

**KATTOTURVATUOTTEIDEN TUOTEKEHITYS
P-MERKINTÄÄ VARTEN**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

HAMK Riihimäki, Kone- ja tuotantotekniikka

Syksy, 2018

Jaakko Ranta

Kone- ja tuotantotekniikka
Riihimäki

Tekijä	Jaakko Ranta	Vuosi 2018
Työn nimi	Kattoturvaluotteiden tuotekehitys P-merkintää varten	
Työn ohjaaja/t	Jaakko Vasko	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa tuotekehitys jo olemassa oleville ja uusille kattoturvaluotteille, joita pyritään saamaan myyntiin Ruotsin markkinoille. Toimeksiantaja haluaa laajentaa myyntiään Ruotsiin aiempaa enemmän. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Orimattilassa sijaitseva Nesco Oy, joka on kotimainen sadevesi- ja kattoturvaluotteiden valmistamiseen erikoistunut yritys. Nesco toimii ympäri Suomea ja se kuuluu Vesivek-konserniin, joka on maan johtava ränni- ja kattoremonttien toteuttaja.

Jotta Ruotsissa saa myydä kattoturvaluotteita, vaaditaan niiltä P-märket laatumerkki, joka todistaa tuotteen täyttävän tarkat ja vaativat kriteerit turvallisuudessa ja kestävyudessa. Merkkiä varten tuotteiden on läpäistävä virallisen tahon valvomat testit, jotka on standardisoitu. Vanhoille tuotteille on tehtävä tuotekehitystä, jotta ne läpäisisivät P-merkinnän vaatimukset. Osa tuotteista on suunniteltava kokonaan alusta saakka.

Opinnäytetyön lopputuloksena suurin osa kehitettävistä tuotteista saatiin läpäisemään standardisoidut ja valvotut testit. Projektin pitkän kokonaiskeston vuoksi oli asetettava tietty päätösaika, johonka työ rajattaisiin. Valittavasti tiettyjen muuttujien vuoksi osa tuotteista jäi keskeneräiseen vaiheeseen, mutta niiden tuotekehitys jatkuu tämän opinnäytetyön tekijän työtehtävissä vielä opinnäytetyön teon jälkeen.

P-merkki projektin seuraavassa vaiheessa merkkihakemukset lähetetään eteenpäin raportit, kokoonpanokuvat ja asennusohjeet liitteenä.

Avainsanat kattoturva, tuotekehitys, tuotesuunnittelu

Sivut 65 sivua, joista liitteitä 3 sivua

Mechanical Engineering and Production Technology
Riihimäki

Author	Jaakko Ranta	Year 2018
Subject	Product development of roof safety products for P-märket	
Supervisors	Jaakko Vasko	

ABSTRACT

The goal of this thesis was to accomplish product development for existing and new roof safety products, targeted for the Swedish market because the commissioner wanted to expand their sales to Sweden with a higher capacity than before. The commissioner of this thesis was Nesco Oy from Orimattila, which is a Finnish market leader specialized in manufacturing and selling rainwater systems and roof safety products. Nesco operates all over Finland. Nesco is a part of the Vesivek concern, which is the market leader in rainwater systems and roof renovations.

In order to sell roof safety products in Sweden the products must have the P-märket quality certification, which certifies that the products meet the strict requirements as to safety and endurance. To reach the P-märket status, the products must pass standardized tests which are supervised by an official party. Old products require product development to meet the requirements of the P-märket. Some of the products must be designed from scratch.

This thesis concludes that a majority of products under development passed the standardized and supervised tests. Due to the long overall duration of the project, a specific deadline had to be set to limit the subject. Unfortunately, because of certain variables, there was not enough time to finish all the products. The author of this thesis will be continuing the product development on these products even after the completion of this thesis project.

The next phase of the P-mark project is to send applications for marking. Reports, assembly pictures and installation instructions are enclosed with the applications.

Keywords product designing, product development, roof safety

Pages 65 pages including appendices 3 page

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	VALMISTUSMENETELMÄT JA TUOTANTO NESCOLLA	2
2.1	Materiaali	3
2.2	Tuotanto.....	4
2.3	Maalaus.....	6
3	PROTOTYYPPIEN VALMISTUS JA TESTAUS.....	7
3.1	Prototyyppien luominen	7
3.2	Testaaminen.....	9
3.2.1	Testilaitteena vetokokeessa Tamtron BCSD-020-A.....	9
3.2.2	Testipaikat	10
3.2.3	Testien toteutus	13
4	P-MERKKI	15
4.1	Yleisosa	15
4.2	Tuotteet huopakattokiinnitteiselle tiilikatolle	19
4.3	Huopakattokiinnitteisen tiilikaton tuotteiden päivitys.....	26
4.4	Tuotteet lukkosaumakatolle	30
4.5	Tuotteet muotokatolle.....	33
4.6	Muotokaton tuotteiden päivitys	39
5	VTT-TESTAUKSET	45
5.1	Huopakattokiinnitteisen tiilikaton tuotteiden testit.....	45
5.2	Lukkosaumakaton tuotteiden testit.....	48
5.3	Muotokaton tuotteiden testit.....	52
6	TYÖN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	55
6.1	Eri kattotyyppien tuotteiden tilanne opinnäytetyön päätyttyä.....	55
6.2	Yhteenvedo ja johtopäätökset.....	57
	LÄHTEET.....	58

Liitteet

Liite 1 Asennusohje esimerkki

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on toteuttaa tuotekehitystä vanhoille tuotteille ja suunnitella uusia kattoturvatuotteita täyttämään Ruotsin P-merkinnän saavuttamiseen vaaditut kriteerit. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Nesco Oy. Opinnäytetyön tekijän tavoitteita oppimisenäkökulmasta ovat oppia suunnittelijälähtöistä ajattelutapaa ja oppia projektinhallintaa. Tavoitteena myöskin on kartuttaa kokemusta ja itsevarmuutta 3D-mallintamisessa ja työkuvien tuottamisessa tulevaa työuraa varten.

Nesco on Orimattilassa toimiva yritys, joka on erikoistunut sadevesi- ja kattoturvatuotteiden valmistamiseen. Nescolla on noin sata työntekijää ja se on alun perin perustettu vuonna 1981 Jukka Immosen ja Pentti Tikkasen toimesta. Tällä hetkellä Nescon toimitusjohtajana toimii Pasi Heikkonen. Nesco toimii ympäri Suomea ja se kuuluu Vesivek-konserniin. Vesivek on maan johtava ränni- ja kattoremonttien toteuttaja.

Vesivek-konserni on aloittanut toimintansa Ruotsissa noin kaksi vuotta sitten. Nescon tuotteista osaa jo myydään Ruotsiin, mutta vain pienissä määrin ja pienellä tuotekattauksella. Tällä hetkellä Ruotsiin tehdään Vesivekin toimesta pääosin vain pelkkiä kattoremontteja. Kun kattoturvatuotteille saataisiin tavoitellut P-merkinnät, pystytään myymään kokonaisia valmiita kattopaketteja Ruotsiin ja tämä luo uutta menekkiä Nescon kattoturvatuotteille.

Tuotekehitysprojektiin kuuluu vanhojen tuotteiden kehittämistä ja päivittämistä täyttämään P-merkin vaatimukset, ja uusien tuotteiden luomista. Tärkeimmät huomioitavat näkökulmat tuotekehityksessä ovat tuotteen toimivuus, kestävyys, ulkonäkö, asennettavuus ja ennen kaikkea valmistettavuus. Osissa tuotteista ruotsalaisten mieltymykset ulkonäön suhteen poikkeavat Suomessa totuttuihin ratkaisutapoihin ja nämä tuotteet on suunniteltava uudestaan, jotta ne sopisivat Ruotsin markkinoille. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat lumiesteputket. Suomessa käytetään putkilumiesteessä kahta ovaaliputkea, kun taas Ruotsissa käytetään kolmea pyöreää putkea. Tuotteet kehitetään ulkonäöltään markkinoille sopivaksi ja kestävyydeltään ja toimivuudeltaan kriteerit täyttäväksi ja turvallisiksi. Ennen niiden varsinaisen tuotannon aloittamista ne testataan standardisoiduissa testeissä, jotka tehdään Nescon tiloihin rakennetuilla testipaikoilla.

Kun tuotteet läpäisevät määritetyt testit, toistetaan testit Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy:n edustajan läsnä ollessa ja valvoessa. Edustaja hyväksyy testit, mikäli suoritukset täyttävät standardin mukaiset vaatimukset. Valvoja laatii tuotetestauksista raportin ruotsin kielellä. Nesco lähettää P-merkintä hakemuksen Ruotsin tekniseen tutkimuslaitokseen, joka kuuluu RISE (Research Institutes of Sweden) konserniin. Hakemukseen liitetään VTT:n laatima raportti, kokoonpanokuvat ja asennusohjeet. Kun P-merkitöihin saadaan hyväksynnät, aloitetaan tuotteiden varsinaisen tuotanto.

2 VALMISTUSMENETELMÄT JA TUOTANTO NESCOLLA

Nescon tuotanto on suurelta osin pelkkää ohutlevytuotantoa. Laitteita varsinaiseen koneistukseen ei ole juuri ollenkaan. Laitteisto koostuu siis ohutlevytuotannon tuotantokoneista: levytyökeskuksista, särmäyspuristimista, robottisoluista ja epäkeskopuristimista. Tässä otsikossa käydään läpi vain opinnäytetyöhön liittyvien tuotteiden valmistusmenetelmiä ja muita si-
vuutetaan lyhyesti.

Ohutlevytuotantoon yleisesti sisältyy paljon etuja. Tuoterakenne on kustannustehokas, tuotteista tulee yleensä kevyitä ja ne omaavat hyvän pinnanlaadun. Tuotteita muotoilemalla niihin saadaan tarvittaessa jäykkä rakenne esim. vahvikekanttauksia lisäämällä. Tuotteet saadaan helposti suunniteltua niin, että niitä voidaan yhdistää erilaisissa kokoonpanoissa. Ohutlevytuotteen suunnittelussa on omat haasteensa, sillä huomioon otettavia asioita on paljon. Tärkeimpiä muistettavia asioita on valmistettavuus käytössä olevilla valmistusmenetelmillä ja rakenteellisesti vaadittujen ominaisuuksien saavuttaminen. (Ponkkonen, 2018)

Ensimmäisessä luvussa mainittujen laitteiden lisäksi tehtaalla on erilaisia automatisoituja tuotantolinjoja, joilla valmistetaan eri tuotteita. Esimerkiksi Tuborg-koukkulinja on pitkä rullamuovauslinjasto, jonka päädyssä on erilaisia pistin- ja puristustyökaluja muodon viimeistelyyn. Linja valmistaa sadevesikourujen kiinnityksiä varten kourunkannakkeita (Kuva 1).



Kuva 1. Sadevesikourun kannake

Toisena hyvänä esimerkkinä on hetki sitten uutena investointina hankittu lumiesteprofiilin rullamuovauslinjasto (Kuva 2).



Kuva 2. Lumiesteprofiilin koteloitu rullamuovauslinja

Aiemmin lumiesteprofiilin muoto tehtiin pitkällä särmäyspuristimella, ja nyt se valmistuu automatisoidun rullamuovauslinjaston avulla valmiiksi tuotteeksi ilman särmäyspuristimen käyttämistä.

Edellä mainittujen lisäksi Nescolla on muutamia robottisoluja, jotka valmistavat esimerkiksi tikkaita varten johdelaippoja ja yläkaaria, mutta ne eivät liity tämän opinnäytetyön tuotteisiin, joten niitä ei käydä enempää läpi.

2.1 Materiaali

Raaka-aine toimitetaan Nescolle joko kokonaisina arkkeina tai eri levyisinä rainoina, jotka ovat keloissa. Isommista keloista raaka-ainetta leikataan eri levyisiin rainoihin käyttökohteiden mukaan. Osassa tuotteista raaka-aine tulee suoraan pinnoitettuna oikean värisenä. Nämä tuotteet eivät vaadi enää erillistä maalausta. Tällainen tuote on esimerkiksi lumiesteprofiili.

Raaka-aine on yleisimmin sinkittyä teräslevyä eri paksuisina. Sadevesijärjestelmien tuotteita tehdään myös alumiinista ja kattoturvatuotteita voi tilata myös kuparisena, ruostumattomana tai haponkestävänä. Kannakkeissa ja muissa levyosissa yleisin materiaali on sinkitty teräs. Tarkemmin se on kuumasinkittyä terästä, jossa sinkkiä on noin 350 g/m^2 . Paksuutena 2,5 mm on yleisimmin käytetty. Ohuempia aineenvahvuuksia käytetään sadevesikourujen kiinnitysten panta-osissa ja kouruissa. Tarvittaessa reilusti paksummat levyosat, erityisosat, erilaiset jigrit tai tuotannon koneiden osat tilataan laserleikattuina tai koneistettuina yhteistyökumppaneilta.

Tällä hetkellä 2,5 mm paksuiselle teräkselle yritetään saada korvaajaa ohuemmasta, mutta kovemmasta teräslaadusta. Mikäli ohuempi materiaalipaksuus riittää standardien määrittämiin vaatimukseen testeissä, saavutetaan materiaalivaihdolla raaka-ainekustannuksissa selkeää säästöä. Ohuempien tuotteiden testaukset ovat opinnäytetyön teon aikana parhailaan käynnissä.

2.2 Tuotanto

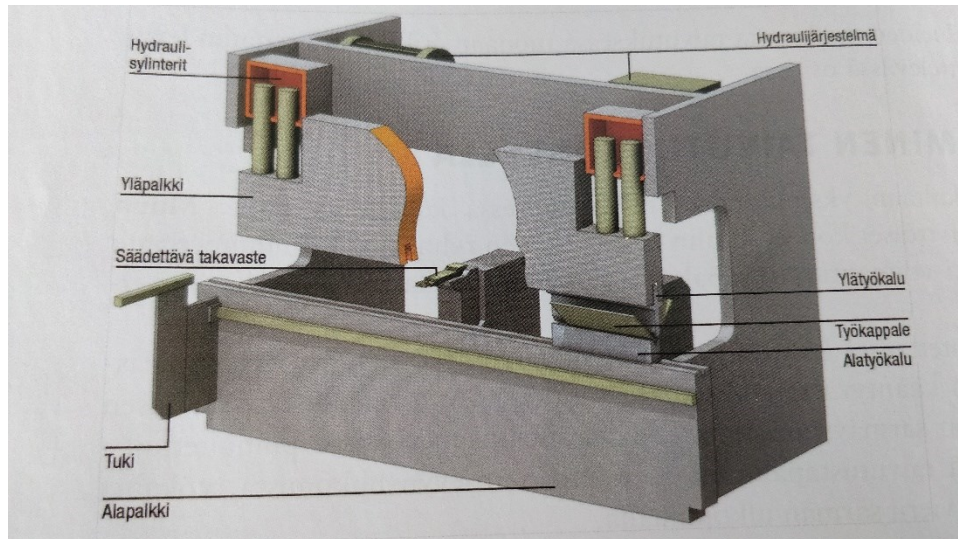
Kuten jo tämän luvun johdannossa mainittiin, Nescon tuotanto on käytännössä pelkkää ohutlevyтуotantoa. Ohutlevyтуotannon lisäksi Nescolla suoritetaan hyvin pienissä määrin myös hitsausta ja kokoonpanoa. Hitsaus keskittyy lähinnä sadevesijärjestelmien tuotantoon ja erikoistapauksiin. Kokoonpano koostuu lähinnä esimerkiksi kattoluukkujen ja laukaistavien tikkaiden kasaamisesta ja niiden eri työvaiheista.

Nescolla levyn leikkaukseen ja lävistämiseen käytetään epäkesko puristimia ja levytyökeskuksia, joissa kappaleet leikataan irti erimuotosilla ja mallisilla pistimillä lyöden. Levytyökeskuksia on kaksi kappaletta. Alun perin levytyökeskuksia oli vain yksi, mutta kasvaneen menekin vuoksi Nesco investoi toiseen. Yhden levytyökeskuksen tuotantokapasiteetti ei olisi enää riittänyt tuotantotarpeen täyttämiseen.

Pistimillä lyötyjen muotojen jälki ei ole yhtä tarkka kuin esimerkiksi laserilla tai vesileikkuulla, mutta täysin riittävä laadukkaan tuotteen saavuttamiseksi. Etuna levytyökeskuksessa on sillä saavutettava suuri tuotantopeus ja se, että sinkkiä kulkeutuu myös leikkausreunaan. Laser- ja vesileikkuu eivät ole tuotantomenetelminä sopivia Nescon tuotannolle, sillä tuotteiden tuotantokapasiteetti on vaativa ja eräkoot ovat suuria.

Lähes kaikkiin Nescon levyosista tulee jonkinlaisia taitoksia, jotka luodaan kappaleisiin yleisimmin erilaisilla särmäyspuristimilla. Särmäykseen saadaan erilaisia astekulmia ja pyöristyssäteitä särmäystyökaluja vaihtelemalla. Työvaiheeseen on olemassa omat ohjesääntönsä ja rajoitteensa, mutta niitä ei käydä läpi tässä opinnäytetyössä.

Särmääminen on levyn taivuttamista, joka toteutetaan särmäyspuristimella. Käyttökohteen mukaan saatavilla on laaja valikoima eri ominaisuuksia omaavia särmäyspuristimia. Puristimien puristusvoima vaihtelee välillä 100-25000kN ja niiden työleveys voi olla jotain välillä 1-10 metriä. Materiaali ja sen paksuus vaikuttavat vaadittavan puristusvoiman suuruuteen. Puristimia voidaan myös kytkeä sarjaan, jolloin saavutetaan yhden puristimen maksimileveyttä suurempi työleveys. Kuitenkin yleisimmin käytetty työleveys on 2-4 m. Särmäyspuristimien toiminta toteutetaan pneumaattisesti, mekaanisesti tai hydraulisesti. Pneumaattisesti käytettävät särmäyspuristimen ovat harvinaisia. Suuria voimia vaativissa taitoksissa käytetään hydraulisesti toteutettua särmäyspuristinta. (Matilainen ym. 2011, s.240) Kuvassa 3 ilmenee särmäyspuristimen rakenne.



Kuva 3. Särmäyspuristimen rakenne (Matilainen ym. 2011, s.240)

Nescolla on useita pienempiä manuaalisesti käytettäviä särmäyspuristimia, joilla tehdään pienempiä kappale-eriä tai vaikeampia erikoistuotteita. Niiden ohjelmoiminen robotille vie liikaa aikaa eikä ole sen vuoksi perusteltua. Välillä hankalissa tuotteissa mitat saattavat hieman poiketa kuvista, johtuen esimerkiksi siitä, että mallinussovellus ei aina luo oikeaa aukilevitysmittaa aihiolle. Tällöin taitokset eivät ole täysin suunnitellun mukaiset ja särmääjä joutuu itse soveltamaan mihin hävittää ylimääräisen hukan, tätä ei robotti pystyisi tekemään.

Osa Nescon särmäyspuristimista ovat robottiohjelmoituja. Niihin syötetään ohjelma ja aihiolava tuodaan omalle pisteelle, jonka jälkeen koneet toimivat itsenäisesti, osa esimerkiksi konenäön avulla. Niille on ohjelmoitu tiettyjä perustuotteita, joiden menekki on tasaista, suurta ja ennakkoon määriteltävissä. Valmistettavien tuotteiden vaativuuden mukaan on määritetty millä särmäyspuristimella on sopivat ominaisuudet niiden tuottamiseen. Esimerkiksi vanhaa lumiesteprofiilia pystyttiin tekemään ainoastaan pitkällä kolmen metrin särmäyspuristimella.

Särmäytyille tuotteille ei tarvitse tehdä minkäänlaista jälkikäsittelyä ennen maalausta. Tuotteille suoritetaan laadunvalvontaa, jolla saadaan tarkastettua, että tuotteet ovat valmiita maalaukseen. Laadunvalvonnassa tarkastetaan lähinnä levytyökeskuksen työnjälkeä ja särmäysmittojen paikansapitävyyttä.

2.3 Maalaus

Nescolla on käytössä muutama vuosi sitten suurena investointina tehty Sasmeter maalauslinjasto. Investoinnin aikana linjasto oli Suomen modernin ja kesti aikansa ennen kuin kellään muulle suomalaiselle yritykselle rakennettiin samanlaista.

