



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# ALIMITOITETTUJEN KATTOJEN KUORMA- KAPASITEETIN LUOTETTAVA SEURANTA

Alexi Törmä

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talonrakennustekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talonrakennustekniikka

TÖRMÄ, ALEKSI:

Alimitoitettujen kattojen kuormakapasiteetin luotettava seuranta

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 11 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Opinnäytetyö tehtiin A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n tilauksesta. Tavoitteena oli seurantajärjestelmän avulla tutkia alimitoitettujen hallien taipumaa. A-Insinöörit Suunnittelu Oy:llä oli tarve saada seurantajärjestelmä alimitoitettujen kattojen taipuman seurantaan varten.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin kattomittausmenetelmät lumikuorman ja taipuman seurantaan varten. Lisäksi verrattiin yritysten tarjoamia seurantajärjestelmiä. Kattorakenteiden seurantajärjestelmäksi valittiin Dimense Oy:n KINOS-valvontajärjestelmä. Seurantajärjestelmä on lasertaijumamittaukseen perustuva.

Työn tuloksena saatiin testattua KINOS-valvontajärjestelmän toiminta. Lisäksi suunniteltiin seurantajärjestelmän asentaminen Parkanon jäähalliin mittaamaan rakenteiden taipumaa. Seurantajärjestelmä ilmoittaa tekstiviestillä kiinteistön omistajalle, kun lumikuormitus katolla on liian suuri ja lunta täytyy pudottaa katolta.

Pohdintaosiossa mietitään seurantajärjestelmän käytön hyötyjä ja ongelmia. Seurantajärjestelmä tuo turvaa kiinteistön omistajille. Suuri ongelma on, jos kiinteistön omistaja ei kuitenkaan huomioi seurantajärjestelmien hälytyksiä. Tällöin seurantajärjestelmä voisi lähettää hälytykset suoraan Securitaksen kaltaiseen vartiointipalveluun. Vartiointipalvelu lähettäisi hälytykset kiinteistön omistajalle ja kiinteistön omistaja kuittaisi hälytykset saaduksi vartiointipalvelulle.

Opinnäytetyöhön sisältyy salassa pidettävänä liitteenä Parkanon jäähallin tarkastuslausunto.

---

Asiasanat: seuranta, seurantajärjestelmä, alimitoitettu, lumikuorma, taipuma

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Construction

**TÖRMÄ, ALEKSI:**

Reliable Load Capacity Monitoring for Underdesigned Roofs

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 11 pages

April 2018

---

This thesis was made at the request of A-Insinöörit Suunnittelu Oy. The objective was to investigate roof deflection of underdesigned halls with monitoring system. A-Insinöörit Suunnittelu Oy had a need to have a monitoring system to measure deflection of underdesigned roofs.

This study was conducted to investigate roof measuring methods for monitoring snow load and deflection. In addition, the monitoring systems provided by companies were compared. Dimense Oy's KINOS monitoring system was selected as the most suitable roof structure monitoring system. The monitoring system is based on measuring deflection with laser.

As a result of this thesis, the operating of the KINOS monitoring system was documented. In addition, an installation plan was made for placing the monitoring system in Parkano ice arena to measure the deflection of roof structures in the building. The monitoring system notifies the owner of the property by a text message when snow load on the roof is too high and snow must be dropped from the roof.

In the reflection section of the thesis, a discussion is given on the benefits and problems of the monitoring system. The monitoring system brings security for the owners of the property. However, the situation is problematic if the owner of the property does not notice the alerts from the monitoring system. In this case, the monitoring system could send alerts directly to security services, such as Securitas or other operators in the field. The security service would send alerts to the property owner and the owner of the property would acknowledge receipt of alerts back for the security service.

The thesis contains a confidential document of Parkano ice arena inspection report as an attachment.

---

Key words: monitoring, monitoring system, underdesign, snow load, deflection

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KATTOSORTUMAT JA SEURANTA.....	8
	2.1 Ratsastusmaneesin sortuminen Laukaassa.....	8
	2.2 Hallilaki .....	9
3	KATTOJEN SORTUMIEN EHKÄISY.....	10
	3.1 Kattorakenteet ja lumikuorma.....	10
	3.2 Seuranta .....	10
	3.2.1 Peruslumikuorman varoitusjärjestelmä ja kartta.....	10
	3.2.2 Kuormakapasiteetin seuranta mittauslaitteilla .....	12
4	KATTOMITTAUSMENETELMÄT .....	13
	4.1 Neliöpainon mittaus .....	13
	4.2 Kallistusanturi .....	14
	4.3 Valokuituanturi .....	14
	4.4 Mekaaninen liikeanturi .....	15
	4.5 Lasertaipumamittaukset .....	16
	4.5.1 Laserkeilaus.....	17
	4.5.2 Pyörivä laser.....	17
	4.5.3 Laseretäisyysmittaus .....	18
	4.6 Ultraäänietäisyysmittaus .....	18
5	VERTAILU .....	19
	5.1 Dimense Oy .....	19
	5.2 Tieto-Oskari Oy .....	20
	5.3 Finta Oy .....	21
	5.4 Kiwa Inspecta .....	22
	5.5 Yhteenveto .....	22
	5.6 Valinta.....	22
6	KINOS-VALVONTAJÄRJESTELMÄ .....	23
	6.1 Tasolaseri .....	23
	6.2 Valovastaanotin .....	24
	6.3 Keskusyksikkö .....	25
	6.4 Valoportti .....	26
7	KOKEELLINEN OSUUS .....	27
	7.1 Koejärjestelyt .....	27
	7.1.1 Toimintatestaus .....	27
	7.1.2 Toimintaperiaate testaus.....	30
8	PARKANON JÄÄHALLI .....	32

8.1 Kohdetiedot.....	32
8.2 Rakenteet .....	32
8.3 Tarve seurannalle .....	34
8.4 Artikkelit lumenpudotuksesta .....	34
8.5 Vahvistussuunnitelma .....	35
8.6 Seurantajärjestelmän asennus .....	35
9 POHDINTA.....	37
LÄHTEET .....	38
LIITTEET .....	40
Liite 1. Vertailu .....	40
Liite 2. KINOS-mittauslaite .....	42
Liite 3. Spectra Precision HV302 .....	43
Liite 4. DMM-tasoanturi .....	45
Liite 5. Parkanon jäähallin tarkastuslausunto, ei julkaista .....	50

**LYHENTEET JA TERMIT**

KINOS	Mittalaite
AKKE	Mittalaite
Lumik	Mittalaite
DMM	Deflection Multi Meter
RakMK	Rakentamismääräyskokoelma
EC	Eurokoodi

## 1 JOHDANTO

Hallien, maneesien ja varastojen alimitoitettujen kattojen romahtaminen on suuri ongelma. Uutisissa mainitaankin silloin tällöin kattojen romahtamisesta. Suurin osa kattojen romahduksista voitaisiin kuitenkin välttää kattojen kuormakapasiteetin luotettavalla seurannalla.

Romahtamiseen liittyy usein monta eri tekijää. Kattorakenteet ovat alttiina tuulelle, lumelle, säävaihteluille ja muille ylimääräisille kuormituksille, kuten törmäyksille. Kattoon kohdistuvien voimien yhteisvaikutus saattaa pahimmassa tapauksessa aiheuttaa pysyvän muodonmuutoksen ja lopulta katon sortumisen. Lisäksi huonot kuntokartoitukset, siirretyt kunnostukset tai rakenteen, suunnittelun tai työn laatuvirheet muodostavat riskin kattojen kestävyydelle. Kattojen romahtamisen riski on suurimmillaan talvella, kun lunta on paljon.

Tämän työn tavoitteena on A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n pyynnöstä luoda luotettava kattojen kuormakapasiteetin seuranta. Tilaajayrityksellä on tarve parantaa kattojen kuormitusten seurantaa. Seurannan avulla saadaan selville, milloin katon kuormitukset lähestyvät sallittua raja-arvoa. Kun katon kuormitus lähestyy sallittua raja-arvoa, täytyy lunta pudottaa katolta.

Kattojen sallittu kuormakapasiteetti saadaan selville mittauslaitteiden avulla. Lisäksi tarkoituksena on vertailla eri valmistajien tarjoamia mittauslaitteita. Valittu mittauslaite tullessaan asentamaan Parkanon jäähalliin. Ennen asentamista mittauslaitteen toiminta testataan.

Rakenteiden alimitoitusta esiintyy suurimmaksi osaksi teräsrakenteisissa halleissa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain teräshallien kattojen kuormakapasiteetin luotettavaan seurantaan. Mittaukset toteutetaan teräshallien kattorakenteisiin.

## 2 KATTOSORTUMAT JA SEURANTA

### 2.1 Ratsastusmaneesin sortuminen Laukaassa

Viimeisin kattosortuma, josta Onnettomuustutkintakeskus on laatinut tutkintaselostuksen, on ratsastusmaneesin sortuminen 13.12.2013 Laukaassa. Kattosortumassa kuoli yksi lapsi ja loukkaantui neljä ihmistä. Onnettomuudessa maneesi sortui lähes kokonaan. (Onnettomuustutkintakeskus 2014.)

Maneesi oli rakennettu vuonna 1995. Teräsrakenteisen hallin pääkannattajina toimivat kolminivelkehät. Rakenne oli samanlainen kuin Liedossa 2010 sortuneessa rakennuksessa. (Onnettomuustutkintakeskus 2014.)

Romahtamisen syy oli yhden kolminivelkehän yläkulmanurkan kainaloliitoksen pettäminen. Pettämisen vuoksi muutkin kehät romahtivat nopeasti. Rakenteet olivat selkeästi alimitoitettuja sekä huonosti toteutettuja. Virheitä ja puutteita oli suunnittelussa, yksittäisten rakenneosien valmistuksessa sekä rakennustyössä. (Onnettomuustutkintakeskus 2014.)

Rakennuksen omistaja poisti lunta katolta vuosittain. Lumen poiston tarpeellisuuden hän oli määritellyt katto-orsien taipuman perusteella. Ennen sortumista, lunta ehdittiin vain osittain poistamaan katolta. Onnettomuushetkellä lumikuorma ei ylittänyt mitoituslumi-kuormaa. (Onnettomuustutkintakeskus 2014.)

Kattosortumien määrää voidaan vähentää luotettavalla kuormakapasiteetin seurannalla. Ratsastusmaneesin tapauksessa lumikuormitusta katolla ei saanut olla juuri ollenkaan heikon suunnittelun ja toteutuksen vuoksi. Osittain alimitoitettua hallia ei kuitenkaan tarvitse purkaa, jos on luotettava katon kuormakapasiteetin seuranta. Päätösvalta asiassa on paikallisella rakennusvalvontaviranomaisella. Vastuu seuraamuksista on kuitenkin kiinteistön omistajalla.

## 2.2 Hallilaki

Hallilailta tarkoitetaan lakia laajarunkoisten rakennusten rakenteellisen turvallisuuden arvioinnista 300/2015. Hallilaki säädettiin Laukaan traagisen maneesitapaturman seurauksena. (L 300/2015.)

Hallilaki määrää laajarunkoisen rakennuksen omistajan huolehtimaan, että hallilaisissa tarkoitettu pätevä asiantuntija arvioi rakennuksen laajarunkoisen osan keskeisten kantavien rakenteiden turvallisuuden. Asiantuntija arvioi rakennuksen kantavuuden kannalta keskeiset rakenteelliset viat ja puutteet, jotka voivat johtaa rakennuksen tai sen osan sortumiseen. (L 300/2015.)

