



Valtteri Appel

PUDOTUSMEKANISMIN SUUNNITTELU JA PUDOTUSLAITTEEN MITTATARKKUUDEN TUTKIMINEN

PUDOTUSMEKANISMIN SUUNNITTELU JA
PUDOTUSLAITTEEN MITTATARKKUUDEN
TUTKIMINEN

Valtteri Appel
Opinnäytetyö
9.5.2011
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU

TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Kone- ja tuotantotekniikka	Insinööriyö	29	+	14
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Energiatekniikka	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Nokia Oyj	Valtteri Appel			
Työn nimi	Pudotusmekanismin suunnittelu ja pudotuslaitteen mittatarkkuuden tutkiminen			
Avainsanat	Venymäliuska, Catia ja CNC-tekniikka			

Työllä kehitettiin ja toteutettiin valmiiseen pudotuskoneeseen mekanismi, joka pudottaa kappaleen mahdollisimman samanlaisesti. Pudotuksia tehtiin erilaisissa asennoissa. Lisäksi tutkittiin mittatarkkuutta. Tavoitteena oli suunnitella toimiva mekanismi sekä testata sen toimivuus käytännössä. Mekanismilla pudotettiin kymmenen kertaa kappaletta, johon oli kiinnitetty venymäliuska. Mittaustulosten perusteella analysoitiin mekanismin mittatarkkuus.

Tietoperustana suunnittelussa käytettiin tekijän omaa kokemusta Catia V5 -3D-mallinnusohjelmistolla sekä Nokia Oyj:n suunnittelijoiden apua. Mekanismia kehitettiin työnantajan Sami Järvelän diplomityöstä. Mallinnetut osat koneisti alihankkija. Mittatulosten analysoimisessa auttoi Nokia Oyj:n Principal Specialist.

Mekanismi saatiin koottua toimivaksi kokonaisuudeksi mallinnetuista ja työstetyistä osista. Kappaletta ei voitu pudottaa kaikissa asennoissa. Esimerkiksi kun kappaletta pudotettiin kulma edellä, kappale osui mekanismin pidikkeisiin törmätessään aluslevyyn. Mittaustulosten perusteella haluttuun mittatarkkuuteen ei päästy.

Mekanismia tullaan kehittämään siten, että sillä voidaan pudottaa kappaletta kaikista asennoista. Pidikkeiden paksuutta lisäämällä saadaan pidikkeiden korkeutta pois, jolloin pidikkeet eivät osu kappaleeseen. Venymäliuskamittauksia tullaan tekemään puhelimella ja analysoimaan niiden perusteella mittatarkkuus uudelleen.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

2 CNC-TEKNIikka	6
2.1 CNC-työstökone	6
2.2 Käsitteet CNC ja NC	6
2.3 Ohjelmointi	7
3 VENYMÄLIUSKA	8
3.1 Ominaisuudet	8
3.2 Siltamittaus	9
4 PUHELINTA PITÄVÄN MEKANISMIN SUUNNITTELU	10
4.1 Alkutilanne	10
4.2 Pidikkeen valintaan vaikuttavat tekijät	11
4.2.1 Pidike 1	12
4.2.2 Pidike 2	12
4.2.3 Pidike 3	13
4.2.4 Pidike 4	14
4.2.5 Pidike 5	14
4.3 Pidikkeen valinta	15
4.4 Aluslevyn ja muiden osien suunnittelu	16
5 VALMIIN MEKANISMIN KOKOAMINEN	18
5.1 Kelkka ja pidikkeet	18
5.2 Muut osat	19
6 VENYMÄLIUSKAMITTAUKSET	20
6.1 Ohjelmat	20
6.2 Mittalaitteisto	21
6.3 Mittaus	22
7 TULOKSET JA ANALYSOINTI	23
8 POHDINTA	26
LÄHTEET	27
LIITTEET	29

1 JOHDANTO

Työssä suunnitellaan, mallinnetaan ja testataan käytännössä kappaletta pitävä pudotusmekanismi. Mekanismi suunnitellaan valmiina olevaan koneeseen, joka sijaitsee työn toimeksiantajan Nokia Oy:n yksikössä Peltolassa. Suunnittelu ja mallintaminen tapahtuvat Catia V5 -3D-mallinnusohjelmistolla ja työstämisen on toteuttanut alihankkija.