”Sasmeter Oy on erikoistunut monipuolisten esikäsittely- ja maalauslinjojen sekä yksittäisten laitteiden suunnitteluun ja valmistukseen. Asiakkaitamme ovat pienet ja suuret yritykset puunjalostus-, metalli- ja muoviteollisuudesta. Sasmeter® pintakäsittelylinjat suunnitellaan asiakkaan tilojen ja yksilöllisten tuotantotarpeiden mukaan. Maalauslinjan hankinta on pitkäikäinen investointi, kun se toteutetaan alusta asti huolellisesti ja mukana on laitetoimittajana kokenut kotimainen ammattilainen”. (Sasmeter 2018.)

Linjasto koostuu ripustuslinjasta, esikäsittelystä, pulveroinnista ja uunista. Se toimii täysin automatisoidusti. Työvoimaa vaaditaan ainoastaan maalattavien tuotteiden ripustaminen, tuotteiden alas ottoon, pakkaamiseen ja myöskin maalausjärjestyksen ohjaukseen. Linjasto pystyy toimimaan tarpeen vaatiessa vuorokauden ympäri, sillä maalattavat tuotteet pystytään ripustamaan etukäteen jonoihin odottamaan omaa maalausvuoroaan.

Ennen linjastoa kaikki maalaaminen tehtiin Nescolla manuaalisesti yhdessä maalaamossa, jossa tosin oli jo osittain automaatiota. Investointi uuteen maalauslinjastoon oli suuri, mutta se laskettiin investointisummallaan ja takaisinmaksuajallaan olevan järkevä ja kannattava toteuttaa.

Maalaukseen käytetään pääosin RR-värikartan standardisoituja värejä, mutta asiakkaan toiveesta maalataan myös erikoisvärejä. Joitain tuotteita ei maalata ollenkaan. Jotkin tuotteet tehdään valmiista tietyn värisestä rainasta, esimerkiksi sen vuoksi, että kappale on vaikea maalattava tai sen laatu voisi jäädä huonoksi. Esimerkiksi LP3 lumiesteprofiili tehdään suoraan oikean värisestä rainasta ilman erillistä maalausta.

3 PROTOTYYPPIEN VALMISTUS JA TESTAUS

Prototyypit ja niiden käyttäminen ovat avainasemassa uuden tuotteen luomisessa. Prototyyppi kertoo minkä näköinen tuote käytännössä on, siitä pystytään mittaamaan erinäisiä asioita ja sitä pystytään testaamaan. Prototyyppejä luodaan pieni erä, jolla tarvittavat testit saadaan tehtyä. Erilaisia prototyyppimalleja tehdään lähes poikkeuksetta useampi versio, sillä niitä päivitetään aina, kun ongelmakohtia huomataan tai keksitään jokin parannuskohde. Ensimmäinen prototyyppi saattaa olla hyvinkin karu, ja sillä saatetaan esimerkiksi tarkistaa, onko tuotteen geometria lähellä oikeaan tai, että onko tuote käytännössä mahdollista valmistaa käytössä olevilla valmistusmenetelmillä. Viimeinen prototyyppi on käytännössä valmis tuote, joka vielä tarkastetaan ja hyväksytetään ennen kuin se laitetaan lopullisesti tuotantoon.

3.1 Prototyyppien luominen

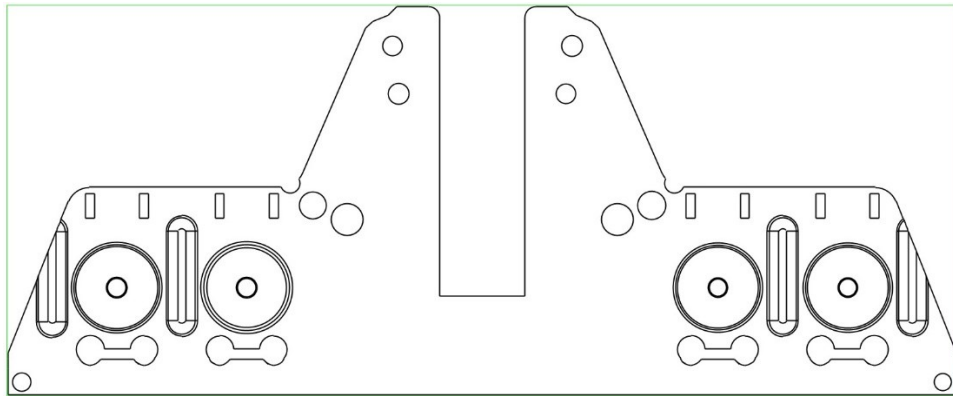
Nescolla prototyyppien valmistus alkaa tuotekehityksen toimistolta. Kun idea uudesta tai päivitettävästä tuotteesta on tullut, aloitetaan tuotteen suunnittelu. Idea saattaa olla tuotekehityksen itse näkemä kehityskohde tai ylemmän tahon kehitystoive/-idea. Suunnittelu saatetaan aloittaa hyvin karkeasti esim. lyijykynäpiirroksella. Kun ideasta on saatu kiinni, alkaa tuotteen mallintaminen.

Helpoin tapa hahmottaa ja esitellä muille tulevaa tuotetta on tehdä siitä 3D-malli. Mallia esittelemällä on helppo pitää palavereita ja keskustella tuotteen linjauksista. Nescolla käytössä on Vertex G4 2018 -mallinnussovellus. Mallintaminen on nopeaa ja järkevästi tehtyyn malliin on helppo tehdä tarvittaessa muutoksia jälkeenpäin. Kun 3D-mallin ulkonäkö vastaa visioitua tuotetta ja materiaalipaksuus on määritetty, tehdään mallista työkuvat. Käytännössä kaikki Nescon tuotteet ovat ohutlevytuotteita ja valmistusmenetelmien vuoksi työkuvien teko on melko yksinkertaista. Valmistusmenetelmät on kerrottu aiemmin tässä opinnäytetyössä.

3D-mallista tehdään yleensä seuraavat kaksi kuvaa:

- levityskuva
- särmäyskuva.

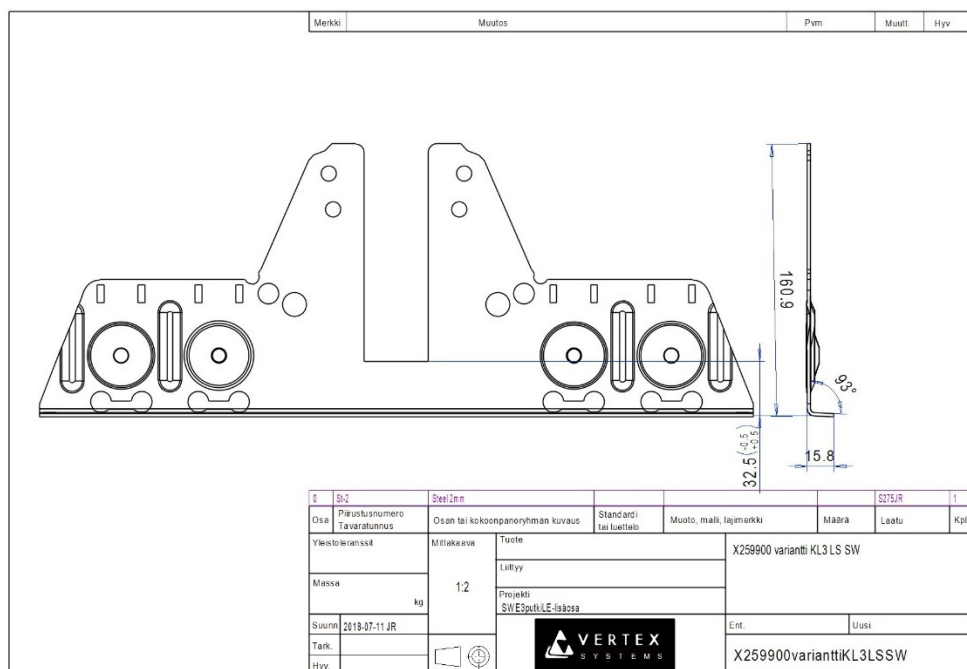
Valmiit kuvat lisätään Nescon käyttämään Microsoftin omaan NAV-tuotannonohjausjärjestelmään tuotteen oman nimikkeen alle, minkä tuotekehitys on sille luonut. Nimike voi olla esimerkiksi muotoa X219900-211. NAV:n kautta levytuotannon työnjohtaja hoitaa särmäyskuvan, josta esimerkki kuvassa 5, särmäjälle ja tekee työstöohjelman levykeskukselle levityskuvasta (Kuva 4).



Kuva 4. Esimerkki levityskuvasta .dxf tiedostomuodossa

Levityskuvassa kaikki malliin tehdyt särmäyksen suoristetaan, ja kuvantoon tulee pelkkä levymallin aihio. Levityskuvaan ei tule lomaketta ollenkaan, se on 1:1 mittakaavassa ja sen katselusuunta on oltava kohtisuoraan. Tähän kuvaan ei laiteta näkyviin mitään mittoja ja ylimääräiset viivat esim. reikien keskiviivat poistetaan. Kuva tallennetaan .dxf tiedostomuodossa.

Levytyötuotannon työnjohtaja avaa .dxf kuvan JetCam-ohjelmalla ja luo siitä työstökuvan levytyökeskukselle valitsemalla työkalut ja sijoittamalla niiden iskupaikat, joilla kappaleen geometria luodaan. Työstökuvasta tehdään nestaus, eli kuvaa kappaleesta sijoitetaan levyaihiolle haluttuihin kohtiin haluttu määrä mahdollisimman pienellä materiaalihävikillä. Nestauksen tekemiseen on olemassa omat sääntönsä, mutta niitä ei käydä läpi tässä opinnäytetyössä.



Kuva 5. Esimerkki särmäyskuvasta

Särmäyskuvaan ei yleensä mitoiteta muuta kuin tehtävät särmäykset. Särämäyskuva tallennetaan .pdf muodossa, joten sen saa helposti auki käytännössä millä laitteella tahansa.

Jos kappale on hyvin monimutkainen tai muuten vaikeasti hahmotettava, voidaan NAV:iin lisätä Vertex-mallista 3D-pdf tiedosto. Mallia pyörittämällä vaikea särmäysmuoto saattaa hahmottua paremmin kuin pelkkien kuvantojen perusteella ja tuotantovirheiden todennäköisyys pienenee.

3.2 Testaaminen

Tuotteiden testaaminen on oleellinen, ja myöskin pakollinen osa uuden tai päivitettävän tuotteen kehitysprosessia. Vanhaa tuotetta päivittävässä tuotekehityksessä on helpompi lähteä liikkeelle, kun vanhaa tuotetta käytetään vertauskohtana. Jos jo toimivaan tuotteeseen tehdään jokin päivitys ja testeissä ilmeneekin ongelmia, voidaan tehdä johtopäätös, että ongelmat johtuvat tehdyistä muutoksista ja tutkinta voidaan keskittää pelkästään niihin. Se rajaa pois suuren määrän ylimääräistä tutkimustyötä ja näin ollen poistaa suuren määrän turhaa ajankäyttöä.

Uutta tuotetta luodessa on tärkeä alussa keskittyä spesifien yksityiskohtien sijasta tuotekokonaisuuteen. Vanhaan kokemukseen ja tietotaitoon perustaen voidaan tehdä johtopäätöksiä riittävästä materiaalipaksuudesta ja yleisesti tuotteen geometrian riittävydestä kestävyysvaatimukseen, esimerkiksi tarvitseeko tuotteeseen lisätä vahvistuspalkoja tai -kanttauksia.

Nescon tuotteille tehdään pääosin kahta erilaista testiä, joiden avulla saadaan hankittua merkittävä määrä tietoa materiaalien, geometrioiden, ai-nevahvuuksien ym. asioiden ominaisuuksista ja toimivuuksista. Muitakin testejä on, mutta niitä ei mainita tässä opinnäytetyössä, koska niitä ei käytetty tässä vaiheessa P-merkin tuotteita. Testit ovat standardisoituja, joten niille on tarkat määritykset ja vaatimukset. Niille on myös rakennettu omat testipaikat, jotka kerrotaan myöhemmin tässä opinnäytetyössä.

Testejä on kahta erilaista ja ne ovat seuraavat:

- vetokoe
- tiputusko.

3.2.1 Testilaitteena vetokokeessa Tamtron BCSD-020-A

Vetotestin mittalaitteena käytetään Tamtron BCSD-020-A koukkuvaakaa (Kuva 6), joka on suunniteltu teollisuuden testi- ja tarkastuskäyttöön. (Tamtron, 2018) Laitteella pystytään mittaamaan 2000 kg:n rasitukseen asti mikä riittää mainiosti, koska tuotteita testataan maksimissa noin 1200 kg:n rasituksella. Laitteen vaakaosa laitetaan vetolinjassa vetolaitteen ja testattavan kappaleen väliin vetokoukuin. Vaa'assa anturi mittaa tuloksen ja lähettää datan kaapelia pitkin näyttölaitteelle.



Kuva 6. Tamtron-näyttölaite näyttää testissä käytetyn maksimirasituksen ja tämän hetkisen rasituksen

3.2.2 Testipaikat

Aiemmassa luvussa mainituille testeille on rakennettu Nescon tiloihin omat testipaikat, jotka ovat riittävät standardien mukaisten testien toteuttamiseen.

Vetokoe suoritetaan sisätiloissa ja sitä varten on rakennettu täysin oma testialue (Kuva 7). Alueella pystyy testaamaan kaikkia eri kattomalleja ja niille tulevia kattoturvatuotteita. Tällä hetkellä veto suoritetaan manuaalisesti taljalaitteella tai Enerpac-painesylinterin avulla. Parhaillaan on suunnitteilla uusi vetopenkki, joka helpottaa testien suorittamista tulevaisuudessa.



Kuva 7. Vetokokeen testipaikka

Tiputuskokeelle on ulkona oma testipaikkansa, joka näkyy kuvassa kahdeksan.



Kuva 8. Tiputuskokeen testipaikka

Tiputuskokeelle on rakennettu oma testipaikkansa ulos, sillä testialue vaatii suuren tilan ja sen takia sille ei ole löytynyt paikkaa sisätiloista. Ulkotila ei vaikuta testin tuloksiin, mutta säästä riippuen voi hankaloittaa sen toteuttamista. Kattoa käännellään saranoiden varassa, normaaliasennossa se on vaakatasossa. Vaakatasossa siihen on helppo asentaa testattavat kokoonpanot ja tarvittaessa kattotyyppi pystytään vaihtamaan. Katto nostetaan standardin määrittämään, minimissään 70 asteiseen kulmaan maan pinnasta trukin avulla ja lukitaan paikalleen.

Opinnäytetyön teon aikana tiputuskokeen testipaikalle saatiin uusi sijainti, ja testipaikka saatiin siirrettyä sisätiloihin sääsuojaan. Tämä näkyy työn loppupään kuvissa.

3.2.3 Testien toteutus

Vetokokeessa kokoonpanoja tai yksittäisiä kannakkeita vedetään vinssilaitteella tai taljalla ja samalla mitataan rasituksen voimakkuus. Vinssilaitteeseen kuormitus luodaan Enerpac -painesylinterillä.

Huomioitavaa kokeessa on seuraavat asiat:

- kannakkeiden lukumäärä testattavassa kokoonpanossa
- kannakkeiden etäisyydet toisistaan
- kiinnitystavat, mikä pultti/ruuvi ja montako kappaletta
- muita dimensioita ja vaatimuksia
- toistojen määrä ja pistekuormien sijoittaminen.

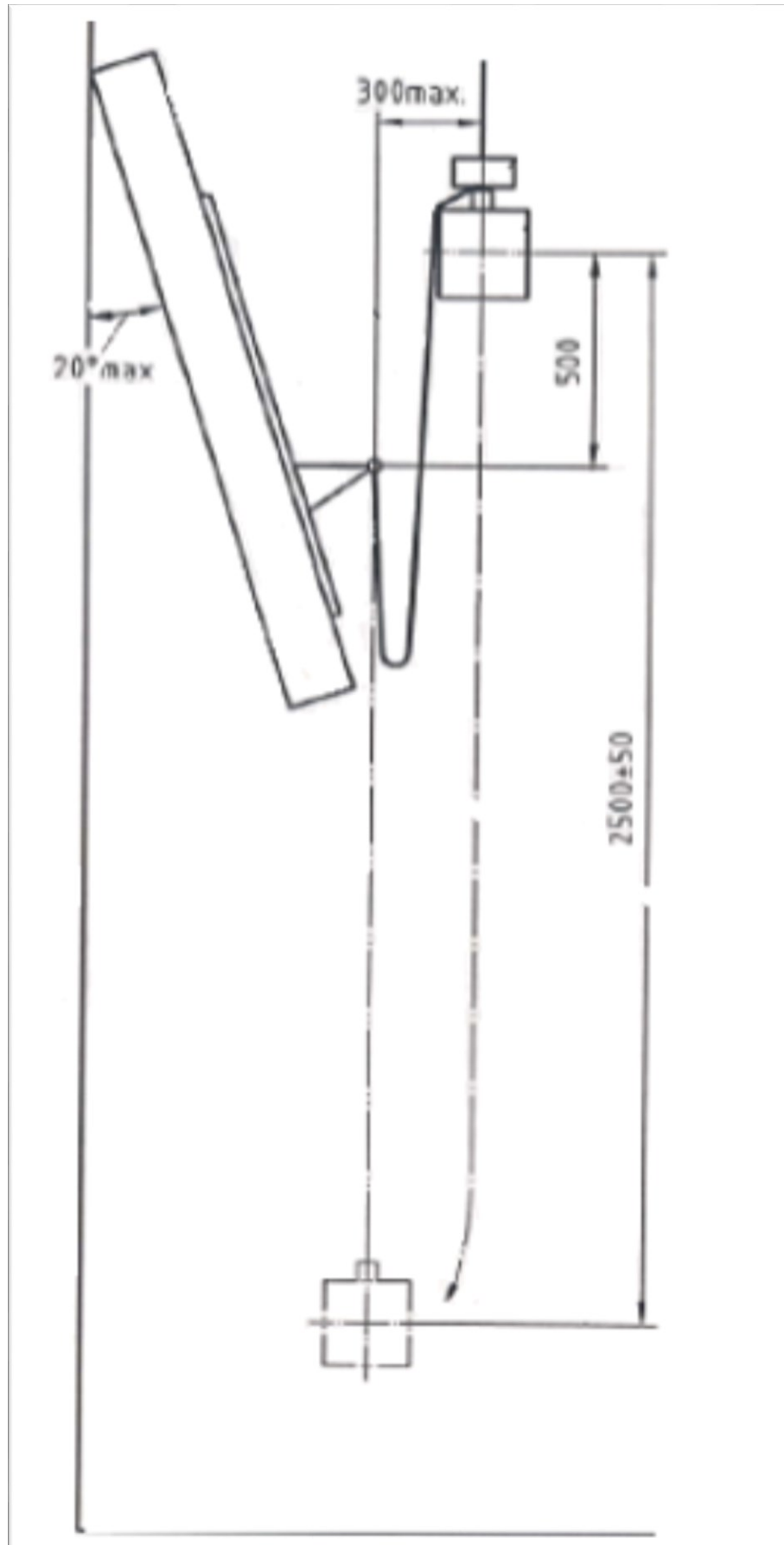
Eri kokoonpanoilla on eri vaatimukset niiden kestämiin kuormiin ja vetojen suorituskohtiin. Esimerkiksi kattosillan on kestävä kahdella kannakkeella tuhat kiloa ilman kannakkeen irti repeytymistä, kun veto kohdistetaan kannakkeen kohdalle. Aiemmin luetteloidut huomioitavat asiat pätevät myös tiputuskokeessa.

Tiputuskokeessa kokoonpanoja testataan tiputtamalla esimerkiksi kattosillan kiinnitetty 100 kg painava punnus vapaapudotuksella standardin määrittämän 250 cm:n matkan. Kokoonpano ei saa rikkoutua voimakkaan riuhtaisun seurauksena niin, että punnus tippuisi maahan asti, vaan painon on jäätävä ilmaan köyden varaan roikkumaan. Testissä 100 kg:n punnukella kuvataan katolta tippuvaa ihmistä, joka on tapauksesta riippuen kiinnitetty esimerkiksi vaakavaijerilla kattosillan tai köydellä lumiesteprofiiliin. Tiputuskokeen toimintaperiaate on esitetty vielä graafisesti kuvassa 9.

Kattoturvatuotteille on määritetty standardit sen käyttötarkoituksen mukaan. Kattosiltaa testataan molemmissa, veto- ja tiputuskokeessa, aina standardin SFS-EN 516 mukaan riippumatta kattotyypistä mille se on asennettu. Nescolla kattosillat testataan luokan kaksi vaatimustasolla, jolloin kattosiltaa voi käyttää myös turvaköyden kiinnityspisteenä. Tässä suora lainaus esimerkkinä standardin määrittämisestä.