Rakennus määritellään laajarunkoiseksi, kun ”rakennuksessa on laajarunkoinen osa, jonka kerrosala jossain kerroksessa on vähintään 1000 neliometriä; ja rakennuksen kattokannattajat ovat: tehdasvalmisteiset ja niiden jänneväli on vähintään 18 metriä; tai paikalla valmistetut ja niiden jänneväli on vähintään 15 metriä” (L 300/2015).

Asiantuntija tekee arviointitodistuksen tarkastamastaan kohteesta. Asiantuntijan täytyy ilmoittaa viipymättä rakennuksen omistajalle ja haltijalle, kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle ja pelastusviranomaiselle mahdollisista kantavien rakenteiden vioista ja puutteista. (L 300/2015.)

Hallilaki astui voimaan 1.4.2015. Laki määrää, että rakennusten rakenteellinen turvallisuus on arvioitu viimeistään neljän vuoden kuluttua hallilain voimaantulosta. Rakennusten rakenteellinen turvallisuus on arvioitava viimeistään kahden vuoden kuluttua hallilain voimaantulosta, jos rakennuksen rakennesuunnittelusta, rakentamisesta ja rungon toimituksesta ovat vastanneet toisistaan riippumattomat tahot. Kiinteistön omistaja huolehtii, että arviointi tehdään tässä aikataulussa. (L 300/2015.)

Hallilain tarkoituksena on saada tarkastettua laajarunkoiset hallirakennukset, jotta katosortumilta vältyttäisiin.

### **3 KATTOJEN SORTUMIEN EHKÄISY**

#### **3.1 Kattorakenteet ja lumikuorma**

Kattojen sortumisen aiheuttaja on lumikuorma. Lumikuorma varsinaisesti ei ole sortumisen syy vaan laukaiseva tekijä, joka on paljastanut rakennuksen rakennevirheen. Tutkituissa vaara- ja onnettomuustilanteissa peruslumikuorma onkin ollut huomattavasti pienempi kuin suunniteltu lumikuorma. Sortumien suurimmat syyt ovat puutteellinen tai virheellinen suunnittelu tai rakennustyö. (Ympäristöministeriö 2016.)

Pitkän jännevälän laajarunkoiset hallit ovat herkimpiä vaara- ja onnettomuustilanteille. Laajarunkoisia halleja ovat esimerkiksi urheiluhallit, suuret kaupat, ratsastusmaneesit ja maatalouden tuotantorakennukset. Omakotitalot ja rivitalot eivät kuulu riskialttiiseen sortuma kohteisiin. (Ympäristöministeriö 2016.)

Keventämällä lumikuormaa katolta saadaan katon kuormakapasiteettia pienennettyä ja rakenteet kestävämmän. Lumikuorman keventäminen koskee usein vain laajarunkoisia halleja, eikä niinkään omakotitaloja.

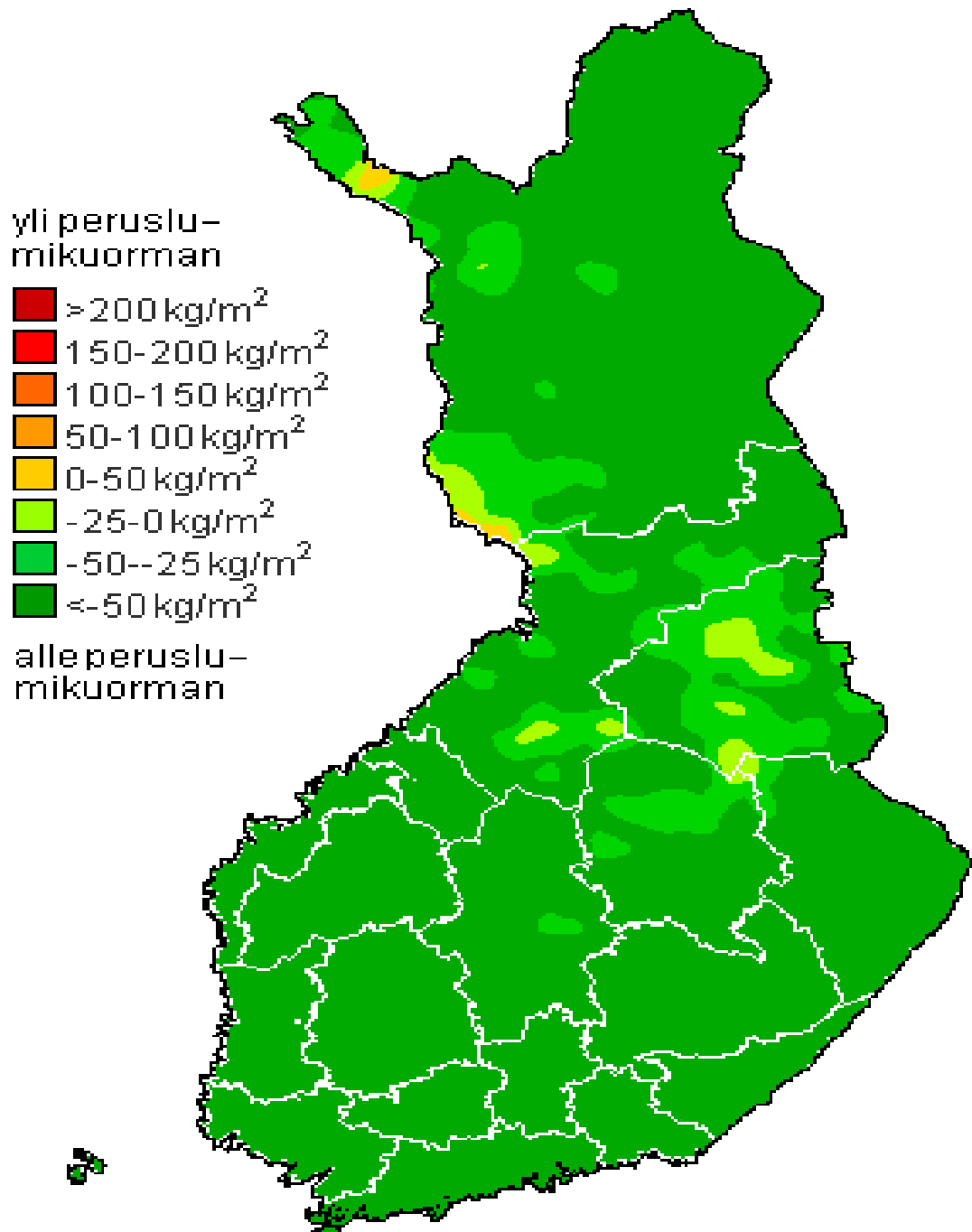
#### **3.2 Seuranta**

Puutteellisesti tai virheellisesti suunnitellun rakennuskohteen sortuma voidaan kuitenkin estää kuormakapasiteetin seurannan avulla. Seurannan avulla tiedetään, koska katon kuormakapasiteetti lähestyy sallittua raja-arvoa. Kun katon kuormitus lähestyy sallittua raja-arvoa, täytyy lumikuormitusta katolta keventää.

##### **3.2.1 Peruslumikuorman varoitusjärjestelmä ja kartta**

Suomen ympäristökeskus pitää ajantasaista kattojen peruslumikuorman varoitusjärjestelmää. Varoitusjärjestelmä näyttää reaaliaikaista ja ennustettua lumikuormaa. Kyseinen jär-

jestelmä hyödyntää vesistömallijärjestelmää. Kartta näyttää paikkakunnittain peruslumikuorman ylityksen tai alituksen. Kartta näyttää peruslumikuorman ylityksen vuosien 1998–2014 rakentamismääräysten perusteella. (Ympäristöministeriö 2016.)



KUVA 1. Peruslumikuorman ylitys 5.1.2018 (Suomen ympäristökeskus 2018)

Varoitujärjestelmä ja kartta antavat suuntaa antavan tiedon, koska lumikuormitus on liian suuri ja lunta täytyisi poistaa katolta. Seurantajärjestelmä on kuitenkin enemmän

tarkoitettu omakotitaloille, eikä niinkään laajarunkoisille halleille. Heikkorakenteisten hallien kuormakapasiteetti pitäisi olla jatkuvasti selvillä seurannan avulla.

### **3.2.2 Kuormakapasiteetin seuranta mittauslaitteilla**

Varmimmin katon kuormakapasiteetti saadaan selville mittauslaitteiden ja valvontajärjestelmien avulla. Mittauslaite tai valvontajärjestelmä mittaa reaaliaikaisesti ja tarkasti kattorakenteen taipumia, leikkausvoimia ja jännitystä (Kiwa Inspecta 2018). Kattorakenteiden taipuman avulla saadaan selville katon kuormakapasiteetti.

## 4 KATTOMITTAUSMENETELMÄT

Kattojen kuormakapasiteettia voidaan seurata monella eri mittausmenetelmällä. Näitä mittausmenetelmiä voidaan käyttää lumikuormakapasiteetin määrittämiseen, mutta vain osa menetelmistä on kannattavia.

### 4.1 Neliöpainon mittaus

Yksinkertainen ja yleinen tapa mitata katon kuormakapasiteettia on neliöpainon mittaus (Lyöri 2018). Lumikuorma voidaan laskea muoviputken, lapion, muovikassin ja vaa'an avulla (Vehviläinen 2016). Tuloksena saadaan lumikuorma, jota verrataan laskennalliseen lumikuormaan. Lumikuorman ollessa pienempi kuin laskennallinen lumikuorma, on katon kuormakapasiteetti kunnossa.

Mittauksessa putki työnnetään katon lumen lävitse katon pintaan asti. Lumi lapioidaan putken ympäriltä ja lappio työnnetään putken alle. Muoviputki nostetaan pohjasta lapiolla auttaen ja putken sisällä oleva lumi kaadetaan muovikassiin. Lumi punnitaan ja lasketaan katon lumikuorma. Lumikuorma neliölle on luminäytteen paino jaettuna putken pohjan pinta-ala. (Vehviläinen 2016.)

Tämä mittausmenetelmä on halpa, mutta ei reaaliaikainen. Nopea sään vaihtuminen tuo epävarmuutta katon kuormitustilasta. Mittausmenetelmä on virheille hyvin altis. Lisäksi mittausmenetelmä ei kerro katon muodonmuutoksista. (Lyöri 2018.)

Mittausmenetelmän suurin ongelma on, että se ei ole reaaliaikainen seurantatapa. Näytteitä jouduttaisiin ottamaan päivittäin ja tämä olisi työlästä. Lisäksi mittausmenetelmä ei kerro katon rakenteista, joten ei ole tarkkaa tietoa, kuinka paljon kattorakenteet kestävät kuormitusta.

## 4.2 Kallistusanturi

Kattoristikon vaaka- ja pystysuuntainen kallistuma voidaan mitata kallistusanturiin perustuvalla menetelmällä. Tämän perusteella voidaan laskea ristikon pystysuuntainen taipuma ja mahdollinen kattoristikon nurjahdus ennakoida. Mittausmenetelmä antaa reaaliaikaista tietoa rakenteiden taipumasta. (Lyöri 2018.)