Työni tilaaja Sami Järvelä (1) on diplomityössään suunnitellut erilaisia pudotuslaitteita. Työssä suunnitellaan ja valmistetaan yksi laitteista.

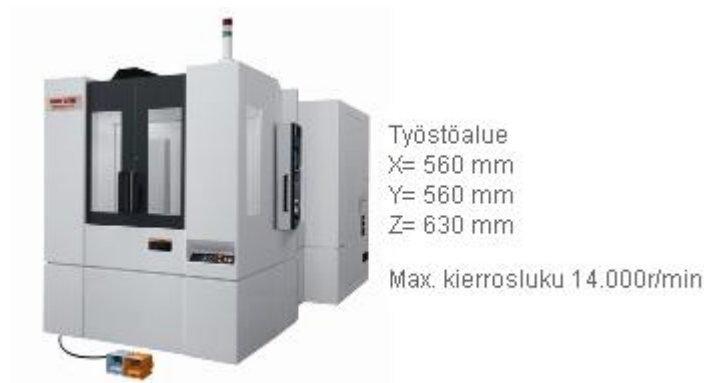
Lisäksi työssä mitataan kappaleen törmäyksestä aiheutuvia venymiä venymäliuskojen avulla. Mallinnettua pudotusmekanismia käytetään venymäliuskamittauksissa. Mittauksista pyritään saamaan tietoa, millaiseen mittaustarkkuuteen mekaniemillä päästään. Tulevaisuudessa mekaniemillä tutkitaan puhelimien eri osien jännityksiä.

Kappaletta, johon kiinnitetään venymäliuska, pudotetaan kymmenen kertaa samassa suunnassa. Kappaleesta pyritään mittaamaan ensimmäisen iskun jännite, jonka perusteella lasketaan mekaniemmin mittatarkkuus. Tavoite mekaniemmin mittatarkkuudeksi on $\pm 75 \mu\text{m/m}$.

2 CNC-TEKNIikka

2.1 CNC-työstökone

Työn alihankkijana toimi koneistusyritys KL Mechanick Oy Oulunsalosta. Yritys on Nokialle ennestään tuttu, sillä Nokia on käyttänyt yritystä edellisissä projekteissa. Yrityksellä on kattava laitteisto, johon kuuluu esimerkiksi CNC-työstökeskus Mori Seiki NH-4000 DCG. Työstökeskuksella pystytään työstämään sekä vaaka- että pystysuunnassa. Keskuksessa on maksimissaan 240 työkalua. Kuvasta 1 näkyy KL Mechanicin tiedot koneesta. (2; 3.)



KUVA 1. CNC-työstökeskus Mori Seiki NH-4000 DCG (2)

Yritys koneisti mallinnettujen piirustuksien perusteella kaikki osat. Esimerkiksi istukka (liite 1) voidaan tehdä kyseisellä laiteella.

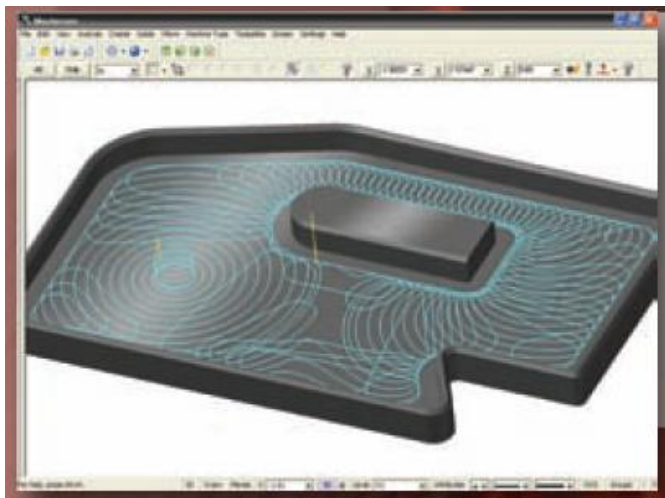
2.2 Käsitteet CNC ja NC

CNC on lyhenne englannin kielen sanoista computerized numerical control, joka on suomeksi tietokoneistettu numeerinen ohjaus. Nykyään puhuttaessa CNC:stä jätetään etummainen C lyhenteestä pois eli puhutaan NC-koneista ja NC-koneistajista. Tätä käytetään siksi, koska NC kattaa kaikki numereellisesti ohjatut koneet ja laitteet. DNC (distributed numerical control) tarkoittaa hajautettua ohjelmien jakelua, eli käytännössä yhdellä tietokoneella voidaan ohjata useampaa NC-konetta. (4, s. 7; 5.)

