

Antti Heikkinen

# Kiihtyvyyssanturin erottelu johdinkehyseltä

## Erottelukoneen parannusehdotukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Automaatiotekniikka  
Insinöörityö  
5.5.2011

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Heikkinen Kiihtyvyyssanturin erottelu johdinkehykseltä Erottelukoneen parannusehdotukset 37 sivua + 2 liitettä 6.5.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja(t)	Manager, Test systems development Satu Säynäjoki Yliopettaja Kari Vierinen
<p>Insinöörityössä oli tavoitteena parantaa massatuotannossa olevan kiihtyvyyssanturin irrotusta johdinkehykseltä. Tuotannossa oli työhön tarkoitettut laitteet, mutta tuotantovarmuus oli heikko.</p> <p>Työ toteutettiin VTI Technologies Oy:lle. Työssä haastateltiin tuotannon henkilöitä sekä laitetta huoltavia henkilöitä. Haastattelujen perusteella kartoitettiin ongelmakohdat. Ongelmista suurin osa oli mekaanisia, joten työn pääpaino oli uusien osien suunnittelussa ja mallintamisessa Solidworks-mallinnusohjelmalla.</p> <p>Huonon tuotantovarmuuden ja suurien ongelmamäärien takia työ oli mielenkiintoinen. Eroteltavat tuotteet ovat VTI:n päätuote, joten laitteen parannusehdotuksille oli suuri tarve. Suuri ongelmamäärä teki erottelusta tuotantolinjan pullonkaulan. Tämän lisäksi erotte- lussa tuli paljon hylkytuotteita, joten parantamalla erottelua haettiin myös suuria säästöjä saannon paranemisella.</p> <p>Tarkan ja siistin viimeistelyn varmistamiseksi osien teettäminen ulkoistettiin. Näin myös taattiin tulevaisuudessa varaosien helppo saanti. Aikatauluteknisten syiden takia työ käsittää vain osien suunnittelun. Kaikille suunnitelluille osille on saatu VTI:ltä ja sen asiakkailta hyväksynät. Työn dokumentoinnin toteuttamisen jälkeen projekti jatkuu. Osat teetetään ja asennetaan erottelijaan. Projektin valmistumisajankohdaksi on arvioitu heinäkuu 2011.</p> <p>Vaitiolovelvollisuuden takia dokumentoinnin ulkopuolelle on jouduttu jättämään tarkemmat tilastoinnit ja tuotteiden hylkäyssyitä.</p>	
Avainsanat	3D-mallinnus, kiihtyvyyssanturi, laitekehitys, MEMS, tuotantovarmuus

Author(s) Title	Antti Heikkinen Improving separation of MEMS accelerometers from leadframe
Number of Pages Date	37 pages + 2 appendices 6 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialization option	Machine Automation
Instructor(s)	Satu Säynäjoki, Manager, Test systems development Kari Vierinen, Principal lecturer, docent in Physics
<p>This engineering thesis project was conducted to improve machine reliability on separating accelerometers from a leadframe. VTI Technologies Oy had two machines that separate the components. This project aims at improving the newer separator as the older machine doesn't have the capacity to meet the high capacity needs.</p> <p>The project started with interviewing the machine operators and maintenance people. All the problems were listed and analyzed. Most of the problems had something to do with mechanics. The main part of this thesis was mostly the mechanical design of new parts to the machine. Mechanics were designed with Solidworks and the part machining was outsourced. Three problems were found that needed sensor changes and reprogramming of the machines logic.</p> <p>Some of the new parts had to be approved by VTI Technologies Oy's customers as the parts had an effect on moving the components from the machine to an ESD-safe plastic tube.</p> <p>This engineering thesis project is a design project. When the project started the idea was that the new parts had to be machined by the author itself, but as the project grew the machining of the parts was outsourced. That is because the finishing and tolerances had to be high as the parts were approved by customers from automotive industry. By outsourcing the future spare part needs are secured.</p> <p>When this thesis is written all the designed parts are approved inside VTI Technologies Oy and their customers. The project continues after the parts are ready from machining. There are high hopes to get the reliability up by these small improvements.</p>	
Keywords	accelerometer, CAD, reliability, MEMS

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	VTI Technologies Oy	1
3	ADP-tuoteperhe	2
3.1	Yleistä	2
3.2	Käyttökohteet	4
3.3	Yleiset ominaisuudet	4
3.4	3D MEMS -anturi	5
3.5	ASIC-piiri	5
3.6	Kotelointi	6
3.7	Johdinkehys	6
3.8	Kokoonpano	7
3.9	Testaus ja kalibrointi	7
4	Tuotteiden erottelu	7
4.1	Yleistä	7
4.2	ADP-separator 01	8
4.3	ADP-separator 02	9
5	Ongelmat erottelussa	10
6	Mekaaniset muutokset	11
6.1	Johdinkehysten irrotin	11
6.1.1	Ongelmat ilman irrotinta	11
6.1.2	Irrottimen toteutus	12
6.1.3	Irrottimen toiminta	13
6.2	Koteloiden oikaisu	13
6.2.1	Alkuperäinen ohjain	14
6.2.2	Kotelo-ohjaimen vaikutus tuotteeseen	14
6.2.3	Suunnittelu ja mallinnus	15
6.2.4	Ehdotuksia tulevaisuuden varalle	16
6.3	Leikkurin kohdistus	16
6.3.1	Alkuperäinen leikkuri	17
6.3.2	Ongelmakuvaus	17
6.3.3	Tavoite ja tarvittavat muutokset	18

6.3.4	Suunnitelma mikrometriruuveilla toteutettuna	18
6.3.5	Suunnitelma hienokierteisillä ruuveilla toteutettuna	18
6.3.6	Mallinnus	19
6.4	Koteloiden työntöjousien lukitsin	20
6.4.1	Tavoite ja suunnitelma	21
6.4.2	Mallinnus	21
6.5	Putken tunnistin	22
6.5.1	Alkuperäinen tunnistin	22
6.5.2	Tavoite ja suunnitelma	23
6.5.3	Mallinnus	24
6.6	Työntimen kolarianturin johtojen suojaus	26
6.6.1	Ongelmakuvaus	26
6.6.2	Tavoite ja suunnitelma	26
6.6.3	Mallinnus	27
6.7	Rungon tukevoittaminen	27
6.7.1	Ongelmakuvaus	28
6.7.2	Tavoite ja suunnitelma	28
6.7.3	Mallinnus	28
6.8	Alavasteen alipaine	30
6.8.1	Ongelmakuvaus	30
6.8.2	Tavoite ja suunnitelma	30
6.8.3	Logiikkaan tarvittavat muutokset	32
7	Elektroniset muokkaukset	32
7.1	Johdinkehäyksen tunnistus	32
7.1.1	Ongelmakuvaus	32
7.1.2	Anturin poisto	33
7.2	Työntimen kolarianturi	33
7.2.1	Ongelmakuvaus	34
7.2.2	Kolarianturin muutokset	34
7.3	Etusuoja Pellin turvakytkin	34
7.3.1	Ongelmakuvaus	34
7.3.2	Tavoite ja suunnitelma	35
8	Yhteenveto	35
9	Lähteet	37

## Liitteet

Liite 1. Erottelijan hylkyseuranta

Liite 2. Erottelijan vikalista

## Merkinnät ja lyhenteet

ABS	<i>Antiblockiersystem</i> , lukkiutumaton jarrujärjestelmä
ADP	VTI Technologies Oy:n kiihtyvyyssanturi-tuoteperhe
Alavaste	Erottelijan osa, jota vasten tuotteet painetaan
ARC	<i>Anti roll control</i> , kallistuksen esto
ASIC	Anturijärjestelmään sovitettu elektroninen integroitu piiri
C/V-muunnos	Kapasitanssi-jännitemuunnos
CSB	SPI-kommunikaation laitteentalinjalinja
ECS	<i>Electronic stability control</i> , elektroninen jousitusjärjestelmä
EPB	<i>Electronic parking brake</i> , elektroninen seisontajarru
ESC	<i>Electronic stability control</i> , ajonvakautusjärjestelmä
ESD	Staattisen sähkövarauksen purkautumisilmiö
Full-duplex	Samanaikainen kaksisuuntainen tietoliikenne.
Hienokierre	Normaalia ruuvin kierrettä tiheämpi kierre
HSA	<i>Hill start assistance</i> , mäkilähtöavustin
Johdinkehys	Komponenttien kehys tuotantovaiheissa (engl. leadframe)
Kiihtyvyyssanturi	Anturi kiihtyvyyksien (g) mittaamiseen
Leikkuri	Erottelijan osa, jolla leikataan anturit johdinkehystä irti
Leikkurin kelkka	Kelkka, johon leikkuri on kiinnitettynä
Mallinnus	Osan 3D-mallin piirtäminen
MEMS	Mikro-elektro-mekaaninen systeemi
Mikrometriruuvi	Tarkassa metallityössä käytettävä mittaväline
Mikroprosessori	Ohjelmoitava digitaalinen suoritin
MISO	Digitaalinen dataväylä SPI-väylässä (Master In - Slave Out)
MOSI	Digitaalinen dataväylä SPI-väylässä (Master Out - Slave In)
Pakkauskela	Kela, johon komponentit pakataan
ROV	<i>Roll over</i> , kaatumissuoja
SCK	Kellosignaali SPI-väylässä
Solidworks	3D-mallinnusohjelmisto
SPI-väylä	Digitaalinen 4-linjainen kommunikaatiöväylä
Valokuitu	Kaapeliväylä, joka siirtää informaatiota valopulssien avulla
Valoverho	Anturityyppi, jossa seurataan valon säteen katkeamista

## 1 Johdanto

Elektroniikkakomponentteja käsitellään tuotannon aikana johdinkehysillä. Asiakkaalle tuotteet lähetetään pakkauskelalle pakattuna, joten komponentit täytyy erotella johdinkehuksesta ennen pakkausta.

Tässä insinööriyössä suunnitellaan parannusehdotuksia VTI Technologies Oy:n ainutlaatuisen MEMS-pohjaisten kiihtyvyyssantureiden erotteluun. VTI Technologies Oy:ltä löytyy vuonna 2010 käyttöön otettu erottelija, jonka toiminta on ollut pettymys. Erottelijan käyttö on ollut hankalaa, ja siinä on myös havaittu mahdollisia laaturiskejä. Insinööriyössä käydään hieman läpi erottelussa havaittuja ongelmia ja suunnitellaan parannusehdotukset laitteen tuotantovarmuuden parantamiseksi.

## 2 VTI Technologies Oy

VTI Technologies Oy (jatkossa VTI) suunnittelee ja valmistaa omaan ainutlaatuiseen 3D MEMS -teknologiaan perustuvia kiihtyvyy-, kallistus- ja kulmanopeusantureita. Yhtiö on globaali markkinajohtaja mm. ajonvakautusjärjestelmien ja sydämentahdistimien liikeantureissa. Yhtiö tähtää myös voimakkaaseen kasvuun kuluttajaelektroniikan MEMS-tuotteissa.[1]

Teknologian kehitys alkoi vuonna 1979 Vaisala Oyj:ssä. Vuonna 1991 perustettiin Vaisala Technologies, Inc., OY. Vuonna 1995 VTI siirtyi BREED Technologiesin omistukseen, joka on globaalisti toimiva maailman johtava autojen turvatyyny- ja ohjaushallintajärjestelmien toimittaja, kehittäjä, valmistaja ja myyjä. BREED myi koko VTI:n osakannan ja liiketoiminnan EQT III -pääomarahastolle vuonna 2002.[1; 2]

VTI:n päätoimipisteenä toimii Vantaan Martinlaaksossa sijaitseva tehdas. Martinlaaksossa VTI:llä on noin 600 työntekijää. Kaikkien tuotteiden valmistus tapahtuu Vantaan tehtaalla. VTI:n muut toimipisteet ovat myyntikonttoreita ja maailmanlaajuisesti niissä työskentelee vain noin 10 henkilöä.



### 3 ADP-tuoteperhe

#### 3.1 Yleistä

VTI:n anturit perustuvat ainutlaatuiseen 3D MEMS -teknologiaan. Päätuotteena ovat erityyppiset kiihtyvyyssanturit. Kiihtyvyyssantureita on 1-3-akselisina ja eri herkkyyksinä. Muita tuotteita ovat erilaiset kallistus- ja kulmanopeusanturit. Kaikkia antureita yhdistää 3D MEMS -teknologia.[2]

Kiihtyvyyden mittaaminen perustuu MEMS-prosesseilla valmistettujen massojen liikkeen havainnointiin. MEMS-anturin liikkeet havaitaan kapasitiivisesti [1]. Sähköinen kapasitanssi on suure, joka liittyy sähköstaattiseen systeemiin. Kapasitanssi osoittaa systeemiin osien välisen sähköisen potentiaalieron [3]. Anturi mittaa liikettä ja liiketilän muutoksia seismisen anturimassan vastakkaisilla puolilla olevien kapasitanssien arvojen avulla. Kapasitiivisesti toteutettuna liikkeenmittaus on yksinkertainen ja vakaa [1]. Kaa-suvaimennus anturielementin sisällä vaimentaa mekaanista värähtelyä ja vaimentaa ulostulossa sähköistä kohinaa.