Mittausjärjestelmässä on keskuslaite, joka vastaanottaa tiedot antureilta. Anturit kiinnitetään seurattaviin rakenteisiin. Järjestelmä tallentaa, mittaa, hälyttää ja lähettää kallistus-tiedot valittuun verkkoon tai tekstiviestillä asiakkaalle. (Tieto-Oskari Oy 2018.)

Mittausmenetelmä antaa luotettavan tiedon kattorakenteiden taipumasta ja katon kuormakapasiteetista. Se mittaa hyvin tasaisten ristikoiden taipumaa, mutta kaarevien ristikoiden kanssa siinä on ongelmia. Kaareville rakenteille kalibrointi on hankalampaa ja on vaikeampaa saada tarkkoja tuloksia. (Lyöri 2018.)

## 4.3 Valokuituanturi

Kattorakenteiden alas- tai ylöspäin tapahtuvaa liikkeen muutosta voidaan seurata optisilla valokuituekstensiometreillä. Anturin avulla saadaan taipumien lisäksi samanaikaisesti selville kuormien aiheuttamat staattiset ja dynaamiset muutokset. (Liikennevirasto 2016.)



KUVA 2. Valokuituekstensiometri sillan kannen painumamittauksessa (Liikennevirasto 2016)

Valokuituanturit sopivat lyhytaikaisempaan ja jatkuvatoimiseen etävalvottavaan seurantaan. Mittauksille voidaan asettaa varoitus- ja hälytysrajat, joista hälytykset voidaan lähettää matkapuhelimeen tai tietokoneelle. Mittausanturit ovat tarkkoja, kestäviä, luotettavia, pitkäikäisiä sekä immuuneja sähkömagneettisille häiriöille. (Kiwa Inspecta 2018.)

#### 4.4 Mekaaninen liikeanturi

Liikettä tai painumaa voidaan mitata liikeantureilla, jossa anturi kiinnitetään mekaanisesti liikkuvien osien väliin, tavallisesti nivelellisesti. Liikeanturin toiminta perustuu joko induktanssin, vastuksen tai kapasitanssin muuttumiseen anturin karan liikkeessä. Tarkkuuteen vaikuttaa lämpötila ja kosteus, mutta usein tarkkuus on kuitenkin parempi kuin 0,5–

1 % maksiminäyttämistä. Ulkotilassa liikeanturit ovat alttiina kosteuden ja lämpötilan muutoksille, joten olosuhteisiin on valittava sopiva anturi. (Liikennevirasto 2016.)



KUVA 3. Mekaaninen liikeanturi asennettuna sillan kannen ja pääristikoiden väliin (Liikennevirasto 2016)

Mekaaninen liikeanturi sopii hyvin siltojen osien väliseen liikkeen ja taipumien mittaamiseen. Kattorakenteiden taipumaa liikeantureilla on vaikea mitata, koska anturi on usein vaikea kiinnittää ristikon tai palkin keskelle. Mittausmenetelmä sopii hyvin lyhytaikaiseen seurantaan, mutta ei reaaliaikaiseen seurantaan.

#### 4.5 Lasertaijumamittaukset

Kattorakenteiden taipuma saadaan luotettavasti ja tarkasti lasermittalaitteiden avulla. Lasermittalaite mittaa taipuman lasersäteen avulla joko suoraan mittauskohteesta tai mittauskohteeseen kiinnitetystä prisman heijastumasta. Mittalaitteet pystyvät dynaamisiin mittauksiin pystytasossa. Lasermittauksien tarkkuus riippuu mittausetäisyydestä. Virhettä mittauksiin voi aiheuttaa valonsäteiden taipuma ilman rajakerroksesta. Lisäksi sumu, sade ja huono näkyvyys heikentävät mittaustulosta. (Liikennevirasto 2016.)

Erilaisia lasertaipumamittauksia ovat laserkeilaus, pyörivä laser ja laseretäisyysmittaus (Liikennevirasto 2016).

#### **4.5.1 Laserkeilaus**

Laserkeilauksen avulla kohteesta saadaan kolmiulotteinen kuva. Laserkeilaus perustuu lähetetyn laserpulssin ja rakenteesta heijastuneen vasteen aikaeron mittaamiseen. Mitoitettava kohde saadaan tarkasti koordinaatistoon kiintopisteen tai satelliittipaikannuksen avulla. Kolmiulotteisen ja tarkan kuvan muodostamiseksi, on laserkeilauslaitetta siirrettävä eri puolille rakennusta. Laserkeilaus voidaan toteuttaa myös liikkuvasta ajoneuvosta tai helikopterista, eli niin sanottuna mobiililaserkeilauksena. (Liikennevirasto 2016.)

Laserkeilaus ei sovellu dynaamisiin mittauksiin. Laserkeilausta käytetään usein vain rakenteen muodon ja pysyvien muodonmuutosten mittaamiseen, koska laserkeilaus on suhteellisen hidasta. Mittausmenetelmällä saatu tarkkuus riippuu keilaimen etäisyydestä rakenteesta ja rakenteen koosta. Hyvissä olosuhteissa mobiililaserkeilauksella saavutetaan muutaman senttimetrin tarkkuus ja kiinteällä laserkeilauksella muutaman millimetrin tarkkuus.

#### **4.5.2 Pyörivä laser**

Pyörivän tasolaserin avulla voidaan yksinkertaisesti ja helposti tutkia kattorakenteiden taipumaa. Dynaaminen ja monikanavainen mittausmenetelmä mahdollistaa myös pitkäkestoisen monitoroinnin. Mittausjärjestelmään kuuluu olennaisena osana tiedon tallennuspalvelu ja etäkäyttömahdollisuus. (Liikennevirasto 2016.)

Kattorakenteiden taipumaa voidaan mitata tasolaserin ja kattorakenteisiin kiinnitettävien tasoantureiden tai prismojen avulla. Mittauksella saadaan reaaliaikaista tietoa rakenteiden taipumasta.

### 4.5.3 Laseretäisyysmittaus

Laseretäisyysmittauksen avulla voidaan mitata rakenneosien välistä liikettä (Liikennevirasto 2016). Mittausmenetelmä sopii myös kattorakenteiden taipuman seurantaan.

Takymetri on laseretäisyysmittauslaite, jonka avulla voidaan mitata kattorakenteiden taipuma. Takymetri mittaa 3D-koordinaatistossa kulmamuutoksia 0,5 kaarisekunnin tarkkuudella ja kohteiden etäisyyksiä millimetriluokan tarkkuudella. Takymetri etsii kattoon asennetut prisma-anturit ja mittaa näiden siirtymät x- y- ja z-suunnissa. (Lyöri 2018.)

### 4.6 Ultraäänietäisyysmittaus

Ultraäänen avulla voidaan mitata etäisyys laitteelta mitattuun pisteeseen. Mitattaessa täytyy kohdistuspisteen osua tarkasti mitattavaan kohteeseen, jotta saataisiin tarkka mittaus-tulos. (Liikennevirasto 2016.)

Kattorakenteiden taipuman seurannasta ultraäänen avulla ei ole juurikaan tietoa. Ultraäänietäisyysmittauksessa on suurempi virhemarginaali kuin lasermittauksessa.

## 5 VERTAILU

Tässä osiossa vertaillaan yritysten tarjoamia mittauslaitteita kattojen kuormakapasiteetin seurantaan varten. Lisäksi kerrotaan lyhyesti mittauslaitteen ominaisuuksista. Lopuksi vertailussa olevista mittauslaitteista valitaan yksi toteutuneiden rakennusten kattojen kuormakapasiteetin seurantaan varten.

### 5.1 Dimense Oy

Dimense Oy:n KINOS-mittalaite on tarkoitettu kattorakenteiden lumikuorman valvontaan. Laite mittaa kattoristikoiden taipumaa ja vertaa tuloksia sallittuihin raja-arvoihin. Ohjaustietokone lähettää relehälytyksen ja hälytysäänen kiinteistöautomaatiojärjestelmään sallitun raja-arvon ylittyessä. Mittaustulokset voidaan lukea tietokoneelta tai mobiililaitteelta. (Dimense Oy 2018.)



KUVA 4. KINOS-Katon lumikuorman mittalaite (Dimense Oy 2018)

Kattoristikoiden taipuma mitataan takymetrin tai tasolaserin ja prisma-antureiden avulla. Laitteella saadaan reaaliaikaista tietoa kattorakenteiden taipumasta. Mittauslaitetta on

käytetty muun muassa Ouluhallin kattorakenteiden taipuman seurantaan varten. (Lyöri 2018.)

## 5.2 Tieto-Oskari Oy

Tieto-Oskari Oy:n AKKE-järjestelmän avulla voidaan kattorakenteiden taipumaa seurata. AKKE-järjestelmä mittaa ja seuraa, että rakenteiden muutokset pysyvät sallituissa rajoissa. Järjestelmä hälyttää ja lähettää tekstiviestin valvojalle, mikäli rakenteiden muutokset eivät ole enää sallituissa rajoissa. (Tieto-Oskari Oy 2018).

Laite on kallistusanturiin perustuva mittausmenetelmä. Järjestelmä koostuu antureista ja keskuslaitteesta. Valvontajärjestelmällä saadaan reaaliaikaista tietoa kattorakenteiden taipumasta. Järjestelmää voidaan käyttää monissa eri paikoissa, kuten korkeissa rakenteissa, kattorakenteissa, silloissa ja mastoissa. (Tieto-Oskari Oy 2018.)



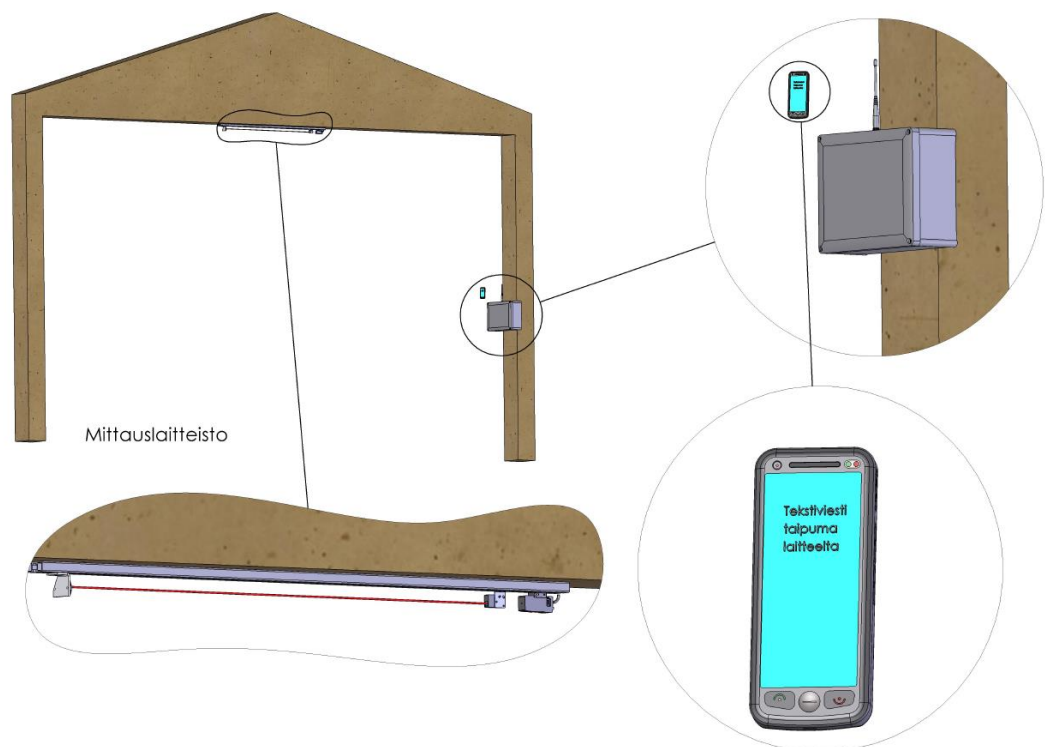
KUVA 5. Kulmanmittausanturi (Tieto-Oskari Oy 2018)

Järjestelmää on käytetty eri kohteissa Suomessa ja ulkomailla. Referenssikohteita on muun muassa Jyväskylän Paviljonki ja Tampereen Messu- ja Urheilukeskus. (Tieto-Oskari Oy 2018.)

