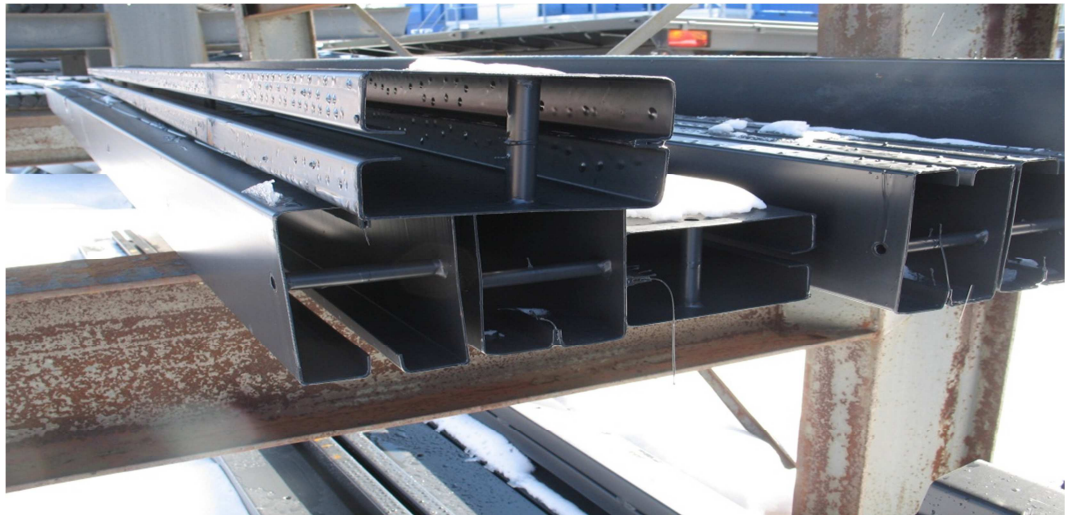
Ovikokoonpanoon kuuluu kaksi rullastoa, molemmissa rullastoissa on 4 ovirullaa. Rullat on kiinnitetty pultilla ja mutterilla kiinnityslevyyn. Kiinnityslevyyn on hitsattu M12-kierretanko, jonka varassa oven runko riippuu. Kuviossa 4 on esitetty rullaston rakenne.



KUVIO 4. Rullasto

2.2.3 Ovikisko

Ovikiskoja valmistetaan neljää eri vakiomittaa (3000 mm, 4000 mm, 4400 mm sekä 5100 mm). Kiskon kantavuus on 300 kg ja sen maksimi kiinnitysväli on 5000 mm. Verrattuna kilpailevien liukuovivalmistajien ovikiskoihin on Weckmannin kiskolla suuri kiinnitysväli. Markkinoilla olevien kiskojen yleisin kiinnitysväli on 500 – 1500 mm. Kisko on valmistettu kahdesta C-palkista, jotka on hitsattu toisiinsa kiinni niin, että alapuolelle jää 12 mm:n rako, jossa rullaston kiinnityslevy mahtuu liikkumaan ja näin ollen kannattamaan oven runkoa. Kuviossa 5 on ovikiskoja ulkovarastossa.



KUVIO 5. Ovikiskoja

2.2.4 Ovikiskon kannatin

Ovikiskon kannattimella liukuovikisko asennetaan teräshallin pystypilariin kiinni. Kannattimessa on kaksi osaa, joista toinen hitsataan pilariin kiinni (kuvio 6) ja toiseen asennetaan ovikiskoon (kuvio 7). Keskenään osat ovat toisissaan pulttiliitoksella kiinni ovikiskon asennuksen helpottamiseksi. Yksioviselle sekä kaksi oviselle liukuovijärjestelmälle on molemmille omat kannattimet.



KUVIO 6. Kannattimen kiinnitin



KUVIO 7. Ovikiskon kannattimet

2.2.5 Alaohjain

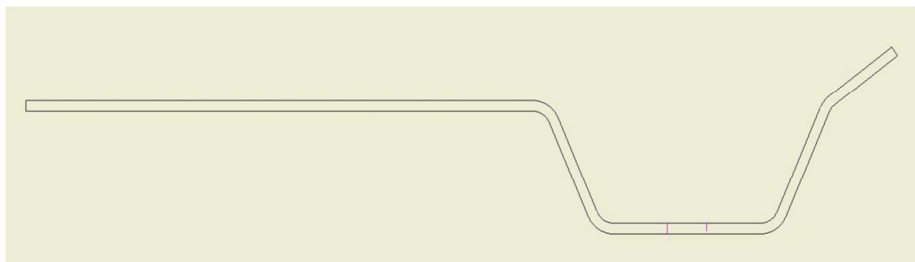
Alaohjaimen tarkoitus on estää liukuoven sivuttaissuuntainen heiluminen ja pitää ovet linjassaan. Ohjaimia on kahdenlaisia, yksiovisen liukuovijärjestelmään sekä tuplakiskolliseen järjestelmään, jossa on kaksi ovea vierekkäin. Molemmat ohjaimet ovat kuviossa 8.



KUVIO 8. Alaohjain yhdelle ovelle sekä kahdelle ovelle

2.2.6 Topparilevy

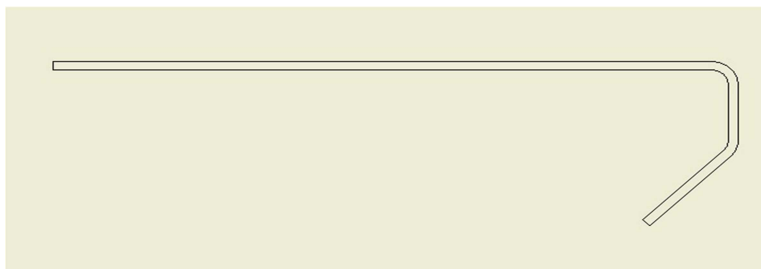
Topparilevyn tarkoitus on, että liukuovi tulisi sitä vasten, kun ovi on suljettuna. Liukuovi on myös mahdollista lukita topparilevyyn kiinni ovirunkoon lisättävän lukituskappaleen avulla. Topparilevyjä valmistetaan kahta eri korkeutta (4110 mm ja 4410 mm) sekä kahta eri leveyttä. Leveys määräytyy sen mukaan onko liukuovia yksi tai kaksi rinnakkain. Topparilevy asennetaan hallin pystypilariin hitsaamalla. Kuviossa 9 on esitetty topparilevyn profiili.



KUVIO 9. Topparilevyn profiili

2.2.7 Sivulevy

Sivulevyn tarkoitus on peittää seinän ja liukuoven väliin jäävä rako. Sivulevyjä valmistetaan kahta eri korkeutta sekä leveyttä. Levy on valmistettu särmämällä 3 mm:n metallilevystä. Sivulevy asennetaan hallin pystypilariin hitsaamalla. Kuviossa 10 on esitetty sivulevyn profiili.



KUVIO 10. Sivulevyn profiili

2.3 Suunnittelun apuvälineet

Liukuoven tuotekehityksen sekä mallintamisen apuvälineinä on käytetty kahta eri 3D-mallinnusohjelmaa: Autodesk Inventoria sekä Solidworksia. Ohjelmat ovat toimintaperiaatteeltaan hyvin samanlaisia. Weckman Steel Oy käyttää Inventoria hallisuunnittelun apuvälineenä, joten osien mallintamiseen on käytetty kyseistä ohjelmaa. Koska Weckmannilla ei ollut tarjota mitään ohjelmaa lujuuslaskennan apuvälineeksi, niin on se hoidettu Solidworksin avulla, joka oli minulle entuudestaan tuttu ammattikorkeakoulusta.