” Installations for roof access of Class 2 and their fastening systems shall be designed for a single static load of $P_1 \geq 10 \text{ kN}$ applied in a possible anchorage point in the usage direction”
(SFS-EN 516/2006, 10)

Lumiesteiden testaukseen on määritetty standardi SS 831335:2014, jota käytetään veto- ja tiputuskokeessa. Sitä noudatetaan aina lumiesteiden kanssa riippumatta kattotyypistä mille se on asennettu. Standardi on Ruotsin Swedish Standards Institutens 2014 vuonna julkaisema.



Kuva 9. Tiputuskokeen toimintaperiaatekuva

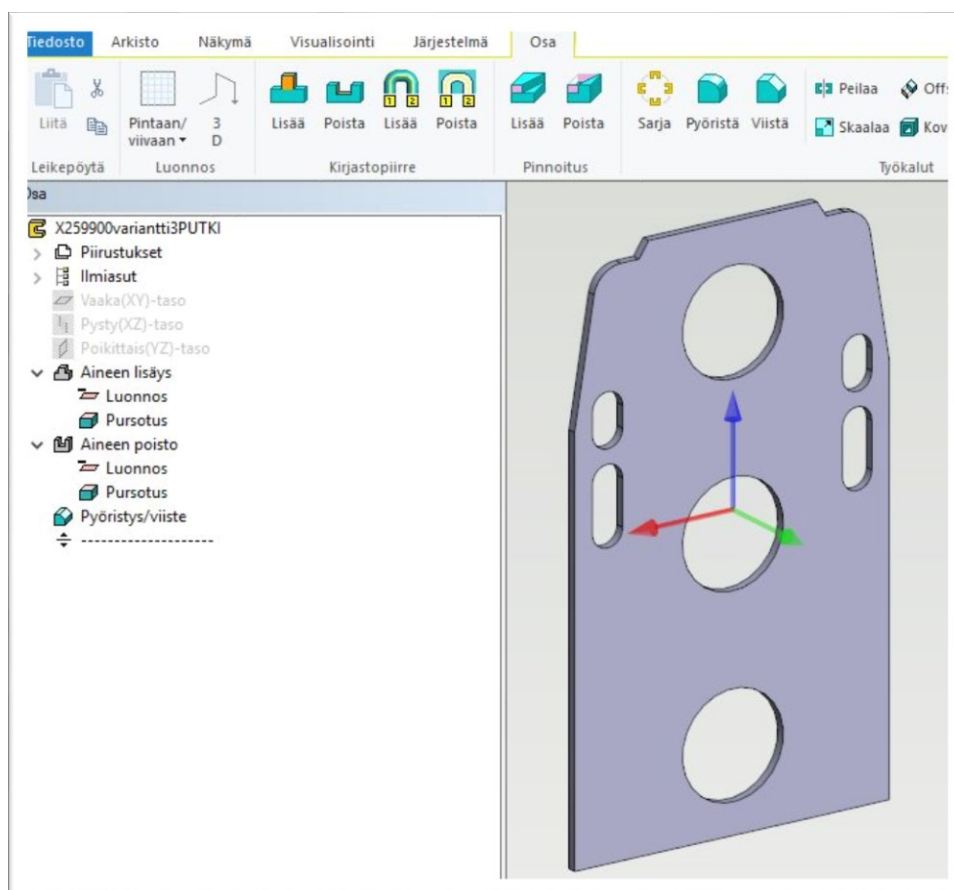
4 P-MERKKI

P-merkki on laatumerkki, joka todistaa tuotteen täyttävän tarkat ja vaativat kriteerit turvallisuudessa ja kestävydessä. P-merkinnän myöntää Ruotsin tekninen testilaitos (SP) joka kuuluu RISE (Research Institutes of Sweden) konserniin. (RISE 2018.)

Tuotteen tulee läpäistä standardisoidut testit, jotka valvovat SP:n hyväksymä virallinen taho. Suomessa virallisena valvojana toimii VTT. P-merkki hakemuksessa on oltava mukana VTT:n raportti tehdyistä testeistä ja niiden hyväksytystä suorittamisesta

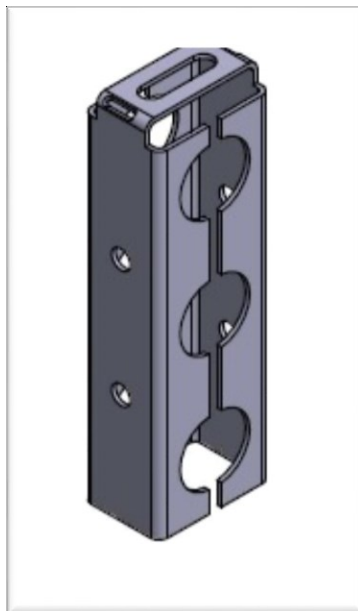
4.1 Yleisosa

Kattoturvatuotteissa on tiettyjä osia, jotka pysyvät samoina ja toistuvat tiettyissä kokoonpanoissa eri kattotyypeistä riippumatta. Esimerkkinä toimii kuvan 10 levyosa, jota käytetään putkilumiesteessä ja nockräckessä.

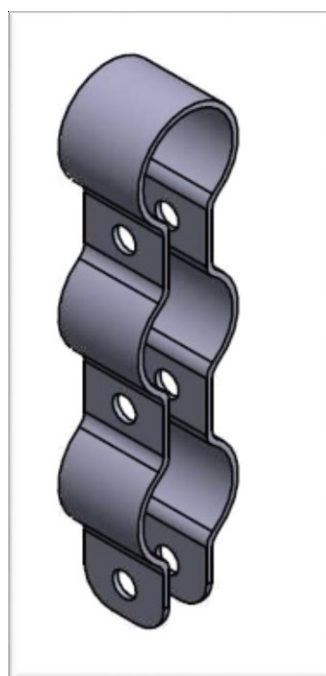


Kuva 10. Kolmiputkilevy lumiesteeseen 3D-malli Vertexillä mallinnettuna

Nockrücke ja putkilumieste vaatii lukitusosan, jolla putki kiinnitetään paikalleen kannakkeen viereen. Lukitusosan tulee estää putken sivuttaislukittuutta ja sitä ettei putki livahda reiästä ulos tiputuskokeessa (Kuvat 11 ja 12).

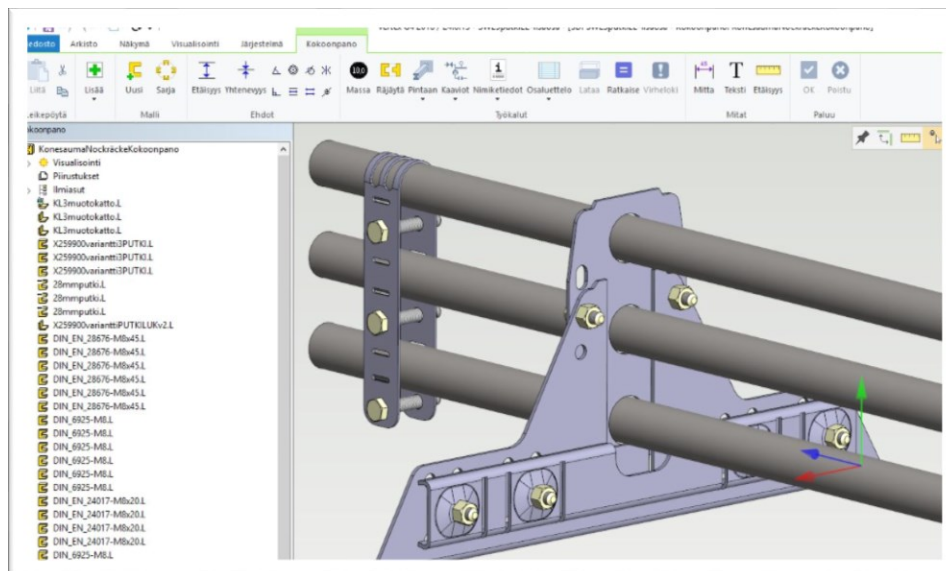


Kuva 11. Kantillinen versio nockrücken ja lumiesteen putken lukitusosasta



Kuva 12. Putken muotoon särmätyillä urilla suunniteltu versio

Tämän mallin toteuttamiseen ei löytynyt sopivaa työkalua, joten osan toimivuutta ei päästy testaamaan. Kuvan 11 lukitusosa ei lukinnut putkea riittävän voimakkaasti. Kuvassa 13 on toinen esimerkki kattotyypistä riippumattomista yleisosista.



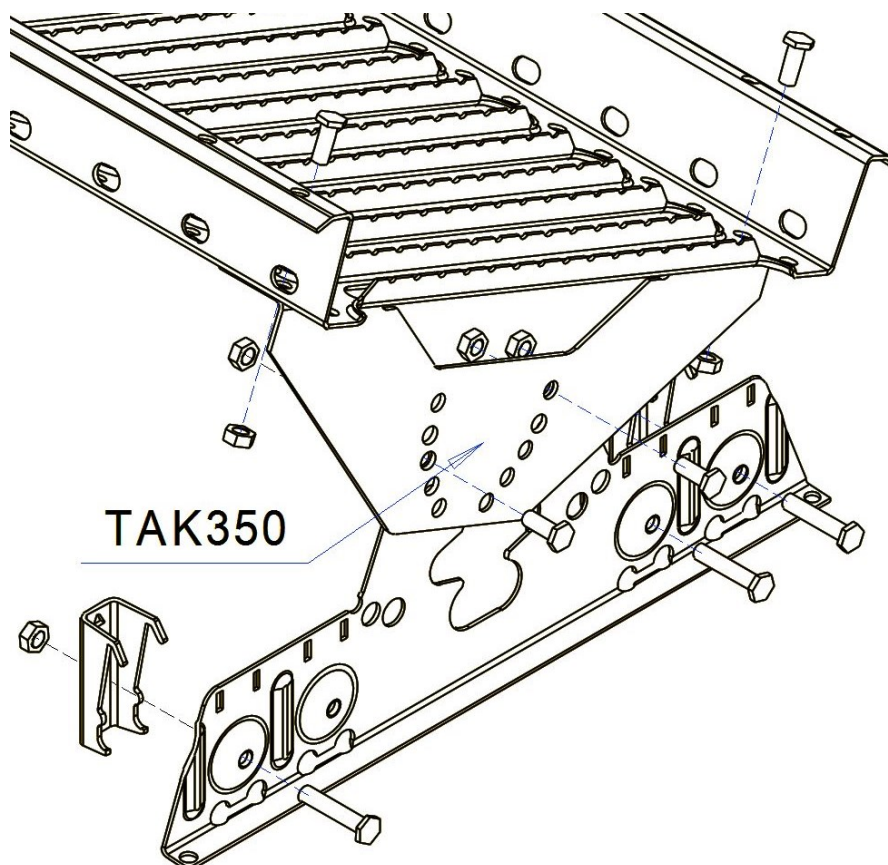
Kuva 13. Kolmiputkilevy konesaumakaton kolmiputki lumiestikokoonpanossa ja yhden version lukitusosa

Kolmiputkilevy kiinnitetään kannakkeeseen kahdella M8x20 (DIN933) pultilla ja 30 mm:n rei'istä pujotetaan 28 mm:n putket. Suomessa putkilumiesteessä käytetään kahta ovaaliputkea (Kuva 14). Ruotsissa on totuttu kuitenkin käyttämään kolmea pyöreää putkea, joten tämän ratkaisun toteutusta odotettiin tuotekehitykseltäkin. Putkilumiesteeseen lisäksi käytetään myös lumiesteritilää kuten Suomessakin, sitä varten kannakkeessa on keskiahlo. Ruotsissa on käytössä myös nockräcke eli yksi putki ylimmästä rei'istä, joka toimii turvavaijerin kiinnityspisteenä.



Kuva 14. Putkilumieste (Nesco 2018)

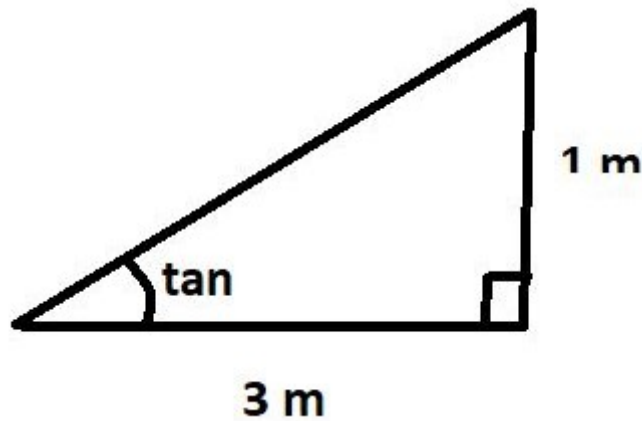
Kuvassa 14 on perinteisesti Suomessa käytössä oleva putkilumieste, jossa lumiesteenä toimii kaksi 25x45 mm:n kokoista ovaaliputkea. Kuvassa 15 näkyy jokaisessa kattosiltakokoonpanossa kattotyypistä riippumatta käytettävä kaltevuudensäätölevy.



Kuva 15. TAK350 merkattuna lukkosauaman kattosilta kokoonpanossa

TAK350 on kaltevuudensäätölevy, jolla kattosilta kiinnitetään sen kannakkeeseen. TAK on aina vakio ja sitä käytetään aina kattosillan kanssa. TAK kiinnitetään itse kannakkeeseen kahdella M8x20 pultilla ja sen kulma säädetään katon kaltevuuden mukaan. Kattosilta kiinnitetään TAK:iin kahdella M8x20 pultilla.

Katon kaltevuus ilmoitetaan suhdelukuina, esim. 1:6. Suhdeluku ilmoittaa sen, että kuinka pitkä matka on kuljettava vaakasuunnassa, jotta saavutettaisiin metrin nousu korkeudessa. (Kattoremontti 2018) Suhdeluvun avulla saa myös laskettua kulman suuruuden asteina trigonometriaa käyttäen (Kuva 16).



Kuva 16. Suorakulmainen kolmio kuvaamassa suhdelukua 1:3

Katon kaltevuuden kulma asteina voidaan laskea seuraavasti:

(1)

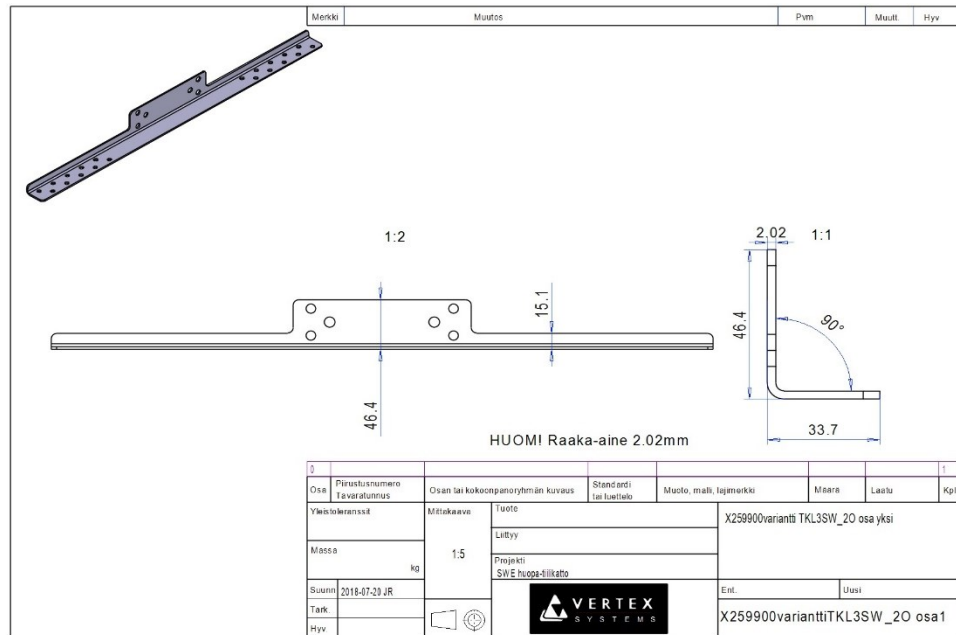
$$\tan \alpha = \frac{\text{vastainen}}{\text{viereinen}} = \frac{1}{3} = 0.333$$

$$\tan^{-1}(0.333) \approx 18.4^\circ$$

4.2 Tuotteet huopakattokiinnitteiselle tiilikatolle

Kyseessä ovat tuotteet, jotka tulevat tiilikatolle, joka on asennettu huopakaton päälle. Huopakaton päälle tulevat 22 mm korkeat tuuletusrimat katon kaltevan reunan suuntaisesti, ja näiden päälle asennetaan räystään suuntaisesti normaali ruodelaudoitus kattotiiliä varten. Tälle katolle perus lumieste-, kattosiltakannakkeen kehittämisessä on tiettyjä ongelmakohtia. Kannake tulee kiinnittää huopakattoon kattoturvaruuveilla asennusohjeen mukaan ja sen alaosan on oltava riittävän matala, jotta se ei ylitä 22 mm korkeaa rimaa. Muuten se ei mahdu ruodelaudan alle. Toisena haasteena on se, että kattotiiliä on erilaisia. Niiden profiilit vaihtelevat, joten niiden niin kutsuttu aallon korkeus ei aina ole sama. Kannakkeeseen oli siis saatava säätövaraa. Tässä vaiheessa säädön tarkkaa tarvetta oli vaikea määrittää, joten päädyttiin arvioon, että 25 mm olisi riittävä.

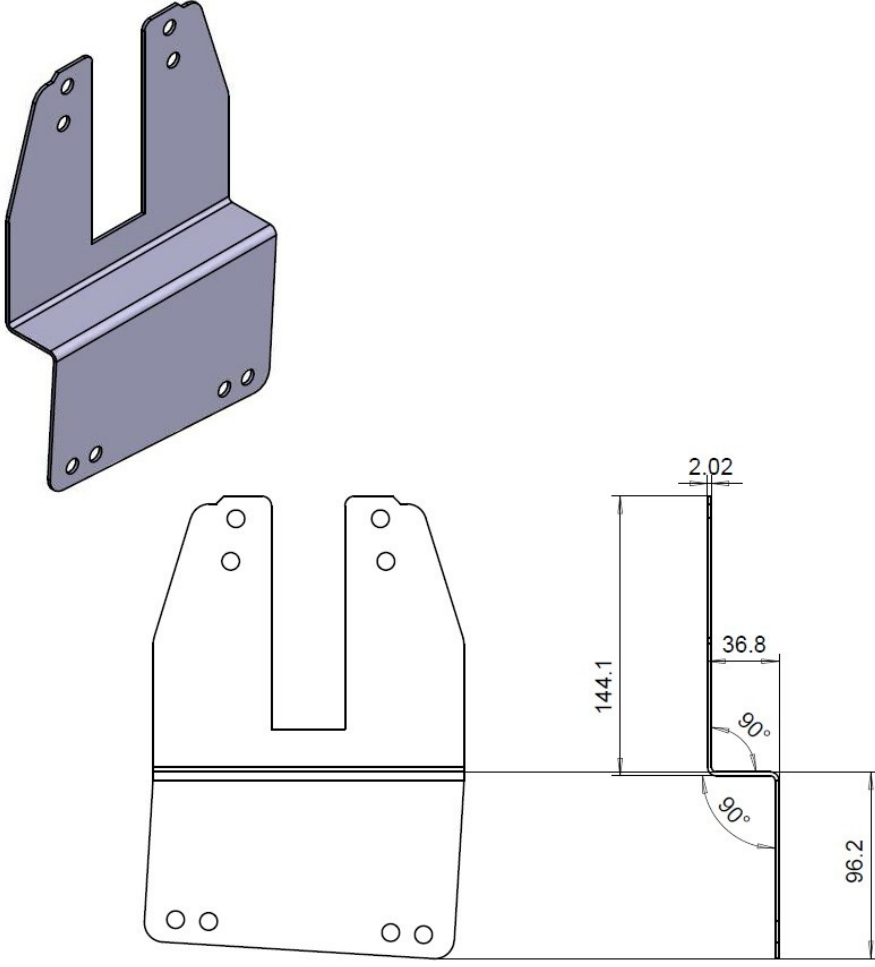


Ensin testattavaksi valittiin TKL3, joka on huopakattokiinnitteiselle tiilikatolle tuleva kannake lumiesteelle, kattosillalle ja vaakatukivaijerille. Tämä oli uusi tuote, jota oltiin joskus aloitettu suunnittelemaan. Siitä löytyi vuosia vanha Vertexillä tehty 3D-malliraakile. Pääajatus tuotteesta saatiin jo aloitetusta mallista, jonka perusteella luotiin uusi versio tuotteesta (Kuva 17).