### 5.3 Finta Oy

Finta Oy:n Lumik-mittalaite on tarkoitettu kattorakenteiden taipuman valvontaan. Laite on lasertekniikkaan perustuva katon kuormituksen valvontajärjestelmä. Mittalaite soveltuu hyvin lumikuorman valvontaan. Kun palkin taipuma kasvaa liian suureksi, laite lähettää kaksivaiheisen hälytyksen matkapuhelin- tai kiinteään verkkoon. (Finta Oy 2018.)

Kattokuormitusta ja taipumaa voidaan seurata laserlähettimen, vastaanottimen ja heijastinelementin avulla. Mittauslaite kiinnitetään yhteen tai useampaan kattotuoliin tai palkkiin. Mittauslaitteella saadaan reaaliaikaista tietoa kattorakenteiden taipumasta. (Finta Oy 2012.)



KUVA 6. Mittauslaitteiston toiminnallinen periaate (Finta Oy 2018)

Matti Nurmen kattokuormien valvontajärjestelmä osallistui vuonna 2012 Pertti ”Spede” Pasasen keksintökilpailuun. Matti Nurmi kuittasi samana vuonna Kuopion kaupungilta stipendin keksimästään mittauslaitteesta. (Finta Oy 2012.)

#### **5.4 Kiwa Inspecta**

Kiwa Inspecta:n tarjoaman mittauslaitteiston avulla voidaan seurata kattorakenteiden taipumaa. Järjestelmän avulla voidaan seurata rakenteiden kuntoa. Järjestelmä mittaa reaaliaikaisesti ja tarkasti kattorakenteen taipumia, jännitystä ja leikkausvoimia. (Kiwa Inspecta 2018).

Mittauslaite on valokuituanturiin perustuva mittausmenetelmä. Mittausjärjestelmä sisältää optiset jännitystila-anturit, jotka mittaavat keskimääräistä muodonmuutosta koko matkalta. Laite mittaa pitkältä jänneväliä. Jatkuvatoimisella, etävalvottavalla järjestelmällä saadaan reaaliaikaista tietoa, jota voidaan seurata Internetin kautta. Lisäksi laite hälyttää matkapuhelimeen tai paikallisesti relelähtöinä sallitun taipuman raja-arvon ylittyessä. (Kiwa Inspecta 2018).

#### **5.5 Yhteenveto**

Liitteessä 1 on taulukko, johon eri yritysten valmistamat mittauslaitteet on koottu. Taulukkoon on koottu yritysten mittauslaitteiden ominaisuudet, mahdolliset referenssikohdet ja yhteystiedot.

#### **5.6 Valinta**

Vertailussa olevista mittauslaitteista valittiin se, joka sopii parhaiten A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n toteutettujen rakennusten kattojen kuormakapasiteetin seurantaan varten. Mittauslaitteeksi päädyttiin valitsemaan Dimense Oy:n KINOS-mittalaite. Lasertaipumamittaukseen perustuvalla KINOS-mittalaitteella saadaan luotettavaa ja tarkkaa tietoa rakenteiden taipumasta.

## 6 KINOS-VALVONTAJÄRJESTELMÄ

Dimense Oy tarjoaa KINOS-valvontajärjestelmää kolmena eri järjestelmänä. Liitteessä 2 on Dimense Oy:n esite KINOS-valvontajärjestelmistä. Kohteiden taipuman seuranta varten valittiin omanlainen järjestelmä.

KINOS-valvontajärjestelmä sisältää tasolaserin, tasolaserin seinätelineen, tasolaserin kantolaukun, valovastaanottimen Dimense DMM, valovastaanottimen seinätelineen, keskusyksikön, valoportin, kaapelit sekä käyttö- ja asennusohjeen.

### 6.1 Tasolaseri

Tasolaserina käytetään Spectra Precision HV302 mittauslaitetta. Liitteessä 3 on Spectra Precision HV302 esite. Esitteessä kerrotaan tasolaserin ominaisuudet ja tekniset tiedot.



KUVA 7. Spectra Precision HV302 tasolaseri (Spectra Precision 2018)

## 6.2 Valovastaanotin

Valovastaanotin DMM (Deflection Multi Meter) avulla voidaan mitata rakenteen taipumaa reaaliajassa. DMM-tasomittauslaite kiinnitetään seurattavaan rakenteeseen ja suunnataan osoittamaan tasolaseria kohti. (Dimense Oy.)



KUVA 8. DMM-tasomittauslaite (Dimense Oy 2018)

DMM-yksiköt voidaan kiinnittää seurattavaan rakenteeseen magneeteilla tai puristimilla. Yksiköt ovat helppo ja nopea asentaa. DMM-tasoanturin mittausväli on 0–160 mm. Yleensä tasolaseri pyritään osoittamaan DMM-tasoanturin anturin keskelle, milloin mittausväli on 80 mm ylös- tai alaspäin. (Dimense Oy.)

Liitteessä 4 on DMM-tasoanturin esite. Esitteessä kerrotaan tasoanturin ominaisuudet ja tekniset tiedot.

### 6.3 Keskusyksikkö

Keskusyksikkö yhdistää valovastaanottimen ja tasolaserin. Keskusyksiköllä voidaan säätää mittausten aikaväli. Lisäksi keskusyksiköllä voidaan tehdä mittaus- ja hälytystestejä. Hälytykset saadaan tekstiviestinä valittuihin numeroihin. Keskusyksikkö toimii Linux-käyttöjärjestelmällä.



KUVA 9. Keskusyksikkö

## 6.4 Valoportti

Valoportti on yksinkertainen kulmateräksestä ja kierretangosta valmistettu laserin näköeste.



KUVA 10. Valoportti

## 7 KOKEELLINEN OSUUS

### 7.1 Koejärjestelyt

KINOS-valvontajärjestelmää testattiin A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n toimistolla Tampereella. Koejärjestelyissä tehtiin valvontajärjestelmän toimintatestaus ja toimintaperiaate testaus.

#### 7.1.1 Toimintatestaus

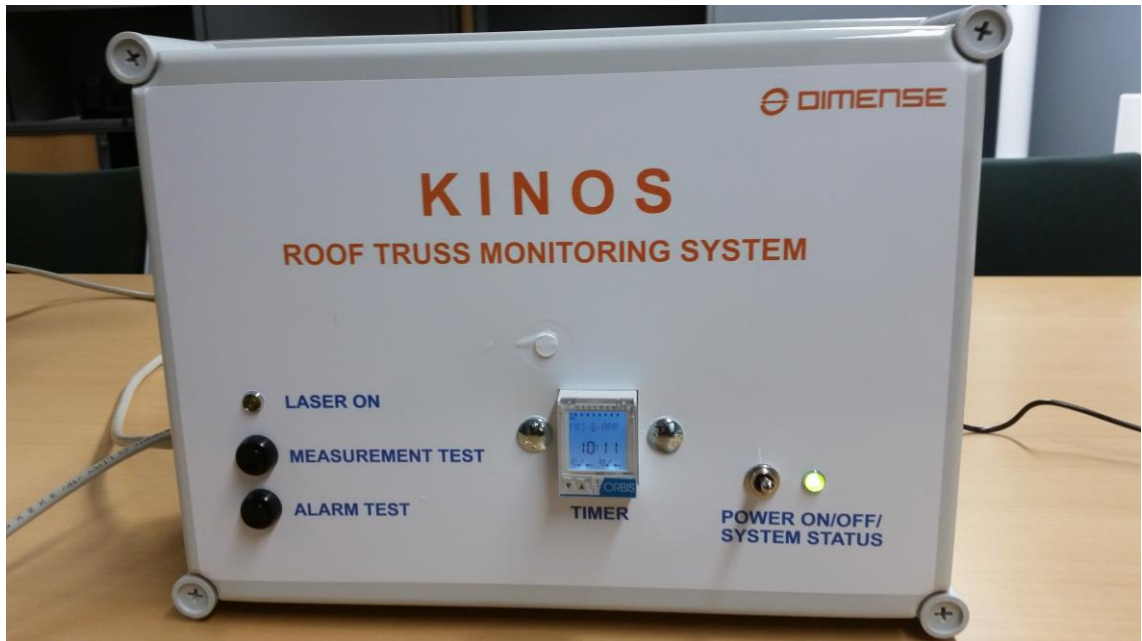
Toimintatestauksessa KINOS-valvontajärjestelmän toimivuus testattiin. Koejärjestelyssä tasolaseri asennettiin pöydälle ja valovastaanotin osoittamaan kohti tasolaseria. Valovastaanotin ja tasolaseri yhdistettiin kaapeleilla keskusyksikköön. Keskusyksikkö kiinnitettiin verkkosähköön.



KUVA 11. Koejärjestely

Ensimmäisenä testattiin valvontajärjestelmän toimivuus, kun tasolaser on yhteydessä valovastaanottimeen. Keskusyksiköstä painettiin ”measurement test” painiketta, jolloin keltainen merkkivalo syttyi palamaan ja tasolaser lähti pyörimään. Tasolaseri oli yhteydessä

valovastaanottimeen ja keskusyksikön merkkivalo paloi vihreänä. Näin keskusyksikkö tulkitsi kaiken olevan kunnossa.