2.3.1 Autodesk Inventor

Autodesk on vuonna 1982 perustettu ohjelmistoyritys, joka on keskittynyt 2D- ja 3D-suunnitteluohjelmien valmistukseen. Autodesk julkaisi vuonna 1999 ensimmäisen version Inventor 3D -mekaniikkasuunnitteluohjelmistosta. Inventorilla on mahdollista mallintaa 2D- sekä 3D- piirustuksia. Ohjelmalla voidaan luoda kolmenlaisia tiedostoja: osia, kokoonpanoja sekä työpiirustuksia. Osat ovat sidoksissa toisiinsa siten, että muutettaessa osan tietoja ohjelma automaattisesti muuttaa tiedot kokoonpanoihin joissa, osaa on käytetty sekä osasta tehtyihin piirustuksiin. Mallintaminen Inventorilla tapahtuu yleensä niin, että ensin mallinnetaan kaksiulotteinen kuvanto kappaleesta aputasolle, minkä jälkeen kuvannosta pursotetaan kolmiulotteinen kappale.

2.3.2 Solidworks

Solidworks on Dassault Systemes Solidworks Corporation -yrityksen valmistama 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto. Yritys on perustettu 1993, ja se julkaisi ensimmäisen version Solidworks-ohjelmasta vuonna 1995. Solidworks on ohjelmana hyvin samankaltainen kuin Inventor, joten mallintaminen ohjelmilla tapahtuu samalla periaatteella. Solidworks-ohjelmalla on Simulation-niminen lisäosa, jolla pystytään tarkastelemaan mallinnettujen kappaleiden muodonmuutoksia ja jännityksiä dynaamisten kuormien vaikuttaessa. Simulation toimii FEA- periaatteella (Finite Element Analysis), joka tarkoittaa elementtimenetelmällä suoritettavaa laskentaa.

3 TUOTEKEHITYS

3.1 Ovikisko

Liukuovijärjestelmän suurin kulmakivi on ovikisko. Nykyisellään ovikiskon rakenne ei enää vastaa asiakkaan tarpeita. Asiakkaat tarvitsevat leveämpiä ja korkeampia oviaukkoja, joita vanha ovikisko ei enää kestä. Tuotannon kannalta ovikiskossa on useita työvaiheita, joita olisi saatava karsittua.

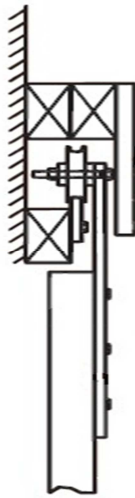
Ovikisko on valmistettu kahdesta C-profiilipalkista, jotka on hitsattu toisiinsa kiinni. Hitsauksesta johtuva lämpölaajeneminen aiheuttaa kiskonpuolikkaille jännitystiloja ja näin ollen muodonmuutoksia, joista syntyy hävikkiä ovikiskotuotannolle. Kun C-palkit hitsataan yläreunasta toisiinsa, pyrkii alareuna lämpölaajenemisesta johtuen avautumaan. Lämpölaajenemisen takia on jouduttu lisäämään kiskonpuolikkaiden väliin tukiputket, jotka pitävät ovikiskoprofiilin muodossaan. Tätä voisi kutsua valmistusmenetelmistä johtuvaksi ylimääräiseksi työksi. Hitsaus on liitosmenetelmänä suhteellisen kallis, joten sitä olisi saatava vähennettyä tai jätettävä pois kokonaan.

Ovikiskojen kastomaalaamisesta luopumista voisi myös harkita. Maalipinnan vaurioituessa rakenneteräksestä valmistettu ovikisko alkaa ruostua ja näin maali alkaa hilseillä. Jo lähtökohtaisesti oven rullasto kuluttaa kiskon maalipinnan rikki mikä aiheuttaa haittaa rullaston liikkumiselle. Jollei ruoste heikennä kiskon rakennetta, niin on se ainakin visuaalinen haitta.

3.1.1 Ovikiskon profiili

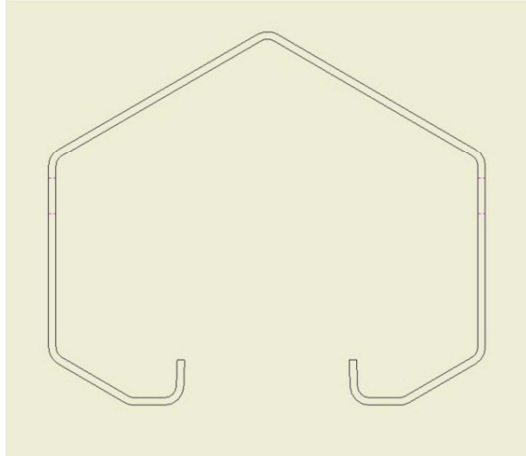
Näistä lähtökohdista alkoi kokonaan uuden ovikiskoprofiilin suunnittelu. Ensimmäisiä ajatuksia kiskosta oli, että miksi kisko täytyy valmistaa kahdesta osasta. Kiskon puolikkaat valmistetaan valssaamalla, joten eikö valssaamalla voisi tehdä kerralla koko kiskoa niin, että hitsauskokoontaminen jäisi pois kokonaan. Toinen ajatus ovikiskosta oli, että onko yhdelle kiskolle mahdollista asentaa kahta ovea. Vanhassa ovijärjestelmässä, jos tulee kaksi ovea vierekkäisiin välikehiin, asenne-

taan ovet kahdelle vierekkäiselle ovikiskolle (liitteessä 2 on esitetty kaksi ovisen järjestelmän rakeenne). Vanhoissa ladoissa ja kuivureissa olen nähnyt niin sanottuja rissapyöräliukuovia. Niiden toiminta perustuu lattarautakiskoon, jonka päällä rissapyörät liikkuvat. Kuviossa 11 on piirretty rissapyöräliukuoven poikkileikkaus, josta nähdään, että liukuovella ja rissapyörällä on sama paino keskipiste, eli ollessaan normaalitilassa ovi roikkuu suorana alaspäin. Samalla periaatteella voisi toteuttaa kiskon kaksi ovisuuden.



KUVIO 11. Rissapyörä liukuovi

Suunnittelun alkuvaiheessa uusia ovikiskoprofiileja oli useita, mutta päätin jatkokehittää kuviossa 12 esitettyä ovikiskoprofiilia. Verrattuna vanhaan ovikiskoon uudessa kiskossa on pienemmät nurjahtavat pinnat. Lisäksi harjamaisen yläosan ansiosta kiskolla ei ole niin sanottuja korroosioalttiita pintoja, koska vesi ei voi jäädä millekään pinnalle seisomaan. Uusi ovikisko profiili on myös mahdollista valmistaa tarvittaessa särmämällä.



KUVIO 12. Ovikiskoprofiili

Uudelle ovikiskolle olisi mahdollista asentaa joko yksi ovi tai kaksi ovea. Rullaston olisi tarkoitus liikkua noin 16 mm leveällä vaakatasolla. Tason toinen reuna on särmätty melkein 90° kulmaan 15 mm:n matkalta, jotta rulla ei pääsisi putoamaan kiskolta. Toiselle reunalle on kantattu loivempi kulma jonka tarkoitus on ohjata ja keskittää rullan liikkumista kiskolla.