Hyvin pienten kapasitanssien mittaaminen vaatii erityistä osaamista. Mittauselektroniikka täytyy sijoittaa aivan MEMS-osan viereen. ASIC-piiri eli mittauselektroniikka muuntaa MEMS-osan hyvin pienet varausmuutokset halutuksi ulostuloksi. Ulostulosignaalit ovat joko digitaalisia tai analogisia.[1; 3]

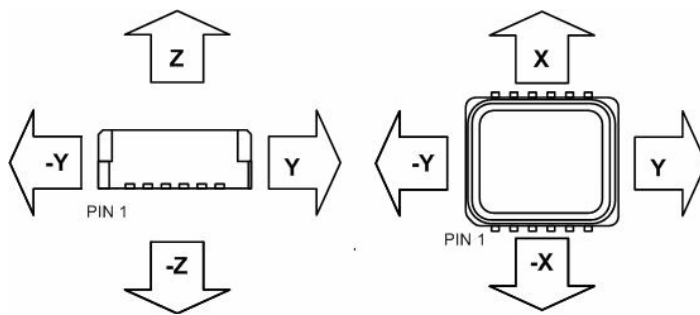
Tämä työ keskittyy ADP-tuoteperheeseen, joka on uusiin kiihtyvyyssanturiperheeseen (kuva 1). Kuvassa 1 on esitetty kolme valmistettua tuotetta. Erityyppisiä antureita on useita, mutta kaikkia yhdistää sama kotelorakenne ja fyysinen koko. ADP-tuotteiden päämarkkinat ovat autoteollisuudessa.



Kuva 1. Kolme eri ADP-tuotetta [4].

ADP-tuoteperheessä MEMS-anturiosa ja mittauselektronikka on sijoitettu samaan koteloon ja yhdistetty toisiinsa kultalankabondauksella. Kotelo täytetään pehmeällä siliikonigeelillä ja kotelo suljetaan metallisella kansilevyllä.[1]

Antureita on 1-3 suuntaan mittaavia (kuva 2). Mittauskiihtyvyydet ovat melko matalia, koska tuotteet ovat suunnattu autoteollisuuteen. Anturin luvataan kestävän hetkellisen 20 000 g:n suuruisen mekaanisen iskun, joten anturi kestää jopa auton kolaritilanteen.[4]



Kuva 2. ADP-tuoteperheen mittaussuunnat [4].

Taulukossa 1 on esitettyä tuotteiden tiedot. Yhtä monen mittausakselin antureita on useita, koska eri anturit mittaavat eri suuntiin. Saman koteloa takia anturit ovat jalkajärjestykseltään yhteensopivia. Asiakkaiden on siis tarpeen vaatiessa helppo ja nopea vaihtaa erityyppiseen anturiin järjestelmässään.[4]

Taulukko 1. ADP-tuotteiden spesifikaatiot.

Tuotetyyppi	Mittausakselit	Mittaussuunnat	Mittausalueet $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	Tarkkuus $1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$
SCA3100-D04	3	X,Y,Z	$\pm 2,0 \text{ g}$	70 mg
SCA3100-D07	3	X,Y,Z	$\pm 6,0 \text{ g}$	70 mg
SCA2120-D07	2	Y,Z	$\pm 2,0 \text{ g}$	70 mg
SCA2110-D03	2	X,Z	$\pm 2,0 \text{ g}$	70 mg
SCA2100-D01	2	X,Y	$\pm 2,0 \text{ g}$	70 mg
SCA830-D05	1	Y	$\pm 2,0 \text{ g}$	70 mg
SCA820-D03	1	Z	$\pm 2,0 \text{ g}$	70 mg
SCA810-D01	1	X	$\pm 2,0 \text{ g}$	70 mg
SCA3060-D01	3	X,Y,Z	$\pm 2,0 \text{ g}$	200 mg
SCA3060-D02	3	X,Y,Z	$\pm 2,0 \text{ g}$	200 mg

### 3.2 Käyttökohteet

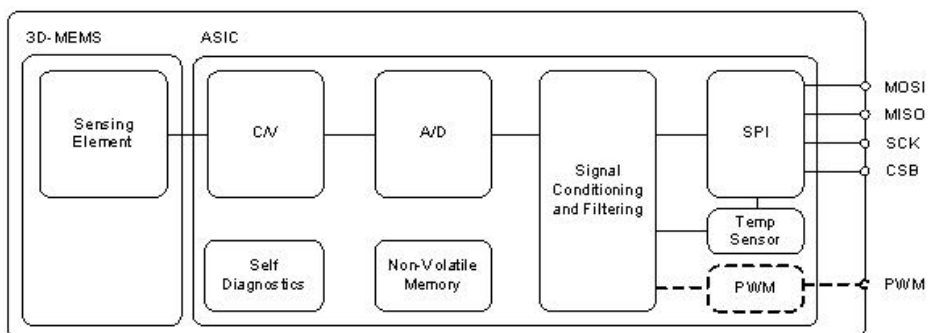
ADP-tuotteet menevät pääasiassa autoteollisuuteen. Lähes kaikki automerkit käyttävät VTI:n antureita. Suurin osa asiakkaista on jo siirtynyt käyttämään täysin digitaalista anturointia, minkä takia ADP-tuotteita löytyykin useista autoista.

Yhdessä autossa voi olla useita antureita. Vaikka antureita löytyy 3-akselin suuntaisesti mittaavia, käyttävät monet auton turvajärjestelmät omia antureita. Antureita käytetään esimerkiksi lukkiutumattomissa jarruissa (ABS), ajonvakautuksessa (ESC), mäkilähtöavustimissa (HSA), sähköisessä käsijarrussa (EPB), kaatumisen estossa (ROV), aktiivisessa jousituksessa (ECS) ja auton kallistumisen seuraamisessa (ARC).[4]

VTI:n kiihtyvyyssantureita käytetään myös teollisuudessa, muun muassa roboteissa, kameroiden kuvanvakaimissa ja sydämentahdistimissa. VTI:ltä löytyy myös oma tuoteperhe teollisuuden tarpeisiin. Tästä huolimatta jotkut asiakkaat valitsevat autoteollisuudelle suunnatun ADP-tuoteperheen anturin.

### 3.3 Yleiset ominaisuudet

Kiihtyvyyssanturit mittaavat kiihtyvyyden muutokset 3D MEMS -teknologialla valmistetulla anturielementillä. Yhdessä anturielementissä voi olla kolmeen erisuuntaan reagoivaa massaelementtiä. ASIC-piiri muuntaa anturielementin signaalin digitaaliseksi ulostuloksi. Kuvassa 3 on esitetty ADP-tuotteen piirikaavio. Kuvassa vasemmalla on anturielementti (3D MEMS) ja tämän oikealla puolella ASICin piirikaavio.[4]



Kuva 3. ADP-tuotteen piirikaavio [4].

### 3.4 3D MEMS -anturi

VTI:n termi 3D MEMS tarkoittaa piikiekkoon kuivasyövytyksellä valmistettuja kolmiulotteisia mekaanisia rakenteita ja niiden eristämistä ulkomaailmasta lasi-piiteknologiaan perustuvilla kansikiekoilla. Yhdistelmä on ainutlaatuinen ja perustuu VTI:ssä kehitettyihin teknologioihin.[1]

Piiantureissa käytetään yksikiteistä piitä ja lasia. Rakennekielelle syövytetään jousimassarakenteita, mittauskondensaattoreita ja sähköstaattisen voiman synnyttäviä toimielimiä. Kansikiekon lasialueilla eristetään läpivientirakenteet piikiekosta. Rakenne- ja kansikiekko yhdistetään anodisella liitoksella, jolloin liikkuvat rakenteet saadaan suojattua, esim. liialta ja kosteudelta. MEMS-osan sisällä voi olla lähes täydellinen tyhjiö, jossa edes kaasumolekyylit eivät häiritse anturin osien liikettä. MEMS-osan toimintaan voidaan vaikuttaa kaasuvaimennuksella. Kaasuvaimennuksella voidaan vaimentaa massa-elementin mekaanista värähtelyä sekä vaimentaa ulostulon sähköistä kohinaa.[1]

Anodinen liitos yhdistää lasin ja piin. Liitos tehdään noin 400 °C lämpötilassa noin 1.2 kV jännitteellä. Lasin positiiviset ionit vetävät voimakkaasti piitä kohti, ja tällä saadaan alkaiseksi tiivis liityntä pintojen väliin.[5]

### 3.5 ASIC-piiri

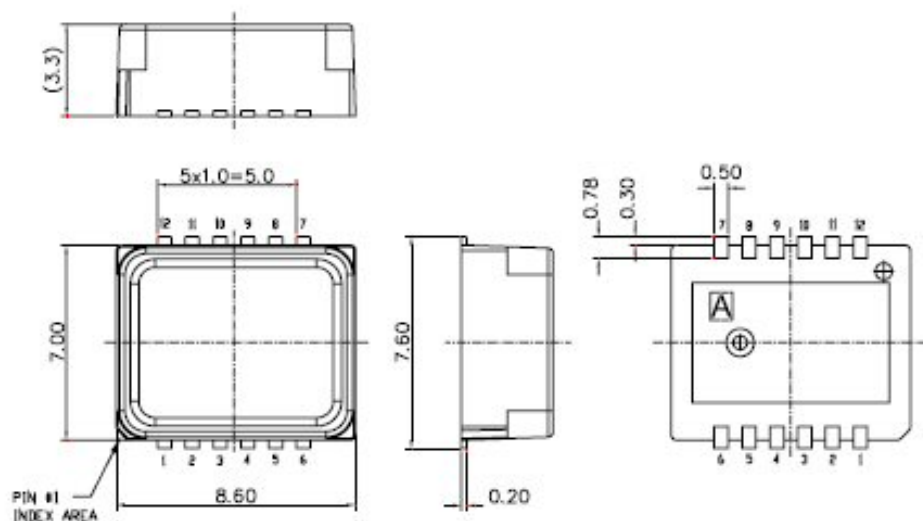
ASIC-piiri mittaa anturin kapasitanssia tekemällä kapasitanssi-jännitteenmuunnoksen (C/V-muunnos). Mittauksen jälkeen tehdään signaalin digitalisointi sekä koordinaatistomuunnos. Koordinaatistomuunnoksessa anturielementin x-, y- ja z-suuntien kiihtyvyydet muodostetaan massojen kiihtyvyyksien perusteella matriisimuunnoksella. Matriisimuunnosta varten jokainen anturi kalibroidaan, jossa määritellään matriisimuunnoksen kertoimet. Muunnoksen kertoimet tallennetaan ASIC-piirin muistiin. Tämän jälkeen ASIC-piiri tekee vielä lämpötilakompensoinnin. ASIC-piirin ulostulo voidaan lukea SPI-väylää käyttäen. [5; 6]

SPI-väylä (Serial Peripheral Interface) on neljän signaalin Full-Duplex-tyyppinen sarjapäivä. Väylässä on erillinen datalinja tuotteelle (MOSI) sekä tuotteelta pois päin (MISO). Näiden lisäksi SPI-väylässä on komponenttivalintalinja (CSB) sekä kello-signaali (SCK).

SPI-väylässä on aina yksi päällikkö (Master), joka ohjaa orjia (Slave). Päällikkö määrää CS-linjalla kommunikoivan orjan. Myös kellosignaali tulee päälliköltä. MOSI-väylässä (Master Out, Slave In) päällikkö kommunikoi orjilleen. MISO-väylässä (Master In, Slave Out) tapahtuu orjan kommunikointi päällikölle. Päällikkönä järjestelmissä toimii mikroprosessori ja orjat ovat antureita, esimerkiksi kiihtyvyyssanturi.[6; 7; 8]

### 3.6 Kotelointi

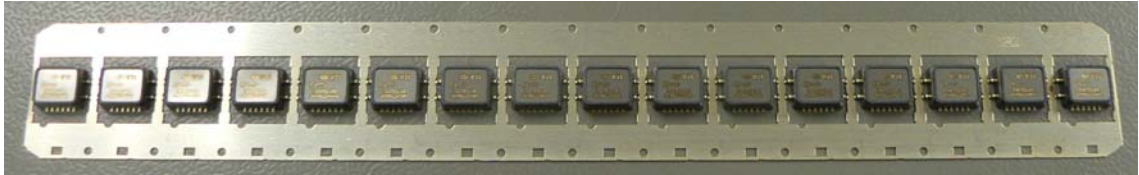
ADP-tuoteperheessä käytetään vain yhtä koteloa. Kotelossa on 12 kontaktijalkaa. Kotelo on tyypiltään Dual Flat Lead (DFL), joka tarkoittaa että kotelo on pintaliitostekniikalla piirilevyille juotettavaa mallia [4]. Kuvassa 4 on esitettyä kotelon mitat millimetreinä. Kotelon kontaktointialat ovat 0,50 mm leveät ja kotelon pohjan tasolla. Jalkojen sijainti parantaa jalkojen mekaanista kestävyttä.