Kuva 17. TKL3 osan 1 ensimmäisen version tekniset piirustukset

TKL3 on kaksiosainen kiinnike paristakin syystä. Ensinnäkin kiinnike on käytännössä mahdoton valmistaa käytössä olevilla valmistusmenetelmillä, jos se on yhdestä osasta. Tuote tulee kiinni tiilikatolle ja tiilikattojen profiilit ovat erilaisia, näin ollen tiilen korkein kohta ei ole aina samalla korkeudella vaan heittelee hieman. Säätovaran mahdollistamiseksi tuotteesta oli suunniteltava kaksiosainen. Suunnitellulla kolmen reiän ratkaisulla säätovaraa saatiin 25 mm. Kuvasta poiketen tuote päätettiin tehdä 2,5 mm:n paksuisena. Kuvassa näkyvä osa on kaksiosaisen kannakkeen alempi osuus, joka kiinnitetään huopakaton aluslaudoitukseen kattoturvaruuveilla.

Kuvassa 18 näkyy TKL3 toisen osan ensimmäinen versio.

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt.	Hyv			
							
HUOM! Raaka-aine 2.02mm							
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	X259900varianttiTKL3SW_20 osa kaksi			
Massa	kg	1:2.5	Liitty				
Suunn	2018-07-20 JR		Projekti SWE huopa-tiilikatto				
Tark.				Ent.	Uusi		
Hyv.				X259900varianttiTKL3SW_20 osa2			

Kuva 18. TKL3 osan 2 ensimmäisen version tekniset piirustukset

Opinnäytetyötä tehdessä oppi ja tuntemus Nesco Oy:n toiminta- ja tuotantotavoista kasvoi. Alussa voi huomata, ettei kuviin ole lisätty ollenkaan toleransseja. Myöhemmin tehdyissä kuvissa keskustelut särmääjän ja levytuotannon työnjohtajan kanssa johtivat siihen, että kriittisiin paikkoihin lisättiin toleransseja paremman lopputuloksen saavuttamiseksi. Kuvien ammattimaisuus ja tarkkuus parantuivat työn edetessä.

Kuvassa 19 nähdään koko TKL3 kokoonpano asennettuna kattosillan vetokoetta varten.



Kuva 19. TKL3:n asennus vetokoetta varten

Osat kiinnitettiin toisiinsa samalla tavalla kuin ne oikeastikin asennukseen tulisivat. TKL3 osat 1 ja 2 kiinnittyvät toisiinsa kahdella M8x20 pulteilla ja M8 kuusiomuttereilla. TKL3 osa 1 kiinnitetään kattoturvaruuveilla huopakaton aluslaudoitukseen, jota kuvastaa tässä asennuksessa näkyvät laudat. Ylös kiinnitetään kahdella M8x20 pultilla kattosillan kannake TAK350, joka on täysin vakiotuote. Sitä käytetään aina, kun kattosilloja asennetaan. Myös kattosilta kiinnitetään kahdella M8x20 pultilla.

Vetokokeen toteutus on esitelty aiemmin tässä opinnäytetyöstä, eikä sitä esitellä tässä enää uudestaan vaan siirrytään suoraan kokeen tuloksiin (Kuva 20).



Kuva 20. TKL3 kokoonpano vetokokeen jälkeen sivusta kuvattuna

Alempi osa petti ennen kuin kestävyysvaatimukset täyttyivät, joten yläosan toimivuus jää tässä vaiheessa vielä varmistamatta. Tässä testissä ei päästy kuin 404 kg:n tulokseen. Kuvassa 21 näkee kokeen lopputuloksen toisesta kuvakulmasta.



Kuva 21. TKL3 kokoonpano vetokokeen jälkeen edestä päin

Alaosan rakenne ei ollut tarpeeksi jäykkä, kappaleen muoto petti ja taipuman myötä levy kampsu kiinnitysruuveja irti mallikatosta. Huomattiin myös, että kun kokoonpano muodostaa niin kutsutun Z-muodon, kärsii koko kannakkeen kestävyys, koska ylemmän osan ulkoreuna on niin sanotusti tyhjän päällä. Koko rakenteesta tulee huojuva, kun kaikki pystysuoran osuudet osissa eivät ole samassa linjassa. Tähän ei osattu kiinnittää huomiota osan suunnitteluvaiheessa.

Kannakkeeseen ilmestyi kokeessa myös rakenteellista vauriota (Kuva 22).



Kuva 22. TKL3 osan 1 repeämäkohta

Kun kappaleen keskiosa alkoi nousta ylöspäin, veto alkoi kohdistumaan kanttauksen ja korkeamman keskikohdan kulmaan. Suunnittelijan kokemattomuuden vuoksi näiden kohtien välisen kulman pyöristys oli jäänyt liian jyrkäksi, ja vetokokeessa kappale alkoi repeytymään levytyökeskukseen työkalun iskemän pyöristyksen kohdalta. Osan suunnittelussa ei osattu ottaa huomioon kuvanmukaisen repeämän mahdollisuutta, koska aikaisempaa kokemusta vastaavanlaisesta tapauksesta ei ollut.

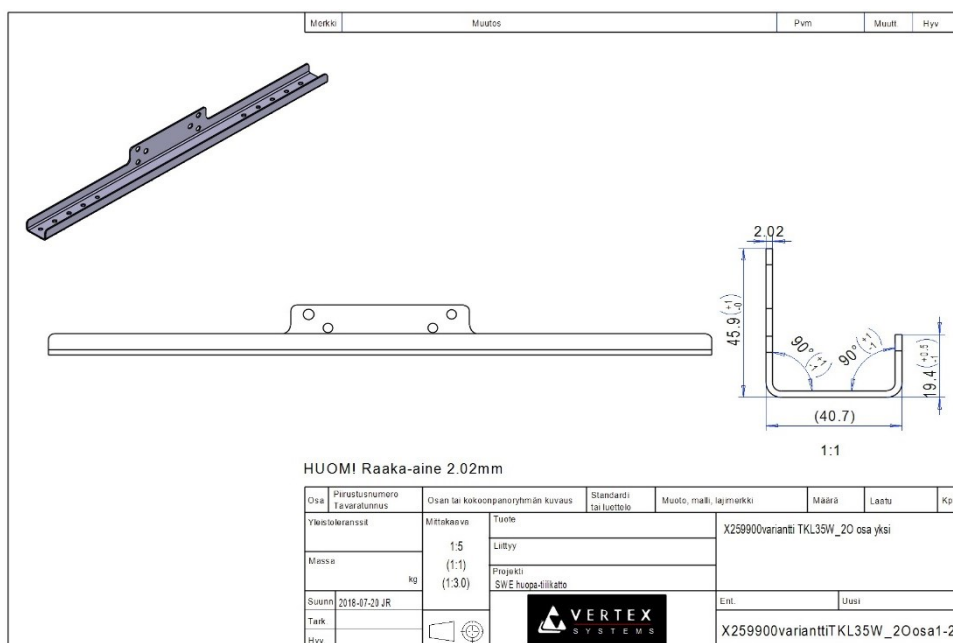
Lisäämällä loivempi pyöristyssäde kulmaan saadaan jännitys kohdistumaan pienen pisteen sijaan laajemmalle alueelle, jolloin riski materiaalin repeytymiselle pienenee huomattavasti.

Tällaisten tapausten ansiosta tämän opinnäytetyön tekijä oppi huomioidaan uusia asioita suunnittelutyössään ja sai paljon uusia näkökulmia suunnittelijälähtöiseen ajatteluun.

4.3 Huopakattokiinnitteisen tiilikaton tuotteiden päivitys

Kuten aiemman luvun kuvista käy ilmi, eivät prototyypit olleet vielä valmiita tuotteita. Nämä tuotteet olivat lisäksi opinnäytetyön tekijän ensimmäiset alusta asti suunnitellut tuotteet, joista saatiin prototyypit testaukseen. Suunnitteluprosessin aikana tekijä oppi paljon uutta ja ilmeni paljon asioita, joita ei oltu osattu ottaa huomioon suunnittelun aikana.

Molemmat TKL3 osat kaipasivat päivitystä (Kuva 23). Rakenteita oli vahvistettava ja geometriaa mietittävä uusiksi, jotta kestävyysvaatimuksiin päästäisiin.



Kuva 23. TKL3 osan 1 päivitetty tekninen piirustus

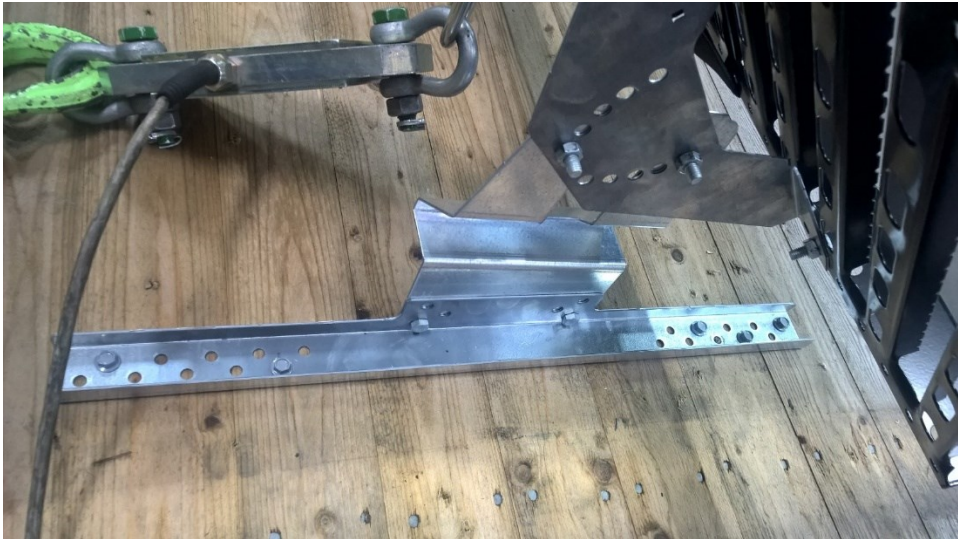
Kappaleeseen lisättiin kanttaus toisellekin puolelle, jolloin saatiin aikaan vankka C-profiili rakenteen. Samalla nostettiin neljä mm alkuperäisen kanttauksen korkeutta. Siinä oli varaa noin 22 millimetriin asti, mikä on tuuletusriman korkeus. Lippaosan pyöristyksen sädettä lisättiin reilusti, jottei aiemmin ilmaantunutta repeämisiongelmaa enää tulisi. Aiemmin pyöristyksen säde oli 5 ja se nostettiin 8,5 millimetriin. Koko kappaleen leveys nousi samalla 7 mm, joka loi lisää vakautta koko kiinnikkeelle. Myös TKL3 osa 2 vaati päivitystä (Kuva 24).

Merkki	Muutos	Pvm	Muutt	Hyv			
HUOM! Raaka-aine 2.02mm							
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokonpanoryhmän kuvaus	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, lajimerkki	Määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	X259900varianttiTKL35w_2Oosa2			
Massa	kg	1.25	Liitty				
Suunn	2018-07-20 JR		Projekti	SWE nuoppa-tiilikato			
Tark.					Ent.	Uusi	
Hyv.							X259900varianttiTKL35w_2Oosa2-2

Kuva 24. TKL3 osan 2 päivitetty tekninen piirustus

Z-muodosta haluttiin eron ja se toimi lähtökohtana, kun mietittiin muutoksia toiseen osaan. Päätettiin käyttää hyväksi toisessa tiilikaton kannakkeessa käytettävää kuvassa näkyvää paluutaivutusta. Näin pystysuorat osat saataisiin samaan linjaan ja koko rakenne tukevoituisi merkittävästi. Muutos muutti hieman kappaleen keskiloven korkeutta, mutta ei niin paljoa, että se vaikuttaa tuotteen toimintaan.

Seuraavassa TKL3 testissä päätettiin eliminoida muuttujia käyttämällä täsmällisempää asennustapaa (Kuva 25).



Kuva 25. TKL3 päivitettyt osat kokoonpanossa

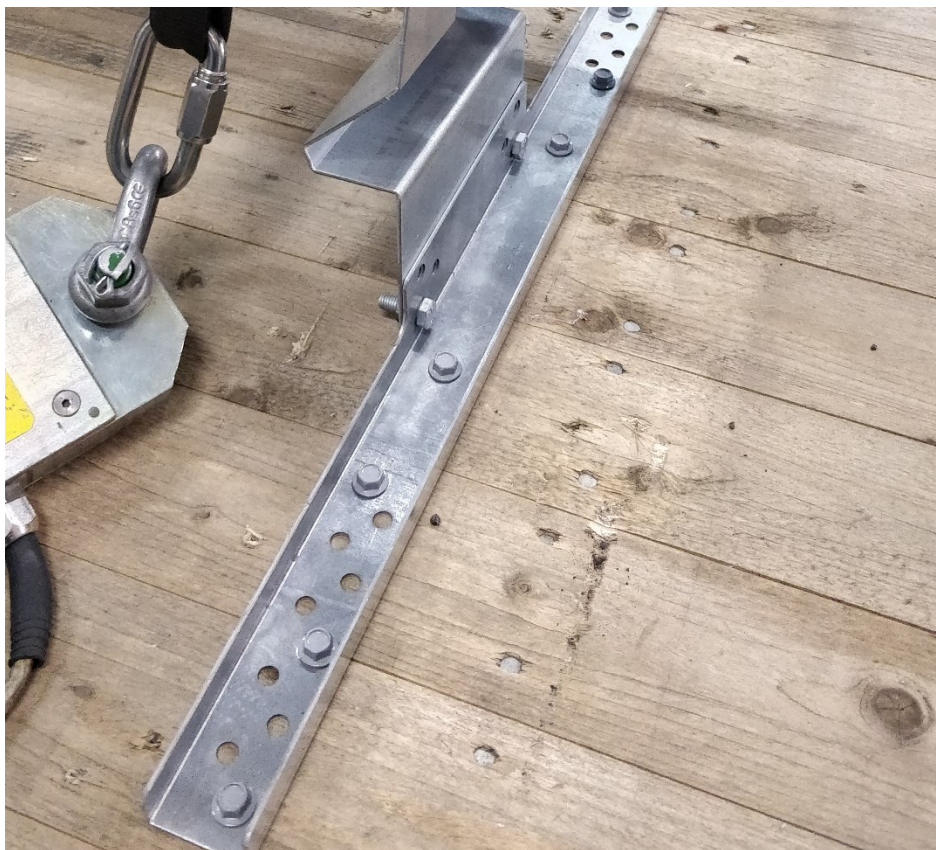
Uudessa testissä TKL3 testattiin sen oikealla asennustavalla, kuvan 19 kokoonpanossa raot lautojen välissä saattoivat vaikuttaa vetokokeen lopputulokseen. Kuvassa 26 kokoonpano nähdään kokeen päätyttyä.



Kuva 26. TKL3 päivitetty kokoonpano vetokokeen jälkeen

Testissä päästiin 761 kg:n maksimirasitukseen. Todettiin että, vaikka alaosaan tehtiin vahvistuskanttaus, ei rakenteesta silti tullut tarpeeksi jäykkä. Kannake taittui irti katosta osan keskiosasta ja kampesi yksitellen kiinnitysrivejä irti katosta.

Vetokoe uusittiin kannakkeen asennustapaa parantaen (Kuva 27).



Kuva 27. TKL3 kahdella lisäruuvilla

Keskelle lisättiin kaksi reikää, joihin asennettiin kattoturvaruuvit, ettei kannake kampeutuisi ilmaan sen keskiosasta (Kuva 28).



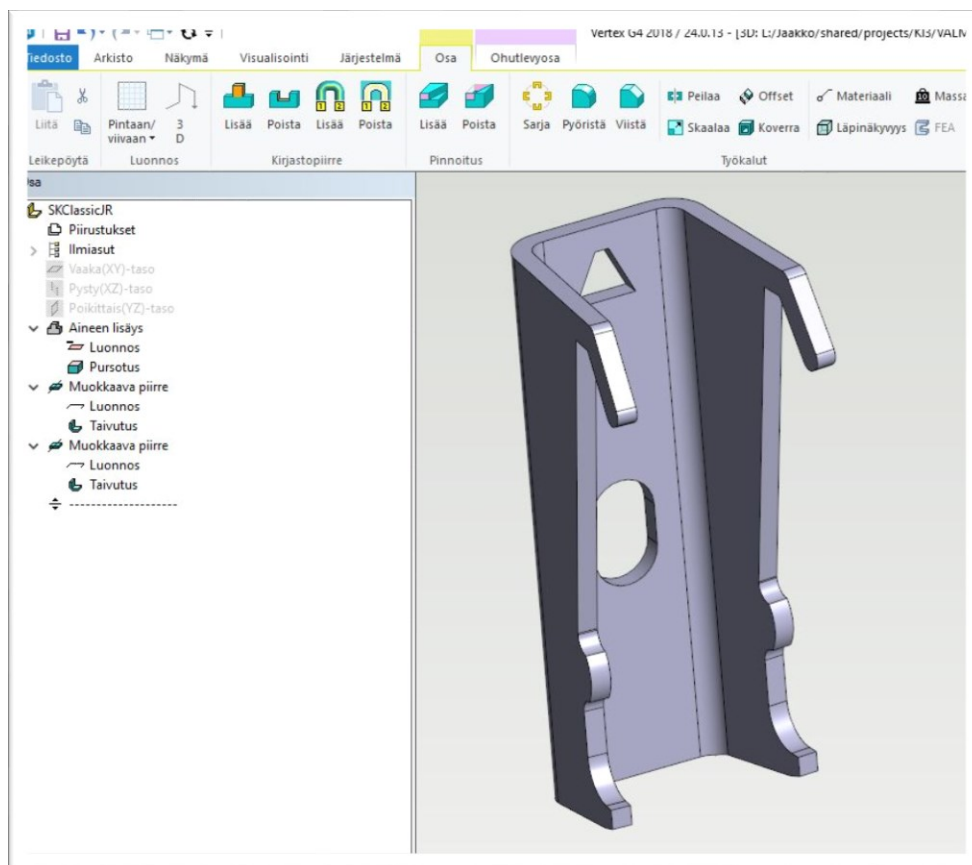
Kuva 28. TKL3 lisäruuveilla vetokokeen jälkeen

Ruuvien lisäämisestä oli selkeä hyöty. Vedossa rasitus nostettiin 1027 kilogrammaan asti ja kannake kesti hyvin. Pääteltiin, että lisäämällä vielä yksi kattoturvaruuvi vaakaosan keskelle, kannake pitää muotonsa vielä paremmin ja on näin ollen valmis VTT:n testeihin.

4.4 Tuotteet lukkosaumakatonle

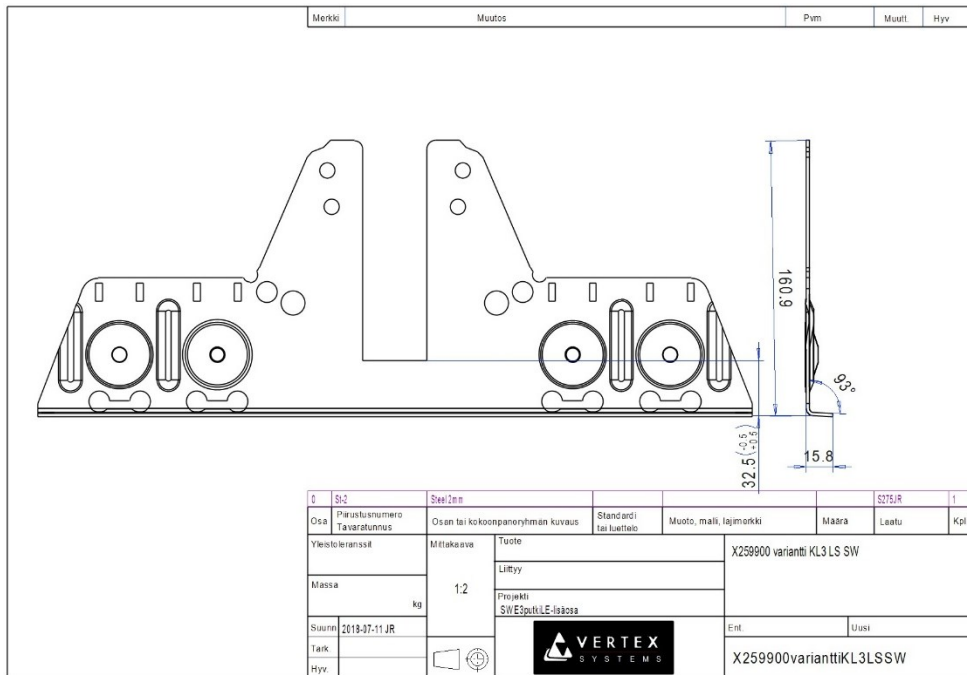
Lukkosaumakatto muistuttaa ulkoisesti perinteistä konesaumakattoa. Oikein asennetun saumakaton ehdoton etu on se, että se ei vuoda sillä kattoon ei tarvitse asennuksessa tehdä ollenkaan reikiä. Lukkosaumakatto on luotu perinteisen konesaumakaton rinnalle niille, jotka kaipaavat nopeampaa katon asennusta ilman erityistyökaluja. Lukkosaumakatto ei myöskään elä niin paljoa kelivaihteluiden mukana. Lukkosaumakaton asennuksessa teräspellit, jotka on profiloitu, ruuvataan ruoteisiin kiinni. Pystysauma, joka on seuraavassa pellissä, lukittuu edellisen sauma päälle. Kaltevuudeltaan konesauma sopii 1:9 tai jyrkemmille katoille. (Vesivek 2018.)