3.1.2 Kiskon kestävyys tarkastelu

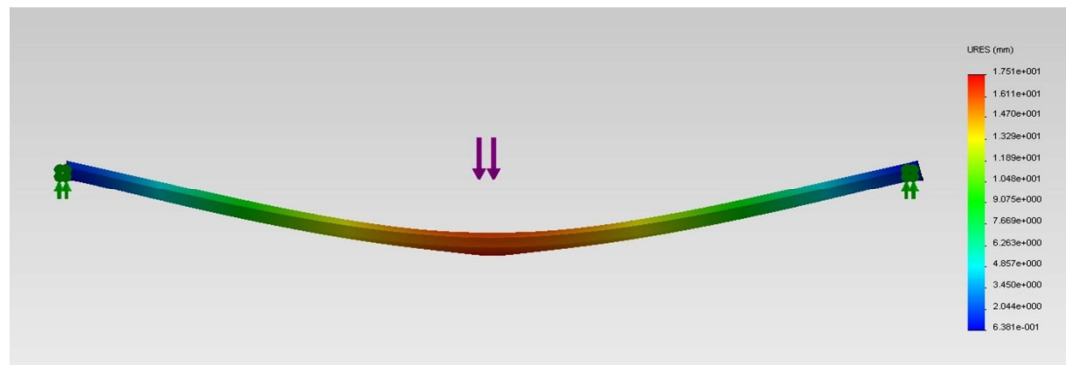
Mallinsin ovikiskon Solidworks-ohjelmalla, jotta voisin tarkistella profiilin kestävyttä simulaatio-ominaisuudella. Tein kiskosta 5100 mm pitkän, koska se on vakiohallissa pisin kiinnitysväli ovikiskolle, eli suurin oviaukko. Suurin rasitus kiskolle tulee, jos sille on asennettu kaksi ovea ja molemmat ovat samaan aikaan avattu puoliksi niin, että toisen pään rullasto on kiskon puolivälissä. Tuolloin kiskolle tulee pistemäinen kuorma, joka vastaa puolta liukuoven rungon painosta. Suurin liukuovi on leveydeltään 5100 mm, korkeudeltaan 4400 mm ja sille tulee verhouksineen painoa 240 kg.

Simulointivaiheessa kiskolle annetaan vaikuttavat voimat sekä kiinnitysheidot. Kiskon puoleenväliin tuli molemmille puolille pistemäinen kuorma, jonka suuruus on 1200 N alaspäin. Kisko on tuettu molemmista päistä 50 mm:n matkalta sivuseinämiltä sekä kiskon alapuolelta. Kiskon materiaalina käytin rakenneterästä. Tein simuloinnin eri materiaalipaksuuksilla nähdäkseni, kuinka se vaikuttaa kiskon kestävyteen. Taulukossa 1 on esitetty tulokset suurimmasta muodonmuutok-

sesta eri materiaalipaksuuksille. Kuviossa 13 on 2,5 mm paksun kiskon suurin muodonmuutos.

TAULUKKO 1. Kiskon suurin muodonmuutos eri materiaalipaksuuksilla

Materiaalin paksuus (mm)	Suurin muodonmuutos (mm)
2,0	22,9
2,5	17,5
3,0	14,7



KUVIO 13. Ovikiskon muodonmuutos

Tuloksista voi päätellä, että kisko on varsin tukeva ja taipuma jää pieneksi. Pienen taipuman saisi estettyä, jos kiskon puoliväliin saisi lisäkannattimen, joka tukisi kiskoa.

3.1.3 Materiaali ja pintakäsittely

Vanhan ovikiskon valmistusmenetelmät rajoittivat kiskossa käytettyjä materiaaleja. Koska kokoonpanossa oli käytetty hitsausliitosta, täytyi materiaalin olla hitsattavaa ainetta. Ovikisko on valmistettu S235JRG2 rakenneteräksestä joka on pintakäsitelty kastomaalaamalla.

Uudella ovikiskoprofiililla ei ole rajoittavia tekijöitä materiaalin suhteen, koska kisko on tehty yhdestä aihioista eikä näin ollen tarvita kokoonpanohitsauksia. Paras vaihtoehto kiskon materiaaliksi voisi olla kuumasinkitty levy, koska silloin jäisi ylimääräinen pintakäsittely myös pois. Taulukossa 2 on vertailtu kastomaalauksen ja sinkityksen hyviä ja huonoja puolia.

TAULUKKO 2. Kastomaalaus verrattuna sinkitykseen

KASTOMAALAUUS	SINKITYS
+ Maali saadaan joka paikkaan + Maalia ei mene hukkaan	+ Hyvä korroosion kesto + Kauttaaltaan tasainen pinnoite
- Ei voida saada paksua maalikalvoa, vain 30-50 µm:n kalvopaksuus kerta kastolla - Maali kalvo ei ole tasapaksu - Loppu tuloksessa valumia ja kuivuneita pisaroita	- Rakenteissa ei saa olla umpinaisia tiloja tai taskuja

Sinkkipinnoite kestää hyvin kolhuja ja kulutusta. Jos vaurio kuitenkin syntyy, muodostavat rauta ja sinkki kosteuden läsnäollessa galvaanisen parin, jossa sinkki epäjalompana toimii anodina ja rauta katodina. Sinkki liukenee vioittuman ympärillä ja saostuu teräksen pinnalle suojaen sitä. (Kuumasinkitys 2007)

Sinkityn kiskon käyttöikä on kastomaalattuun kiskoon verrattuna varsin hyvä. Taulukossa 3 on esitetty standardin SFS-EN ISO 1461 mukaiset metallien sinkkipinnoitteen kerrospaksuudet. Taulukosta nähdään, että ohutlevy tuotteilla, eli 1,5 - 3,0 mm paksuisilla levyillä, sinkin keskimääräinen kerrospaksuus on 55 µm. Levytuotteissa sinkkipinnoite jakautuu levyn molemmille puolille. Näin ollen sinkkipinnoitteen paksuudeksi saadaan $55 \mu\text{m}/2=27,5 \mu\text{m}/\text{puoli}$.

TAULUKKO 3. Standardi SFS-EN ISO 1461 mukaiset sinkkipinnoitteen kerrospaksuudet (Kuumasinkitys 2007)

Tuote ja sen nimellispaksuus	Paikallinen kerrospaksuus (vähintään) µm	Keskimääräinen kerrospaksuus (vähintään) µm
Teräs, ≥ 6 mm	70	85
Teräs, ≥ 3, < 6 mm	55	70
Teräs, ≥ 1,5, < 3 mm	45	55
Teräs, < 1,5 mm	35	45
Valut, ≥ 6 mm	70	80
Valut, < 6 mm	60	70

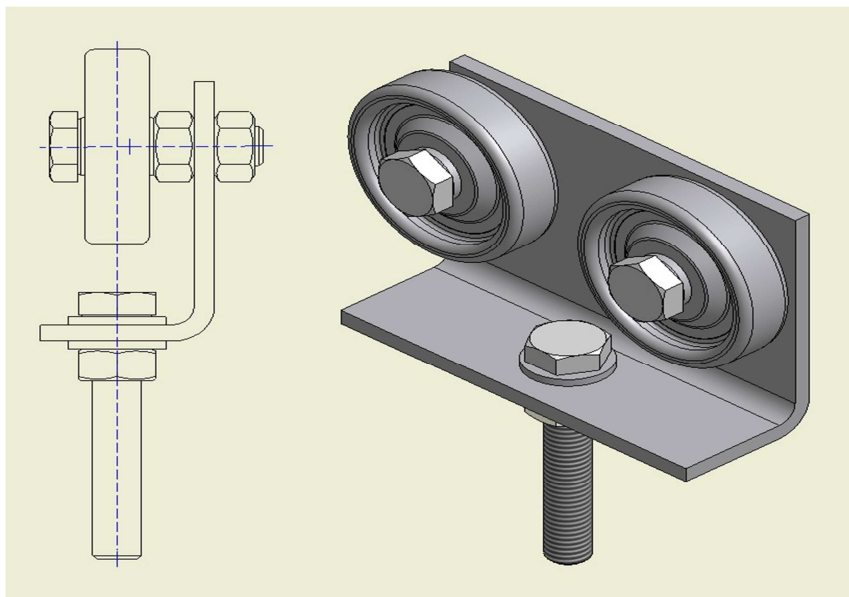
Sinkin paksuus häviö saadaan standardin SFS-EN ISO 12944-2 taulukosta ilmastorasitusluokat. Taulukko on liitteessä 4. Teräshallit, joihin oviskot yleensä asennetaan, sijaitsevat maaseudulla, joten taulukosta näemme, että rasitusluokka on

silloin C2 eli lievä. C2-luokassa sinkin paksuushäviö on 0,1 - 0,7 $\mu\text{m}/\text{vuosi}$, joten kisko voi kestää näissä olosuhteissa hyvinkin yli 60 vuotta.