Kuva 4. ADP-tuoteperheen kotelon spesifikaatiot [4].

### 3.7 Johdinkehys

Tuotteen kokoonpano- ja testausvaiheissa kotelointia liikutellaan johdinkehysillä (engl. leadframe). Johdinkehys helpottavat pienten tuotteiden käsittelyä sekä kasvattavat rinnakkaisuutta. Yhdellä johdinkehysellä on 16 tuotetta. Kuvassa 5 on esitettyä 16 tuotetta ja johdinkehys. Johdinkehysessä on reikiä, josta kokoonpano- ja testauslaitteiden konenäköjärjestelmät tunnistavat paikoituksen.



Kuva 5. ADP-kotelot johdinkehyksellä.

### 3.8 Kokoonpano

ADP-tuotteiden kokoonpanovaiheessa anturi- sekä ASIC-elementti asennetaan koteloon. Elementit kiinnitetään kotelon pohjaan erikoisliimalla. Elementin, ASICin ja kotelon välinen sähköinen kontaktointi tehdään kultalangalla. Lopuksi kotelo valetaan täyteen elastista suojageeliä. Suojageelin vesipitoisuus on hyvin pieni ja vesihöyryn läpäisevyys erittäin vähäinen. Lopuksi päälle kuumamuovataan metallinen suojakansi. Kokoonpanoprosessit ovat automaattisia, nopeuden ja tarkkuuden takia.

### 3.9 Testaus ja kalibrointi

Kokoonpanon jälkeen kaikki tuotteet testataan ja kalibroidaan. Ensimmäisenä testauksessa tuotteita vanhennetaan lämpö- ja kylmätestilaitteissa. Kalibrointi tehdään kääntelemällä tuotteita ja mittaamalla maanvetovoiman aiheuttamaa kiihtyvyyttä. Samat mittaukset ja kalibroinnit täytyy tehdä myös kylmä- ja kuumatestereillä, koska tuotteissa on lämpötilakompensointi. Ennen asiakkaalle pakkaamista tuotteet vielä erotellaan johdinkehysiltä. Erottelu on yksinkertaisen kuuloinen prosessi, mutta hankala hallita kotelon ja johdinkehysrakenteiden takia.

## 4 Tuotteiden erottelu

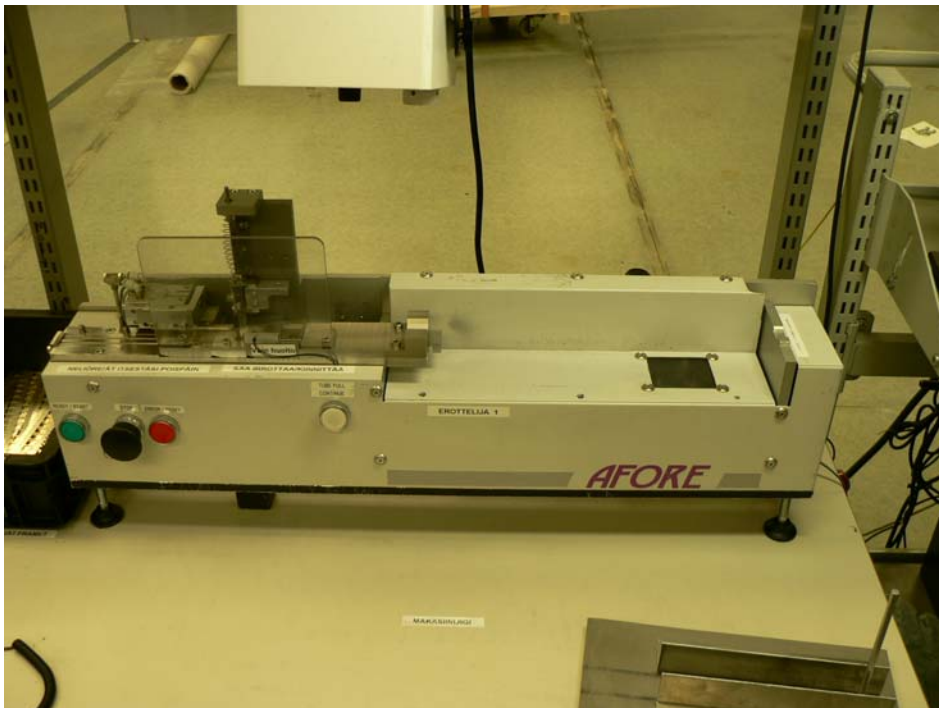
### 4.1 Yleistä

Tuotteita liikutellaan kokoonpanon ja testauksen aikana johdinkehysillä. Asiakkaille tuotteet lähetetään kelalle pakattuna. Ennen pakkausta tuotteet täytyy erotella. Kotelo on valettu johdinkehukseen. Johdinkehys menee koko kotelon läpi. Mikäli kotelo vain painettaisiin irti, olisi riskinä kotelon halkeaminen. Erottelu täytyy tehdä leikkaamalla. Näin varmistetaan, että kotelo ei repeä tai halkea.

Tuotantokäytössä on kaksi erilaista erottelijaa, joista ADP-separator 01 on vanhempi laite. Tämä laite oli käytössä tuoteperhettä kehittäessä ja siirtyi tuotantokäyttöön, kun tuotteita alettiin massavalmistaa. ADP-separator 02 on vuonna 2010 tuotantoon tullut laite. Uudemman erottelijan toimintavarmuus on ollut heikko, ja tämän takia vanhempi laite on pidetty tuotantokäytössä.

#### 4.2 ADP-separator 01

ADP-separator 01 (Erotteliija 1) on vanhempi kone (kuva 6). Laitteeseen asetetaan yksi johdinkehys kerrallaan, mistä laite erottelee muoviputken yhden anturikotelon kerrallaan. Laite on hidas. Pelkästään erotteliija 1:llä ei pystytä irrottamaan tarvittavia määriä. Myös laitteen leikkurin terät kuluvat nopeasti, joten laitteen terät vaativat jatkuvaa huomiota.



Kuva 6. Yhden tuotteen kerrallaan erotteleva ADP-separator 01.

Erottelu tapahtuu anturikotelon ollessa oikeinpäin. Leikkuri painaa alhaalta ylöspäin, joten leikkurin kohdistus on kriittinen. Mikäli kohdistus ei ole paikallaan tai leikkurin terät ovat tylsyneet, voi kotelon pohja murtua. Kotelon pohja on ohut johdinkehysten kiinnityksen kohdalta. Alhaaltapäin leikatessa voima kohdistuu tähän ohueen kohtaan kotelon pohjassa.

#### 4.3 ADP-separator 02

ADP-separator 02 (Erotteliija 2) on laite, jonka kehitysehdotuksiin tämä insinööriyö kohdistuu [9]. Laite on vain vuoden vanha, mutta laite ei ole toiminut luotettavasti. Laitteessa on useita ongelmakohtia sekä mahdollisia laatuongelmien aiheuttajia.

Laitteeseen joudutaan käsin vaihtamaan johdinkehukset ja muoviset tuoteputket, joten konetta on koko ajan ajamassa operaattori. Operaattorit myös korjaavat laitteessa ilmenneet pienet ongelmatilanteet.

Laitteen liikkuvalla pöydälle asetetaan ylösalaisin oleva johdinkehys (kuva 7). Tämän jälkeen pöytä painetaan koneen sisään. Johdinkehysten alapuolelle nousee alavaste, joka tukee koteloita erottelun aikana. Erottelu tapahtuu ylhäältäpäin alaspäin tulevalla leikkurilla. Leikkuri leikkaa kaikki 16 koteloa kerrallaan johdinkehystä. Tämän jälkeen leikkuri nousee ylös ja erottelupöytä vedetään takaisin ulos. Viimeisenä vaiheena työntäjä työntää erotellut kotelot alavastetta pitkin tuoteputkeen.



Kuva 7. Johdinkehys asetettuna erottelupöydälle.



## 5 Ongelmat erottelussa

Työn alkuvaiheessa erottelu oli suuri ongelma. Vanhemman laitteen kapasiteetti ei riittänyt eikä uudempi erottelija toiminut luotettavasti. Vanhemman laitteen kapasiteetin kasvatus ei ollut mahdollista, joten työ keskittyi täysin uudempaan, erottelijaan 2.[9; 10]

Erottelijassa oli paljon ongelmia, joten aluksi kartoitettiin ongelmakohtia. Tuotantolinjalle tehtiin seurannat. Toiseen seurantalomakkeeseen käyttäjiä pyydettiin kirjaamaan erottelussa tulevat hylkyyn menevät anturituotteet (liite 1). Toiseen taas pyydettiin kirjaamaan erottelijan ongelmatilanteet (liite 2). Kolme vuorokautta kestäneen seurantajakson aikana kävi selväksi, että seuranta ei toimi. Ongelmia oli aivan liian paljon. Pahimman vuoron (8 tuntia) aikana tuli noin 1200 ongelmatilannetta. Hylättyjä tuotteita tuli satoja työvuoron aikana. Näin suuren merkintämäärän kirjaaminen käsin ei ollut järkevää eikä mahdollista, koska tuotantomäärät ovat suuria.

Suuren ongelmamäärän takia päädyttiin haastattelemaan tuotannon vuoro-esimiehiä ja itse työntekijöitä. Tämä osoittautuikin aivan riittäväksi, koska ongelmat olivat yleensä samantyyppisiä. Ongelmat ja hylätyt tuotteet aiheutuivat aina samojen työvaiheiden kohdalla. Haastateltavia henkilöitä oli 11. Esiin tulleet ongelmat ovat listattu taulukossa 2.

Taulukko 2. Erottelijan ongelmat

Ongelma	Toistuvuus	Laaturiskin mahdollisuus
Johdinkehys jää leikkuriin kiinni	Lähes joka johdinkehys	Hyvin pieni
Tuotteet törmäävät työntöradalla olevaan ohjaimeen	Useita kertoja tunnissa	Mahdollinen
Leikkurin paikoitus muuttuu	Viikoittain	Mahdollinen
Putken tunnistimen anturit eivät toimi	Päivittäin	Mahdollinen
Johdinkehysten tunnistin anturi ei toimi	Päivittäin	Hyvin pieni
Kolarianturi hajoaa	Viikoittain	Mahdollinen

Seuraavaksi haastateltiin laitetta huoltavia henkilöitä ja tuotteesta vastaavaa henkilöä. Haastateltavia henkilöitä oli 3. Heidän kommenttinsa olivat samanlaiset: laite toimii huonosti ja ongelmia on paljon. Näiden lisäksi esiin nousi uusi ongelma. Kävi ilmi, että laitteen käyttäjät eivät viitsi asettaa laitteen ajon ajaksi suojapeltiä paikalleen. Suojapellin puuttuminen aiheuttaa työturvallisuusriskin. Tämä johtui siitä, että käyttäjät joutuivat ongelmatilanteissa kokoajan irrottamaan ja kiinnittämään suojapellin uudelleen. Tämän takia suojapellin paikallaan olon varmistus lisättiin osaksi insinöörityötä. Huoltohenkilöiden näkökulmasta kaivattiin leikkurin paikoituksen lukitusta ja leikkurin sisäisten jousien paikallaan pitävää osaa.

## **6 Mekaaniset muutokset**

Haastatteluiden jälkeen päätettiin aloittaa mekaanisten parannusten suunnittelu. Tavoitteena oli löytää toimiva ratkaisu kaikkiin ilmi tulleisiin ongelmiin.