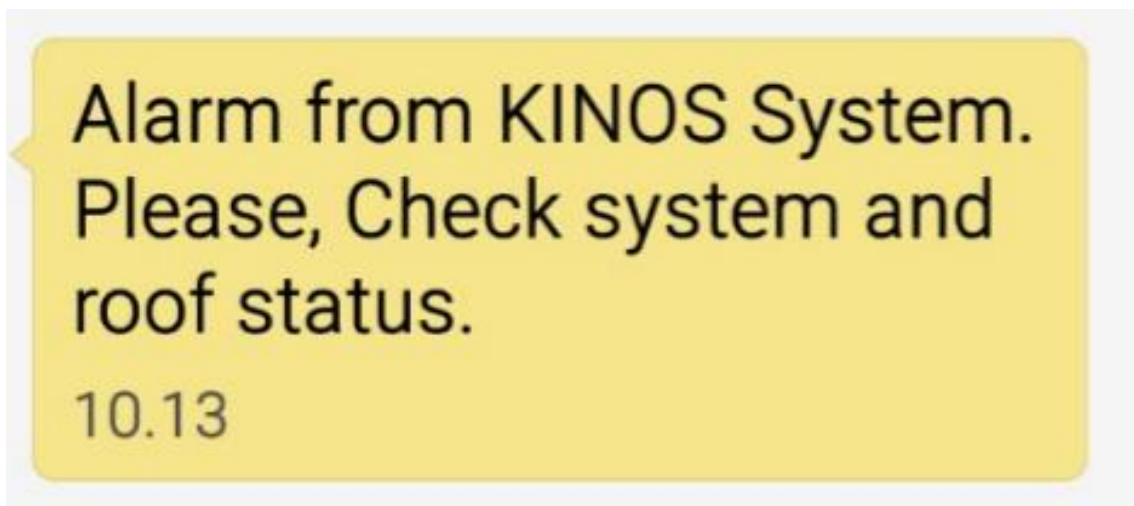
KUVA 12. Keskusyksikön vihreä merkkivalo

Seuraavaksi testattiin valvontajärjestelmän toimivuus, kun tasolaser ei ole yhteydessä valovastaanottimeen. Keskusyksiköstä painettiin ”measurement test” painiketta, jolloin keltainen merkkivalo syttyi palamaan ja tasolaser lähti pyörimään. Tasolaserin näköyhteys valovastaanottimelle estettiin. Tasolaseri ei saanut yhteyttä valovastaanottimeen ja keskusyksikön merkkivalo paloi punaisena. Keskusyksikkö tulkitsi ongelman ja lähetti hälytystekstiviestit ennalta annettuihin puhelinnumeroihin.



KUVA 13. Keskusyksikön punainen merkkivalo

Seuraavaksi testattiin valvontajärjestelmän hälytystekstiviestien lähetys. Keskusyksiköstä painettiin ”alarm test” painiketta, jolloin keskusyksikkö lähetti hälytystekstiviestit ennalta annettuihin puhelinnumeroihin.



KUVA 14. Hälytystekstiviesti

Lopuksi testattiin valvontajärjestelmän automaattinen mittaus. Valvontajärjestelmä tarkistaa yhteyden valovastaanottimelle kolmen tunnin välein. Kun tarkastusaika koitti, keskusyksikköön syttyi keltainen merkkivalo ja tasolaser lähti pyörimään. Tasolaseri oli yhteydessä valovastaanottimeen ja keskusyksikön merkkivalo paloi vihreänä. Keskusyksikkö tulkitse kaikki olevan kunnossa.

### 7.1.2 Toimintaperiaate testaus

Toimintaperiaate testauksessa simulointiin KINOS-valvontajärjestelmän toiminta hallien mittauksessa.

Koejärjestelyssä tasolaseri asennettiin pöydälle ja valovastaanotin osoittamaan kohti tasolaseria. Valoportin avulla ohjattiin lasersäteen kulkua valovastaanottimelle. Valovastaanotin ja tasolaseri yhdistettiin kaapeleilla keskusyksikköön. Keskusyksikkö kiinnitettiin verkkosähköön.



KUVA 15. Koejärjestely

Ensimmäisessä simuloinnissa esitettiin valvontajärjestelmän toiminta, kun lumikuormitusta ei ole ja rakenteisiin tulee taipumaa vain rakenteiden omapainosta. Nyt tasolaserin säde kulkeutui ristikkoon asennetun valoportin alitse valovastaanottimelle. Keskusyksikön merkkivalo paloi vihreää ja keskusyksikkö tulkitsi kaiken olevan kunnossa.



KUVA 16. Lasersäteen kulkeutuminen valoportin alitse

Toisessa simuloinnissa esitettiin valvontajärjestelmän toiminta, kun lumikuormitusta katon alla on liian paljon ja rakenteisiin tulee taipumaa rakenteiden omapainosta ja lumikuormasta. Nyt tasolaserin säde osui ristikkoon asennettuun valoporttiin, eikä päässyt kulkeutumaan valovastaanottimelle. Keskusyksikkö tulkitsee ongelman ja lähetti hälytystekstiviestit ennalta annettuihin puhelinnumeroihin.



KUVA 17. Lasersäteen osuminen valoporttiin

## 8 PARKANON JÄÄHALLI

Dimense Oy:n KINOS-valvontajärjestelmä on suunniteltu asennettavaksi Parkanon jäähalliin.

### 8.1 Kohdetiedot

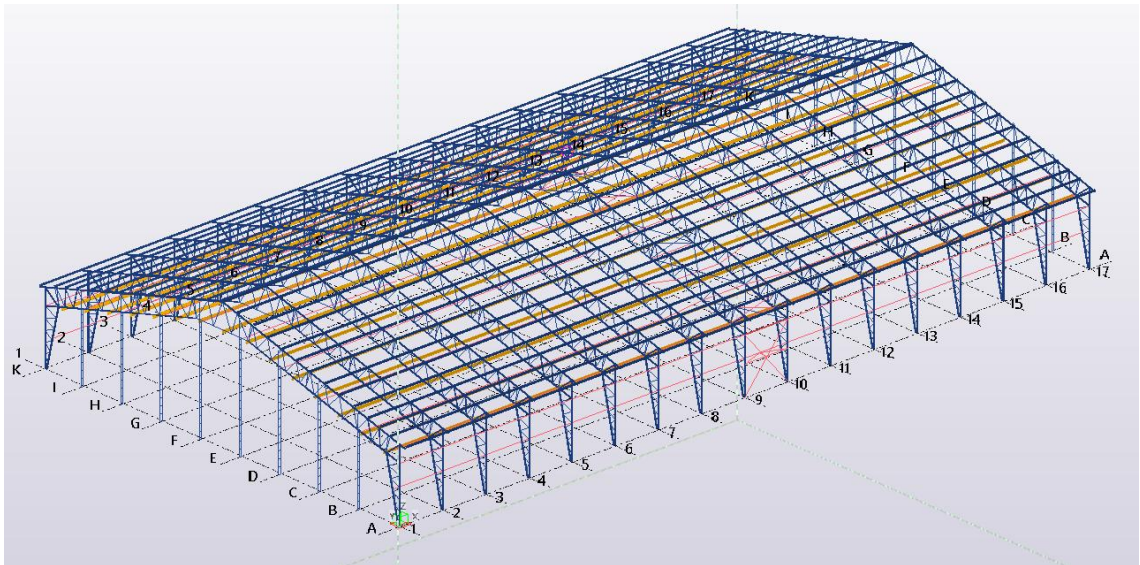
Parkanon jäähalli eli FennoSteel-areena sijaitsee Parkanossa, osoitteessa Koulukuja 1. Jäähalli on valmistunut vuonna 1994. (Parkanon kiekko ry 2018.)



KUVA 18. Parkanon jäähalli (Parkanon Kiekko ry 2018)

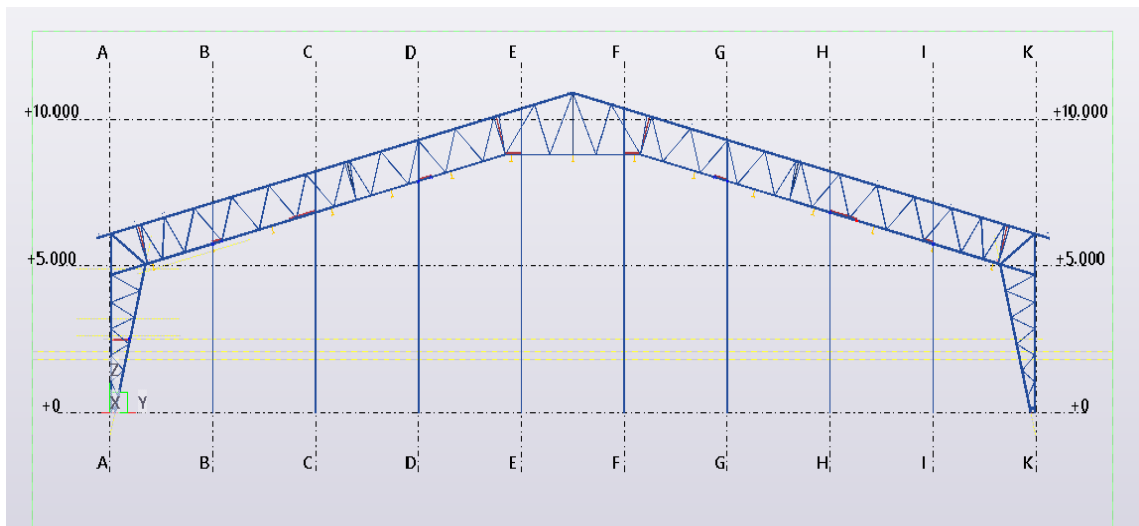
### 8.2 Rakenteet

Hallin päämitat ovat: leveys 36 m x pituus 64 m x korkeus 11 m. Hallin kantavat rakenteet on tehty teräksestä.



KUVA 19. Jäähallin rakenteet

Hallin pääkannattajina toimivat teräksiset kolminivelkehät. Kehäristikoiden päällä on pituussuuntaiset teräksiset hattuorret, jotka siirtävät katon lumikuorman kehille. Kehäristikoiden alla on pituussuuntaiset T-puut. Hallin päädyssä on niin sanotut Vierendell pilarit tukemassa hallin päädyn kehäristikoiden. Kehät on yhdistetty toisiinsa teräksisillä putkipalkeilla. Hallin pituussuuntainen jäykistys on hoidettu katon tuuliristikoilla ja pitkän sivun seinän sideristikoilla. Tuuliristikot ja sideristikot ovat teräksisiä putkipalkkeja.



KUVA 20. Jäähallin kolminivelkehä

### 8.3 Tarve seurannalle

A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n suunnittelu- ja tarkastusaineiston, kohdekäyntien ja vertailulaskelmien avulla on todettu, että Parkanon jäähallin kantavat teräsrakenteet eivät täytä mitoituskriteereissä asetettuja lujuusvaatimuksia. Olemassa olevat rakennepiirustukset edustavat määrältään ja laadultaan ehdotonta minimitasoa ottaen huomioon kohteen laajuuden ja vaativuuden.

Vertailulaskelmat tehtiin yksittäiselle tasokehälle kahdella eri normiyhdistelmällä: alkuperäinen rakentamismääräyskokoelma RakMK (B1+B7) ja nykyinen eurokoodi EC (EC1+EC3). Vertailulaskelmien avulla todettiin, että hallin rakenteita täytyy vahvistaa. Lisäksi todettiin, että lumikuormitusta katolla täytyy rajoittaa. Määritettiin myös suurin lumi-kuorman arvo, jonka rakenteen sauvat vielä kestäisivät: 80-90 kg/m<sup>2</sup>.

Liitteessä 5 on Parkanon jäähallin vakavuustarkasteluiden tarkastuslausunto. Liitettä ei julkaista.

### 8.4 Artikkelilumenpuodotuksesta

Ylä-Satakunta lehdessä 11.1.2018, julkaistiin artikkeli Parkanon jäähallin lumenpuodotuksesta. Suomen ympäristökeskus kehotti perjantaina 5.1.2018 suurten hallien omistajia tarkkailemaan katolle kertyvää lumikuormaa. Parkanon alueen paikalliset rakennusliikkeiden miehet puodottivat Parkanon jäähallin katon lumet torstaina 4.1.2018 ensimmäisen kerran tänä talvena. (Pettinen 2018.)