3.2 Rullasto

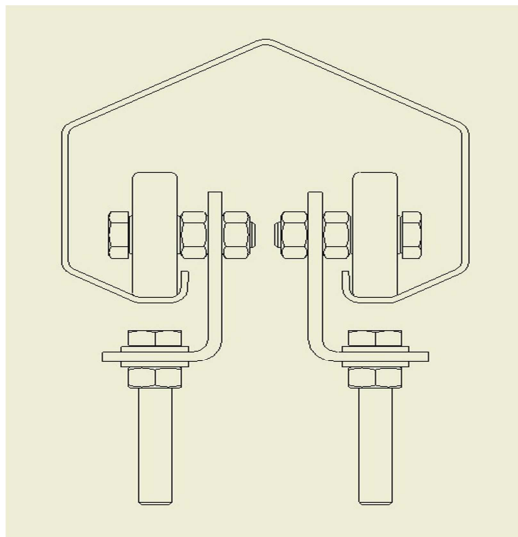
Koska uuden liukuoven toimintaperiaate on muuttunut vanhasta kiskosta, on sille suunniteltava oma rullasto. Uusi ovikisko on suunniteltu samoille ovirullille, joita on käytetty vanhassakin rullastossa. Ovirullan halkaisija on 60 mm ja leveys 16 mm. Rullan keskellä on laakeri jossa on 12 mm:n reikä. Tärkein asia uutta rullastoa suunnitellessa on, että siihen kiinnitettävän liukuoven painokeskipiste on samalla linjalla ovirullan kanssa. Muutoin liukuovi ei riipu suorana alaspäin.

Uuden rullaston runko on yksinkertaisesti levy, joka on särmätty 90° kulmaan. Kulmaraudan korkeammalle kantille on porattu kaksi reikää, joihin ovirullat kiinnitetään pultiliitoksella. Ovirullia on rungossa kaksi, jotta liukuoven paino jakautuisi suuremmalle alalle kiskolla. Pienemmällä kantilla on yksi reikä, johon tulee pultti oven kiinnitystä varten. Turvallisuussyistä ovirullan alareunan ja vaakaan särmätyn kantin väli on mahdollisimman pieni, jotta ovi ei pääsisi nousemaan ja tippumaan ovikiskolta. Kuviossa 14 on esitetty rullaston piirustus.



KUVIO 14. Rullaston leikkaus- ja kokoonpanopiirustus

Pultilla, johon liukuovi asennetaan, olisi tarkoitus voida tehdä oven korkeuden hienosäätö. Optimaalinen tilanne olisi, jos oven saisi mahdollisimman lähelle rullaston runkoa. Nykyisessä ovijärjestelmässä yhdelle ovelle asennetaan kaksi rullastoa, yksi molempiin päihin. Koska liukuovijärjestelmän periaate on muuttunut, voisi suurimmille oville lisätä keskelle vielä yhden rullaston, jotta liukuoven paino jakautuisi tasaisemmin ovikiskolle. Kuviossa 15 on kuvattu ovikisko, jolle on asennettu kaksiovisenjärjestelmän rullastot.



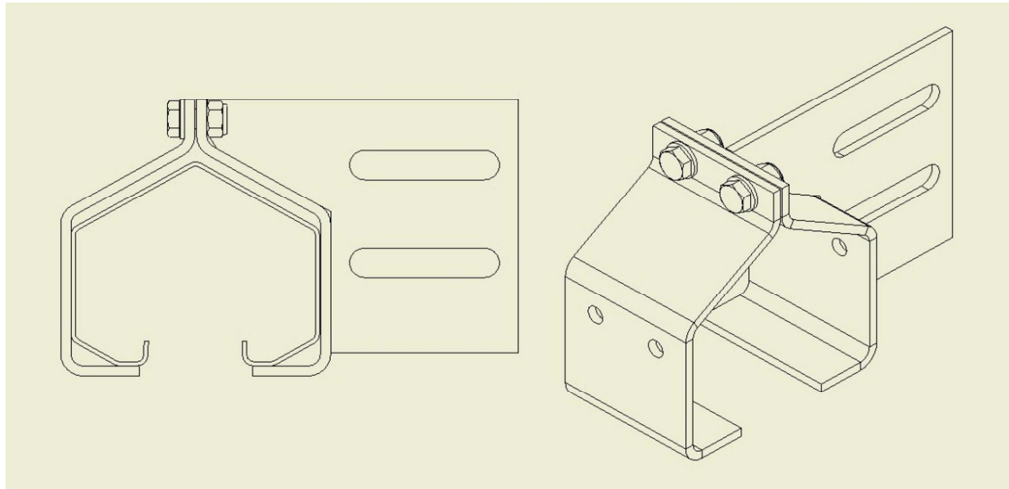
KUVIO 15. Ovikisko sekä rullastot

3.3 Ovikiskon kannatin

Vanhassa järjestelmässä on ovikiskonkannatin sekä yksiovisellejärjestelmälle ja kaksiovisellejärjestelmälle. Vanhaan ovikiskoon verrattuna uusi ovikisko ei tarvitse kuin yhdenlaisen kannattimen, koska yhdelle kiskolle voidaan asentaa useampia liukuovia. Vanhan kannattimen muoto, ja asennusperiaate eivät sovi suoraan uuteen ovikiskoon, joten sille tarvitsee suunnitella oma kannatin. Vanhan kannattimen päälle on hitsattu kaksi mutteria, joihin tulevilla ruuveilla kiristettiin ovikisko kannattimeen kiinni. Uuden kiskon harjamaisen profiilin vuoksi kannattimelle täytyy kehittää uusi kiinnitysmenetelmä, jotta ovikisko saadaan asennettua.

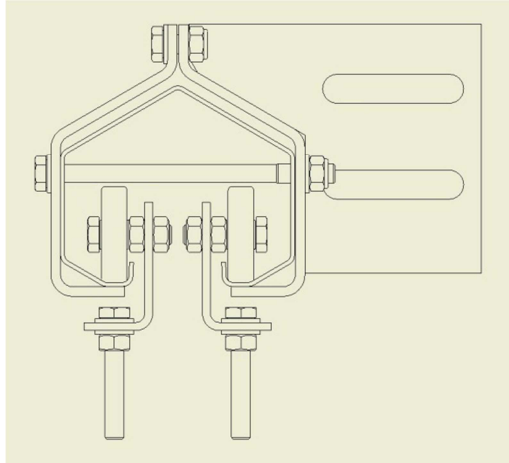
Uuden ovikiskon kannatin on kaksiosainen. Kannattimen puolikkaat ovat samantyyppiset sillä erotuksella, että toiseen puolikkaaseen on hitsattu tukilevy, joka vahvistaa kannatinta. Kannattimen asennus hallin pystypilariin tapahtuu myös tukilevyn

avulla. Tukilevyyn on jyrsitty vaakatasoiset urat, joiden avulla voidaan säätää liukuoven etäisyyttä seinän ulkopinnasta. Kannattimen puolikkaat on kiinnitetty toisiinsa pulttiliitoksella, jotta ovikisko saadaan puristettua kiinni kannattimeen sekä ovikiskon asennuksen helpottamiseksi halliin. Vanhan järjestelmän kannattimet piti ensin pujottaa ovikiskon päälle, minkä jälkeen koko kisko kannakkeineen nostettiin paikoilleen ja kiinnitettiin hallin pilariin. Nyt voidaan asentaa ensin kannattimen toinen puolikas hallin pilariin ja säätää kannattimet oikeille etäisyyksille. Sen jälkeen vasta nostetaan ovikisko paikoilleen ja kiristetään toisella puolikkaalla kiinni pilariin. Kuviossa 16 on esitetty kuvat kannattimesta ovikiskon kanssa sekä ilman ovikiskoa.