### **6.1 Johdinkehysten irrotin**

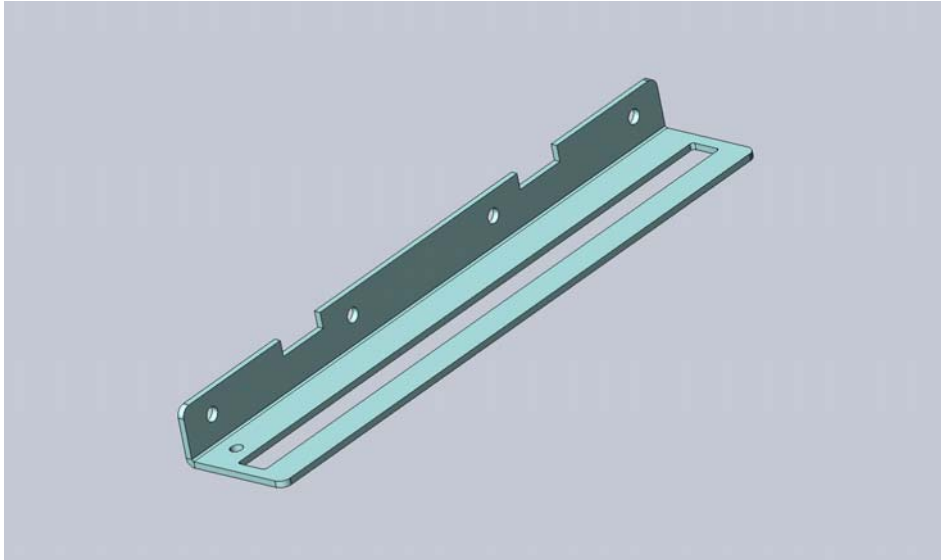
Erottelussa koneessa oleva leikkuri painaa leikaten johdinkehysten läpi niin, että kotelo irtoaa johdinkehystä. Johdinkehys jää puristukseen leikkurin ympärille. Erottelun lopuksi leikkuri nostetaan ylöspäin noin 10 mm verran. Tekemällä leikkurin ympärille johdinkehysten kokoinen este, noin 5 mm korkeudelle, saadaan johdinkehys irrotettua leikkurista automaattisesti.

#### **6.1.1 Ongelmat ilman irrotinta**

Mikäli leikkurin pinnoitus on kulunut, jää johdinkehys erottelun jälkeen lähes joka kerta kiinni leikkuriin. Leikkurin pinnoitus kuluu todella nopeasti, mutta ei vaikuta itse erotteluun. Johdinkehysten jäädessä kiinni leikkuriin joutuu koneen käyttäjä purkamaan koneen suojapellit irrottaakseen johdinkehysten.

### 6.1.2 Irrottimen toteutus

Laitteessa oli alun perin ollut vastaava irrotin. Uusi tehtiin vanhaa Solidworks-kuvaa hyväksikäyttäen (kuva 8).



Kuva 8. Solidworks-malli johdinkehysten irrottimesta.

Irrotin teetettiin ruostumattomasta teräslevystä. Irrotin kiinnitettiin kahdella M3x8 kuu-siokoloruuvilla laitteesta löytyviin kierteytettyihin reikiin (kuva 9).



Kuva 9. Johdinkehysten irrotin asennettuna.

### 6.1.3 Irrottimen toiminta

Ennen irrotinta lähes jokainen johdinkehys jäi leikkuriin kiinni. Irrottimen asennuksen jälkeen pidettiin 15 vuorokauden seuranta. Seurannan aikana ei leikkuriin jäänyt yhtään johdinkehystä kiinni. Kulumisesta aiheutuvaa ongelmaa ei pitäisi tulevaisuudessaakaan tulla, koska irrottimessa ei ole liikkuvia osia eikä siihen kohdistu suuria voimia.

### 6.2 Koteloiden oikaisu

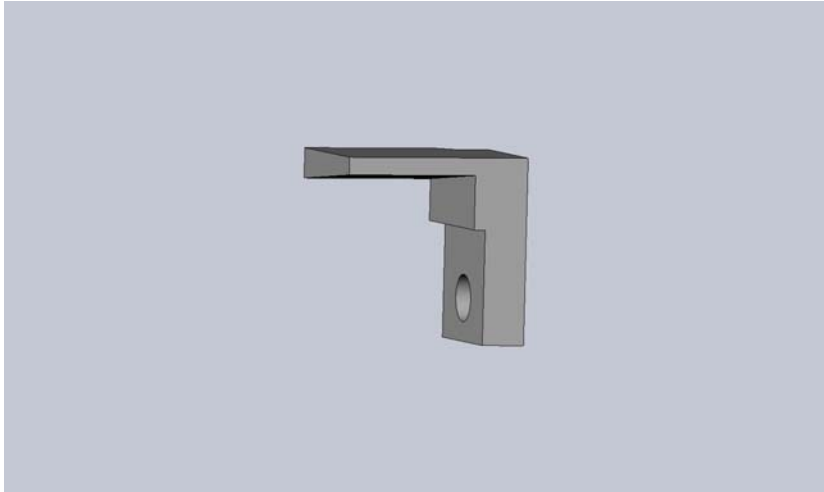
Erottelun jälkeen kotelot eivät ole suorassa alavasteen päällä. Kotelo täytyy oikaista, että se saadaan osumaan putkeen. Alavasteessa on pienet reunat, jotka hieman oikaisevat koteloä sitä työnnettäessä (kuva 10). Alavasteen reunat eivät kuitenkaan riitä oikaisemaan suurempia poikkeamia. Ennen kuin kotelo tulee putken suulle, on alavasteeseen kiinnitetty erillinen isompi ohjain.



Kuva 10. Alavasteessa on pienet reunat, jotka pyrkivät oikaisemaan tuotetta työnnon aikana.

### 6.2.1 Alkuperäinen ohjain

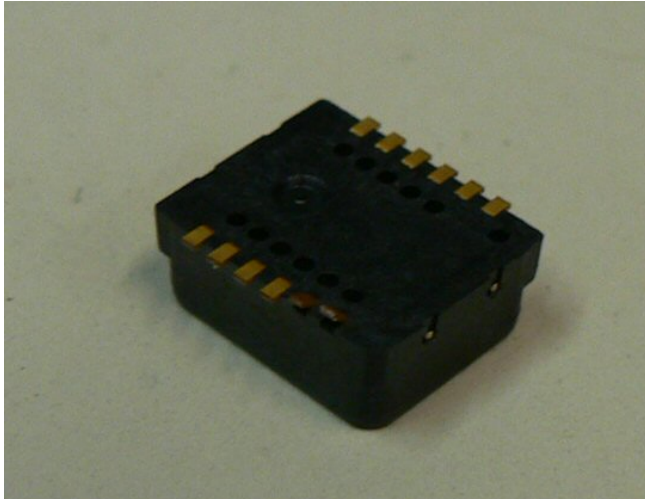
Alkuperäinen ohjain on vain toispuoleinen (kuva 11), eli se oikaisee koteloa vain toiselta puolelta. Ohjaimen ja alavasteen kulma on tasan  $90^\circ$ . Kulman ollessa terävä ja kotelolon ollessa vinossa osuu ohjaimen kulma kotelolon jalkojen väliin.



Kuva 11. Alkuperäinen komponentin ohjain.

### 6.2.2 Kotelo-ohjaimen vaikutus tuotteeseen

Ohjain on samanmuotoinen koko korkeudeltaan. Tämän takia ohjain ohjaa tuotteen putkeen kotelolon jaloista. Ohjaimen ja alavasteen kulman ollessa terävä osuu ohjaimen kulma kotelolon jalkojen väliin. Tästä aiheutuu törmäys. Törmäyksessä kotelolon jalat voivat vääntyä (kuva 12). Törmäyksen jälkeen koneen käyttäjä joutuu avaamaan suoja-kuoren ja käsin poistamaan tuotteet. Kotelolon jaloille enimmäissiirtymä on  $\pm 50 \mu\text{m}$ , joten koteloita täytyy käsitellä varoen. Mikäli kotelolon jalka on taittunut liikaa, joudutaan tuote hylkäämään. Taittuneet jalat tarkistetaan konenäöllä seuraavassa työvaiheessa. Työntimessä on joustava osa sekä kolarin tunnistava anturi. Joustava osa tai anturi ei reagoi, ennen kuin törmäys on jo tapahtunut.



Kuva 12. Kotelon vasemman alanurkan jalat taittuneet.

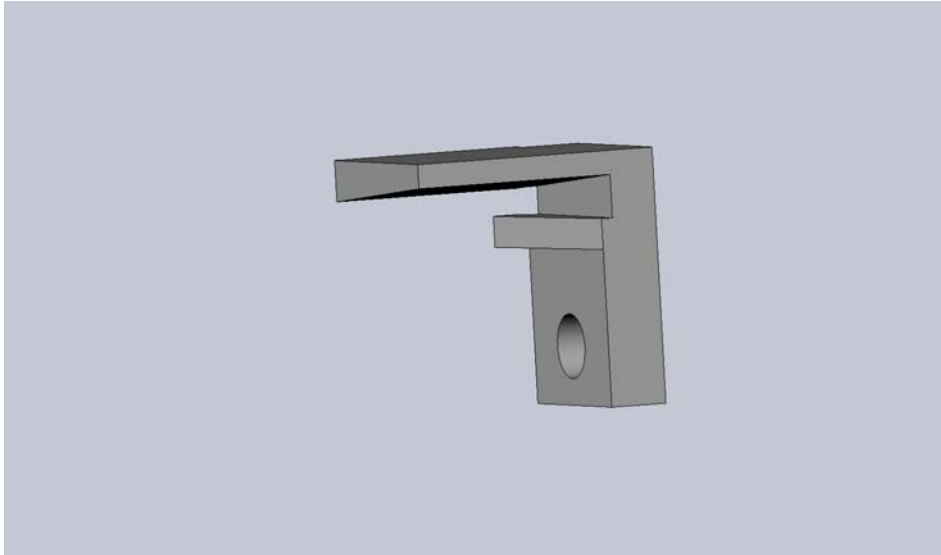
### 6.2.3 Suunnittelu ja mallinnus

Ohjain ei saa olla suorassa kulmassa alavasteeseen nähden. Uudessa ohjaimessa tulee olla viistetty ohjainpinta. Viistetyllä pinnalla kotelo ei voi osua suoraan kulmaan. Viistetty kulma ohjaa tuotteen paremmin. Tavoitteena on, että muutoksen jälkeen työntöön ei tarvita niin paljon voimaa ja kolarianturia voidaan herkentää.

Kotelon ohjaus ei saa tapahtua kotelon jalasta ohjaamalla, joten uudessa ohjaimessa täytyy olla ura kotelon jalkojen korkeudella. Tällöin ohjaus tehdään kotelon kylkeä hyväksi käyttäen.

Kotelon oikaisu molemmilta puolilta ei onnistu, koska työntimen rakenne estää tämän. Työntimen rakenteen muutosta harkittiin, mutta se osoittautui lähes mahdottomaksi. Työntimen muutos olisi vaatinut koko mekaniikan muuttamista[11].

Uudessa ohjaimessa on kaksi ohjainpintaa ja molemmat ovat viistetyt. Toinen pinta ohjaa kotelon pohjasta ja toinen kotelon kyljestä. Kotelon jalkojen korkeudella ohjaimen on mallinnettu ura. Kuvassa 13 on esitetty uusi ohjain.



Kuva 13. Solidworks-malli uudesta ohjaimesta.

#### 6.2.4 Ehdotuksia tulevaisuuden varalle

Mikäli ohjaimen viistetyt kohdat kuluvat nopeasti, voidaan uusi osa teettää käsiteltynä tai karkaistusta teräksestä. On havaittu, että tuotteiden kotelomateriaali on suuresti kuluttava. Ohjaimen kautta kulkee viikossa yli 200 000 koteloa. Vaikka voimat eivät ole suuria, voi kotelomateriaalia aiheuttaa merkittävää pintojen kulumista.

#### 6.3 Leikkurin kohdistus

Leikkuri on osa, joka liikkuu koneessa ylös ja alas. Leikkuri painaa johdinkehystä pöytää vasten ja leikkaa samalla kotelot irti. Leikkuri joudutaan usein huollon yhteydessä irrottamaan. Leikkurin samalle kohdalle asettaminen on hankalaa, koska leikkurin kelkassa ei ole mitään ohjaimia. Kiinteitä ohjaimia ei voi olla, koska leikkurin paikkaa pitää pystyä säätämään. Tarvittavat säädöt ovat mikrometriluokkaa, joten käsin oikean paikan hakeminen on todella hankalaa.

Mikäli leikkuri ei ole oikealle kohdalla, voi se leikata kotelon kylkeä tai pahimmassa tapauksessa törmätä erottelupöytään. Kotelon vaurioituessa ovat tuotteet hylkyjä. Erottelupöytään törmätessä voi leikkuri tai pöytä vaurioitua.