Rakennus- ja ympäristölautakunta on määrännyt jäähallin vesikatolle kertyvän lumen enimmäispaksuuden. Vesikaton lumen paksuus saa olla enintään 20 senttiä. Tämän rajan ylittyessä hallia ei saa käyttää ennen kuin lumet on puodotettu alas katolta. (Pettinen 2018.)

Hallin kantavia rakenteita tullaan vahvistamaan kuluvan hallikauden jälkeen. Työ tehdään A-Insinöörien vakavuustarkasteluraportin pohjalta. Raportti ei ole korjaussuunnitelma. Hallin rakenteiden vahvistaminen täytyy vielä ratkaista. Juha Mustajärven mukaan tähän yritetään ratkaista järkevää ja kustannustehokasta tapaa. (Pettinen 2018.)

## 8.5 Vahvistussuunnitelma

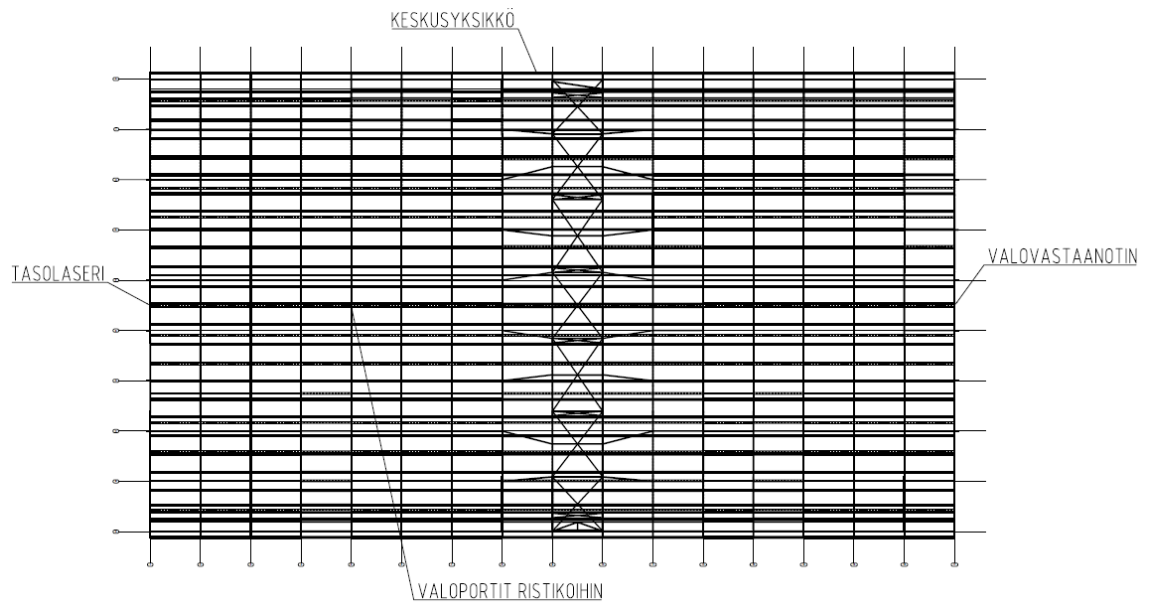
Ennen valvontajärjestelmän asentamista Parkanon jäähallin rakenteita pitää vahvistaa. Halli vahvistetaan pituussuuntaisen jäykistyksen parantamiseksi.

Putkiprofiileja lisätään pitkittäisiteiksi ristikoiden alapaarteiden päälle. Siteet työnnetään hallin päähän tehdyistä rei'istä 12 m tankoina. Jatkoskohdat hitsataan. Yläpohjan ontelossa sijaitsevaa pitkittäisiä voimia vastaan ottavaa ristikkoa vahvistetaan putkiprofiileilla. Seinille lisätään putkiprofiiliristikoida siirtämään yläpohjan ontelon vahvistetun ristikon voimat perustuksille. Ulkoseinien ristikkojalkojen nurjahdus tuetaan kolmella pitkittäisellä putkiprofiililinjalla. Putket hitsataan kehäjalkoihin. Katsomon kohdalla ristikkojalan sisäpaarre tuetaan U-teräksellä, jotta istuinpaikkamäärä ei vähene. Kaikki liitokset hitsataan paikalla.

## 8.6 Seurantajärjestelmän asennus

Jäähallin rakenteiden vahvistamisen jälkeen, voidaan seurantajärjestelmä asentaa seuraamaan ja tarvittaessa hälyttämään liian suuresta lumikuormituksesta. Vahvistustoimenpiteiden jälkeen katon suurin sallittu lumikuormakapasiteetti on  $80 \text{ kg/m}^2$ . Hälytysrajaksi seurantajärjestelmälle asennetaan taipuma, jonka aiheuttaa lumikuorma  $65 \text{ kg/m}^2$ . Taipuma-arvon suuruus riippuu siitä, mihinkä kohtaa valoportti asennetaan hallin ristikkoon.

Tasolaseri kiinnitetään jäähallin päätyyn ja valovastaanotin kiinnitetään jäähallin vastakkaiseen päätyyn. Jäähallin ristikoihin kiinnitetään valoportit. Valoporttien asennuskorkeus määräytyy rakenteiden suurimman sallitun taipuman perusteella. Keskusyksikkö sijoitetaan pitkän seinänsivun keskelle ja keskusyksiköstä asennetaan kaapelit tasolaserille ja valovastaanottimelle.



KUVA 21. Tasokuva jäähallin seurantajärjestelmän asennuksesta

Tasolaseri, valovastaanotin ja valoportit asennetaan jäähallin välikattotilaan. Keskusyksikkö sijoitetaan hallin lattiatasolle.



KUVA 22. Jäähallin välikattotila (A-Insinöörit Suunnittelu Oy 2017)

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyössä päästiin suurilta osin asetettuihin tavoitteisiin. Opinnäytetyössä tutkittiin eri kattomittausmenetelmiä ja vertailtiin valmistajien katon seurantalaitteita. Vertailussa olevista seurantalaitteista valittiin Dimense Oy:n KINOS-valvontajärjestelmä mittaamaan rakenteiden taipumaa.

Seurantajärjestelmän koetustus suoritettiin A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n toimistolla Tampereella. Koetustissa nähtiin hyvin seurantajärjestelmän toimintaperiaate. Koetustus oltaisiin voitu tehdä myös pidemmältä matkalta, joka olisi vastannut paremmin todellista hallin taipuman mittausta. Koetestaukseen ei kuitenkaan saatu pitkiä kaapeleita, jotta pidempi mittausta olisi onnistunut. Seurantajärjestelmä tullaan testaamaan vielä asennetussa kohteessa ennen käyttöönottoa.

Katon lumikuormituksen ollessa liian suuri, seurantajärjestelmä lähettää hälytyksen kiinteistön omistajalle. Kiinteistön omistajan vastuulla on katon lumen pudottaminen. Suuri ongelma on, jos kiinteistön omistaja ei kuitenkaan huomioi seurantajärjestelmien hälytyksiä ja ryhdy tarvittaviin toimenpiteisiin. Tähän ratkaisuna olisi, jos seurantajärjestelmä lähettäisi hälytykset suoraan Securitaksen kaltaiseen vartiointipalveluun. Vartiointipalvelu lähettäisi hälytykset kiinteistön omistajalle ja kiinteistön omistaja kuittaisi hälytykset saaduksi vartiointipalvelulle. Vartiointipalvelun avulla voidaan olla varmoja, että tarvittaviin toimenpiteisiin on ryhdytty lumikuorman vähentämiseksi. Jos kiinteistön omistaja ei kuittaa viestejä vartiointipalvelulle, lähetettäisiin vartiointipalvelulta henkilöt varmistamaan hallin tilanne. Securitaksen kanssa ei ole vielä vartiointipalvelusta neuvoteltu.

Opinnäytetyössä päästiin suurilta osin asetettuihin tavoitteisiin ja opinnäytetyö valmistui aikataulussa. Työ eteni hyvin järjestelmällisesti vaihe vaiheelta. Työtä tehdessä tutustuttiin ja oltiin vuorovaikutuksessa eri asiakkaiden kanssa. Seurantajärjestelmään tutustuminen ja testaaminen, auttaa tulevaisuudessa asentamaan järjestelmän eri kohteisiin.

## LÄHTEET

A-Insinöörit. 2017. Parkanon jäähallin kuva. Luettu 12.4.2018. A-Insinöörien sisäinen verkko.

Dimense Oy. 2018. DMM-Deflection Multi Meter. Tulostettu 26.1.2018. [https://dimense.fi/site/assets/files/1342/datasheet\\_dimense\\_dmm\\_november\\_2017.pdf](https://dimense.fi/site/assets/files/1342/datasheet_dimense_dmm_november_2017.pdf)

Dimense Oy. 2018. DMM-Tasomittauslaite. Luettu 25.1.2018. <https://dimense.fi/mittalaitteet-ja-anturit/dmm/>

Dimense Oy. 2018. KINOS-Katon lumikuorman mittalaite. Tulostettu 25.1.2018. [https://dimense.fi/site/assets/files/1130/tuote-esite\\_-\\_kinos\\_-\\_katon\\_lumikuorman\\_mittalaite-1.pdf](https://dimense.fi/site/assets/files/1130/tuote-esite_-_kinos_-_katon_lumikuorman_mittalaite-1.pdf)

Dimense Oy. 2018. KINOS-Katon lumikuorman valvonta. Luettu 10.1.2018. <http://dimense.fi/mittauspalvelut/kinos/>

Dimense Oy. 2018. KINOS-Katon lumikuorman valvonta. Luettu 12.1.2018. <http://dimense.fi/mittalaitteet-ja-anturit/kinos/>

Finta Oy. 2012. Keksintöuutiset. Tulostettu 11.1.2018. <http://www.finta.fi/dokumentit/keksintouutiset.pdf>

Finta Oy. 2018. Lumik. Luettu 10.1.2018. <http://www.finta.fi/fintavara.shtml#fintavara>

Finta Oy. 2018. Taipumalaitteisto. Tulostettu 11.1.2018. [http://www.finta.fi/dokumentit/taipumalaitteisto\\_2.pdf](http://www.finta.fi/dokumentit/taipumalaitteisto_2.pdf)

Kiwa Inspecta. 2018. Kattorakenteiden monitorointi. Luettu 5.1.2018. <https://www.inspecta.fi/Palvelut/Kiinteisto-taitorakennetutkimukset-suunnittelu-rakennuttaminen/Rakennetutkimukset-ja-mittaukset/Kattorakenteiden-monitorointi1/>

L 300/2015. Laki laajarunkoisten rakennusten rakenteellisen turvallisuuden arvioinnista. Valtion säädöstietopankki Finlex, Säädökset alkuperäisenä -osio. Luettu 4.1.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150300>

Liikennevirasto. 2016. Siltojen monitorointikäsikirja. Tulostettu 19.1.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/opas\\_2016-02\\_siltojen\\_monitorointikasikirja\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/opas_2016-02_siltojen_monitorointikasikirja_web.pdf)

Lyöri, V. 2018. Ouluhallin kattomittaus. Tulostettu 4.1.2018. [http://dimense.fi/site/assets/files/1380/esitelm\\_-\\_ouluhallin\\_kattomittaus.pdf](http://dimense.fi/site/assets/files/1380/esitelm_-_ouluhallin_kattomittaus.pdf)

Onnettomuustutkintakeskus. 2014. Y2013-01 Lapsen kuolemaan johtanut ratsastusmaneesin sortuminen Laukaassa 13.2.2013. Luettu 11.1.2018. <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuositain/muutonnettomuudet2013/y2013-01ratsastusmaneesinsortuminenlaukaalla13.2.2013.html>

Onnettomuustutkintakeskus. 2014. Y2013-01 Lapsen kuolemaan johtanut ratsastusmaneesin sortuminen Laukaassa 13.2.2013. Tulostettu 11.1.2018. [http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/XR3OvQZwt/Y2013-01\\_Laukaa.pdf](http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/XR3OvQZwt/Y2013-01_Laukaa.pdf)

Parkanon Kiekko ry. 2018. FennoSteel-areena. Luettu 12.1.2018. <http://www.parkanonkiekko.fi/seurainfo/fennosteel-areena/>

Pettinen, H. 2018. Lumelle tuli lähtö jäähallin katolta. Ylä-Satakunta 3/2018, 4–5.