Lukkosaumakaton kannakkeet kiinnittyvät saumaan SK vastarautoilla (Kuva 29). SK kiristetään kuusioruuvilla ja mutterilla niin, että lukkosauma jää puristuksiin SK:n ja KL3 kannakkeen väliin. KL3 kannake näkyy kuvassa 30.



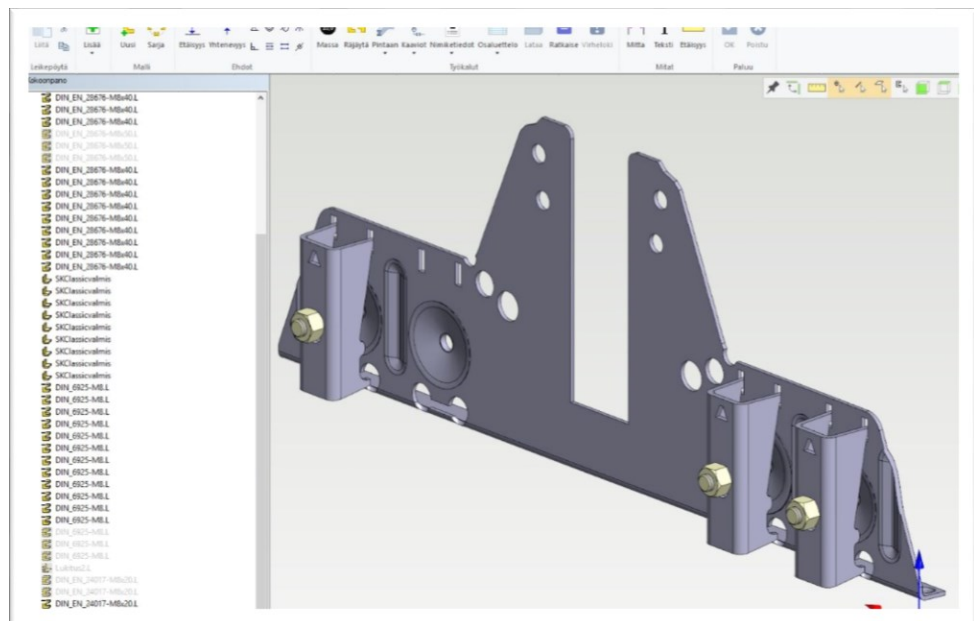
Kuva 29. SK vastarauta lukkosaumakatonle

SK vastaraudalle on suunnitteilla parannuksia, jotka lisäävät tuotteen vahvuutta ja helpottavat sen valmistusmenetelmää entisestään, mutta näitä parannuksia ei ehditty vielä saada P-merkkiä varten testattavaan SK vastarautaan.



Kuva 30. KL3 kattosilta ja lumieste kannake

Kannake on lähes identtinen Suomen lukkosauma KL3:n kanssa, mutta siinä on keskellä railo lumiesteritilälle ja 3-putki lumiesteelle. Suomen mallissa railoa ei ole vaan muoto on umpinainen ja keskellä on reiät LP3 lumiesteprofiilille ja kahdelle ovaaliputkelle. Tähän malliin suunniteltiin myöskin 5 millimetrin säteellä pyöritykset railon yläkulmiin (Kuva 31). Pyörityksen ansiosta ritilän asettaminen on helpompaa ja terävien kulmien poistaminen parantaa lumiesteritilän asennusturvallisuutta.

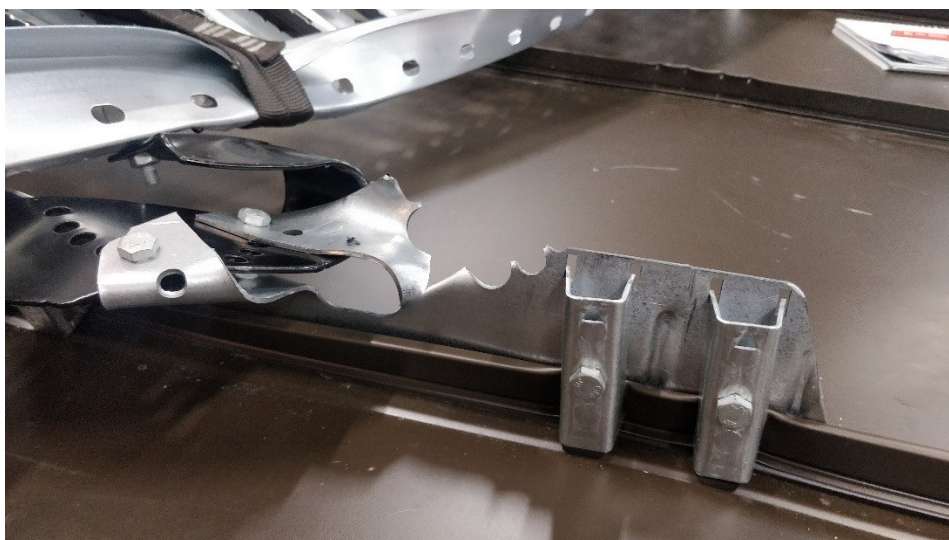


Kuva 31. KL3 ja SK vastaraudat lukkosauman kokoonpanossa

Lukkosaumakaton tuotteita ei ehditty ollenkaan testata mahdollisten muutosten varalta ennen virallisia testejä. Kuitenkin luotettiin siihen, että yleisesti lukkosauman kannake vastarautoineen on kestänyt hyvin niin veto-, kuin tiputustestitkin. Ruotsin mallin muutokset geometrioissa ovat niin vähäiset, etteivät niiden uskottu vaikuttavan testien tuloksiin vaan luotettiin siihen, että ne läpäisevät testit VTT:n valvojan läsnä ollessa.

Kuten luvussa ”5.2 Lukkosaumakaton tuotteiden testit” ilmenee, ensimmäiset VTT testit epäonnistuivat. Kappale repeytyi kuvan 56 tavalla. Samalla huomattiin, että SK vastaraudan yläreikien väliä tulisi leventää.

Kannakkeen kevennysreiät muutettiin suuremmiksi, jotta repeämän alkaminen olisi epätodennäköisempää. SK reiät siirrettiin hieman enemmän erilleen toisistaan, jotta SK asettuisi paremmin ja olisi helpompi asentaa. Samalla keskiuran alakulmiin lisättiin reilu pyöritys, ettei sieltä lähtisi repeämää. Kannaketta päästiin testaamaan uudestaan, mutta lopputulos ei ollut toivotunlainen (Kuva 32).



Kuva 32. KL3 kannake kevennysreiästä revenneenä

Edellä mainituilla muutoksillakaan kannake ei kestänyt. Noin 970 kg:n kohdalla kattosillan toinen pultti läpäisi kattosillan, ja vedon suuntaus muuttui hieman vinoksi. Kevennysreikään tuli repeämän alku vetoa jatkettaessa jo noin 600 kg:n rasituksella.

Testit kärsivät paljon prototyyppien virheistä, joita tuotannossa tapahtui. Lähes jokaisella kehitysversiona oli jokin virhe, joka vaikutti testin lopputulokseen. Yhdessä versiossa uran kevennysreikien pyöritykset oli lyöty huonosti, jolloin repeämä sai helpon alun, ja toisessa uran alareuna oltiin jätetty vahingossa noin kaksi senttimetriä liian korkeaksi. Prototyyppien laadun parantamiseksi niiden tuottamiseen pitäisi valita yksi vastuuhenkilö, joka vastaa siitä, että prototyypit ovat kuvien mukaiset ja ne valmistettaisiin ajoissa. Testeissä tapahtui myös ennennäkemättömiä rikkoutumia (Kuva 33).



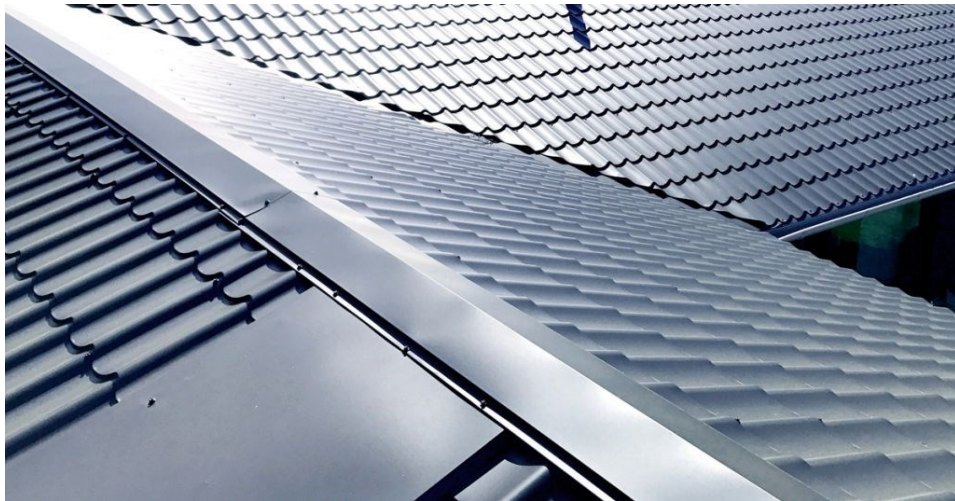
Kuva 33. TAK kaltevuudensäätölevy revennyt kiinnitysreiästä

Yhdessä testissä jopa TAK kaltevuuden säätölevyn kiinnitysreikä repesi, mitä ei ole aiemmin missään testissä tapahtunut. Reiästä on noin 7 mm:n seinämäpaksuus kappaleen ulkoreunaan ja levy repesi silti. Alettiin myös epäilemään, onko mahdollisesti raaka-aine erässä jotain vikaa, kun epäonnistumisia tuli niin odottamattomista paikoista.

Kun varmistuttiin, että käytössä on vaatimusten mukainen materiaalierä, kehitystyötä jatkettiin. Lukkosaumakaton kannakkeen kanssa tuli vastaan paljon ongelmia. Todettiin, että kehitystyötä jatketaan, mutta näin nopealla aikataululla tulee keksiä väliaikaisratkaisuja.

4.5 Tuotteet muotokatolle

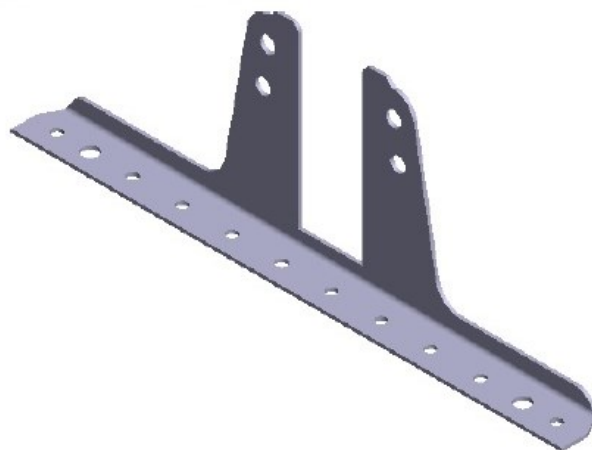
Muotopeltikatto on peltikatto, josta voidaan eri profiilien avulla tehdä esimerkiksi tiilikaton näköinen. Se on halpa vaihtoehto, joka on todella nopea ja helppo asentaa. Muotokatto rakentuu lappeen mittaisista muotokatteista, jotka porataan suoraan ruodelaudoitukseen kiinni. Profiilimuotoja on useita ja ne vaihtelevat valmistajan mukaan. Vesivekin valikoimiin kuuluu kolme kattopeltiprofiilia: Suora-Seppo, Teräs-Tapio (Kuva 34) ja Lujalauri. Tuotteet valmistus tapahtuu SSAB:n teräksistä Pirkkalassa Vesivekin omassa kattoprofiilitehtaassa mittatilauksina. (Vesivek 2018.)



Kuva 34. Teräs-Tapio kattopeltiprofiili (Vesivek 2018)

Muotokatolle kiinnitettävät tuotteet porataan suoraan kattopeltiin kiinni, joten niiden asentaminen on sinänsä hyvin yksinkertaista. Suomessa asennus tehdään poimukatteella urien ja muotokatteella aaltojen pohjille, kun taas Ruotsissa asennus on totuttu tekemään urien ja aaltojen huipuille.

Asennus tehdään joko yhden tai kahden aallonharjan päälle. Tämä loi tuotekehitykselle omat haasteensa, sillä erilaisia muotokattoprofiileja on todella monta ja aaltojen leveydet vaihtelevat. Ruotsissa tämä on ratkaistu niin, että jokaiselle kattotyypille on omat kannakkeensa, mutta Nescolla haluttiin kehittää mahdollisimman yksinkertaisen ratkaisun yhdellä kannakkeella, joka sopisi joka muodolle (Kuva 35). Tuotteeseen tulee saada säätövaraa eri profiilileveyksien mukaan.



Kuva 35. Profiilin päältä kiinnitettävän kannakkeen ensimmäisen version 3D-malli

Tämä osa kiinnitetään tapauksessa, jossa halutaan laittaa kannake suoraan profiilin aallon harjalle (Kuva 36). Kappaleessa on kymmenen pientä reikää poraruuveja varten, joilla se kiinnitetään suoraan peltiin ja kaksi isompaa 9 mm reikää, jotka ovat alalevyn kiinnitystä varten.



Kuva 36. Profiilin yhden aallon päälle kiinnitettävä kannake asennettuna vetokoetta varten

Kannake porattiin suoraan peltiin kiinni kymmenellä poraruuvilla (Kuva 37). Poraruuvien kanssa kiinnityksessä tuli olla varovainen, ettei ruuvi pääse niin sanotusti korkkaamaan eli pyörimään tyhjä. Näin käydessä ruuvien kiinnitys teho heikkenee.

Kannakkeen alle tulee EPDM (etyleenipropyleenidieenikumi) tiivistenauha. Kun ruuvit porataan peltiin kiinni tiivistenauhan läpi, katon vesitiiveys pysyy huomattavasti parempana kuin ilman tiivistettä tehdyssä asennuksessa.

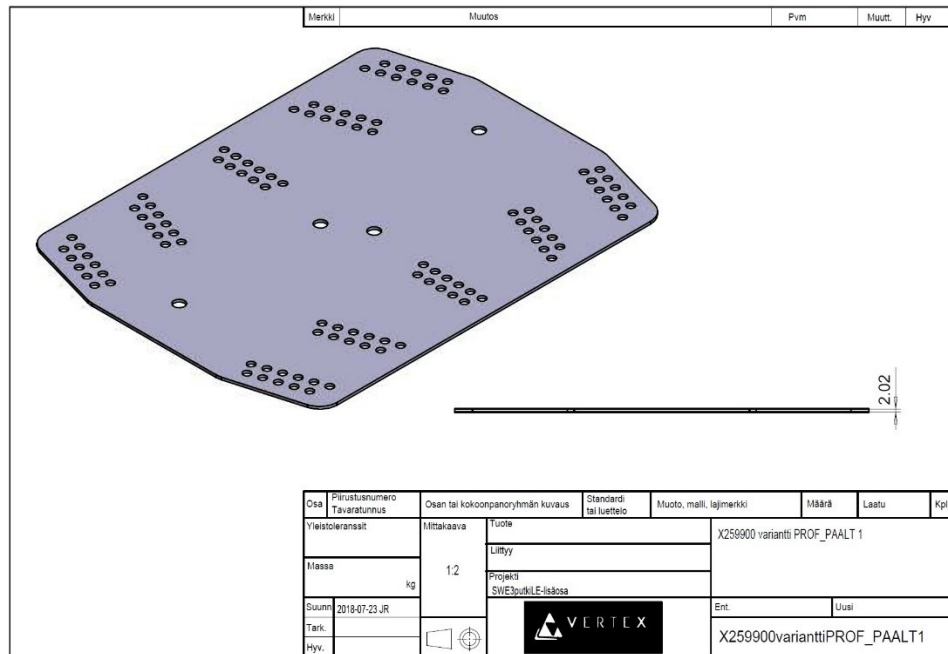
EPDM on loistava valinta vaihteleviin sääolosuhteisiin sillä se kestää hyvin, koska eteeni-propeenikumein hiilivetyketjuista puuttuu kokonaan kaksoisidokset. Kumi koostuu kokonaisuudessaan eteeni-, propeen- ja dieeni-monomeereistä. (Ravelast 2018.)



Kuva 37. Kannake vetokokeen jälkeen

Kokeessa ei päästy millään tavalla varteenotettavaan tulokseen, kun ruuvit irtosivat pellistä. Ruuvit kestävät hyvin leikkausjännitystä, mutta korkean vetopisteen vuoksi osittain ylhäältäpäin tuleva jännitys kampeaa ruuveja helposti kevyestä pellistä irti. Kannakkeen muoto antoi periksi, jolloin alaosaa pääsi taipumaan, tämän takia ruuvit kampeutuivat irti.

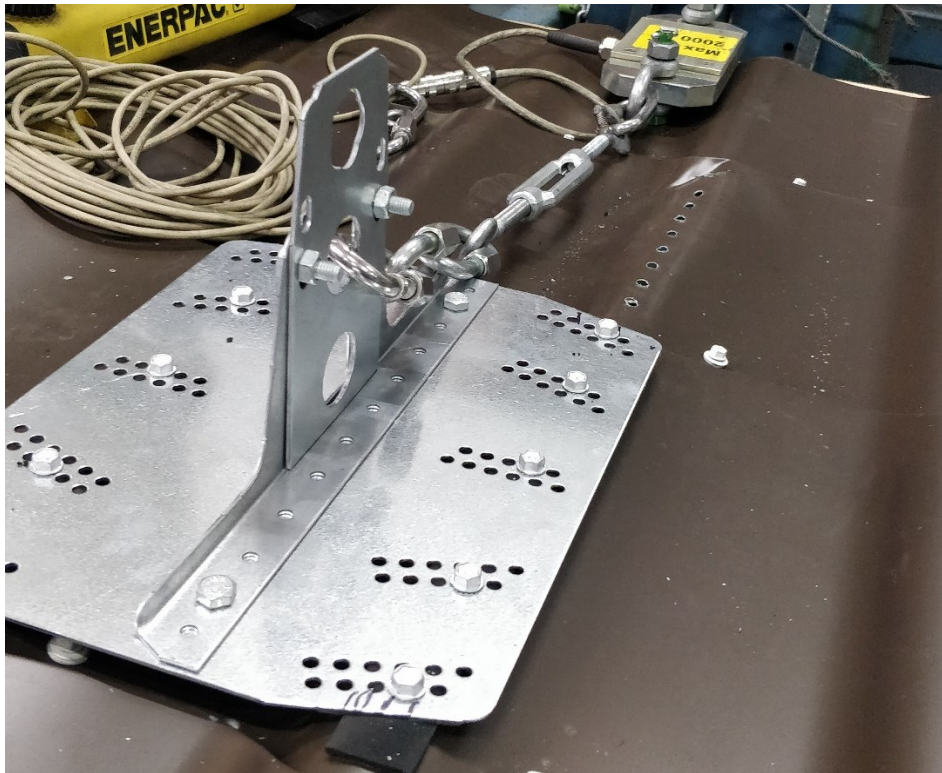
Kun ruuvit irtosivat liian nopeasti, ei itse kannakkeen geometrian riittävästä saatu juurikaan viitteitä. Seuraavaksi testattiin kannaketta alalevyn kanssa, jonka ensimmäinen versio näkyy kuvassa 38.