2.3 Ohjelmointi

Ohjelmointi tapahtuu syöttämällä NC-koneen liikkeet etukäteen koneen muistiin tietyin kirjain- ja numerokoodein. Nykykyisin enää harvoissa paikoissa syötetään työstöratioja käsin. Kun osat ovat 3D-mallinnettu, voidaan eri ohjelmien avulla suunnitella työstöradat 3D-mallien avulla. Tästä on erittäin suuri hyöty, koska tällöin pystytään kaikki työstöradat simuloimaan ja välttämään törmäyksiltä. Käytäntö on sama kuin ennen, mutta nykyisin ohjelma vain tekee koodit, jotka syötetään NC-koneen muistiin. Itse mallinsin osat Catia V5 3D -ohjelman avulla, ja ne lähetettiin alihankkijalle. Liitteissä 1–15 on piirustukset kaikista mallinnetuista osista. (5.)

Mastercam X on suosittu ohjelma työstökoneen ohjaukseen. Mastercamilla voi tehdä jyrsintä- ja sorvausohjelmia. Lisäosana on saatavana 3D-kaiverrusosa, jolla voi luoda mallin suoraan valokuvasta ja koneistaa kaiverukseen suunnatuilla radoilla. Mastercam mill on ohjelma, joka kääntää esimerkiksi Catiilla tehdyn 3D-piirustuksen sellaiseen muotoon, että siihen voidaan tehdä työstöradat. Kuvasta 2 näkyy, kuinka työstöradat syntyvät. (6.)

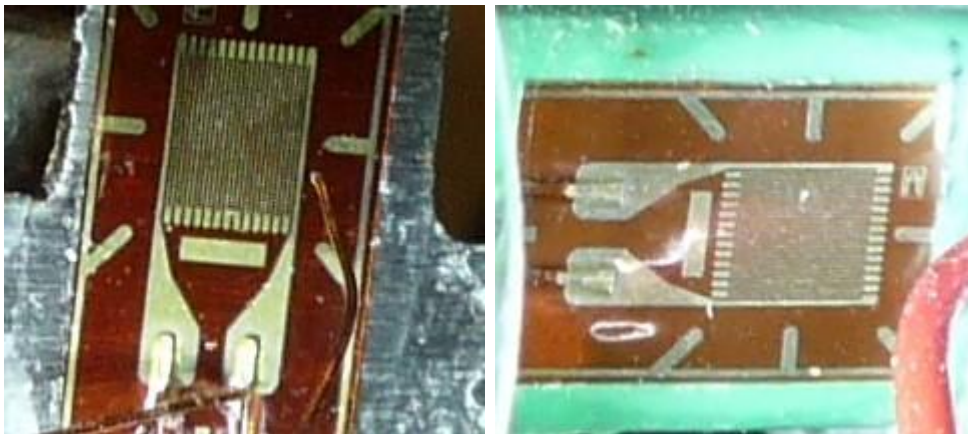


KUVA 2. Työstöradan mallinnus (6, s. 5)

3 VENYMÄLIUSKA

3.1 Ominaisuudet

Venymäliuskalla mitataan materiaalin venymistä tai kokoonpuristumista resistanssin avulla. Resistanssi kasvaa lineaarisesti pituuden muutokseen verrattuna. Kuparilanka on yleisin materiaali, jota käytetään venymäliuskan johdina. Se laskostetaan yhdensuuntaisesti mahdollisimman pienelle alueelle. Venymäliuska asetetaan joko horisontaalisesti tai vertikaalisesti, kuten kuvassa 3. Yksi- tai kaksikomponenttiliima on todettu hyväksi kiinnitysmateriaaliksi, sillä se on hyvä kiinnittäjä ja samalla se eristää anturin ja mitatavan kohteen. Venymäliuska ei ole mikään uusi keksintö, sillä ensimmäisiä venymäliuskoja on käytetty jo 1930-luvulla. (7, s. 2; 8.)