Spectra Precision. 2018. HV302 Interior Laser. Luettu 19.1.2018. <http://www.spectralasers.com/en/hv302-interior-laser.html#.WmHpH6hl99M>

Suomen ympäristökeskus. 2018. Kattojen lumikuorma. Luettu 5.1.2018. [http://www.i2.ymparisto.fi/i2/90/rokb2/tanaan\\_fi.html](http://www.i2.ymparisto.fi/i2/90/rokb2/tanaan_fi.html)

Tieto-Oskari Oy. 2018. CMS-2D-C ja CMS-2D-R Kulmanmittausanturit. Tulostettu 25.1.2018. [http://www.tieto-oskari.fi/UserFiles/f54396d9-daab-4748-9a15-23669313f845/Web/AKKE\\_CMS-2D-C\\_fi.pdf](http://www.tieto-oskari.fi/UserFiles/f54396d9-daab-4748-9a15-23669313f845/Web/AKKE_CMS-2D-C_fi.pdf)

Tieto-Oskari Oy. 2018. Rakenteiden valvontajärjestelmällä saadaan jatkuvaa tietoa rakenteiden tilasta. Luettu 5.1.2018. [http://www.tieto-oskari.com/tuotteet/akke\\_rakenteiden\\_valvonta](http://www.tieto-oskari.com/tuotteet/akke_rakenteiden_valvonta)

Vehviläinen, B. 2016. Mittaa katon lumikuorma. Luettu 5.1.2018. <https://www.meilla-kotona.fi/artikkelit/mittaa-katon-lumikuorma>

Ympäristöministeriö. 2016. Faktaa rakennetusta ympäristöstä. Tulostettu 4.1.2018. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B3184B14D-5BC8-475D-B0B6-C09248A26BC7%7D/115621>

## LIITTEET

### Liite 1. Vertailu

1 (2)

Yritys	Tuote	Ominaisuuksia	Referenssejä
Dimense Oy	KINOS-Katon lumi- kuorman valvonta	Mittaa takymetrin tai tasolaserin ja prisma-antureiden avulla taipuman. Palkkiin asennetut DMM-tasointurit. Mittaa siirtymät x- y- ja z-suunnissa. Reaaliaikainen seuranta.	Ouluhalli
Nokeval Oy		Ei suoraa tuotetta taipuman seurantaan.	
Tieto-Oskari Oy	AKKE Rakenteiden valvontajärjestelmä	Elektronisten antureiden avulla muutosten seuranta. Soveltuu jatkuvaan sekä tilapäiseen rakenteiden valvontaan. Pystyy mittaamaan pitkän jännevälin kattorakenteita. Mittausanturit välittävät tiedot keskusyksikölle. Kulmanmittausanturilla taipuman seuranta. Mittauslaite soveltuu yhden palkin taipuman seurantaan.	Jyväskylän Paviljonki Ideapark Lempäälä Ideapark Lempäälä Tampereen urheilu- ja messukeskus
Finta Oy	Lumik	Lasertekniikkaan perustuva valvontalaitteisto. Ilmoittaa puhelimeen, kun ylittää sallitun taipuman. Mittauslaite soveltuu yhden palkin taipuman seurantaan.	
Inspecta Oy	Kattorakenteiden monitorointi	Itsenäinen tallentava valokuituanturi. Jatkuvatoiminen, etävalvottava järjestelmä. Ilmoittaa puhelimeen, kun ylittää sallitun taipuman. Mittausta voidaan seurata reaaliaikaisesti internetin kautta.	
FinMeas Oy		Erikoistunut infran mittauspalveluihin. Ei suoraa tuotetta taipuman seurantaan.	

Yritys	Osoite	Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköposti
Dimense Oy	Paulaharjuntie 22, 90530 Oulu	Veijo Lyöri	040 767 1344	<a href="mailto:veijo.lyori@dimense.fi">veijo.lyori@dimense.fi</a>
Nokeval Oy	Rounionkatu 107, 37150 Nokia		03 3424 810	<a href="mailto:sales@nokeval.com">sales@nokeval.com</a>
Tieto-Oskari Oy	Syväojankatu 3B, 87700 Kajaani	Jani Mikkonen	040 679 7230	<a href="mailto:myynti@tieto-oskari.fi">myynti@tieto-oskari.fi</a>
Finta Oy	Niiralanniementie 3, 74300 Sonkajärvi	Matti Nurmi	050 037 3061	<a href="mailto:finta@finta.fi">finta@finta.fi</a>
Inspecta Oy	Hautalankatu 31, 33560 Tampere	Jukka Verho	050 310 1787	<a href="mailto:sales@inspecta.com">sales@inspecta.com</a>
FinMeas Oy	Lutakonaukio 7, 40100 Jyväskylä	Sami Ylönen	040 715 3264	<a href="mailto:sami.ylonen@finmeas.com">sami.ylonen@finmeas.com</a>

## Liite 2. KINOS-mittauslaite



## KINOS – Katon lumikuorman mittalaite

Onko katon lumikuorma jokavuotinen ongelma kiinteistössäsi?  
Maksatko jopa kymmeniä tuhansia katon puhdistuksesta vuodessa, kenties turhaan?

Tarjoamme Teille KINOS-mittalaitetta kattorakenteiden lumikuorman valvontaan. KINOS mittaa kattoristikoiden tai -palkkien taipumaa millimetrin tarkkuudella ja vertaa tuloksia kattorakenteelle annettuihin raja-arvoihin. Raja-arvon ylittyessä mittalaitteen keskusyksikkö antaa relehälytyksen kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Järjestelmissä 2 ja 3 voi mittaustuloksia seurata myös etänä verkkoselaimella.

Lisääntyneen turvallisuuden ohella KINOS-mittalaite pienentää kiinteistön ylläpitokustannuksia, koska lumenpudotus voidaan ajoittaa oikein ja kohdentaa vain kriittiselle alueelle.

### Järjestelmä 1:

- Tasolaser, prisma, valoportit / mittauspisteet (10 kpl), keskusyksikkö
- Relehälytys kiinteistöautomaatiojärjestelmään
- Hinta 3900€ + alv

### Järjestelmä 2:

- Tasolaser, tasoanturi, prisma, valoportit / mittauspisteet (10 kpl), keskusyksikkö
- Yhden mittauspisteen taipumaseuranta internetissä, tekstiviestihälytys, relehälytys
- Hinta 5900€ + alv

### Järjestelmä 3:

- Tasolaser, laserin korkeussäätö, prismat / mittauspisteet (10 kpl), keskusyksikkö
- Kaikkien mittauspisteiden taipumaseuranta internetissä, tekstiviestihälytys, relehälytys
- Hinta 8900€ + alv



KINOS – Katon lumikuorman mittalaite

DIMENSE OY  
Paulaharjuntie 22, 90530 OULU  
Y-tunnus: 2372787-8

Email: [info@dimense.fi](mailto:info@dimense.fi)  
p. 040 767 1344  
[www.dimense.fi](http://www.dimense.fi)

## HV302

**Käyttökohteet**

- Rakennusmittaukset sisällä tai ulkona, suurilla tai pienillä rakennustyömailla
- Yleinen korkeuksien ja syvyyksien mittaus
- Välineinien asennus
- Alakattojen asennus
- Linjaukset



### Monipuolinen näkyvän säteen rakennuslaser





Näkyvän lasersäteen HV302 taso- ja linjauklaser on luotettava ammattirakentajan mittaustyökalu riippumatta tehdäänkö työ haasteellisissa olosuhteissa sisällä tai ulkona. Tämä maailman lujarakenteisin rakennuslaser mahdollistaa tasojen, linjojen ja 90 asteen kulmien mittaamisen näkyvän lasersäteen tai vastaanottimen avulla. Jopa kaikkein kirkkaimmalla valaistuksessa lasersäde on selkeästi ja luotettavasti havaittavissa, jotta voit työskennellä nopeammin ja tehokkaammin.

Lujarakenteinen HV302 laserlähetin kestää metrin pudotuksen betonille tai jalustan kaatumisen 1,5 metrin korkeudella. Lujarakenne yhdistettynä IP65 tiiveyden veden- ja pölytiivyyteen mahdollistaa työnteon jatkumisen jopa kaikkein haasteellisimmassa olosuhteissa.

HV302 laserlähetin on saatavilla HR150U perusvastaanottimella, HL450 numeronäyttövastaanottimella tai edistyneellä HL760 numeronäyttövastaanottimella. HL760 mahdollistaa kallistusmittaustoiminnon joka mittaa ja kallistaa laserlasen automaattisesti vastaanottimen korkeudelle. Panelok- toiminto lukitsee laserlasen vastaanottimen keskikohtaan, jolla varmistetaan laserlasen sijainti. Lisäksi HL760 vastaanottimen ainutlaatuinen "sormenjälki"- toiminto tunnistaa ja näyttää vain HV302 laserin kanssa paritetun lasersäteen muiden lasersäteen joukosta. Kaikkia toimintoja voidaan käyttää taso- ja linjauksikäytössä.