KUVIO 16. Ovikiskon kannatin

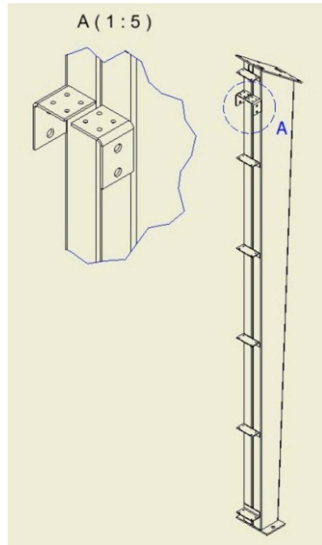
Ovikiskon jatkamismahdollisuuden vuoksi kannattimen pystysivulle on porattu kaksi reikää. Ovikiskon päihin on myös lisätty reiät samalle kohdalle kannattimen kanssa. Ovikisko on sen verran korkeampi kuin ovirullaa, että sen yläpuolelta mahtuu menemään pultti kiskon läpi. Kun kahden ovikiskon päät tulevat kannattimelle, niin saadaan kiskot lukittua kannattimeen pitkällä pultilla. Kuviossa 17 on poikkileikkaus kiskosta, kannattimesta ja rullastosta.



KUVIO 17. Ovikiskon poikkileikkaus

3.3.1 Kannattimen asennus

Yksi tuotekehityksen tavoitteista on, että liukuovi pitäisi voida asentaa halliin ilman hitsausliitoksia. Vanhassa liukuovijärjestelmässä hallin pystypilariin joudutaan hitsaamaan c-palkki, johon kannatin kiinnitetään pulttiliitoksella. Ainut ratkaisu, jolla päästään hitsausliitoksesta eroon työmaalla on, että pystypilarissa olisi jo valmiina kiinnike kannattimelle. Liukuovia valmistetaan kahta korkeutta, riippuen tuleeko halliin sokkeli vai ei. Molemmissa tapauksissa liukuovijärjestelmä asennetaan samalle korkeudelle pystypilariin, joten kiinnitin olisi mahdollista hitsata jo valmiiksi tehtaalla. Kuviossa 18 on esitetty orsikiinnike, johon voidaan myös asentaa liukuovi. Orsikiinnikkeen päälle voidaan asentaa seinäorsi ja sen sivuun asennetaan liukuoven kannatin pulttiliitoksella. Orsikiinnike on kaksiosainen, koska hallien suurentuessa pilarit levenevät, joten yhden mallinen kiinnike käy kaikkiin pilareihin. Erikoistapauksissa on myös mahdollista asentaa ovikiskonkannatin halliin vanhalla menetelmällä, koska uusi kannatin sopii myös vanhaan c-palkkiin.

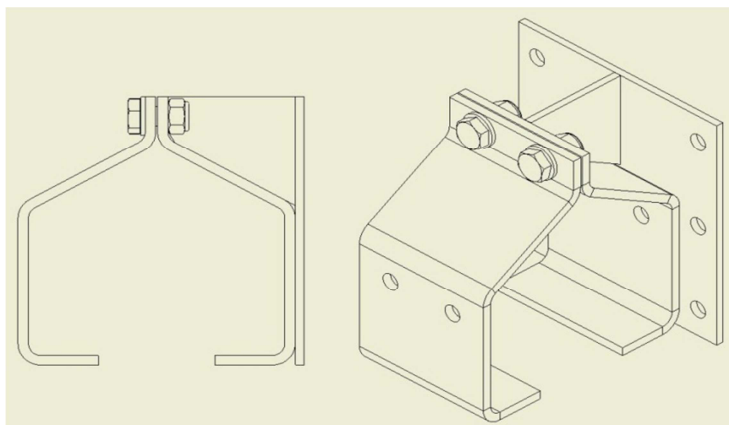


KUVIO 18. Orsikiinnike

3.3.2 Liukuovien asennus seinään pulttaamalla

Nykyistä liukuovijärjestelmää on myyty vain Tuhti-halleihin. Toimivalla liukuovijärjestelmällä olisi varmasti kysyntää muihinkin rakennuksiin, mutta ovella pitäisi olla myös muunlaisia asennusvaihtoehtoja kuin hitsaamalla kiinnitettävä kannatin.

Suoraan seinään asennettava kannatin on muuten valmistettu samoista osista kuin tavallinenkin kannatin, mutta sillä poikkeuksella, että tukilevy on korvattu kiinnityslevyllä. Kannatin on mahdollista asentaa puuseinään pulttaamalla ja betoniseinään kiila-ankkureiden avulla. Kuviossa 19 on piirustus seinään asennettavasta kannattimesta.

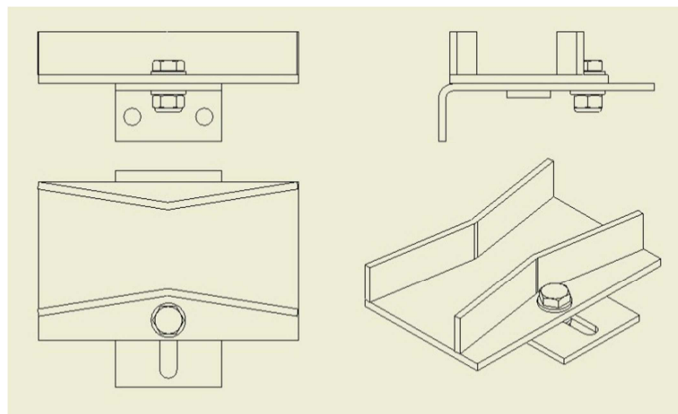


KUVIO 19. Suoraan seinään asennettava ovikiskonkannatin

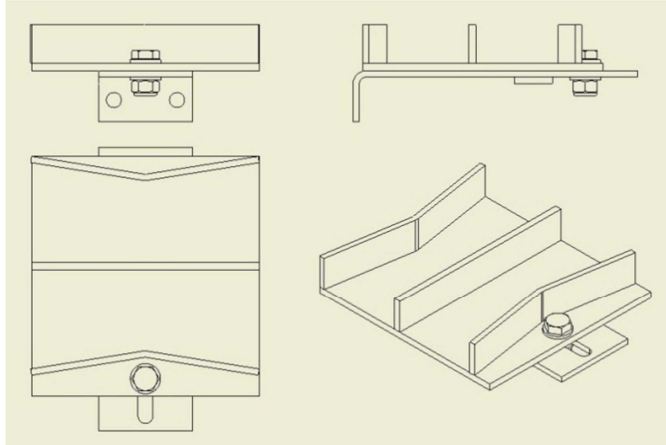
3.4 Alaohjain

Vanhan liukuovijärjestelmän alaohjain on vain levy, jolle on hitsattu kaksi ohjuri-levyä. Kyseinen ohjuri on tarkoitettu asennettavaksi hitsaamalla pilarin pohjalevyyn. Ennen halleissa pilarit olivat lattian kanssa samassa tasossa, mutta nykyään rakennusmääräykset velvoittavat, että halleissa on vähintään 30 cm:n sokkeli. Alaohjurille ei ole nykyisellään mitään asennustapaa, vaan asiakas joutuu ratkaisemaan alaohjurin kiinnityksen itse. Siitä johtuen useissa tapauksissa asiakas jättää kokonaan alaohjurin asentamatta.