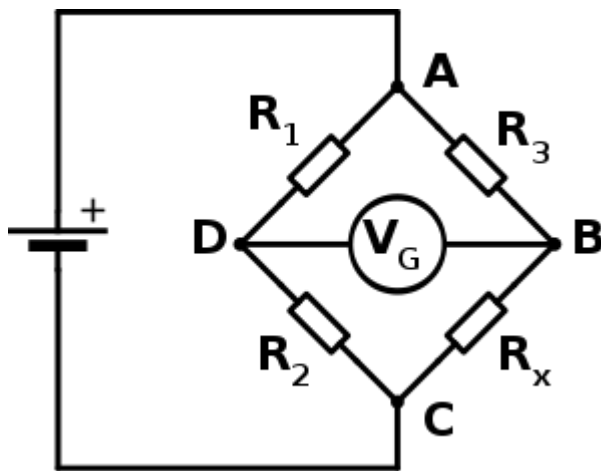


KUVA 3. Horisontaali- ja vertikaalivenymäliuska (8)

Kaupun hedelmävaat toimivat yleensä venymäliuskojen avulla. Venymäliuskoilla voidaan mitata muitakin kuin venymää, esimerkiksi voimaa, kiihtyvyyttä, painetta ja jännitystä mittaavissa laitteissa on monesti venymäliuska. (8.)

3.2 Siltamittaus

Yleisin käytettävä siltakytöntätapa on wheatstonen silta. Siinä on neljä vastusta ja jännitelähde kuvan 4 mukaisesti. Vastuksiin voidaan kytkeä venymäliuskat tai esimerkiksi yksi venymäliuska (R_x) ja kolme vastusta (R_1 , R_2 ja R_3). Yhden liuskan tapauksessa kolme vastusta täytyy valita vastaamaan liuskan lepoarvoa. Tällöin silta on tasapainossa, eli tulojännite on nolla. Kun liuskaan kohdistuu voima, menee silta epätasapainoon, jolloin tulojännite muuttuu ja saadaan mitattua resistanssi. (7.)