#### Pääominaisuudet

- Automaattitasaus taso- ja linjauksiasennossa
- Tarkkuus 5 mm @ 100 m
- Toiminta- alue 800 m
- Tehosäde – näkyy jopa kirkkaassa valaistuksessa
- Kaksi näkyvää lasersädettä – mahdollistaa 90 asteen kulmien mittauksen
- Tasausvahtitoiminto – säteen pyöräytä pysähtyy laitteen liikahlaessa virheellisten mittausten välttämiseksi
- Pitkän matkan RC402N radiokaukosäädin
- Radiotyhteys HL760 vastaanottimen ja laserlähettimen välillä mahdollistaa kallistusmittauksen ja tasolukituksen
- "Sormenjälki"- toiminnolla HL760 vastaanotin tunnistaa ja näyttää ainoastaan tämän kanssa paritetun laserin lasersäteen
- Erittäin kestävä ja luotettava
- 5 vuoden takuu

#### Käytännön edut

- Täydellinen mittauskalusto yhdessä laukussa – mukaan lukien jalat ja latta
- Helppo kujettaa, kantaa ja säilyttää
- Pitkä käyttöaika ladattavalla akulla tai paristoilla
- Erittäin lujarakenteinen – kestää metrin pudotuksen betonille
- Radiokaukosäädin mahdollistaa kaikkien laserlähettimen toimintojen etäkäytön




## Monipuolinen näkyvän säteen rakennuslaser

### HV302 tekniset tiedot

- Tarkkuus<sup>1,2</sup>: ± 5 mm/100 m,
- 10 kaarisekuntia
- Toiminta-alue<sup>2</sup>: 800 m
- Pyörintänopeus: 0, 10, 80, 200, 600 rpm
- Skannauskulmat: 0°, 5°, 15°, 45°, 90°, 180°
- Lasersäde: Punalinen diodilaser 600-680nm
- Lasertuokka: 3A/3R, max 5 mW lehosäde
- Automaattitasausalue: ± 5° (±9%)
- Tasausilmoitus: Led- valo
- Radityhteyden toimintasäde (HL760): 100m
- Virtalähde: 10.000 mAh NiMH akkupaketti
- Käyttöaika: 45h NiMH ja 60h alkaliparitot
- Käyttölämpötila: -20°C ... +50°C
- Säilytyslämpötila: -20°C ... +70°C
- Jalustakierre: 5/8 x 11 vaaka- ja pystyasennossa
- Pöly- ja vesitiivis: Kytä - IP66 tiiveysluokitus
- Paino: 3.1kg
- Virta vähessä ilmoitus: Led- valo
- Virran loppuessa: Lalle sammuu
- Takuu: 5 vuotta

### HL760 numeronäyttövastaanotin

- Erittäin tehokas vastaanotin korkeuksien ja linjauksen mittauksessa
- Mahdollistaa kallistusmittauksen ja lasoluokituksen HV302 laserin kanssa
- Pääominaisuudet:
  - Digitaalinen numeronäyttö
  - Säädettävä mittaustarkkuus
  - Valosuojaus - minimoi lampujen ja vilkkujen aiheuttamat virhesignaalit
  - Erittäin laaja säteen tunnistusalue
  - Kestää jopa 3 m pudotuksen rikkoutumatta
  - Sormenjälkitoiminto - vastaanotin näyttää vain paritetun laserlähettimen lasersäteen
- Käytännön edut:
  - Korkeuseron voi lukea suoraan näytöltä;
  - Säädä huomattavasti työaikaa
  - Vähentää uudelleen tekemisen määrää
  - Tehosteitu luotettavuus, tarkkuus ja kestävyys

### RC402N tekniset tiedot

- Toimintasäde<sup>1,2</sup>: 100 m
- Virtalähde: 2 x 1.5V AA alkaliparitot
- Käyttöaika: 130 tuntia
- Pöly- ja vesitiivis: Kytä - IP66
- Paino: 0.26 kg

### HL760 tekniset tiedot

- Mittausyksiköt: mm, cm, ft, in, frac. in
- Vastaanotokennon korkeus: 127 mm
- Kuusi tarkkuusvaihtoehtoa:
  - Todella tarkka 0.5 mm
  - Erittäin tarkka 1 mm
  - Tarkka 2 mm
  - Vakio 5 mm
  - Karkea 10 mm
  - Kallibrointitarkkuus 0.1 mm
- Käyttöaika (2 x AA): 60+ tuntia jatkuvassa käytössä
- Automaattinen sammutus: 30 min/ 24 tuntia
- Käyttölämpötila: -20°C ... 50°C
- Pöly- ja vesitiivis: Kytä - IP67
- Paino: 0.37 kg
- Takuu: 3 vuotta "No Excuses"

- <sup>1</sup> 21°C lämpötilassa
- <sup>2</sup> Optimaalisissa olosuhteissa
- <sup>3</sup> Alueellisen suuntatason



HV302 laserlähettäjä



RC402N radiokaukosäädin kaikkien laserlähettimien toimintojen etäkäyttöön

### Valitse HV302 laserpaketin vastaanotin



HR150U vastaanotin Led- valoilla, magneettikiinnityksellä ja lattakiinnikkeellä



HL450 vastaanotin numeronäytöllä ja lattakiinnikkeellä



HL760 vastaanotin numeronäytöllä, edistyneillä radiotoiminnoilla ja lattakiinnikkeellä

### Yhteystiedot:

#### POHJOIS-AMERIikka

Trimble - Spectra Precision Division  
5475 Kellenburger Road • Dayton, Ohio 45424 • USA  
+1-888-272-2433 (maksuton) • Fax +1-937-245-5489  
[www.spectrallasers.com](http://www.spectrallasers.com)

#### EUROOPPA

Trimble Kaiserslautern GmbH  
Am Sportplatz 5 • 67661 Kaiserslautern • SAKSA -  
DEUTSCHLAND  
Puhelin +49-6301-711414 • Fax +49-6301-32213

Spectra Precisionin jällemyyjät: [www.spectrallasers.com](http://www.spectrallasers.com) tai [www.trimble.com](http://www.trimble.com)  
Määritykset ja kuvaukset voivat muuttua ilman ennaltoitusta. Agenteitvat tulotiedot löytyvät osoitteesta [www.spectrallasers.com](http://www.spectrallasers.com) tai [www.trimble.com](http://www.trimble.com).

© 2015, Trimble Navigation Limited. Kaikki oikeudet pidätetään. Trimble, Globe & Triangle logo ja Spectra Precision ovat Trimble Navigation Limitedin tavaramerkkejä, rekisteröityjä Yhdysvaltojen patentti- ja tavaramerkkivirastossa sekä muualla maailmassa. Kaikki muut tavaramerkit ovat niiden haltijoiden omaisuutta.  
PN 022507-408-F1 (04/15)





## DMM – Deflection Multi Meter

The DMM system measures vertical deflection from many locations, in real-time, utilizing optical reference level created by a horizontally rotating laser. The multipoint measurement capability with 10 Hz sampling rate makes it unique compared to other measurement equipment, such as a total station theodolite. The DMM system can be applied for measuring bending of main girders during a bridge loading test or for long-term monitoring of various structures, for example.

Serially connected DMM units send measurement results to computer using a RS-485 data bus cable, which also serves power for the system. Communication between a DMM and a computer utilizes the MODBUS protocol which enables an easy connection to existing measurement systems. A bundled DMM Commander software, running in Windows, OsX or Linux, allows for a real-time evaluation of the measurement results.

Optionally a DMM unit includes bi-directional tilt and acceleration sensors and it also provides three input channels with 24-bit A/D converters for external voltage or current output sensors, such as a strain gauge or a displacement sensor.

In many applications it is possible to utilize super magnets or clamps for fixing, which makes the DMM system very flexible and easy to assemble.



DMM – Deflection Multi Meter

DIMENSE LTD.  
Paulaharjuntie 22  
90530 Oulu, FINLAND

Email: [info@dimense.fi](mailto:info@dimense.fi)  
Tel. (358) 40 7671344  
[www.dimense.fi](http://www.dimense.fi)

**DMM products**



**DMM unit**



**Adjustable fixing bracket with clamps**



**DMM cable**



**Adjustable fixing bracket with magnets**

DMM – Deflection Multi Meter

## Application photographs



Figure 1. A rotary laser forming a reference level for a DMM sensor assembled in the middle span of the arched bridge.



Figure 2. Four DMM sensors measuring deflection of main girders.

## Technical performance

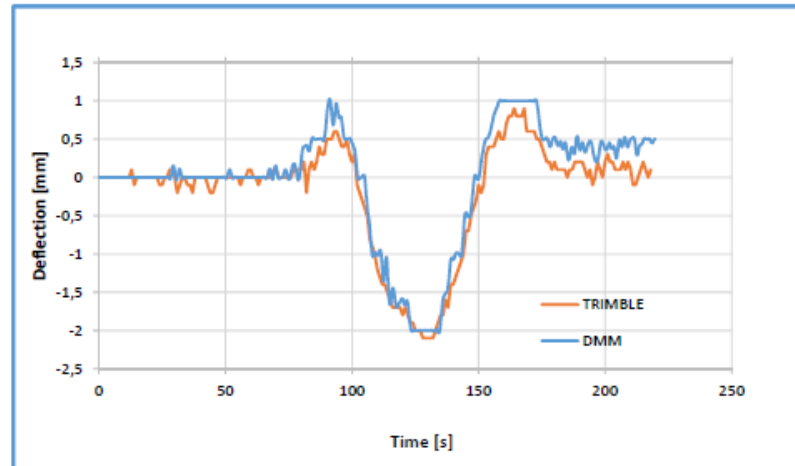


Figure 3. Deflection of bridge girder in loading test, measurement distance 30 m. Comparison of DMM sensor and Trimble VX Spatial Station, see Fig. 1.

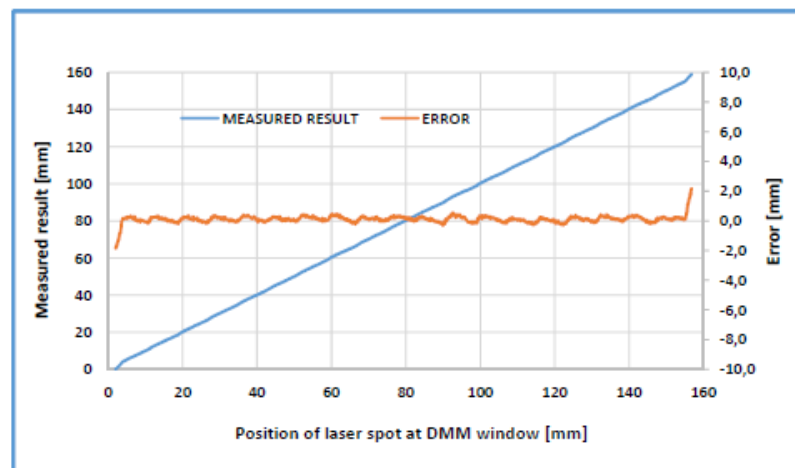


Figure 4. Linearity error, measurement distance 15 m.

Note: Normally laser spot is aimed at the center of the measurement window (80 mm) when measurement range is 80 mm up and down.

## Technical performance

### Deflection sensor:

Resolution	0.5 mm (single shot, can be improved by averaging)
Sampling rate	10 Hz
Measurement range	0 – 160 mm
Measurement distance	100 m (max)
Number of DMM units in chain	1 – 20
Operating voltage	6.5 – 36 V
Current consumption	170 mA
Data bus	RS-485 (MODBUS)
Dimensions and weight excluding fixing structure	71 x 64 x 215 mm (depth x width x height), 1.56 kg
Enclosure material	Aluminum, EN AW 6082, window PMMA 3 mm
Connector type	MIL-5015
Operating temperature	- 20 °C ... +45 °C

### Rotating Laser:

Rotating speed	600 rpm
Laser type	Leica Rugby 800-series Spectra Precision HV302 or equivalent

### Optional internal tilt sensor:

Resolution	0.01 ° (bi-directional, $f_{3dB} = 1$ Hz)
Sampling rate	10 Hz (LP filtered, max 4.8 kHz)
Measurement range	± 45 °

### Optional internal acceleration sensor:

Resolution	1 mg (x- and y-directions, $f_{3dB} = 50$ Hz)
Sampling rate	100 Hz (LP filtered, max 4.8 kHz)
Measurement range	± 1.7 g

### Optional external sensor inputs:

Number of input channels	3 pcs, voltage or current input
Resolution	24 bit
Sampling rate	4,8 kHz (max)
Measurement range	0 – 3.75 V or 4 - 20 mA

Liite 5. Parkanon jäähallin tarkastuslausunto, ei julkaista