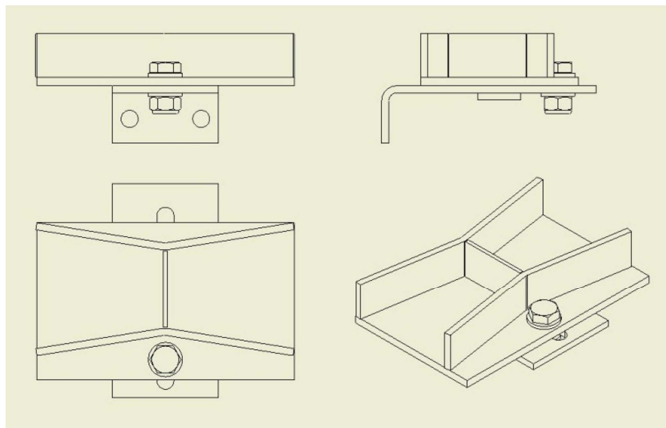
Uusi alaohjuri on kaksiosainen: toisella toteutetaan ohjurin kiinnitys ja toinen osa toimii oven ohjurina. Kiinnitysosa on levy, joka on särmätty 90 asteen kulmaan. Pienemmällä särmällä on reiät, joiden avulla kiinnityslevy voidaan asentaa sokkeeliin kiila-ankkureilla, ja pidemmällä särmällä on ura, jolle ohjuri asennetaan. Uran avulla tapahtuu ohjurin etäisyyden säätö seinästä. Ohjuri asennetaan kiinnikkeen uraan pultin avulla. Lisäksi ohjurilevyn alapuolelle on hitsattu neliö tangon pätkä, joka estää ohjurin heilumisen. Alaohjurimalleja on kolmenlaisia, yhdelle ovelle (kuvio 20), kahdelle ovelle (kuvio 21) sekä kaksiosaisen oven keskelle tuleva ohjuri (kuvio 22). 2-osaiseen oveen tuleva ohjuri on muuten samanlainen kuin yhdelle ovelle tuleva, sillä erotuksella, että ohjurin keskelle on lisätty levy, joka estää liukuovia ylittämästä ohjuria. Ohjuri asennetaan oviaukon keskelle niin, että ovien ollessa suljettuna ne eivät pääse oviaukon keskilinjan ylitse.



KUVIO 20. Alaohjuri yhdelle ovelle



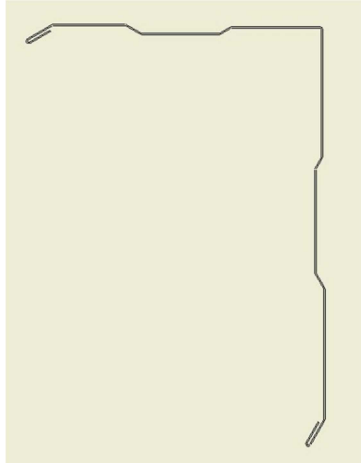
KUVIO 21. Alaohjuri kahdelle ovelle



KUVIO 22. Alaohjuri 2-osaiselle ovelle

3.5 Sivulevy

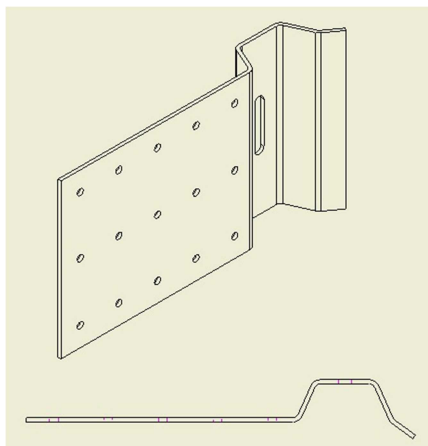
Sivulevyillä on suuri hävikki varastoinnista johtuen. Levyt on valmistettu 3 mm paksuisesta rakenneteräksestä, joka on kastomaalattu. Ollessaan pitkiä aikoja ulkovarastossa, alkaa sivulevyn maalipinta heiketä ja materiaali ruostua. Sivulevy on valmistettu siihen nähden varsin järeästä materiaalista mikä on sen tehtävä, eli seinän ja oven välisen raon peittäminen. Koska uusi liukuovijärjestelmä on mahdollista asentaa lähemmäksi seinää kuin vanha, niin jää sivulevy käytännössä tarpeettomaksi. Sivulevyn voisikin näin ollen korvata peltisellä kulmalistalla, jolla peittää pilarin ja seinärakenteen välinen rako. Vanhaan verrattuna uutta sivulevyä ei tarvitse hitsata paikoilleen, vaan kiinnityksen voi tehdä poraruuveilla. Kuviossa 23 on esitetty kulmalistan profiili.



KUVIO 23. Kulmalistan profiili

3.6 Topparilevy

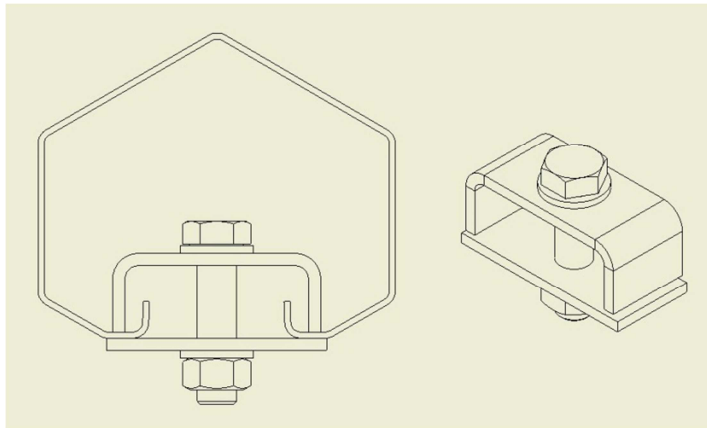
Topparilevyllä on samanlaista varastoinnista johtuvaa hävikkiä kuin sivulevyllä, koska myös topparilevy on valmistettu 3 mm:n rakenneteräksestä, joka on kasto-maalattu. Vanhassa järjestelmässä topparilevy on samankorkuinen kuin oviaukko, eli 4 m tai 4,4 m. Topparilevyn käyttötarkoitus on kuitenkin vain oven lukitus, joten sen voisi korvata samalla kulmalistalla kuin sivulevyn. Oven lukitukseen tulisi samanlainen profiililevy kuin vanha topparilevy on, mutta pienempi. Levy olisi vain 30 cm korkea, ja kiinnitys tapahtuisi poraruuveilla hallin pystypilariin. Topparilevyyn on valmiiksi tehty kiinnitystä varten useampia reikiä, jotta levy saadaan kiinnitettyä kussakin tapauksessa tukevasti. Kuviossa 24 on piirustus poraruuvi-kiinnitteisestä topparilevystä.



KUVIO 24. Topparilevy

3.7 Toppari ovikiskoon

Vanhassa liukuovijärjestelmässä ei ole minkäänlaista topparia ovikiskossa, joka estäisi liukuoven putoamisen kiskon päästä. Turvallisuus syistä sellainen olisi lisättävä ovikiskoon. Kuviossa 25 on esitetty, minkälainen toppari voisi olla. Toppari kiinnitetään pulttiliitoksella, ja se on mahdollista asentaa kiskolle mille tahansa kohdalle. Toppari on asennettu ovikiskolle niin, että se estää liukuoven rullaston liikkumisen kiskolla. 2-osaisissa liukuovissa voisi keskelle oviaukkoa tulevan alaohjurin korvata ovikiskoon tulevalla topparilla, joka estäisi ovien yli aukeamisen.



KUVIO 25. Toppari ovikiskoon

4 YHTEENVETO

Tuotekehityksen tuloksena saatiin täysin uusi ovikiskojärjestelmä jonka toimintaperiaate on uusi. Uuden liukuovijärjestelmän osia on yksinkertaistettu, jotta kokoonpanohitsauksia on saatu vähennettyä. Joissakin osissa rakenne on monimutkaistunut, mutta se on ollut tarpeellista, jotta osasta on saatu toimivampi, esimerkiksi alaohjuri.

Osaa osista voidaan käyttää myös suoraan vanhan liukuovijärjestelmän paranteluun. Toppari- ja sivulevyratkaisulla saadaan vähennettyä varastoinnista johtuvaa osien hävikkiä ja lisäksi rakenteiden keventäminen halventaa ovijärjestelmän materiaali kustannuksia reilusti. Alaohjurit käyvät myös suoraan vanhaan järjestelmään, tuoden osalle uuden asennusratkaisun, joka palvelee asiakasta paremmin kuin vanhan alaohjurin.