Kuva 38. Kahden aallon päälle kiinnitettävän kannakkeen alalevyn ensimmäinen versio

Tämä levyosa kiinnitetään tapauksessa, jossa kannake halutaan kiinnittää keskelle kahta aaltoa, mutta aallon huipun korkeudelle. Tämän levyn kanssa käytetään aiemmin esiteltyä kannaketta. Levyn pienet reiät ovat säätöreikiä. Profiilien aallonharjojen väli heittelee 120-220 mm:n välillä, joten levyyn on suunniteltu 10 mm:n välein mahdollisuus ruuville. Keskellä on kaksi 9 mm:n reikää, joihin on mahdollista kiinnittää lapetikkaan yläkiinnike.

Tätä levyä tarvitaan standardin mukaan vain päätykannakkeiden kohdille. Jos lumieste tai kattosillan pätkä on lyhyt ja siihen tarvitaan vain kaksi kannaketta, tulee silloin molempien kannakkeiden alle alalevyt. Levyn ja kannakkeen kokoonpano näkyy kuvassa 39.



Kuva 39. Kahden profiilin aallon päälle kiinnittyvä kannake alalevyllä

Itse kannake kiinnitettiin kahdella M8x20 pultilla ja muttereilla alalevyyn ja levy porattiin poraruuveilla kiinni peltiin. Myös levyn asennuksessa käytettiin EPDM tiivistenauhoja kannakkeen ja pellin välissä. Kuvassa 40 on kannake vetokokeen jäljiltä.

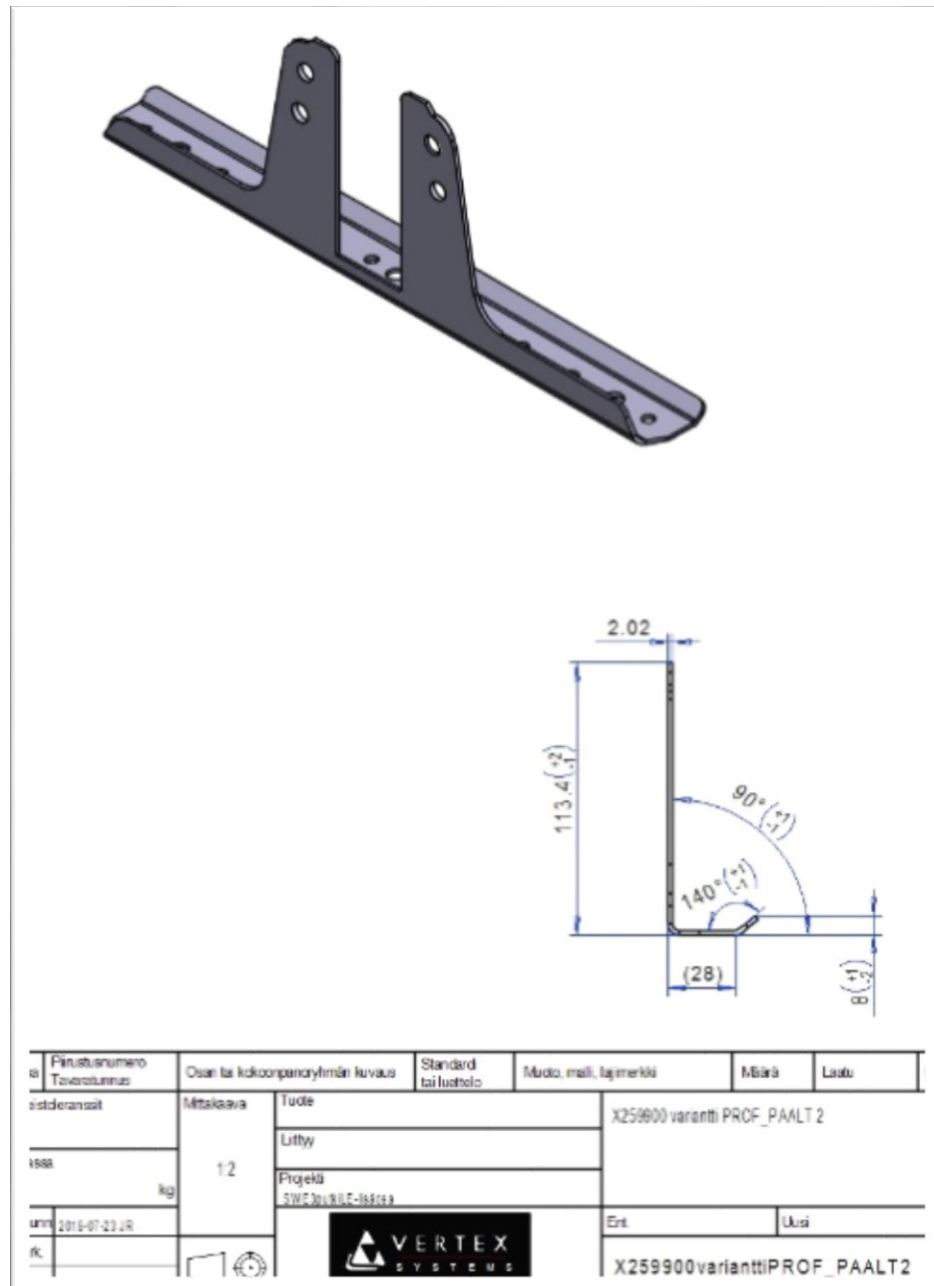


Kuva 40. Kannake alalevyllä vetokokeen jälkeen

Tässä kokoonpanossa vetopisteen korkeus aiheutti ongelman. Kun kappale pysyi muodossaan, vetopiste pysyy korkealla. Korkean vetopisteen vuoksi kannake kallistuu ja kampeaa ruuvit irti. Tässä kokeessa ei saatu varteenotettavia tuloksia itse kannakkeen kestävyden suhteen.

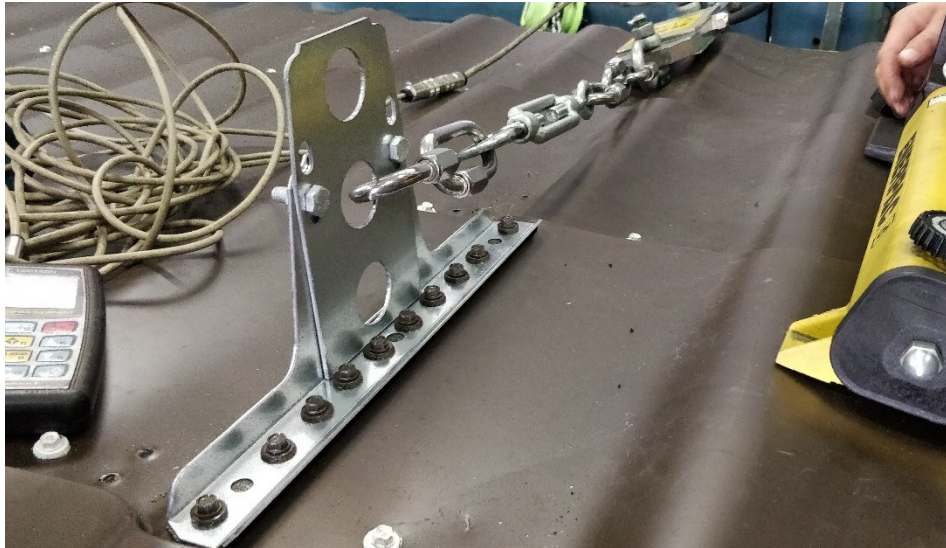
4.6 Muotokaton tuotteiden päivitys

Tehtyjen testien perusteella ilmeni muutamia selkeitä parannuskohteita muotokaton tuotteista. Parannukset ja muutokset tehtiin 3D malleihin, joista tehtiin uudet tekniset piirustukset (Kuva 41).



Kuva 41. Profiilin päältä kiinnitettävän kannakkeen päivityksen tekniset piirustukset

Kannakkeeseen lisättiin vahvikekanttaus toiselle puolelle 140 asteen kulmaan. Samalla korotettiin varmuuden vuoksi hieman alaosan reunan korkeutta ja lisättiin keskelle yksi kiinnitysreikä alalevyille. Kuvassa 42 kannake on kiinnitettynä profiilin aallon harjalle vetokoetta varten.



Kuva 42. Profiilin yhden aallon päälle kiinnitettävä kannake asennettuna vetokoetta varten

Kannake kiinnitettiin tällä kertaa kymmenellä RR32 4.8x25 kateruuvilla. Poraruuvit pettivät reilusti liian aikaisin aiemmassa testissä ja ajateltiin, että kateruuvien pitävyys voisi olla merkittävästi parempi. Vetokokeiden tulokset näkyvät kuvassa 43.

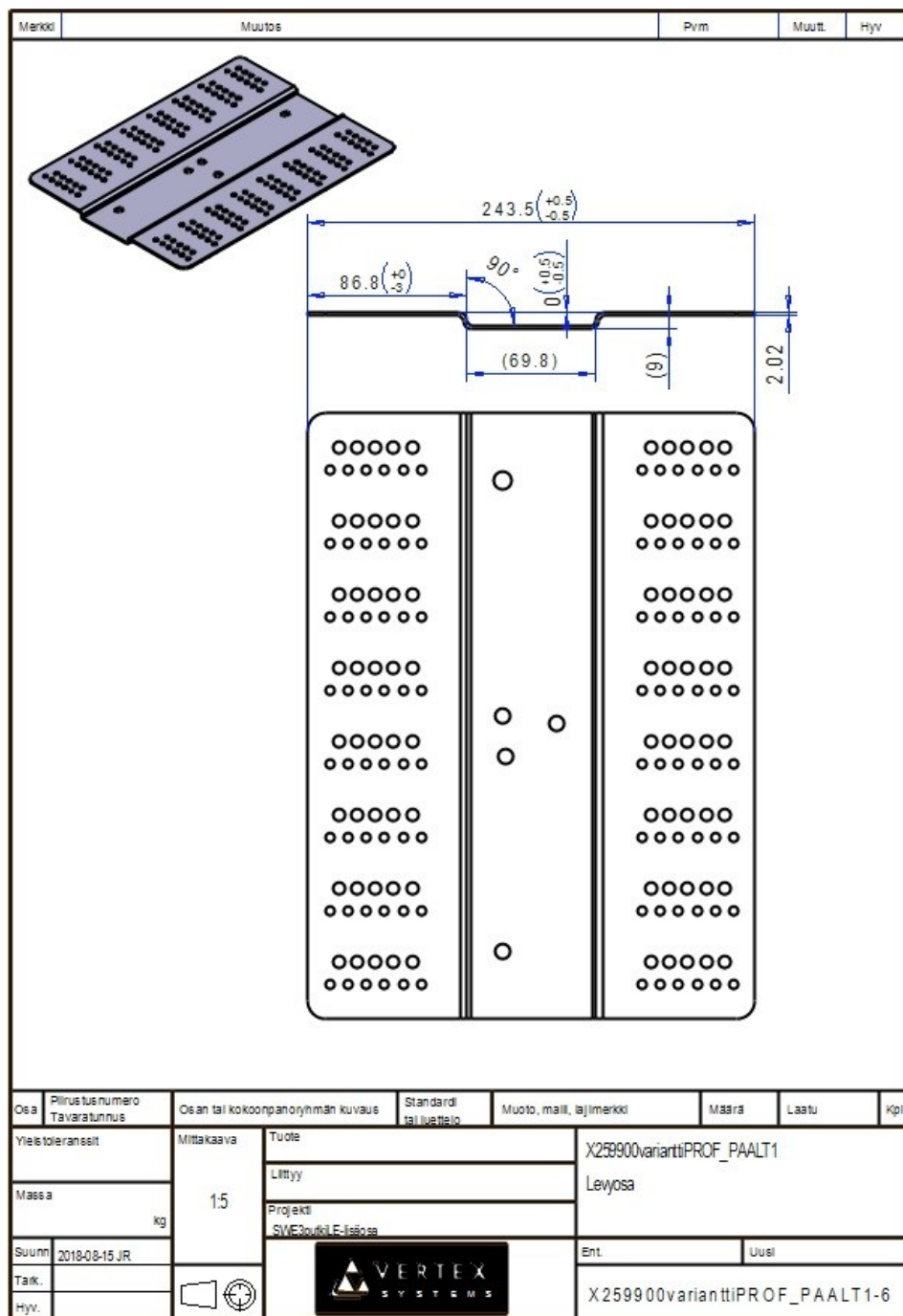


Kuva 43. Kaksi kannaketta vetokokeen jäljiltä

Ensimmäisessä kokeessa kannake upposi peltiin etureunasta ja lukkiutui ruodelautaa vasten. Kokeessa päästiin 494 kg:n rasiin asti ennen ruuvien irtoamista. Ruodelauta tuki kannaketta niin paljon, ettei testin tuloksia voitu pitää kovin luotettavina.

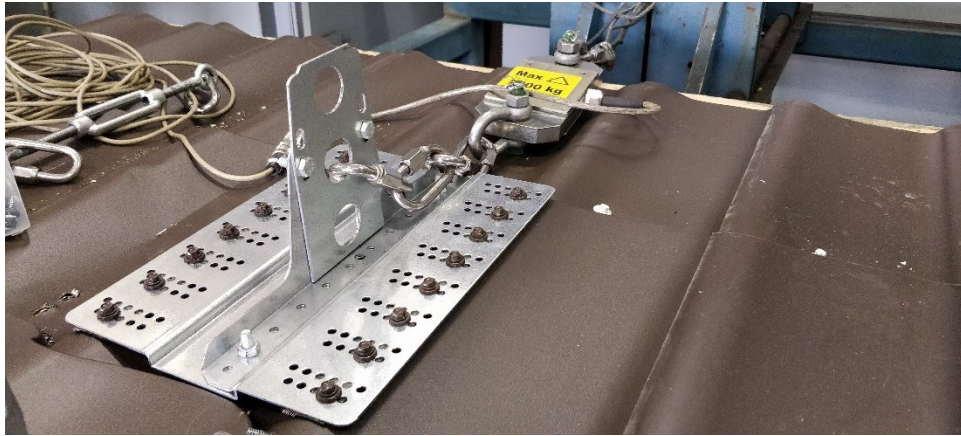
Toisessa vedossa huomattiin, että kannakkeen alla oleva pelti antaa periksi kannakkeen keskikohdalta. Kun pelti antaa periksi, antaa sen samalla tilaan itse kannakkeen muodonmuutoksille, jolloin kannakkeen tuki keskeltä häviää. Osan alataitois kiertyy mutkalle vedossa. Kokeessa päästiin 557 kg:n rasiin.

Myös alalevyyn tehtiin muutoksia (Kuva 44).



Kuva 44. Kannakkeen alalevy päivityksillä

Asennuksessa huomattiin, että levyn kiinnittäminen oli vaikeaa. Reikäriivien ollessa vinossa, oli silmällä hankala hahmottaa mihin kohtiin ruuvit tulee laittaa, jotta ne ovat samassa linjassa. Entisen kymmenen kiinnitysreiän sijaan levyyn laitettiin 16 kiinnitysreikää. Useammalla ruuvilla pyrittiin parempaan kiinnitystehoon. Levyn keskiosaa kantattiin alaspäin levyn jäykistämiseksi. Samalla vetopistettä laski alaspäin (Kuva 45).



Kuva 45. Päivitetty kannake levyllä asennettuna

Heti asennuksessa huomattiin pari ongelmakohtaa. Levyn keskiosan kanttauksen vuoksi pultit eivät mahtuneet oikein päin asennukseen vaan pultti otti kiinni kattopeltiin, joten ne jouduttiin asentamaan kanta alaspäin. Tämän vuoksi keskimmäistä reikää ei päästy hyödyntämään, sillä keskireiän kohdalla ruuvi tulisi lumiesteessä alimman putken tielle. Myöskin kannakeosan vahvikekanttaus oli tehty tuotannossa liian loivaksi ja osa jäi hie-man kantamaan siitä.

Vahvikekanttaus pystytään muuttamaan 90 asteeseen nykyisen 40 asteen sijaan ilman, että siitä tulee liian korkea alimman lumiesteputken asentamiseen. Suorakulmainen kanttaus jäykistää osaa paljon vankemmin kuin loiva 40 asteen kulma. Lisäksi kannakkeeseen on mahdollista lisätä materiaalia pystysuoralle osuudelle ilman, että tuotteen ulkonäkö kärsii. Tämä materiaalilisäys voi jäykistää tuotetta merkittävästi. Näillä muutoksilla toivottiin parannusta kannakkeen yksittäisasennuksen kestävyYTEEN, ja siihen ettei kannake kohoa keskikohdastaan irti alalevystä. Kuvassa 46 näkyy koko päivitetty kokoonpano vetokokeen jälkeen.



Kuva 46. Päivitetty kannake vetokokeen jälkeen

Vedossa menttiin 1066 kg:aan asti, mikä täyttää 1000 kg:n vaatimuksen. Ruuvit eivät revenneet irti ollenkaan. Alalevy aaltoili, eli levy voisi olla vieläkin jäykempi. Tässä todennäköisesti on yksi parannuskohde. Levyn taipumista lukuun ottamatta kokoonpano kesti hyvin vetokokeen. Kannake täytti vaatimukset, joten sitä päätettiin kokeilla myös kattosillan vedossa. Kattosillan vedossa alkukokoonpano näkyy kuvassa 47 ja vetokokeen lopputulema kuvassa 48.



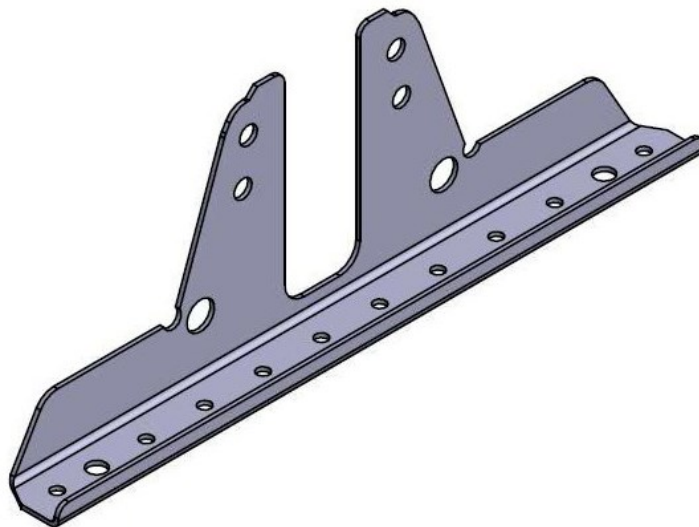
Kuva 47. Kattosilta kokoonpano profiilin päälle tulevalle kannakkeelle



Kuva 48. Kokoonpano vetokokeen jälkeen

Kattosillan yksi kiinnityspultti repesi kattosillan läpi, mutta veto pystyttiin silti suorittamaan loppuun ja päästiin tulokseen 1039 kg, joka on riittävä. Itse kannake kesti vedon hyvin ja läpäisi vaatimukset. Kun kannakeosalle lisätään vahvikekanntauksen päivitys, pysyy kannake vieläkin paremmin kiinni alalevyssä sen lisääntyvän jäykkyyden ansiosta.

Kannaketta jouduttiin kuitenkin muokkaamaan vielä (Kuva 49), sillä kokoonpano ei läpäissyt VTT testiä, mikä ilmenee luvussa ”5.3 Muotokaton tuotteiden testi”.



Kuva 49. Uudelleen muotoiltu profiilin päälle kiinnitettävä kannake

Kannakkeen kanttiin lisättiin lisää korkeutta ja sankojen leveyttä kasvatettiin. Leventämisen ansiosta saatiin lisättyä kevennysreiät, joiden avulla kannake kaatuisi helpommin vetokokeen aikana. Vahvikekantaus nostettiin 90 asteen kulmaan. Samalla myöskin pyöristettiin railon alakulmat, sillä niissä oli vaarana materiaalin repeytyminen tiputuskokeessa. Vastaavanlainen ehti tapahtua lukkosauaman kannakkeelle. Tähän kannakkeeseen muoto ehdittiin korjata ennen tiputuskokeita.

Tämä versio kannakkeesta ei toiminut kuitenkaan toivotulla tavalla. Kannake ei kaatunut halutusti ja vetopiste jäi liian korkealle, jolloin kannakkeen alalevy kampeutui irti kattopelistä. Todettiin, että jatkossa käytetään aikaisempaa kehitysversiota.