### 6.3.1 Alkuperäinen leikkuri

Vanha leikkuri oli neljällä M4x12 kuusiokoloruuvilla kiinni. Itse leikkurissa oli ruuveja isommat reiät, joten leikkuria pystyi siirtämään ennen kiristystä. Leikkuri nostettiin ennen kiristystä kelkan alapintaan kiinni. Mitään muuta kiinnitystä tai tukea ei leikkurille ollut. Mikäli leikkurin korkeutta on tarvinnut muuttaa, on leikkurin ja kelkan väliin laitettu eripaksuisia metalliliuskoja. Kuvassa 14 leikkuri on numeroltaan 1523-0013.



Kuva 14. Leikkuri on merkitty numeroin 1523-0013.

### 6.3.2 Ongelmakuvaus

Alkuperäistä leikkuria jouduttiin aina irrotuksen jälkeen kohdistamaan. Kohdistus on hidasta ja hankalaa. Mikäli kohdistus menee pieleen, voi seurauksena olla leikkurin tai koteloiden vaurioituminen. Usein leikkuri oli hieman vinossa, minkä takia erottelussa eivät irronneet johdinkehyseltä kuin toisen pään tuotteet. Jotta leikkurin korkeutta saatiin muutettua vain toisesta päästä, täytyi leikkurin toisen pään alle asetella ohuita metallisia liuskoja.



### 6.3.3 Tavoite ja tarvittavat muutokset

Tavoitteena on saada leikkurin irrotus pidettyä yhtä helppona. Leikkuria kiinnittäessä leikkurin pitää asemoitua aina samalla halutulla tavalla. Leikkurin paikoituksen säädön pitää olla helppoa ja varmaa. Leikkuria pitää pystyä helposti siirtämään korkeussuunnassa molemmista päistä.

Leikkuriin täytyy saada pakotus, että leikkuria kiinnittäessä se menee aina samaan kohtaan. Pakotus ei kuitenkaan saa olla kiinteä, koska leikkurin paikoitusta voi joutua muuttamaan. Leikkuriin kohdistuu suuria voimia erottelun aikana, joten kiinnityksen täytyy olla tukeva.

### 6.3.4 Suunnitelma mikrometriruuveilla toteutettuna

Leikkurin varman paikoituksen, mutta helpon säädettävyyden takia aluksi harkittiin mikrometreillä toteutettua säätöä. Korkeussuunnan säätöön suunniteltiin kahta mikrometriruuvia, jotta leikkuria voidaan säätää molemmista päistä. Sivusuunnassa riittää yksi mikrometriruuvi. Leikkuria asennettaessa leikkuri painettaisiin mikrometriruuveihin kiinni.

Mikrometriruuveilla toteutetusta säädöstä kuitenkin luovuttiin sen suurien kustannuksien takia. Mikrometriruuvien olisi pitänyt olla todella pieniä, mutta silti kestäviä. Nämä kriteerit täyttävät mikrometriruuvit ovat harvassa ja täten erittäin kalliita.

### 6.3.5 Suunnitelma hienokierteisillä ruuveilla toteutettuna

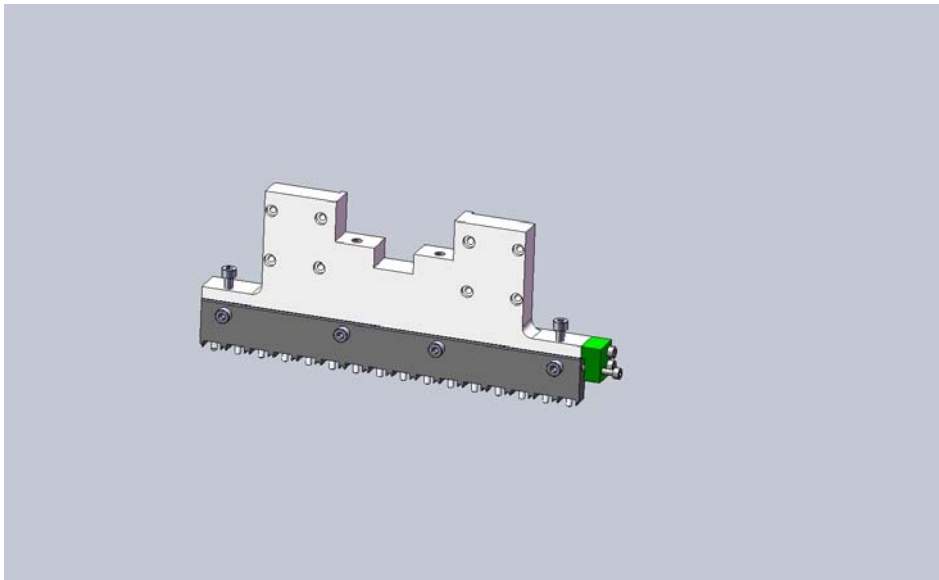
Kustannusten alentamisen takia harkittiin ihan normaalien ruuvien laittamista säätöpaikoiksi. Normaalin ruuvin kierre on väljä ja nousu iso. Tarvittava säätöalue on  $\pm 1$  mm ja tarkkuuden pitäisi olla noin 20  $\mu\text{m}$ , joten oli selvää, että tähän ei ruuveilla päästä. Säätö tehdään silmämääräisesti hakemalla oikea paikka. Tällä tavalla haettava kohdistus ei ole välykseltään kriittinen, koska ruuvi lukitaan aina välissä.

Säätöjä tehdään todella harvoin, joten säätö ja paikoituksen lukitus päätettiin kuitenkin tehdä ruuveilla. Mahdollisimman hyvään tarkkuuteen pääsemiseksi päädyttiin hieno-

kierteisiin M3-ruuveihin 0,35 mm nousulla. Tähän ruuviin päädyttiin, koska se on yleinen ISO M -standardin mukainen hienokierreruuvi [12; 13]. Yleisyyden takia uusien ruuvien saaminen on turvattu. Ruuvin lukitukseen käytetään ihan normaalia hienokierremutteria.

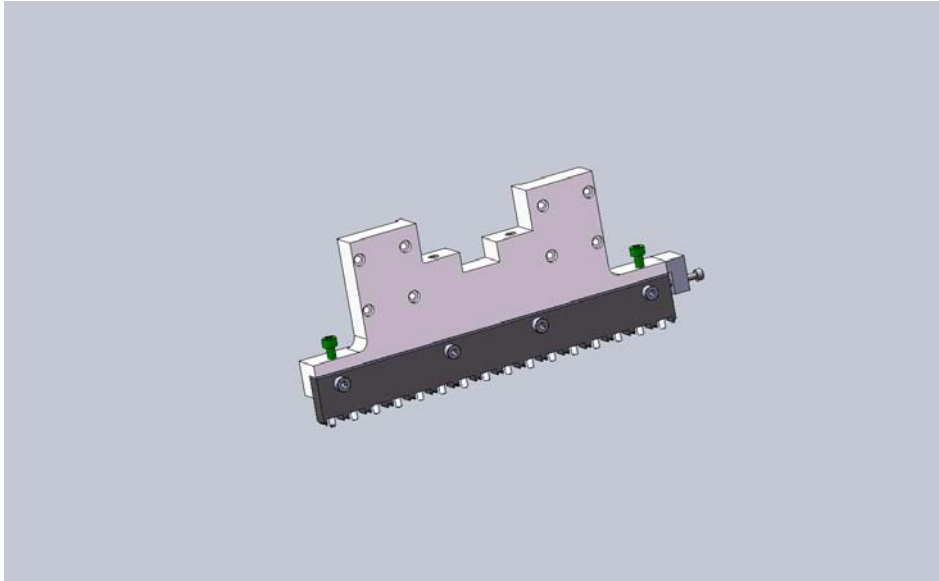
#### 6.3.6 Mallinnus

Leikkurin kelkkaan kohdistuvat suurimmat muutokset, koska kelkka määrittää leikkurin paikoituksen. Sivusuuntaiseen kohdistukseen piirrettiin lisäosa kelkkaan (kuva 15). Lisäosa kiinnitetään kelkkaan kahdella M3-ruuvilla. Lisäosaan tulee yksi hienokierteinen M3-ruuvi, millä leikkurin x-suuntainen paikka määrätään. Ruuvin lukitus tapahtuu mutterilla. Kelkkaan täytyy tehdä päähän kiinnitysruuveille kierteet.



Kuva 15. Leikkurin sivuttaissuunnan lukitus. Osa on merkattu vihreällä kuvassa.

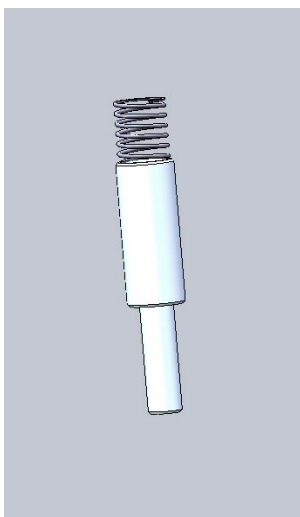
Korkeussuunnan paikoituksessa tehtiin kaksi hienokierteistä kierrettä kelkan yläpinnalle (kuva 16). Ruuveina käytettiin samanlaisia M3-hienokierreruuveja kuin sivuttaissuuntaisessa lukituksessa.



Kuva 16. Leikkurin korkeussuunnan lukitusruuvit on merkattu vihreällä.

#### 6.4 Koteloiden työntöjousien lukitsin

Leikkurin mitoituksen on oltava niin tarkka, että erottelussa kotelo jää leikkurin leukojen väliin kiinni. Tätä varten leikkurin sisällä on työntötappi ja jousi, joka painaa työntötappia (kuva 17). Jokaisen kotelon kohdalla on omat tapit ja jouset. Jouset ovat leikkurin sisällä, mutta jousen yläpää on leikkurin kelkkaa vasten. Leikkuria irrottaessa jouset lentävät poterostaan pois, joten irrotuksen yhteydessä pitää olla todella tarkkana. Joussia on hävinnyt useita.



Kuva 17. Työnnintappi ja jousi.

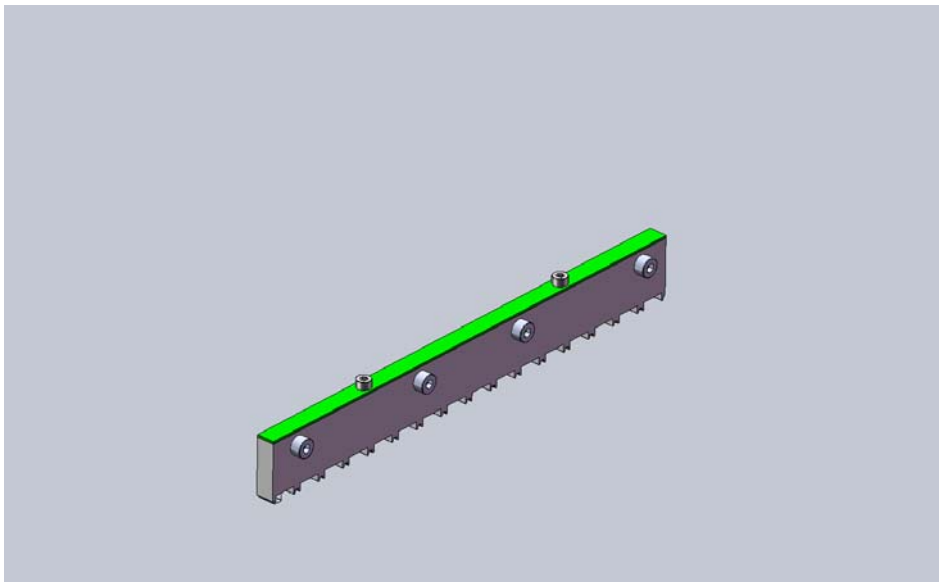
#### 6.4.1 Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena on helpottaa koneen huoltotöitä. Vanhassa asennuksessa menee paljon aikaa hukkaan, kun jousia täytyy varoa leikkurin irrotuksessa ja kiinnityksessä. Tavoitteena on saada pysymään jouset paikoillaan niin, että huoltotöiden yhteydessä ei tarvitse varoa jousien pois pomppaamista.

Jousien pois pomppaamisen estämiseksi leikkuriin pitää tehdä päälilevy. Päälilevyn lisääminen kelkan ja leikkurin väliin ei saa muuttaa kelkan ja leikkurin kokonaiskorkeutta. Leikkuri on pinnoitettu, joten sen koneistaminen matalammaksi ei ole järkevää. Myös jousen puristuskorkeus muuttuisi, jos leikkurista koneistettaisiin materiaalia pois. Kelkka on käsittelemätöntä alumiinia, joten sen koneistaminen on helppoa. Kelkan korkeuden muutos ei vaikuta itse erotteluun.