LÄHTEET

Elektroniset lähteet:

Kuumasinkitys. 2007. Kuumasinkityksen toimintaketju yleisohjeet 1/2007 [viitattu 24.4.2011]

Saatavissa:

www.kuumasinkitys.fi/kuumasinkityksen_toimintaketju_yleisohje_1_2007.pdf

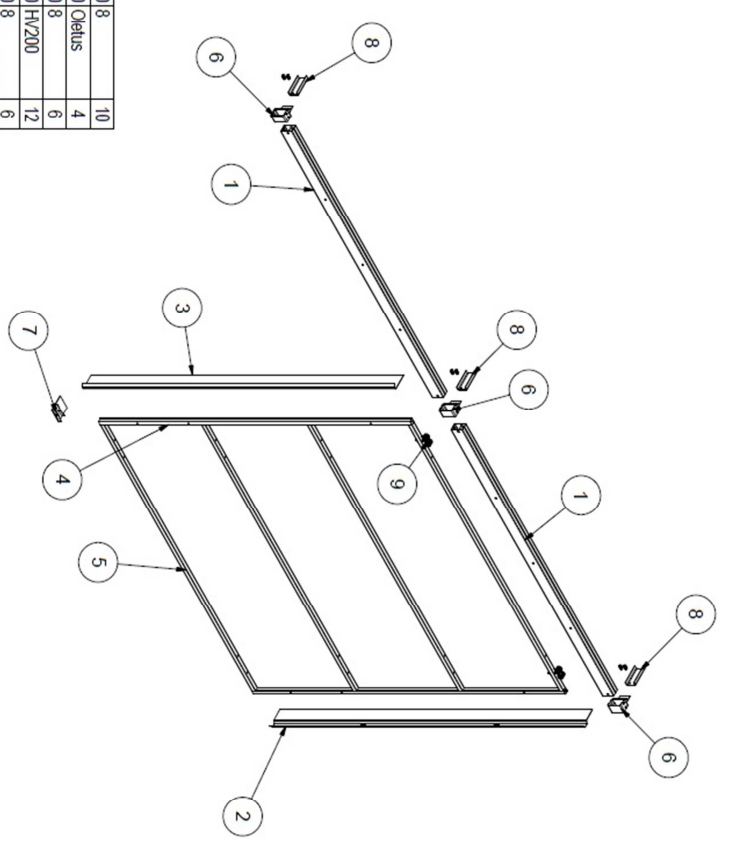
Weckman Steel Oy. 2011. [viitattu 24.4.2011].


Saatavissa: <http://www.weckmansteel.fi/fi/etusivu>

LIITTEET

LIITE 1. Yksi ovinen järjestelmä

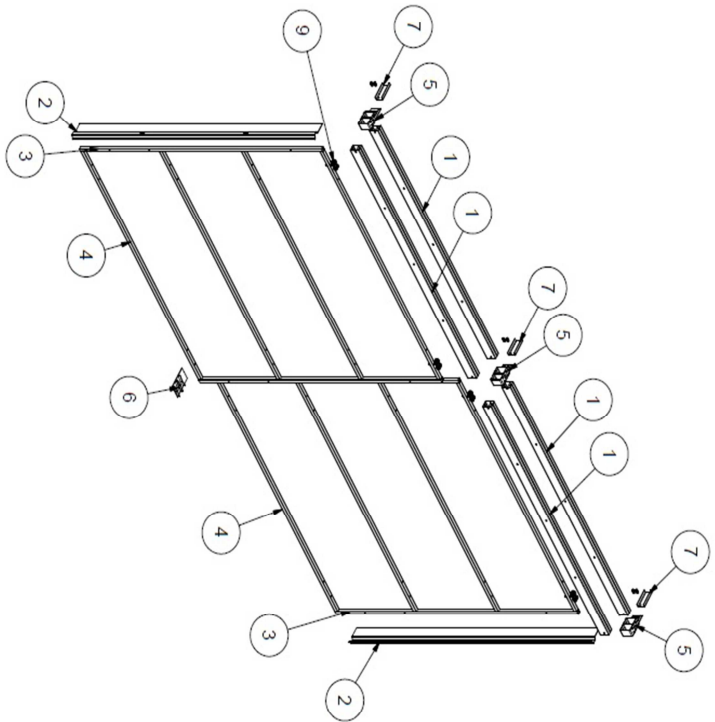
17	DIN 934 M12 HOT	Kuusiomutteri kuumas								0,8		10
16	DIN 933 M12x75	Kuusiruuvi								0 Oletus		4
15	DIN 934 M12 loc	Kuusiomutteri M12 Nyloc								0,8		6
14	DIN125 M16hot	Ausleikka M16 kuumas								0/H/200		12
13	DIN934 M16hot	Kuusiomutteri kuumas								0,8		6
12	4-9136	Auslevey/likkuiluasto		5	46	13				0,1 S355K2G3C		2
11	DIN933 M16x40hot	Kuusiruuvi Kuumas								0,1 8,8		6
10	CLAR303002	Lukunulla 303002 60mm		18	12					60	0,2 S355K2G3C	3
9	3-8538-1	Lukunoven kannalinn. M12 ruuvilla		5	65					115	0,4	2
8	4-9080-250	Ovikiskon kinnitin U-120		6	120	45				250	2,2 S235JR G2	3
7	48229	Osan nimi								2,3		1
6	4-9134	Ovikiskon kann. kok. pano								2,9		3
5	4-9127-4000	Lukunoven väkepytki		2	50	50				4000	11,7 S355J2H	4
4	3-8954	Lukunoven pysty 4100		2	50	50				4100	12,7	2
3	4-8956	Lukunoven oviatkon sivulevy		3	210	38	32			4110	26,4 S235JR G2	1
2	4-8894	Lukunoven oviatkon toppalevy		3	160	52	38			4110	30,2 S235JR G2	1
1	4-9142-4000	Ovikiskon kok. pano		3	150					4000	33,1	2
	Osa	Osa numero	Nimitys	t	S1	S2	S3	S4	L	Pano	laatu	Kpl



Yhteiset ominaisuudet			Nimi/Rakente			Osa nimen		
SFS 1011, Keskhi			Lukkuovi			Yksi ovinen järjestelmä		
SFS 1072-A			kokonaisuus			Nimikoodi		
SFS 3893-B			MS halli			Uusi		
Pituus 3320mm, jarruta						Liikkuovi		
Suunn.								
Tarkk.								
Huom.			Kassa					
Kävy			21H kg					
Tilausohje: tilaustietojen hallinn. ohjelmalla: OviLiikkuovi: 4000X1000mm								