KUVA 4. Wheatstonen silta

4 PUHELINTA PITÄVÄN MEKANISMIN SUUNNITTELU

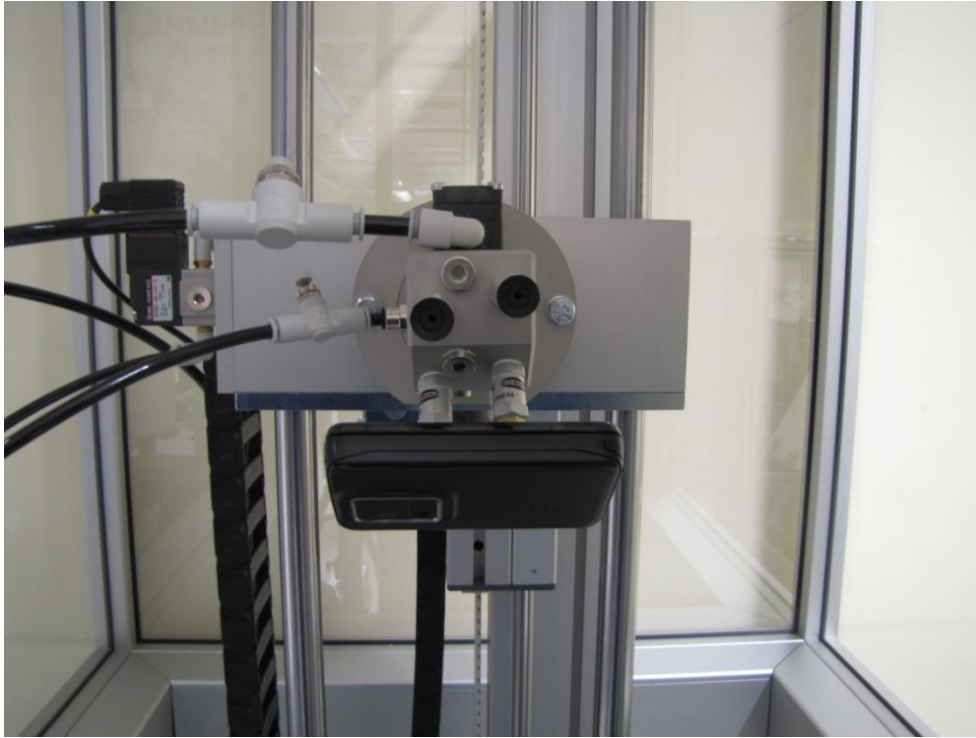
4.1 Alkutilanne

Kuvassa 5 oleva suuntaispudotuskone on Konepaja-Heinä Oy:n tekemä. Pudotuskoneessa on kelkka (kuva 6), jossa on imukupit. Kone liitetään ilmanpaineverkkoon, jolla saadaan alipaine imukuppeihin. Puhelin laitetaan imukuppeihin haluttuun asentoon. Kelkka ajetaan näyttöpaneelilla määrätyle korkeudelle 600 mm - 2 000 mm, minkä jälkeen vapautetaan se. Puhelin jatkaa matkaansa maahan, mutta kelkan ottaa vastaan iskunvaimennin. Kyseisellä laitteella pyritään löytämään puhelimesta vikoja, kun puhelin putoaa halutussa asennossa. Tällöin pystytään löytämään vian aiheuttaja helpommin, koska tiedetään, missä suunnassa puhelin on pudonnut maahan.



KUVA 5. Konepaja-Heinä Oy:n rakentama suuntaispudotuskone

Kuvan 6 mekanismi on huono ajatellen toistettavuutta. Operaattori joutuu itse arvioimaan ja laittamaan puhelimen oikeisiin kulmiin. Ennen kuin puhelin törmää alustaan imukupit päästää puhelimen irti ja puhelin tässäkin vaiheessa voi vaihtaa törmäyskulmaansa.



KUVA 6. Pudotuskoneen kelkka, jossa on imukupeilla kiinni N900

Tarkoituksena on suunnitella sellainen mekanismi, joka pitää puhelinta kiinni törmäykseen asti. Silloin pystyttäisiin mahdollistamaan toistettavuus. Ole-massa olevaan koneeseen täytyy ideoida uudet pidikkeet sekä sellainen le-vy, johon puhelin törmää ja josta pidikkeet menevät läpi.

4.2 Pidikkeen valintaan vaikuttavat tekijät

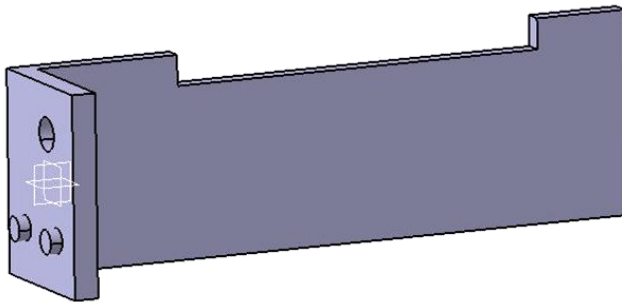
Pidike asennetaan kiinnityslevyyn, joka on kiinni kelkassa. Pidikkeen valin-taan vaikuttavia tekijöitä ovat materiaali, vaihdettavuus, työstettävyys ja pi-dikkeen paksuus. Nokialla on oma työpaja, joka voi työstää muovia, jolloin saatavuus on nopea ja hinta alhainen. Vaihdettavuudella tarkoitetaan sitä, että pidikkeitä täytyy pystyä vaihtamaan siten, että pidikkeen saa takaisin samaan paikkaan, jotta toistettavuus pysyy mahdollisena. Pidike täytyy olla helposti työstettävissä, jotteivät kulut nouse suuriksi. Mitä ohuempi pidike on,

sitä pienemmät reiät täytyy olla aluslevyssä, jolloin puhelimella on pienempi todennäköisyys osua aluslevyn reikään.

Pidikkeet täytyy suunnitella siten, että puhelin voidaan pudottaa joka kulmalleen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ainoastaan pidikkeen kiinnitystappaa kiinnityslevyyn voidaan ideoida. Pidikkeen muoto tulee puhelimen asennosta. Kaikki pidikkeet ovat itse suunniteltuja ja piirretty Catia V5-3D-ohjelmalla.

4.2.1 Pidike 1

Hyviä puolia pidike 1:ssä on vaihdettavuus ja paksuus. Pidike saadaan suoraan kiinni pultilla kiinnityslevyyn. Tappien avulla pidike paikoittuu aina samaan kohtaan. Materiaalina on alumiini, joten pidikkeen paksuus voi olla 3 mm ilman, että rakenne pääsee taipumaan.

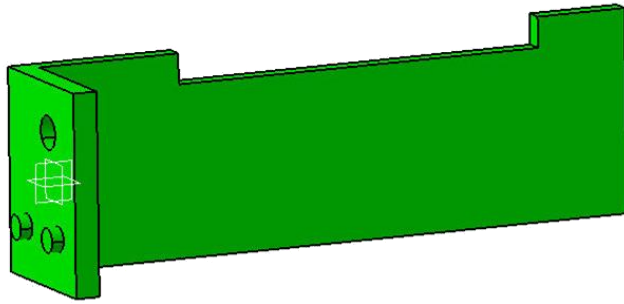


KUVA 7. Pidike 1

Huonoina puolina voidaan pitää työstettävyyttä sekä materiaalia. Pidike on yhtä kappaletta, joten työstäminen on kallista. Alumiininen osa tulisi alihankkijalta, jolloin myös kulut ja aikataulu suurenisivat.