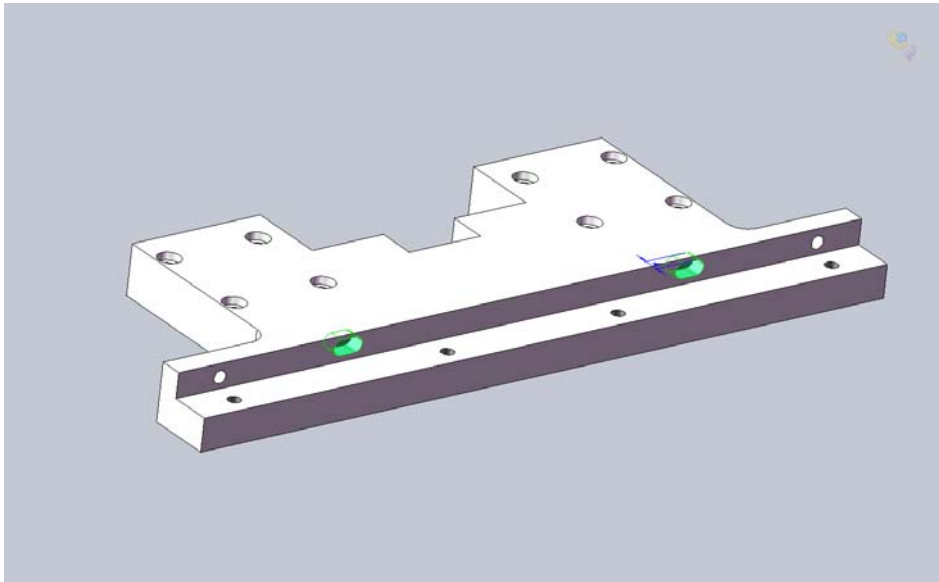
#### 6.4.2 Mallinnus

Solidworksilla piirrettiin leikkurin kokoinen 1 mm paksu levy (kuva 18), joka tulee leikkurin ja kelkan väliin. Kokonaiskorkeus piti pitää samana, joten kelkasta otettiin 1 mm pois leikkurin vastinpinnasta.



Kuva 18. Jousipidin.

Levyyn tehtiin kaksi 3,1 mm reikää, joista levy kiinnitetään leikkuriin. Leikkuriin mallinnettiin samalle paikalle M3-kierteet. Näiden ruuvien kannoille jouduttiin piirtämään kelkan pohjaan soikeat reiät (kuva 19). Soikeat reiät eivät estä leikkurin sivuttaissuunnan säätöä.



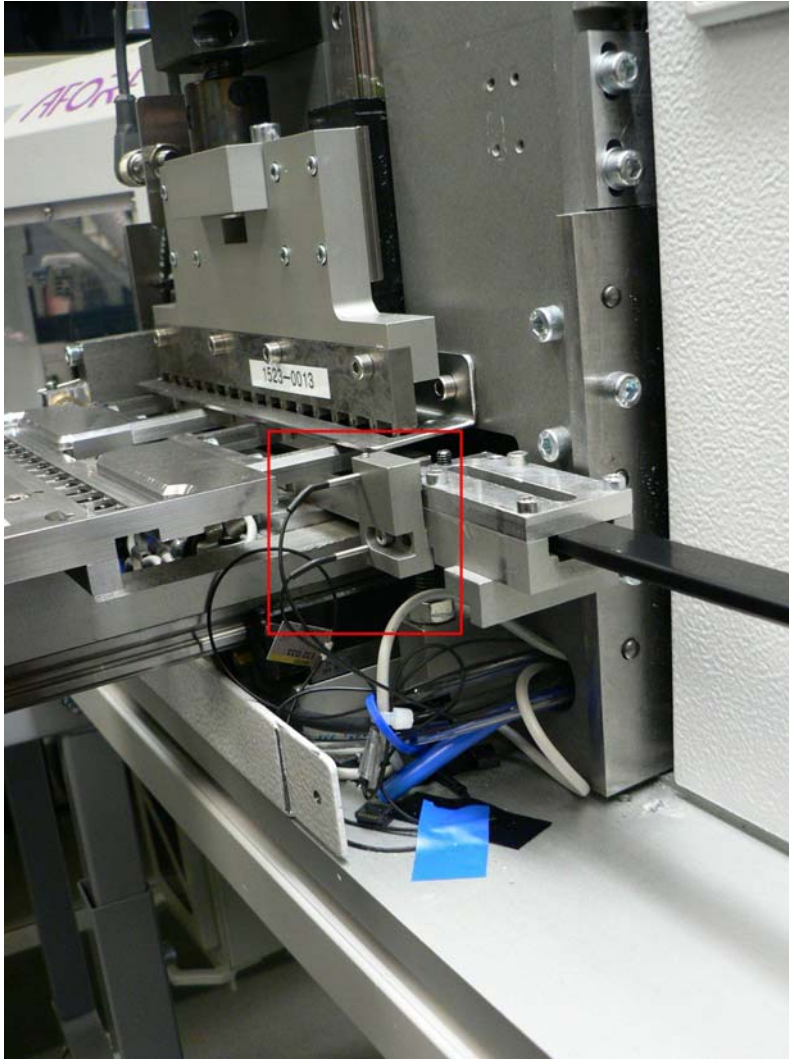
Kuva 19. Kelkkaan tehtävät ruuvien kantojen upotukset merkattu vihreällä.

## 6.5 Putken tunnistin

Erottelyn jälkeen laite työntää kotelot ESD-suojauksella varustettuun muoviputkeen. Erottelun jälkeen tuotteita käsitellään vain muoviputkissa. Erottelijassa on valoverhotyyppinen optinen tunnistin, joka tunnistaa, että putki on asetettu koneeseen.

### 6.5.1 Alkuperäinen tunnistin

Alkuperäinen tunnistin toimi valokuiduilla ja valoverhotyyppisesti. Valoverhon takia antureiden kohdistus oli todella tarkkaa. Tunnistimet oli asennettu niin, että valokuidut lähtivät suoraan etusuojapeltiä kohti (kuva 20). Mikäli etusuojapelti jouduttiin irrottamaan, vaurioituivat kuidut todella herkästi.



Kuva 20. Alkuperäinen anturointi.

Kuitujen elinikä tuotannossa oli vain muutamia päiviä. Tämän takia kuidut oli asennettu koneen sisälle niin, että ne tunnistivat koko ajan. Laite luuli, että koneessa on koko ajan putki. Tuotteita pystyi erottelemaan, vaikka laitteessa ei ollut putkea, eli putken tunnistus oli ohitettu.

#### 6.5.2 Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena oli muuttaa putken tunnistusta niin, että anturit kestävät tuotantokäytössä. Tunnistuksen piti tapahtua luotettavasti, mutta toteutuksen piti olla mahdollisimman kustannustehokas. Tämän takia uuden anturoinnin suunnittelussa täytyi käyttää mahdollisimman paljon alkuperäisiä laitteen osia ja mahdollisesti varaosista löytyviä antureita.

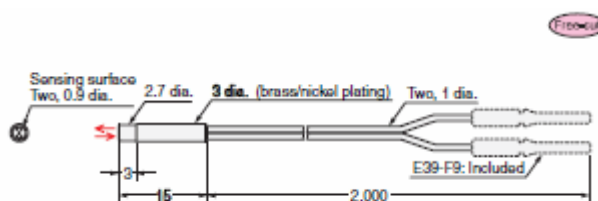
Ensimmäinen idea oli, kustannusten säästämiseksi, siirtää anturointi ja sen kiinnitysrauta koneen sisäpuolelle. Tällöin valokuidut eivät vaurioituisi niin helposti. Idea jouduttiin kuitenkin hylkäämään, koska työntimen rakenne ei antanut anturoinnille tilaa toisella puolella.

Anturoinnin siirtäminen toiselle puolelle oli mahdotonta, joten päädyttiin käyttämään erityyppistä anturia. Uusi anturi olisi heijastava, joten sen asennus ja säätö olisi paljon helpompaa. Toisessa koneessa hyväksi anturiksi on havaittu heijastava Omronin valmistama E32-D22L. Tällainen anturi löytyi suoraan varastosta, joten sitä päätettiin käyttää.

Anturille suojaisin paikka löytyi putkiohjaimen pohjasta. Anturin sijoittaminen oli melko helppoa sen pienen koon ansiosta. Tällöin vain mallinnuksen kanssa täytyi olla tarkkana, koska anturin kiinnityksen vieressä on liikkuvia osia. Liikkuvia osia ei ole valokuitujen edessä, joten niille voi ennustaa pitkää elinikää.

### 6.5.3 Mallinnus

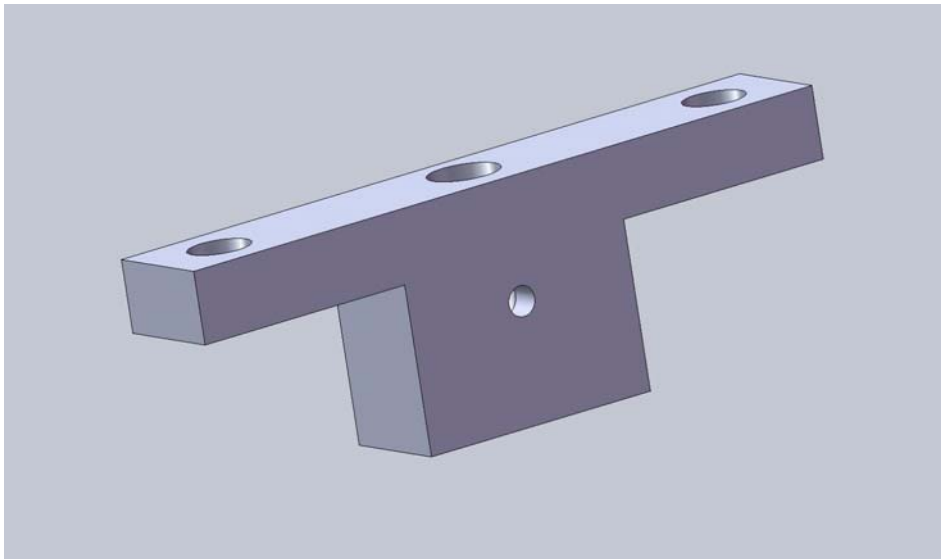
Omronilta ei löytynyt suoraan Solidworks-mallia anturista, joten sellainen mallinnettiin itse Omronin antamien mittojen mukaan [12]. Anturi on 15 mm pitkä ja 3 mm halkaisijaltaan oleva tappi (kuva 21).



Kuva 21. Omron E32-D22L -anturi[12].

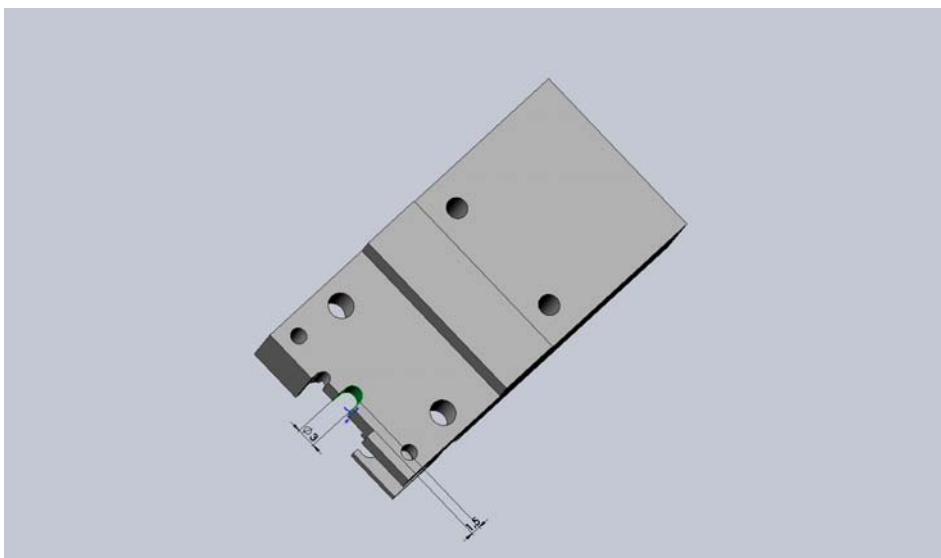
Seuraavaksi piirrettiin mahdollisimman yksinkertainen kannatin anturille (kuva 22), ja kannattimen sivuun mallinnettiin anturille lukitusruuvi. Kannatin oli aluksi suorakaiteen muotoinen, mutta sitä jouduttiin muokkaamaan, jotta putkenohjaimen kannattimen ruuvit saatiin paremmin mahtumaan paikalleen. Kannatinta piti myös ohentaa, koska

anturi täytyy asentaa todella lähelle liikkuvaa alavastetta. Nämä ongelmat havaittiin Solidworksilla simuloimalla, joten korjaaminen oli helppoa ja nopeaa.