Myöhemmin todettiin, ettei yksittäisen kannakkeen ja kaksiosaisen kannakkeen yhteiskäyttöä saa järkevällä tavalla toteutettua ainakaan tässä vaiheessa, joten jatkossa päätettiin käyttää kannaketta ainoastaan levyn kanssa. Yksi ongelmista oli se, että yksittäin asennetun kannakkeen pohja on levyn paksuuden verran alempana kuin levyn kanssa asennetun kannakkeen pohja. Yksittäisen kannakkeen kehittäminen jatkuu myöhemmällä ajankohdalla.

5 VTT-TESTAUKSET

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy on tutkimus- ja teknologiaorganisaatio, joka toimii kansainvälisellä statuksella. Se tuottaa tutkimuksia ja asiantuntijapalveluita kansainvälisesti. VTT on perustettu vuonna 1941 ja nykyään toimitusjohtajana toimii Antti Vasara. (VTT 2018.)

Nesco käyttää VTT:tä toteutettavien veto- ja tiputuskokeiden virallisena valvoja ja hyväksyjänä. Virallisen valvojan tahon läsnä ollessa testien toteuttaminen käytännössä ei eroa mitenkään siitä, että testit tehtäisiin ilman valvojaa. Kokoonpanot ja kiinnitystavat pysyvät täysin samoina kuin itsenäisestikin tehdyissä testeissä.

Testit suoritetaan kuten aiemminkin, mutta vaiheittain, jotta valvoja kerkeää tarkastamaan kiinnitykset ja yleisesti toteamaan, että testi suoritetaan standardin mukaisesti. Ennen testauksia valvojalle on annettu kopio standardista, josta hän voi tarkastella yksityiskohdat. Valvojan ollessa valmis, testit suoritetaan ja hän kirjaa omat muistiinpanot ja tulokset ylös. Kun testi on läpäisty hyväksytysti, siirrytään seuraavaan.

Nescolla VTT:n edustajan ollessa läsnä testeissä kokeiltiin muitakin kuin P-merkin osia, mutta tähän opinnäytetyöhön on kirjattu vain ne tuotteet, joiden suunnitteluun opinnäytetyön tekijä on osallistunut. Muissa testeissä testailtiin eri materiaalipaksuutta ja sen ominaisuuksia.

5.1 Huopakattokiinnitteisen tiilikaton tuotteiden testit

Tiilikaton tuotteille tehtiin yhteensä viisi eri testiä, joista jotkin testit toistetaan useamman kerran eri kohdista suoritettuina. Testit, jotka suoritetaan kattotyypeittäin ovat seuraavat:

- kattosillan vetokoe
- kattosillan tiputuskoe
- kattoluukunkaiteen tiputuskoe
- nockräcken tiputuskoe
- lumiestekannakkeen vetokoe.

Samat testit toistetaan jokaisella kattotyypillä, joten niitä ei tämän luvun myöhemmissä vaiheissa enää toisteta. Ensimmäiseksi suoritettiin kattosillan vetokokeet eri vetopisteistä (Kuvat 50 ja 51).

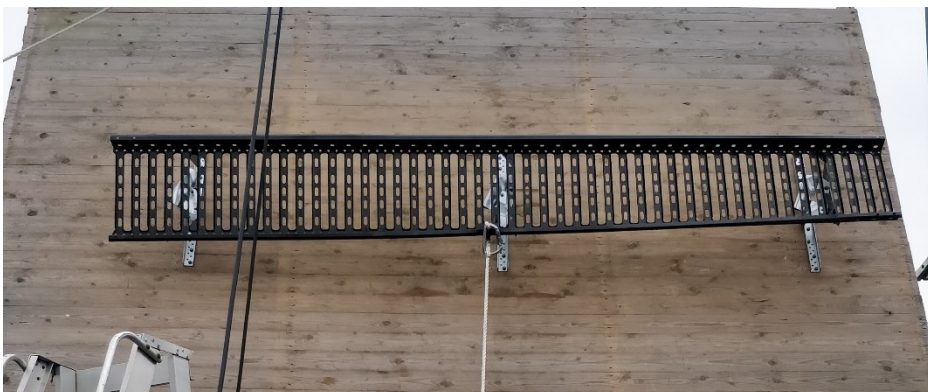


Kuva 50. TKL3 kattosilta VTT vetotestin jälkeen



Kuva 51. Sama vetokoe suoritettuna kattosillan keskeltä

TKL3 huopakattokiinnitteiselle tiilikatolle läpäisi vetotestit hyväksytysti. Vedot suoritettiin hieman yli 1000 kilogrammaan ja kannakkeet pysyivät ehjänä ja katossa kiinni vaaditulla tavalla. Seuraavaksi tehtiin kattosillan tiputuskokeet (Kuva 52).



Kuva 52. TKL3 kattosilta tiputuskokeen jälkeen

Kokeet onnistuivat, kannakkeet pysyivät katossa hyvin kiinni ja kokoonpanot pysyivät ehjinä. Kattosillan jälkeen tiputuskokeet tehtiin kattoluukun kaiteille (Kuva 53).

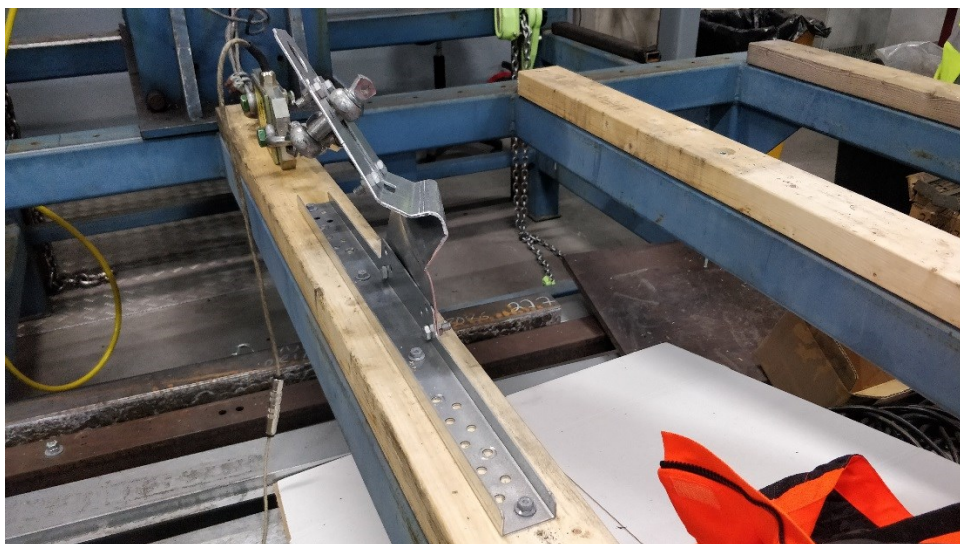


Kuva 53. TKL3 kattoluukunkaiteet tiputuskokeiden jälkeen

Kattoluukun kaiteiden tiputuskokeissa tiputus suoritetaan kolmesta eri kohtaa: molemmista reunoista ja keskeltä. Kaikki kokeet menivät hyväksytysti läpi.

Nockrücken tiputuskoetta ei valitettavasti keretty suorittamaan opinnäytetyön aikana. Puuttuvat testit suoritetaan vielä ennen P-merkki hakemuksen lähettämistä.

TKL3 lumiestekannakkeen vetotesti ehdittiin kuitenkin tehdä (Kuva 54).

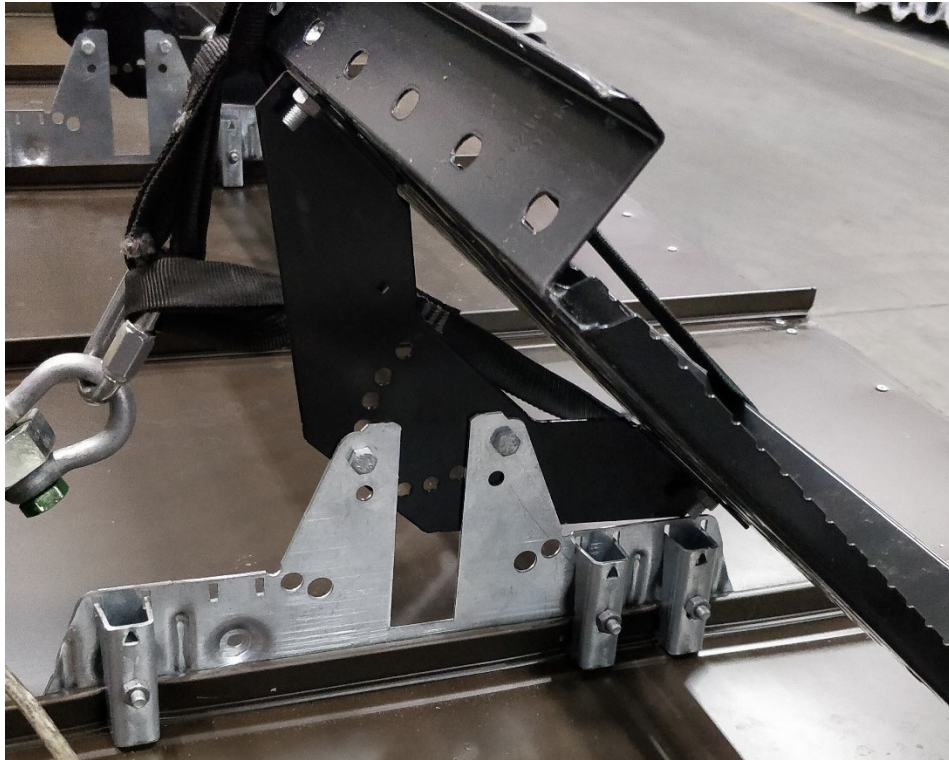


Kuva 54. TKL3 lumiestekannake vedon jälkeen

Tästä kannakkeesta ei ehditty saada valmiiksi lumiestekannakkeena toimivaa versiota ennen opinnäytetyön takarajan täyttymistä. TKL3 tuotekehitys jatkuu vielä työn jälkeen.

5.2 Lukkosaumakaton tuotteiden testit

Lukkosaumakaton testeissä poikkeuksellista oli se, että niille ei ehditty tekemään omia testejä ollenkaan vaan niitä kokeiltiin suoraan VTT:n virallisissa testeissä (Kuva 55). Tämä ei ole ihanteellinen tilanne, sillä joidenkin tuotteiden ongelmakohtia on todella vaikea ennustaa etukäteen.



Kuva 55. KL3 SW kattosiltakokoonpanossa ennen vetokoetta
Vetokokeen lopputulos ei ollut sitä mitä odotettiin (Kuva 56).



Kuva 56. KL3 SW kannake vetokokeen jälkeen

Kannake repesi kahtia odottamattomalla tavalla kesken vetokoetta. Kokeen läpäisyn vaatimukset eivät täyttyneet. Kuvassa 57 näkyy tarkennettuna materiaalin repeämäkohdat.



Kuva 57. Repeämä kevennysreikien kohdalta

Kevennysreiät on suunniteltu niin, että suurimman reiän halkaisija on tarpeeksi iso, ettei sen säteestä pääse aiheutumaan alkua repeämälle. Aikaisemmissa Suomen mallin kannakkeen vetokokeessa vastaavaa repeämää ei ole ilmaantunut. Repeämän syytä tutkittiin tarkemmin (Kuva 58).



Kuva 58. Heikkolaatuinen 14 mm halkaisijaltaan oleva kevennysreikä

Tutkimusten kautta repeämälle löytyi syy. Levytyökeskuksen 14 mm pistin oli heikosti kiinnitetty ja se teki lyödessään epätasalaatuista jälkeä, samalla työkalun siirtymä aiheutti naarmuja teräkseen mikä edesauttoi repeämän etenemistä. Laatu ei ollut siis samaa kuin aiemmin kevennysrei'illä olevilla ja testatuilla kannakkeilla.

Ehdittiin testata paria eri kehitysversiota, mutta niissä ilmeni erilaisia ongelmia, joiden ratkaisu vaatii reilusti aikaa (Kuva 59). Tiukan aikataulun vuoksi pysyvään ratkaisuun ei päästy vaan kehitystyö jatkuu.



Kuva 59. Lukkosauma kattosiltakokoonpano 2.02 mallin kannakkeella

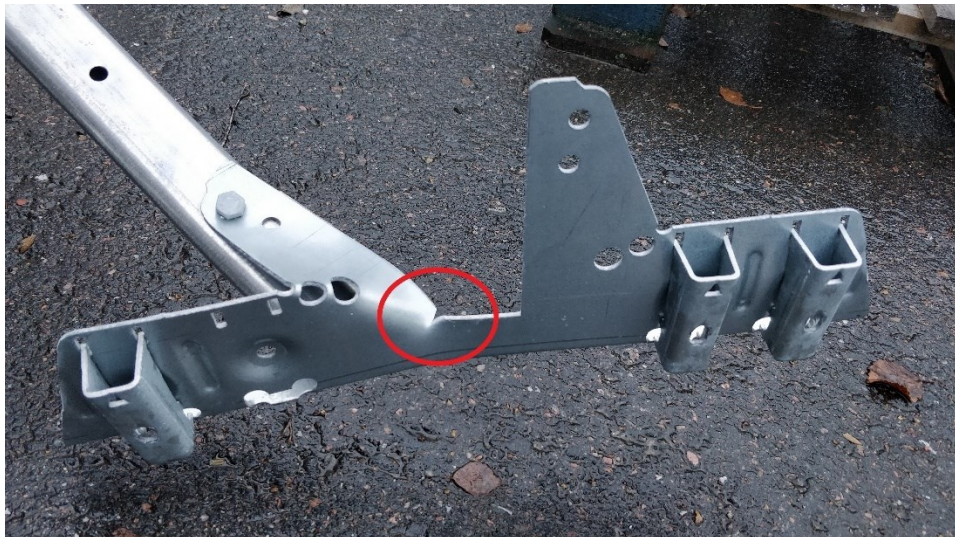
Päädettiin väliaikaisratkaisuun, jossa lukkosaumakatolla kattosillan kanssa käytetään Suomen 2.02 mallin KL3 kannaketta, ja Ruotsin mallin kehitystä jatketaan. Kun tuotteesta saadaan toimiva, se testataan ja sillä voidaan korvata Suomen kannakkeen käyttö Ruotsin lukkosauman kattosilloissa. Siihen asti sitä voidaan käyttää Ruotsissa vain lumiestekannakkeena. Vaikka kannake osittain repesi, se kesti silti vaaditun määrän rasiutusta ja läpäisi kokeen. Kattosiltaa testattiin suoraan 2.02 kannakkeella (Kuva 60).



Kuva 60. Lukkosauma kattosilta tiputuskokeen jälkeen

2.02 KL3 mallin kanssa kokoonpano läpäisi myös kattosillan tiputuskokeet.

Kattoluukun kaidekokoonpanossa käytetään lumiestekannaketta, joten siinä ei tarvinnut ottaa käyttöön 2.02 mallin kannaketta (Kuva 61).



Kuva 61. KL3 SW kattoluukunkaiteen tiputuskokeen jälkeen

Tiputuskokeet saatiin suoritettua hyväksytysti. Huomattiin kuitenkin, että kannake repeytyy hieman lumiastian uran alakulmasta. Ongelma poistuu, kun lisätään reilu pyöristys uran kulmiin. Tiputuskokeet tehtiin kaikesta jälkeen nockräckelle (Kuva 62).



Kuva 62. Lukkosauman nockrække tiputuskokeen jälkeen

Kokeet läpäistiin hyväksytysti, kannakkeet pysyivät saumassa kiinni eikä lumiastianputki päässyt karkaamaan kannakkeen läpi.

Viimeiseksi testattavaksi lukkosauman tuotteeksi jäi lumiastiankannake, jonka testikokoonpano näkyy kuvassa 63.



Kuva 63. Lukkosauma lumiestekannake vetokokeen jälkeen

Koe suoritettiin onnistuneesti, eikä 500 kg:n vaatimus aiheuttanut minäkäänlaista ongelmaa. Myöskään mitattua liukumaa saumaa pitkin ei juurikaan ollut.

5.3 Muotokaton tuotteiden testit

VTT:n testeissä muotokaton osalta testattiin ensimmäisenä profiilin päälle kiinnitettävää kattosilta kokoonpanoa (Kuva 64). Kattosiltaveto oltiin ehditty testaamaan jo aiemmin omissa testeissä ja silloin suoritus oli riittävä.



Kuva 64. Muotokaton kattosilta vedon jälkeen

Testin tulos ei ollut sitä mitä odotettiin. Tällä kertaa kannake ei jostain syystä kaatunut matalaksi kuten toivottiin. Kannakkeet suunnitellaan aina niin, että ne kaatuisivat mahdollisimman lähelle katetta jo aikaisessa vai-

heessa vetoa. Näin tapahtuessa vetopiste laskee alemmas ja kannakkeeseen kohdistuu leikkausjännitys, minkä kannakkeet ja ruuvit kestävät hyvin. Tällöin ei ilmaannu niin sanottua sorkkarautaa vaikutusta, jolloin kannake kampeutuu irti.

Tässä testissä kuitenkin jostain syystä kannake pysyi suorana, eikä kaatunut kuten toivottiin. Vetopiste jäi korkealle ja kannake kampeasi ruuvit irti pellistä ennen kuin 1000 kg:n vaatimukseen päästiin. Aikaisemmin tehdyssä testissä ilman VTT:n läsnäoloa testi kuitenkin onnistui. Ilmeisesti TAK350 kaltevuudensäätölevyn asennuspuoli vaikutti siihen, kaatuiko kannake vai ei. Kannake tulee saada suunniteltua niin, että kaltevuudensäätölevyn voi asentaa kummalle puolelle kannaketta vaan asennuksen helpouden varmistamiseksi.

Kannakkeesta tehtiin paljon erilaisia kehitysversioita. Toisissa materiaalia poistettiin ja toisissa lisättiin. Osiin kokeiltiin erilaisia kevennysreikiä, jotta kannake kaatuisi oikein, mutta kestäisi silti vedon rasituksen. Kannake on saatava kaatumaan lähemmäs katon rajaa mahdollisimman nopeasti, että vetopiste laskisi alemmas, eikä aluslevy pääsisi kampeutumaan irti.

Uusimman version testejä ei ehditty tekemään opinnäytetyönteon aikana, joten tulokset jäävät tässä vaiheessa arvoituksen varaan.

Kattosillan tiputuskokeessa kannake kuitenkin toimi toivotusti (Kuva 65).



Kuva 65. Muotokaton kattosilta tiputuskokeen jälkeen

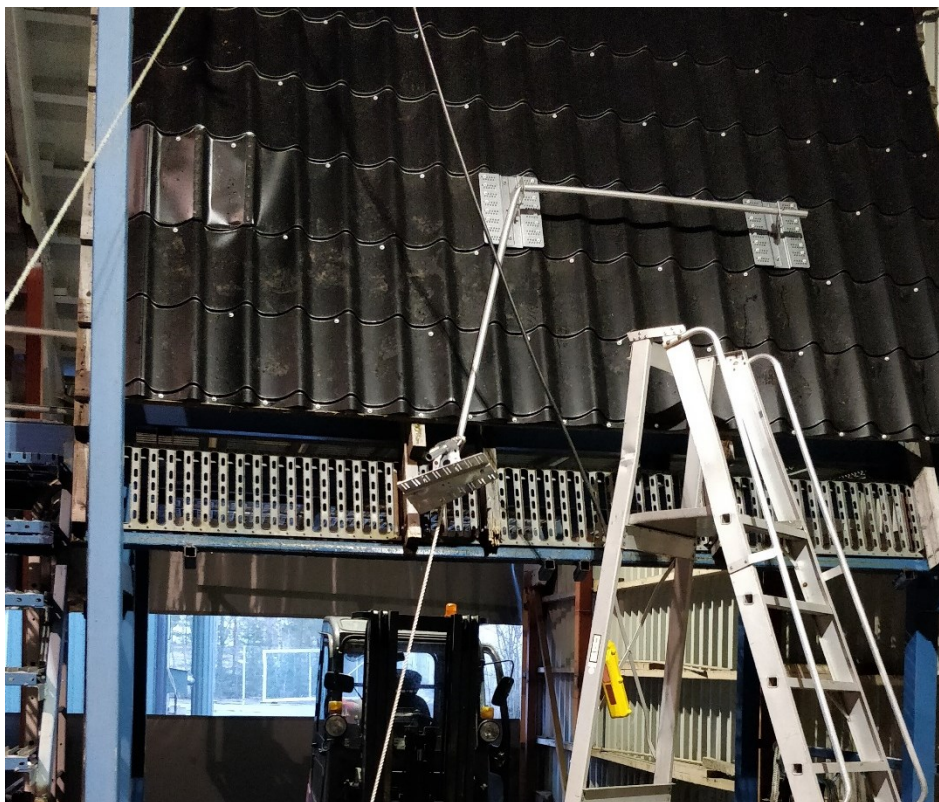
Koe suoritettiin hyväksytysti, kannakkeet pysyivät pellissä kiinni eikä kattosilta revennyt irti.