4.2.2 Pidike 2

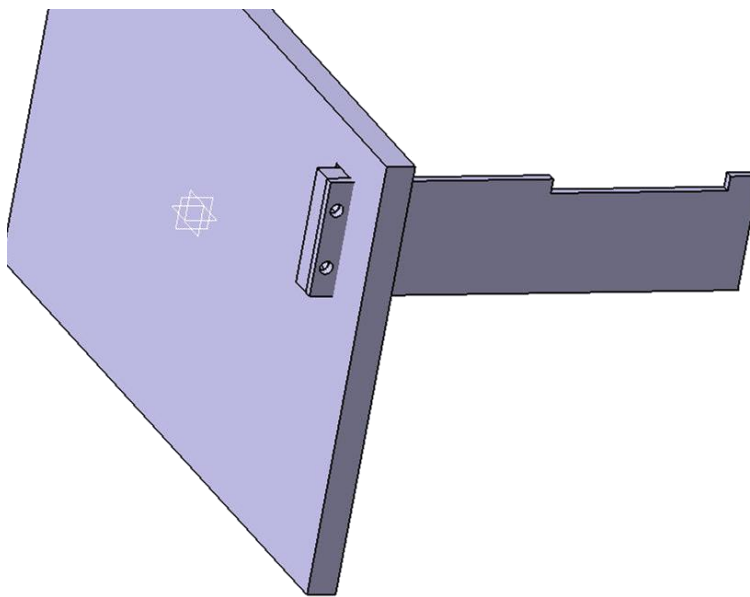
Pidike 2 on muodoiltaan samanlainen kuin pidike 1, mutta materiaalina on käytetty muovia. Koska Nokia voi itse työstää muovia, täytyy tällöin materiaali ja työstäminen laskea hyväksi puoleksi pidikkeelle, vaikkakin pidikkeen muoto on huono työstettäväksi. Pidikkeen paksuutta täytyy lisätä, koska 3 mm muovi antaa periksi liikaa.



KUVA 8. Pidike 2

4.2.3 Pidike 3

Pidike 3 kiinnitetään kahdella pultilla kiinnityslevyn takapuolelle (kuva 9). Kiinnityslevyssä on pidikkeen mentävä reikä, joka paikoittaa pidikkeen aina samaan kohtaan. Materiaali on alumiinia.

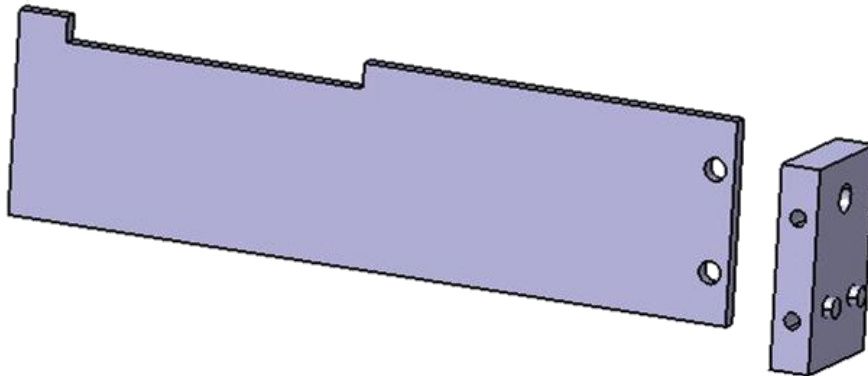


KUVA 9. Kiinnityslevy ja pidike

Pidikkeen työstäminen on helppoa, mutta kiinnityslevyn työstö tulee kalliiksi, koska reiän täytyy olla juuri sopiva pidikkeelle. Paikoitus saadaan pystysuunnassa hoidettua, mutta sivuttaissuunnassa pidike ei aina välttämättä paikoitu, koska kiinnitys on pulteilla.