LIITE 2. Kaksi ovinen järjestelmä

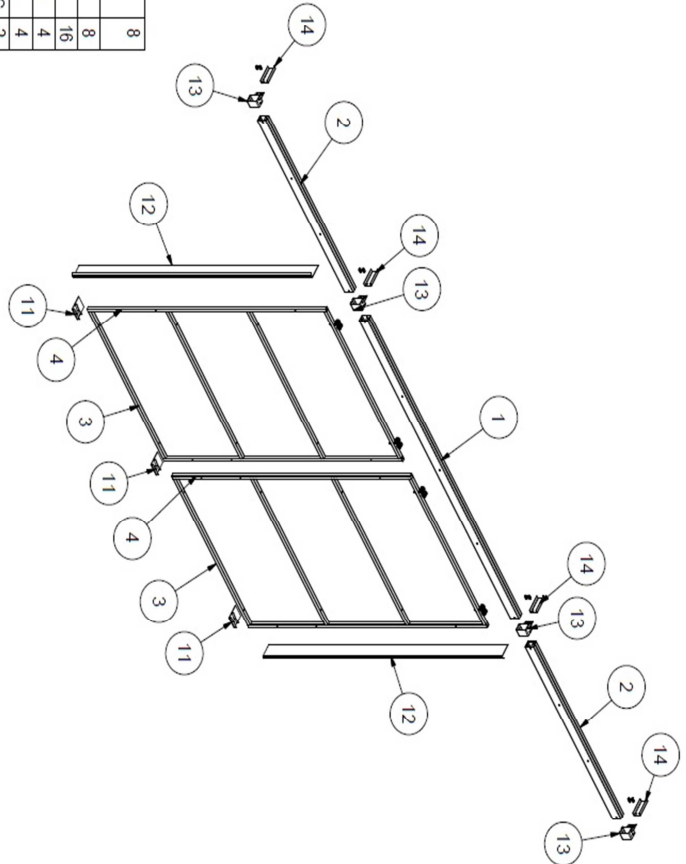
16	DIN125 M16hot	Auistaatta M16 kuumas.														0 HV200	12
15	DIN934 M16hot	Kuusiomutteri kuumas.														0,8	6
14	DIN 934 M12 HOT	Kuusiomutteri kuumas														0,8	20
13	DIN 933 M12x75	Kuusioruuvi														0 Oletus	8
12	DIN 934 M12 loc	Kuusiomutteri M12 Nyloc														0,8	12
11	DIN933 M16x40hot	Kuusioruuvi, Kuumas.														0,1 8,8	6
10	4.9136	Auslevy liukuallasto	5	46	13											0,1 S35K2G3C	4
9	OLAR303002	Liukurulla 303002 80mm	18	12												60 0,2 S35K2G3C	16
8	3-8538-1	Liukuvien kannattim. M12 ruuvilla	5	65												115 0,4	4
7	4-9080-250	Ovitsiskon kiinnitin U-120	6	120	45											250 2,2 S235JR G2	3
6	4.9153	Tupla-liukuvien alatoijain kp.														3,6	1
5	4.9640	Liukuvien kann. kok. pano														5,6	3
4	4.9127.4000	Liukuvien vaakapuitki	2	50	50											4000 11,7 S355J2H	8
3	3-8954	Liukuvien dyysti 4100	2	50	50											4100 12,7	4
2	4-8894	Liukuvien ovitaukon toppanilevy	3	160	52	38										4110 30,2 S235JR G2	2
1	4.9142.4000	Ovitsikon kok. pano														4000 33,1	4
Os	Osanumero	Nimitys	1	S1	S2	S3	S4	L	Pano	Laatu	kpl						





Tiedonantaja		Käyttäjän nimi	
SFS 4071-Kasli		Kaksi ovinen järjestelmä	
SFS 4072-A		Nimistö	
SFS 3993-B		Liukuovi	
Part. 4.2011 arttia		WS hallit	
Suunn.		WECKMAN STEEL OY	
Tark.		Liukuovi 4000x1100 tuuletuskoiv	
Hv.		31 kg	
Täpäräntie, Ilvonten-Hallit, Oulu, Liukuovi 4000x1100 tuuletuskoiv		Eht.	
		Uusi	
		Liukuovi	

LIITE 3. 2-osainen järjestelmä

17	DIN933 M16x40hot	Kuusiomutteri, Kuumas.								0,1	8,8	8
16	DIN934 M16hot	Kuusiomutteri kuumas.								0,8		8
15	DIN125 M16hot	Aluslaatta M16 kuumas.								0 HV200		16
14	4.9080-250	Ovikeston kiinnitin U-120	6	120	45					2,2	S235JRG2	4
13	4.9134	Ovikeston kann. kok. pano								2,9		4
12	4.8956-2-4110	LO-ovivälikon sivulevy	3	210	32	38				4110	28,4 S355K2G3C	2
11	48229	Osan nimi								2,3		3
10	3-8538-1	Lukkuoven kannattim. M12 ruuvilla	5	65						115	0,4	4
9	DIN 934 M12 loc	Kuusiomutteri M12 Nyloc								0,8		12
8	DIN 934 M12	Kuusiomutteri								0	Oletus	8
7	HOT	Kuusiomutteri kuumas								0		20
6	4.9136	Aluslevy lukkukalasto	5	46	13					0,1	S355K2G3C	4
5	OL AR303002	Lukkurulla 303002 60mm	18	12						60	0,2 S355K2G3C	16
4	3-8954	Lukkuoven pysty 4100	2	50	50					4100	12,7	4
3	4.9127 2560	Lukkuoven vaakaputki	2	50	50					2560	7,5 S355J2H	8
2	4.9142-3000	Ovikeston kok. pano								3000	24,6	2
1	4.9142-5200	Ovikeston kok. pano		150						5200	42,6	1
Os	Osanumero	Nimitys	1	S1	S2	S3	S4	L	Pano	Laatu		Kpl



Yhteystiedot SFS 4071-Keshi SFS 4072-A SFS 3993-B		Mittaava Lukkuovi koostopano SFS 3993-B		Osa-nimi 2-osainen järjestelmä Nimikoodi	
Part. 5.4.2011, antia		W/S halli  WECKMAN STEEL OY Lukkuovi 5100x4100 2-osainen 12m		Eri- uusi Lukkuovi	
Suurin Tark.		Pehmeä  290 kg			
Työpaikka: Vammenn Hallin Ovi/Lukkuovi 5100x4100 2-osainen 12m					

LIITE 4. SFS-EN ISO 12944-2 Ilmastorasitusluokat ja esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä

Rasitusluokka	Painohäviö pinta-alayksikköä kohden/paksuushäviö (ensimmäinen koestusvuosi)				Esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä lauhkeassa ilmastossa (vain opastava)	
	Niukkahiilinen teräs		Sinkki		Ulkona	Sisällä
Painohäviö	Paksuus-häviö	Painohäviö	Paksuus-häviö			
g/m ²	µm	g/m ²	µm			
C1 hyvin lievä	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	–	Lämmitetyt rakennukset, joissa puhtaat ilmatilat, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit.
C2 lievä	> 10...200	> 1,3...25	> 0,7...5	> 0,1...0,7	Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä on alhainen. Enimmäkseen maaseutualueita.	Lämmittämättömät rakennukset, joissa voi esiintyä kondensoitumista, esim. varastot, urheiluhallit.
C3 kohtalainen	> 200...400	> 25...50	> 5...15	> 0,7...2,1	Kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa kohtalainen rikkidioksidikuormitus. Rannikkoalueet, joilla alhainen suolapitoisuus.	Tuotantotilat, joissa korkea kosteuspitoisuus ja jossain määrin epäpuhtauksia ilmassa, esim. elintarviketehtaat, pesulat, panimot, meijerit.
C4 ankara	> 400...650	> 50...80	> 15...30	> 2,1...4,2	Teollisuusalueet ja rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen.	Kemianteollisuuden tuotantolaitokset, uima-altaat, rannikolla sijaitsevat telakat ja veneveistämöt.
C5-I hyvin ankara (teollisuus)	> 650...1500	> 80...200	> 30...60	> 4,2...8,4	Teollisuusalueet, joilla kosteus on korkea ja ilmatila on syövyttävä.	Rakennukset tai alueet, joilla kondensoituminen on miltei jatkuvaa ja saasteiden määrä korkea.
C5-M hyvin ankara (meri)	> 650...1500	> 80...200	> 30...60	> 4,2...8,4	Rannikkoalueet ja rannikon ulkopuoliset alueet, joilla suolapitoisuus on korkea.	Rakennukset tai alueet, joilla kondensoituminen on miltei jatkuvaa ja saasteiden määrä korkea.

HUOMAUTUKSIA

1 Rasitusluokissa käytetyt häviöarvot ovat yhtäpitävät standardin ISO 9223 arvojen kanssa.

2 Kuumien ja kosteiden vyöhykkeiden rannikkoalueilla paino- ja paksuushäviöt voivat ylittää luokan C5-M rajat. Suojamaaliyhdistelmän valintaan on kiinnitettävä erityisesti huomiota.