Kuva 22. Anturipidin. Anturi asennetaan keskelle ja lukitaan paikalleen sivultapäin ruuvilla.

Putkenohjaimen pohjaan mallinnettiin anturille ura (kuva 23), mistä anturi havaitsee putken. Anturin kannattimen kiinnitysruuveille tehtiin M3-kierteet. Samalla havaittiin, että anturin kannattimen kiinnitysruuvien pituus on kriittinen, koska liian pitkä ruuvi osuu työntimeen työnnön lopussa.



Kuva 23. Putkenpitimen pohjaan tehtävä anturin paikka.



## 6.6 Työntimen kolarianturin johtojen suojaus

Erottelun jälkeen tuotteet työnnetään muoviputkeen. Työntimenä toimii metallinen tappi, joka työntää kotelot putkeen ruuvien avulla. Ruuvia pyöritetään servomoottorilla, joka on kytketty ruuviin hihnavedolla. Mikäli työnnin törmää johonkin, saa logiikka hälytyksen. Hälytyksen aiheuttaa induktiivinen anturi, jonka alla oleva metallipala siirtyy kolarin yhteydessä.

### 6.6.1 Ongelmakuvaus

Kolarianturi on induktiivinen, ja siitä lähtee moninapainen sähköjohto. Johtoa ei ole kiinnitetty, tuettu tai suojattu mitenkään. Työntimen ulkopäädystä on vetohihna, eli kun työnnin on aivan ulkopäädystä, voi kolarianturin johdot mennä hihnan väliin.

Työntimen raja-anturit ovat kiinnitetty yhtenäiseen metalliseen suojalevyyn, joka menee työntimen suuntaisesti. Vapaana roikkuva kolarianturin johto hankaa työntimen liikkeessa metallisen levyn reunaan. Ajan kuluessa johdon eriste kuluu puhki ja aiheuttaa oikosulun.

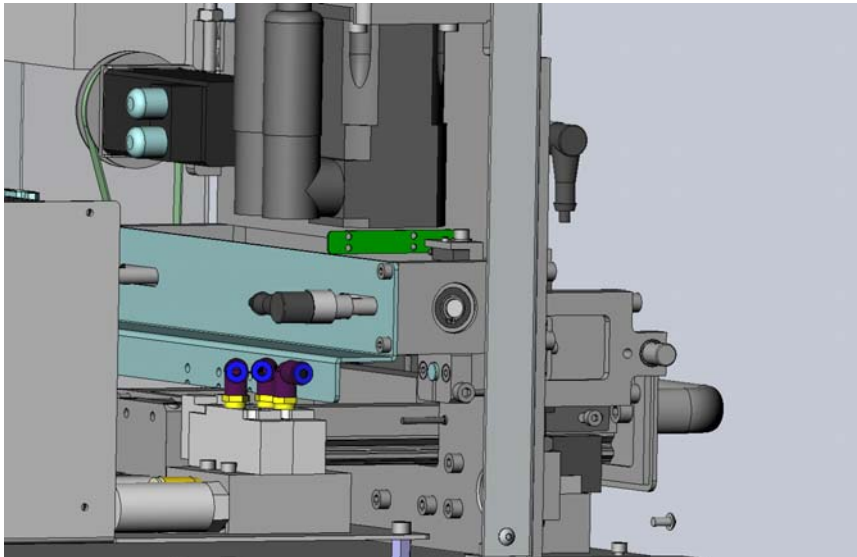
### 6.6.2 Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena on varmistaa kolarianturin toiminta ja pitkä elinikä. Anturi kestää hyvin, mutta sen johdotus joko katkeaa tai kuluu puhki todella nopeasti. Tavoitteena on suojata anturin kaapelointi mahdollisimman hyvin. Yleensä liikkuvissa osissa kaapeleiden suojauksessa käytetään energiansiirtoketjua. Erottelijan rakenne ei kuitenkaan mahdollista energiansiirtoketjun käyttöä, joten ketjun käyttö jouduttiin hylkäämään.

Anturin johto on hyvin taivutusta ja liikettä kestävä, joten riittää, että johdon pääsy hihnan väliin tai pellin reunaan vasten hankaaminen estetään. Tästä syystä päädyttiin yksinkertaiseen peltilevyyn, johon anturin johto laitetaan nippusiteillä kiinni. Nippusiteet pitävät anturin johdon hyvin paikallaan, mutta mahdollistavat helpon irrotuksen.

### 6.6.3 Mallinnus

Tarkoituksena oli tehdä mahdollisimman helposti valmistettava osa. Työntimen kelkasta löytyi yksi ruuvi, jonka alle suoja voidaan kiinnittää. Väli, johon suoja tulee, on melko ahdas, joten muoto oli lähes pakon sanelema. Se ei kuitenkaan haitannut, koska tällöin suojasta tuli L:n mallinen. Paksuudeksi valittiin 1 mm helpon työstettävyyden takia. Johdon kiinnitystä varten mallinnettiin 4 kappaletta 3 mm reikiä. Reikäkoko valittiin mittaamalla lyhyen nippusiteen paksuus ja valitsemalla seuraava normaalikokoinen poranterä. Nippusiteen paksuus oli 2,4 mm, joten reikäkoossa päädyttiin 3 mm kokoon. Kuvassa 24 on mallinnettu suojapelti sovitettuna erottelijan Solidworks-malliin.



Kuva 24. Kolarianturin johdon suojapelti, kuvassa vihreällä.

### 6.7 Rungon tukevoittaminen

Erottelussa käytetään suuria voimia. Yhteensä painovoima leikkauksessa on yli 200 kg [10]. Näin suuret voimat aiheuttavat ongelmia koneen rungolle. Runkoa on jo aikaisemmin hieman vahvistettu. Laitteen pystylevy on tehty 18 mm alumiinista ja pohjalevy on 13 mm alumiinia. Levyt ovat toisiinsa nähden 90° kulmassa. Mitään lisätukea ei ole. Pystylevy on 236 mm korkea, joten vääntövarsi on melko pitkä.

### 6.7.1 Ongelmakuvaus

Koneen erotellessa näkee paljain silmin, miten pystylevy vääntyy taaksepäin. Rungon vääntyminen vaikuttaa mekaniikan toimintaan. Erottelijan mekaniikat täytyy kohdistaa uudelleen noin 2 viikon välein.

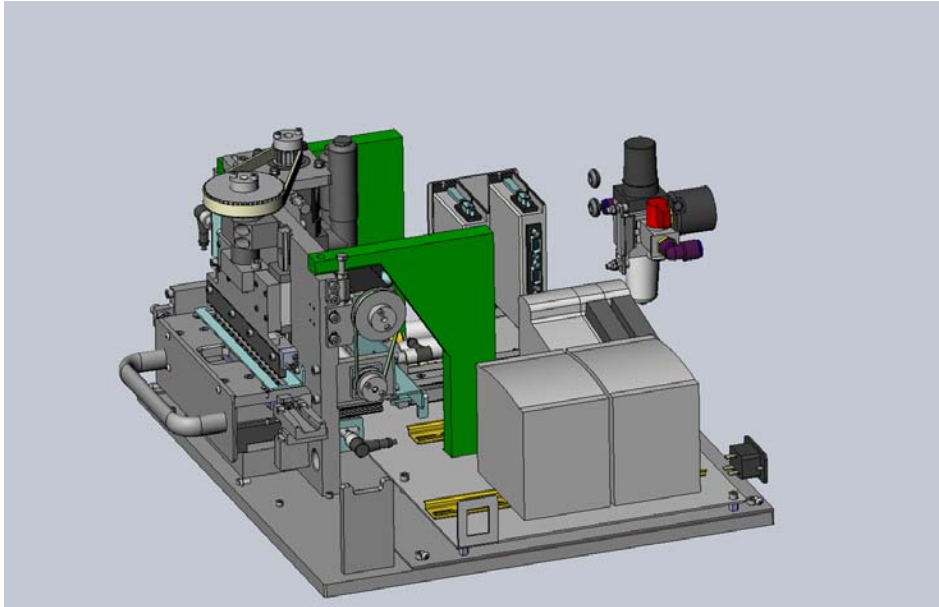
### 6.7.2 Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena on saada runko pysymään paremmin muodossaan. Näin välttyttäisiin mekaniikan kolareilta, mitkä aiheutuvat osien liikkumisesta. Koneen ylläpitotarve vähentyisi.

Pystylevy vääntyi taaksepäin, joten päätettiin keskittyä pystylevyn vääntymisen ehkäisyyn. Kolmiotuenta on tukeva, mutta laitteen rakenne ei sellaista salli. Kolmiotuennan hyviä puolia mahdollisimman paljon hyväksikäyttäen päädyttiin L-muotoon, missä sisäkulma on täytettynä.

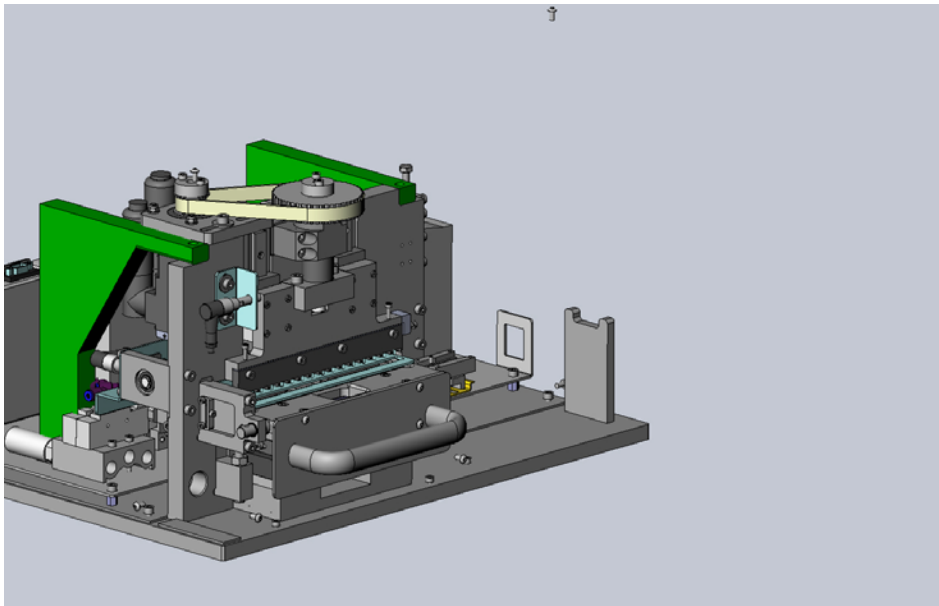
### 6.7.3 Mallinnus

Mallintaminen aloitettiin oikeasta reunasta, koska siellä on ahtaampaa. Pystylevyn oikeassa reunassa on työntimen vetohihna sekä moottori, joten näiden helppo huollettavuus piti säilyttää. Pystylevyyden kohdistuvia voimia ei voitu simuloida, joten tukilevy piirrettiin 20 mm paksusta alumiinista (kuva 25). Pystylevy on 18 mm alumiinia, joten 20 mm paksu tukilevy on varmasti riittävän tukeva [15]. Paksuudesta ei ole haittaa, koska koneen sisällä on tilaa.



Kuva 25. Mallinnetut tukiraudat vihreällä.

Vasemman reunan tukilevy on samanmallinen kuin oikeallakin. Näin saatiin koneistamiset helpommaksi sekä laitteen kasaaminen yksinkertaisemmaksi. Vasemmalla puolella paineilman jakotukki osuu tukilevyn kohdalle (kuva 26), mutta tämän siirtäminen ei ole hankalaa. Paineilmatukki on kahdella ruuvilla kiinni ja letkuissa on alun perin varaa siirtoon.



Kuva 26. Vasemman reunan tuki osuu paineilmanjakotukkiin.

## 6.8 Alavasteen alipaine

Erottelun aikana tuotteet painetaan alavastetta vasten. Erottelun jälkeen leikkuri nousee ylös. Mikäli tuote tarttuu leikkuriin kiinni tai ei irtoa täysin johdinkehuksesta, ei tuote jää alavasteelle suoraan. Erottelun jälkeen tuotteet työnnetään alavastetta pitkin putkiin. Ylimääräisten ongelmatilanteiden välttämiseksi tuotteet täytyisi saada asemoitumaan suoraan alavasteelle.