Samalla katolla jatkettiin seuraavaksi kattoluukun kaiteiden tipuskokeet (Kuva 66).



Kuva 66. Muotokaton kattoluukunkaiteet tiputuskokeen jälkeen

Koe saatiin suoritettua hyväksytysti, eikä ongelmia ilmennyt. Nockrücken tiputus ei onnistunut yhtä hyvin (Kuva 67).



Kuva 67. Muotokaton nochräcke tiputuskokeen jälkeen

Tiputuskoe ei onnistunut. 3-putkilevy ei antanut tarpeeksi joustoja tiputuksessa ja koko kannake repeytyi irti. Tästä kehitetyn version testit eivät mahtuneet enää tämän opinnäytetyönteon ajanjaksolle, joten hyväksytyä testiä ei saatu tähän työhön.

Viimeisenä testattiin vielä vetokokeessa lumiestekannaketta (Kuva 68).



Kuva 68. Muotokaton lumiestekannake vetokokeen jälkeen

Vetokoe saatiin suoritettua onnistuneesti. Alalevy kääntyy hieman vedossa, mutta vääntymä pysyy niin hallittuna, ettei levy kampea ruuveja irti pellistä.

6 TYÖN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä otsikossa käydään kattotyypeittäin läpi mihin tilanteeseen P-merkinän tuotteet jäivät, kun opinnäytetyö tuli valmiiksi. Periaatteessa työn tekemistä olisi voinut vielä jatkaa, mutta työlle oli asetettava jokin takaraja, johon lopettaa, sillä projektin loppuun vieminen tulee vielä viemään reilusti aikaa. Lopussa myöskin yhteenveto ja opinnäytetyön tekijän omat kommentit ja mielipiteet projektista. Korostetaan vielä, että niin sanotusti kesken jäävissä tuotteissa opinnäytetyöntekijä jatkaa tuotekehitystyötä, jotta myöhemmin kaikki tuotteet olisivat optimaalisia tuleville markkinoille. Vaiheeseen jääneistä tuotteista hakemukset lähetetään, kun ne saadaan läpäisemään seuraavat VTT:n testit, jotka eivät enää ehtineet tähän opinnäytetyöhön.

6.1 Eri kattotyyppien tuotteiden tilanne opinnäytetyön päätyttyä

Tiilikaton tuotteista Ruotsin TKL3 2-osainen kannake saatiin toimimaan kattosillassa ja kattoluukun kaiteissa. Nockräckessä sitä ei valitettavasti ehditty testaamaan sillä sen testipäivien aikataulu siirtyi liikaa eteenpäin. Kannake tulee kuitenkin todennäköisesti läpäisemään nockräckén testin. Lumiestekannakkeen käyttöön TKL3 ei vielä saatu toimimaan. Tuotteen kehitys vaatii vielä tutkimusta ja paljon testailua.

Lukkosaumakaton tuotteissa kattosiltakäyttöön jouduttiin ottamaan Suomen 2.02 mallin KL3 kannake, sillä Ruotsin kannakkeen mallia ei vielä saatu ratkaistua toimivaksi. Ruotsin KL3 läpäisi kuitenkin lumiestekannake veto-testin, joten se saatiin soveltuvaksi kattoluukun kaiteisiin, nockräckeen ja 3-putki lumiesteeseen. Kannakkeen kehitystyö ja testailu jatkuu vielä opinnäytetyön jälkeen. Kun kannake saadaan vielä kestäväksi sen käytön kattosillassa, voidaan Suomen KL3 mallin käyttö korvata Ruotsissa ja kahden erilaisen kannakkeen sijaan voidaan käyttää yhtä jokaisessa kokoonpanossa. Lukkosaumakaton SK vastarauta toimi hyvin sellaisenaan.

Muotokaton tuotteissa kannake saatiin toimivaksi kattosillan tiputuksessa, mutta vetokokeeseen se ei ollut tarpeeksi kestävä. Kattosilta käyttötarkoitukseen tuote vaatii vielä kehitystyötä. Kattoluukun kaiteessa kannake toimi hyvin kuten myöskin lumiestekannakkeena. Nockräckessä päivitettyä versiota ei vielä ehditty testaamaan testipäivien siirtymisen vuoksi.

Yleisistä osista kaikkiin kattotyyppeihin sopiva 3-putki lumiesteasennuslevy toimi hyvin kaikissa kokoonpanoissa. Joissain tiputuksissa kiinnitysreikien seinämien paksuutta säädeltiin, jotta tiputuksia saatiin pehmeämmiksi joustoa lisäämällä.

Nockräckeen ja 3-putki lumiesteeseen yritettiin kehitellä erilaisia lukitusmenetelmiä päätykannakkeisiin, mutta toimivaan ratkaisuun ei päädytty. Pudotus on liian raju, että mikään kehitetty lukitusosa pitäisi putken paikallaan, mutta samalla antaisi tarpeeksi joustoa, ettei kannake repeydy irti. Päätettiin alkaa käyttää putkien lukitukseen läpipulttia, joka estää putken sivuttaisliikkeen. Ratkaisu ei ole optimaalinen, sillä reikä aiheuttaa aina riskin ruostumiseen.

Testien jälkeen jokaisesta testatusta tuotteesta luotiin kokoonpanokuvat osaluetteloihin kullekin kattotyypille. Osaluettelosta selviää helposti eri osien viralliset nimitykset ja eri kannakkeiden kiinnitystavat. Kuvat lähetettiin samalle henkilölle, joka oli paikan päällä valvomassa testipäivät. Testien valvoja luo raportit hyväksytyistä kokeista, joihin hän liittyy tehdyt kokoonpanokuvat. Kuvien teko oli työläs operaatio, sillä erilaisia kokoonpano kertyi yhteensä yli kaksikymmentä.

3D-mallit, joista kokoonpanokuvat on tehty, tulevat käyttöön vielä myöhemmässäkin vaiheessa. Malleista tallennetaan 3D-pdf tiedostot, joista saadaan otettu helposti tarkkoja lähikuvia eri kuvakulmista asennusohjeiden tekoa varten. Tämän opinnäytetyön liite 1 on esimerkki suomenkielisestä asennusohjeesta kattosillalle. Vastaavat asennusohjeet jokaisesta testatusta kokoonpanosta liitetään P-merkki hakemukseen ruotsin kielisinä.

6.2 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tuotekehitysprojekti oli opinnäytetyön tekijälle opettavainen ja arvokas kokemus. Eri kehitysversioiden luominen oli mielekästä. Testeissä onnistuminen ja epäonnistuminen molemmat antoivat paljon informaatiota siitä, mitä kaikkea ohutlevysuunnittelussa tulisi huomioida. Jokaisesta kokeen epäonnistumisesta seurasi uusi oivallus, mitä ei ollut siihen mennessä ymmärtänyt huomioida suunnittelutyössä. Jokaisesta onnistumisesta seurasi itsevarmuuden tunnetta, joka antoi rohkeutta ja varmuutta suunnittelu-työhön.

Opinnäytetyössä isossa roolissa oli 3D-mallintaminen Vertex G4 -sovelluksella. Sovelluksen käytöstä tuli varmaa ja nopeaa, erilaisten piirustusten luomien tulee nyt rutiinilla ja varmuudella. Levityskuvien ja särmäyskuvien tekeminen kuului lähes päivittäin työtehtäviin.

Suunnittelusta mielekästä teki se, että piirretyt ja suunnitellut tuotteet oikeasti valmistettiin. Koulussa tehdyt 3D-mallit tai piirustukset harvoin johtivat siihen, että tuotteet oikeasti valmistettaisiin, joten ikinä ei oikein voinut tietää onko tuotteet valmistettavissa tehdyillä piirustuksilla vai ei. Nescolla osat tulivat tuotantotilanteesta riippuen yhdestä päivästä pariin viikkoon valmiina prototyyppeinä testialueelle ja niiden laatua ja ominaisuuksia päästiin testaamaan.

Prototyyppien testausta hankaloittivat ikävästi tälle ajanjaksolle osuneet tuotannon ongelmat. Tuotteita tuli hitaasti, usein vääriä ja monet osat tehtiin kahdesti tai jopa kolmesti. Odottelun vuoksi opinnäytetyön aihepiiriä on jonkin verran rajattu, eivätkä kaikki esitellyt tuotteet ehtineet läpäistä testivaihetta.

Suurin osa tuotteista ehdittiin hyväksytysti läpäistä VTT:n valvomista koikeista. Muutama jäi vielä odottamaan läpäisyä mahdollisesti seuraavalla testipäivällä ja parin tuotteen kohdalla tuotekehitys jatkuu vielä pidemmälle. Tuotteista, jotka läpäisivät testit, lähetetään P-merkki hakemukset Ruotsiin koeraportti liitteenä. Virallisen merkinnän saaminen vie kuitenkin aikaa, eikä niitä ehdi ennen tämän opinnäytetyön aikataulun päättymistä saada.

Opinnäytetyön tekijä jatkaa tämän projektin edistämistä myös opinnäytetyön jälkeen ja jatkaa tuotekehitystä P-merkin tuotteiden kanssa, joten hän myös näkee, kun projekti saatetaan maaliin. Projekti kuluu vielä paljon aikaa sillä virallisen merkinnän hankkiminen kestää melko kauan. Tuotteista hakemukset saadaan kuitenkin lähetettyä sitten, kun VTT on laatinut viralliset testiraportit ja asennusohjeet on tehty valmiiksi.

LÄHTEET

Kattoremontti. (2018) Mikä on kulmakerroin eli kattokaltevuus suhdeluku? Haettu 24.10.2018 osoitteesta <http://www.kattoremontti.org/kattokaltevuus-kaltevuus-suhdeluku>

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S. (2011). *Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja*. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Ponkkonen, J. (2018). Tuotantotekniikka-moduulin verkkoaineisto, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 24.1.2019 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>

Ravelast. (2018) EPDM -Eteeni-propeenikumi. Haettu 20.12.2018 osoitteesta <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/epdm.html>

RISE. (2018) SPs P-mark. Haettu 3.1.2019 osoitteesta http://www.sp.se/en/units/risecert/certification/product/p_mark/Sidor/default.aspx

Sasmetor Oy. (2018) Etusivu. Haettu 10.10.2018 osoitteesta <https://www.sasmetor.fi/fi>

SFS-EN 516. (2006). Kattojen esivalmistetut lisätarvikkeet. Kulkusiltojen asennukset. Käytävät, askelmat ja portaat. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS

Tamtron. (2018). Tamtron BCS koukkuvaaka. Haettu 3.9.2018 osoitteesta <https://www.tamtrongroup.com/fi/product/tamtron-bcs-koukkuvaaka/>

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. (2018) Tietoa meistä. Haettu 24.9.2018 osoitteesta <https://www.vtt.fi/tietoa-meist%C3%A4>

Vesivek. (2018) Konesaumakatto vai lukkosaumakatto. Haettu 10.10.2018 osoitteesta <https://www.vesivek.fi/artikkelit/konesaumakatto-vai-lukko-saumakatto/>

Vesivek. (2018) Teräs-Tapio. Haettu 12.10.2018 osoitteesta <https://www.vesivek.fi/tuote/teras-tapio/>

ASENNUSOHJE

NESCO**Lukkosaumakaton kattosilta T350B2****1. Käyttöohje**

- Kattosillat T350B2 on suunniteltu ja valmistettu standardin SFS-EN 516 luokan 2 mukaisesti. Mikäli tuote on asennettu näiden ohjeiden mukaisesti, voi kattosilta toimia turvaköyden kiinnityspisteenä (=luokka 2).
- Turvaköysi kiinnitetään siltaelementin ympäri, kannakkeiden väliin, ei kannakkeisiin.
- Turvaköyttä saa käyttää vain kattosillan puoleisella lappeella räystään suuntaan ja köysi on mitoitettava niin, ettei käyttäjä pysty tippumaan räystäiden yli.
- Turvaköytenä tulee käyttää virallista turvaköydeksi tarkoitettua köyttä (EN 353-2), jossa on putoamisen vaimennin ja pituuden säätölaite. Köyden sijaan voidaan käyttää myös ns. turvakeloja (EN 360).
- Kattosiltaa saa käyttää turvaköyden kiinnityspisteenä yhtäaikaaisesti vain yksi henkilö 3 metrin matkalla. Kiinnittäytyjän maksimipaino varusteineen 100 kg.
- Viallista tai puutteellista tuotetta ei saa käyttää.

**2. Suunnittelu**

- Vesikaton kaikille huoltokohteille tulee järjestää turvallinen kulkutie. Harjansuuntainen liikkuminen järjestetään kattosillalla.
- Kattosillat tulee olla kaikille huoltokohteille, mikäli kattokaltevuus on jyrkempi kuin 1:8 (7 °).
- Nousutie katolle voidaan järjestää joko räystään puolelta tai rakennuksen päädyistä. Suosittelemme järjestelyä, jossa katolle nousu tapahtuu talotikkaita pitkin päädyistä, jatkuen katkeamattomasti kattosiltana. Tämä edellyttää, että talotikas ja kattosilta voidaan asentaa samalle kohtaa.
- Kun rakennuksessa on ilmanvaihto- tai viemäröintiläpivientejä, paras sijoituspaikka kattosillalle on yleensä niiden yläpuolella, koska silloin kattosilta suojaa niitä kattoa pitkin mahdollisesti liukuvalta lumelta.
- Ainoastaan luokan 2 mukaiseen kattosiltaan voi asentaa Nesco turvakiskon.
- Katteen alusrakenteiden tulee olla valmistajan ohjeiden mukaiset.
- Katon minimikoko, johon voidaan asentaa luokan 2 mukaisesti on 2 m x 2 m.

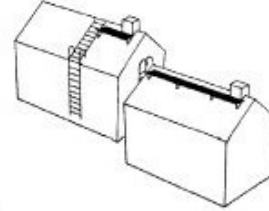
NESCO
Tuotteet kestää, toimitus ei.

ASENNUSOHJE

NESCO

3. Kattosillojen mitat ja mitoitus

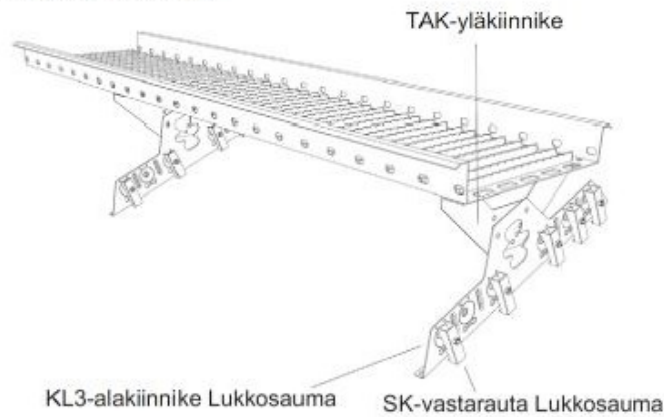
- Kattosillan pituus on 2,92 m ja jatkettaessa se limitetään 0,12 m, joten hyötypituus on 2,80 m.
- Kattosillan kävelytason leveys on 350 mm.
- Kattosillan kannakkeiden maksimi asennusväli on 1,2 m. Tuotteet on mitoitettu kestämään 1,5 KN (n. 150 kg) suuruinen pistekuorma.
- Kannakkeiden kaltevuuskulmaa voidaan säätää 11 asteen jaolla välillä 0 - 45 °.



4. Lukkosauma kattosillan osat

HUOM! Käytä lukkosaumakatolla vain ko. katolle tarkoitettuja kiinnikkeitä. Kuvassa luokan 2 mukainen asennus.

T350B2-kattosiltaelementti



5. Asennusjärjestys

Näitä ohjeita noudattamalla kattosilta voi toimia turvaköyden kiinnityspisteenä.

1. Suunnittele paikat.
2. Kannakkeiden alle suositellaan umpilaudoitusta. Tarkista, että kate on kiinnitetty asennusohjeen mukaisesti.
3. Mittaa katon kaltevuuskulma ja kokoa yksi kannake (KL3-lukkosauma 545 + 5 x SK-lukkosauma + TAK) katon kaltevuutta vastaavaan kulmaan. Suunnittele ennen kokoamista, kummalle puolelle tulee varsinainen alakiinnike (KL3-lukkosauma 545), koska lukkosaumakaton saumat voivat kääntyä oikealle tai vasemmalle kohteesta riippuen ja toisinaan samassa kohteessa on molemmille puolille kääntyviä saumoja (kts kohta 6).

NESCO
Tuotteet kestää, toimitus ei.

ASENNUSOHJE

NESCO

Huomioi myös vastarautojen sijoittelu. Harjan puolelle asennetaan kolme vastarautaa ja räystäään puolelle kaksi. Jätä räystäään puolelta keskimmäinen SK paikka tyhjäksi.

Kiinnitä yläkiinnike (TAK) viereisen kuvan mukaiselle puolelle alakiinnikettä (KL3-lukkosauha 545), koska muuten vastarautojen (SK-lukkosauha) kiinnitys on mahdotonta. Sakarat tulee osoittaa erisuuntiin (Z-muoto).

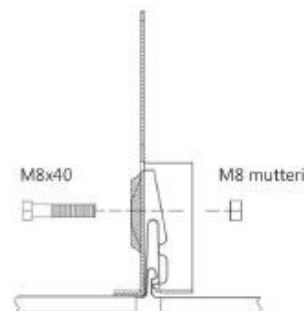
HUOM!
Sakarot eri suuntiin
(Kuvassa luokan 1
kannake)



4. Suunnittele kannakejako. Yleisin kannakejako on 0,95 m. Huomioi myös, että reunimmaisat kannakkeet saavat olla maksimissaan 0,25 m etäisyydellä kattosillan päästä. Katkaise kattosillan ylimääräinen pää tarvittaessa.
5. Merkitse esim. väri-langalla kannakkeiden paikat, varmistaen, että ne tulevat samaan linjaan.
6. Kiinnitä kannakkeet yksitellen. Laita aina suurempi kiinnikkeistä (KL3-lukkosauha 545) sauman suoralle puolelle, niin kannake asettuu pystysuoraan asentoon. U-malliset vastaraudat (SK-lukkosauha) tulevat vastaavasti käännetyn sauman puolelle. Varmista, että SK-vastaraudan nystyrät tulevat saumassa kuvan mukaiseen kohtaan. Vastarauta on oikeinpäin, kun etupuolella oleva merkkireikä osoittaa ylöspäin.

Vastarauta kiristetään M8 x 40 mm kuusioruuvilla ja M8 mutterilla. Pultit ovat oikealla kireydellä, kun vastarauta alkaa taipua lommolle pultin kohdalta. Lisäkiristyksestä ei ole enää silloin apua.

7. Nosta lopuksi kävelytaso kannakkeiden päälle ja kiinnitä taso kuhunkin kannakkeeseen kahdella M8 x 20 mm kuusioruuvilla ja M8 mutterilla. Mikäli asennat useita tasoja peräkkäin, huomaa, että tasot ovat aina toisesta päästä kapeampia ja siksi tasot menevät limittäin, kun laitat kapeamman pään leveämmän pään päälle. Limitystä tulee olla kahden "rivin" verran. Jatkoskohdan reunakanttien päällä oleviin reikiin laitetaan 2 kpl M8 x 20 kuusioruuvia ja M8 mutteria Kattosillan katkaisu käy helpoiten rautasahalla pitkän reiän kohdalta. Mikäli katkaiset sahalla katolla, älä päästä metallipurua katteelle, koska purut ruostuvat.



6. Hoito

- Kattosillan kannakkeiden ruuvien kireys tulee tarkastaa ensimmäisen vuoden aikana 4 kk välein. Tämän jälkeen tarkastus tulee tehdä vuoden välein.
- Luokan 2 mukaisuuden säilyttämiseksi asennus tulee tarkistaa vuoden välein valmistajan valtuuttaman tarkastajan toimesta.
- Kattosiltaa ei ole mitoitettu kestävänsä koko katon lumikuormaa, varsinkaan liikkuvia lumimassoja. Tämän vuoksi lumen liike on estettävä ja rasitus kohdistettava lumiesteisiin.



NESCO
Tuotteet kestää, toimitus ei.