### 6.8.1 Ongelmakuvaus

Alavasteessa oli laitteen alkuaikoina ollut alipaine, jolla tuotteet pyrittiin pitämään alavasteella. Alipaineella tuotteiden oikaisu ei ollut toiminut oikein, joten se oli poistettu käytöstä. Alkuperäisessä alavasteessa ei yritetty pitää tuotetta erottelun aikana paikallaan, vaan alipaine kohdistettiin koteloin vain putkeen työntönsä aikana. Alkuperäinen alavaste ei ollut pinnoitettu, joten työntönsä aikana kotelot pomppivat alavasteella. Koteloiden pomppimista pyrittiin estämään alipaineen avulla.

### 6.8.2 Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena oli saada tuotteet jäämään mahdollisimman suoraan alavasteelle erottelun jälkeen. Leikkurissa on jousi ja työntönsä tappi joiden pitäisi irrottaa kotelo leikkurista, mutta alavasteesta puuttui pakotus koteloin paikalta. Lisäämällä alipaineinen imu koteloin kohdalle olisi mahdollista saada kotelo paremmin paikoittumaan alavasteelle.

Laitteessa oli ollut alipaine alavasteella, mutta alipainetta ei kohdistettu koteloiden kohdalle, vaan alipaineelle olevia reikiä oli pitkin alavastetta (kuva 27). Kuvan 27 alavasteessa näkyy koteloiden aiheuttamat kulumat, joista näkee hyvin, miten alipaine ei ole ollut koteloiden kohdalla.



Kuva 27. Vanha alavaste ja alipainereivät.

Uusi alavaste tehtiin alkuperäistä Solidworks-kuvaa hyväksikäyttäen. Ainoa muokkaus oli alipainereikien siirto koteloiden kohdalle (kuva 28).



Kuva 28. Uusi mallinnettu alavaste.

### 6.8.3 Logiikkaan tarvittavat muutokset

Vanhassa alavasteessa oli ollut alipaine, jota ohjattiin laitteen logiikalla. Alipaineen ohjaus ei sovellu uudelle alavasteelle. Vanhassa oli alipaine päällä aina koteloiden työnön aikaan, mutta ei erottelun aikana. Ohjaus täytyy muuttaa niin, että se on päällä erottelun aikana, mutta ei työnön aikana. Logiikan päivityksen tekee ulkopuolinen yritys, joten päivitys tehdään samalla kun muutkin logiikkaan liittyvät päivitykset.

## 7 Elektroniset muokkaukset

### 7.1 Johdinkehysten tunnistus

Laitteen alkuperäisessä kokoonpanossa oli valoverhotyyppinen valokuitutunnistus, joka tunnisti, että koneessa oli johdinkehys. Mikäli johdinkehys ei ollut asetettuna paikalleen, ei laitteen logiikka antanut lupaa erotteluun. Anturit oli sijoitettu niin, että ne tunnistivat johdinkehysten vasta, kun erottelupöytä oli painettu koneen sisään.

#### 7.1.1 Ongelmakuvaus

Asennuksessa oli samat ongelmat kuin putken tunnistuksessa. Valoverhon takia antureiden kohdistaminen oli tarkkuutta vaativaa. Antureiden valokuidut lähtivät sivullepäin suoraan kohti etusuojapellin reunaa. Mikäli etusuojapelti irrotettiin, vaurioituivat kuidut herkästi.

Anturoinnin herkän rikkoontumisen takia tämäkin anturointi oli ohitettu (kuva 29). Vanhat, katkenneet valokuidut oli asetettu laitteen sisälle niin, että ne tunnistivat koko ajan. Logiikka luuli, että koneessa on aina johdinkehys ja antoi täten luvan erotella.



Kuva 29. Alkuperäisen anturoinnin asennuspaikka.

Laitteen rakenne ei vaadi johdinkehysten tunnistusta. Johdinkehysten puuttuessa ei voi aiheutua kolaritilannetta, koska leikkuri ei osu kuin johdinkehukseen. Mikäli johdinkehys puuttuu käy leikkuri normaalisti alhaalla, osumatta mihinkään ja nousee takaisin ylös.

### 7.1.2 Anturin poisto

Oli havaittu ja laitevalmistajakin myönsi, että laite ei tarvitse johdinkehysten seurantaa. Anturia ei voitu kuitenkaan irrottaa, koska logiikka vaatii anturilta tilatiedon. Anturin poistaminen tullaan tekemään samalla kun muutkin logiikkapäivitykset. Ohjelmistopäivitykset tekee ulkopuolinen taho, joten kaikki päivitykset tehdään kerrallaan.

## 7.2 Työntimen kolarianturi

Erottelen jälkeen tuotteet työnnetään muoviputkiin. Työntö tapahtuu työntötangolla. Tangon kiinnityksessä on laakeroitu, jousipalautteinen, pois paikaltaan siirtyvä osa. Mikäli työntö törmää johonkin siirtyy, työntö taaksepäin ja induktiivinen anturi huomaa tämän. Työntö lopetetaan ja logiikka antaa vikatiedon.



### 7.2.1 Ongelmakuvaus

Anturointi on toiminut hyvin, mutta antureiden kesto on ollut ongelmallinen. Kuukaudessa antureita hajoaa useampia. Kolarianturin johdon suojauksen puuttuminen oli ongelmien aiheuttaja.

### 7.2.2 Kolarianturin muutokset

Anturin reagointi toimi hyvin, joten anturityyppiä ei haluttu vaihtaa. Rikkoontumiset johtuivat mekaanisesta kulumisesta, joten anturin suhteen päätettiin keskittyä mekaaniseen suojaukseen. Anturin mekaaninen suojaus on käsitelty kohdassa 5.6.

## 7.3 Etusuoja Pellin turvakytin

Laitteessa on irrotettava etusuoja pelti. Työturvallisuuden takia pelti täytyy olla kiinnitettynä paikalleen erottelun aikana. Laitteen käyttäjät yleensä käyttävät konetta ilman suoja peltiä. Suoja Pellissä ei ole turvakytimiä tai mitään muitakaan paikallaan olon tunnistavia antureita.

### 7.3.1 Ongelmakuvaus

Etusuoja Pellin paikallaan oloa ei varmisteta sähköisesti mitenkään. Laitetta voi käyttää ilman suoja peltiä. Laitteessa on ollut paljon ongelmia, jolloin laitteen käyttäjät joutuvat koko ajan poistamaan ja asentamaan suoja peltiä. Todella usein laitetta ajetaan ilman suoja peltiä, koska sen irrottaminen ja kiinnittäminen on hidasta. Laitteen käyttäjät pitivät kirjaa, kuinka usein suoja peltiä täytyy irrottaa. Käyttäjät myönsivät suoraan, että käyttivät konetta ilman suoja peltiä. Yhden 8 tunnin työvuoron aikana oli yli 1000 tilannetta jolloin, suoja pelti olisi pitänyt käyttää irti. Mikäli pelti olisi ollut paikallaan, ei vuorossa olisi ehditty erotella edes puolta tavoitemäärästä.

### 7.3.2 Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena on saada varmistettua, että etusuojapelti on aina laitetta käytettäessä paikallaan. Suojapellin irrotus tai kiinnitys ei saa hankaloitua. Tavoitteena on myös parantaa työturvallisuutta estämällä laitteen käyttö ilman tarpeellisia suoja-

Laitteeseen tehtävien useiden parannuksien takia toivotaan, että laite toimisi varmemmin. Tällöin suojakuorta ei tarvitsisi koko ajan olla irrottamassa. Tämän lisäksi suojakuoreen täytyy saada anturointi, millä varmistetaan kuoren olevan paikallaan. Suojakuoren seuranta tehdään induktiivisella anturilla, koska suojakuori on metallia. Induktiivisella anturilla vältetään mekaaniselta kulumiselta. Anturoinnin seuranta vaatii laitteelle ohjelmistopäivityksen, koska aikaisemmin laitteessa ei ole ollut mitään turvakytimiä. Ohjelmistopäivitys tehdään ulkoistettuna, joten tämä päivitys tehdään samalla kuin muutkin ohjelmistopuolen päivitykset.

## 8 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä oli tarkoituksena kehittää parannusehdotuksia ADP-tuotesarjan erotteluun. Työn alussa erottelukoneessa oli paljon ongelmia. Erottelukoneen jokaiseen ongelmakohtaan löytyi ratkaisut, joilla parantaa koneen toimintaa ja luotettavuutta.

Työ oli mielenkiintoinen, koska se sisälsi paljon ongelmien ratkaisemista. Työssä käytettiin Solidworks-ohjelmistoa, jonka käyttö tuli tutuksi työn edetessä. Työn toteuttamiseen oli varattu vain kaksi päivää viikossa, joten työ eteni hitaasti. Työ olisi tarvinnut enemmän aikaa, koska nyt suuri osa varatusta ajasta kului aiheeseen liittyvissä kokouksissa ja ongelmakohtien selvittelyssä.

Aikatauluteknisistä syistä osien teettäminen tuotantokoneeseen venyi, ja toteutusten seurannat jouduttiin rajaamaan ulos tästä työstä. Projekti jatkuu työn kirjoittamisen jälkeen, ja kaikki muutosehdotukset on hyväksytty. Pääasiakkaiden ollessa autoteollisuudessa on osa muutoksista jouduttu raportoimaan ja hyväksyttämään asiakkailta. Uudet osat teetetään ulkopuolisella yrityksellä, ja tarjouspyyntöjä on kuvien perusteella jo pyydetty. Logiikkamuutokset ovat ulkoistettu yhteistyöyritykselle. Asiakkaille on raportoitu, että laitteen parannukset ovat valmiina heinäkuussa 2011. Tämän jälkeen

tullaan vielä pitämään seurantajakso, jonka aikana varmistutaan muutoksien vaikutuksista. Mikäli laitteessa havaitaan uusia puutteita, tullaan ne korjaamaan seurantajakson jälkeen.

Työn ohella kokeiltiin myös laserilla tuotteiden erottelua, mutta dokumentoinnissa päätettiin keskittyä vain tuotantolaitteen parantamiseen. Laserilla tuotteiden erottelu onnistui. Mikäli tuotantoon päätetään myöhemmin hankkia uusi erottelukone, on todennäköistä, että se jatkossa irrottaisi kotelot johdinkehyseltä laserin avulla.

## 9 Lähteet

- 1 VTI - Teknologia: Kiihtyvyy- ja painemittauksen teknologia.  
<http://www.vti.fi/fi/tuotteet/teknologia/> Luettu 20.4.2011
- 2 VTI Technologies Oy:n kotisivut. <http://www.vti.fi> Luettu 20.4.2011
- 3 Kapasitanssi. Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kapasitanssi> Luettu 20.4.2011
- 4 SCA8x0, 21x0, 3100 tuoteperheen spesifikaatio. [http://www.vti.fi/midcom-serveattachmentguid-fe08c94ab49211ddb3d29aa3d90ff96ff96/sca8x0\\_21x0\\_3100\\_product\\_family\\_specification\\_82\\_694\\_00c.pdf](http://www.vti.fi/midcom-serveattachmentguid-fe08c94ab49211ddb3d29aa3d90ff96ff96/sca8x0_21x0_3100_product_family_specification_82_694_00c.pdf) Luettu 21.4.2011
- 5 Dr. Bruce K. Gale. Bonding, Packaging, and Sacrificial Processes.  
<http://www.eng.utah.edu/~gale/mems/Lecture%2016a%20Bonding.pdf> Luettu 21.4.2011
- 6 Ville Roininen. Kolmeakselisen kiihtyvyyssanturin kalibrointi ja testausjärjestelmä. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu 2007.
- 7 Introduction to Serial Peripheral Interface. EE Times.  
<http://www.eetimes.com/discussion/beginner-s-corner/4023908/Introduction-to-Serial-Peripheral-Interface> Luettu 21.4.2011
- 8 SPI - Serial Peripheral Interface. <http://www.mct.net/faq/spi.html> Luettu 22.4.2011
- 9 Säynäjoki Satu. Manager, Test systems development. VTI Technologies Oy Suullinen keskustelu 16.2.2011
- 10 Hinkkanen Riku. Test development engineer. VTI Technologies Oy Suullinen keskustelu 22.2.2011
- 11 Remes Matti. Afore Oy. Sähköpostikeskustelu 25.3.2011
- 12 Kierretaulukko. <http://huumarsalo.com/kierretaulukko/kierretaulukko.pdf> Luettu 8.4.2011
- 13 Sandvik. Kierteytys kierretapilla. Esite. 2008.
- 14 Dimensions of E32 Series Fiber sensors  
[http://www.ia.omron.com/product/family/1532/index\\_dim.html](http://www.ia.omron.com/product/family/1532/index_dim.html) Luettu 22.4.2011
- 15 Sipilä Mika. Hardware design manager. VTI Technologies Oy. Suullinen keskustelu 26.4.2011