4.2.4 Pidike 4

Pidike 4 koostuu kahdesta osasta, istukasta ja itse pidikkeestä (kuva 10). Istukka paikoittuu kiinnityslevyyn kahdella tapilla ja kiinnittyy pultilla. Pidike kiinnitetään istukkaan kahdella pultilla. Jos pidike 4 valitaan, täytyy istukoita tehdä niin monta kuin pidikkeitä, sillä pidike on kiinnitettävä istukkaan pysyvästi, jottei toistettavuus kärsi.

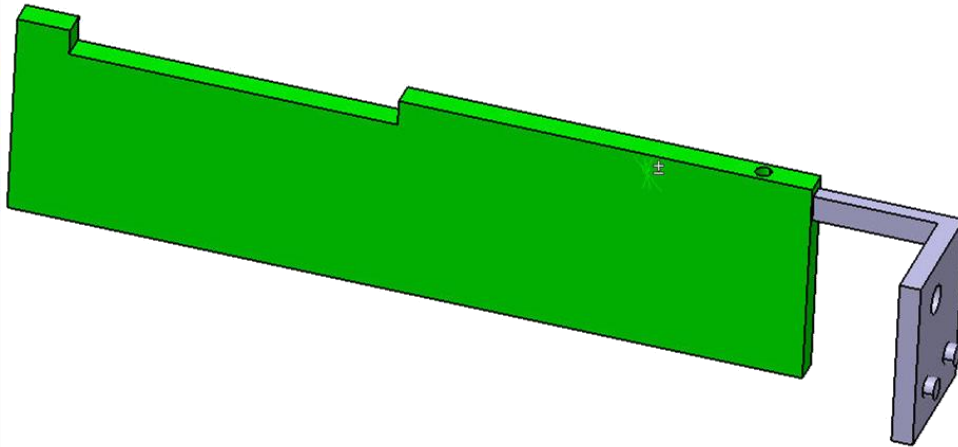


KUVA 10. Vasemmalla pidike ja oikealla istukka

Työstettävyys on parempi kuin pidike 1:llä, koska se voidaan työstää kahdesta osasta. Vaihdeavuus on hyvä ajatellen seuraavia projekteja, jolloin ei tarvitse uusia kuin pidikkeet. Materiaali on alumiinia, jolloin voidaan käyttää paksuutena 3 mm.

4.2.5 Pidike 5

Myös pidike 5 koostuu kahdesta osasta, pidikkeestä ja lisä-osasta, kuten kuvassa 11. Lisä-osan materiaali on muovi ja pidikkeen alumiini. Alihankkijalta tilattaisiin kaksi alumiini pidikettä. Voisimme sen jälkeen itse valmistaa erilaisia lisäosia. Lisäosa paikoitetaan pidikkeeseen ahdassovitukseella ja kiinnitetään pultilla.

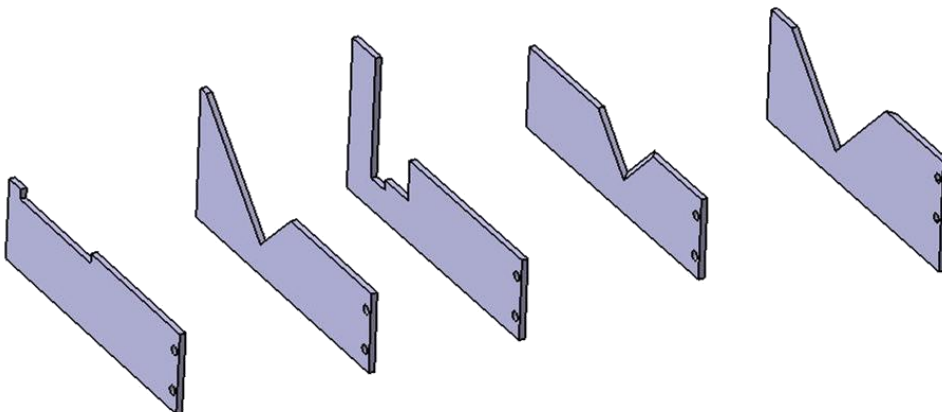


KUVA 11. Oikealla pidike ja vasemmalla lisäosa

Pidikkeen täytyy olla 3 mm paksuista alumiinia, jolloin pidikkeen ja lisäosan yhteenlaskettu paksuus kasvaisi yli 3 mm, joten reiät aluslevyssä suurentuisivat. Hyvää tässä ratkaisussa olisi lisäosien vaivaton hankkiminen.

4.3 Pidikkeen valinta

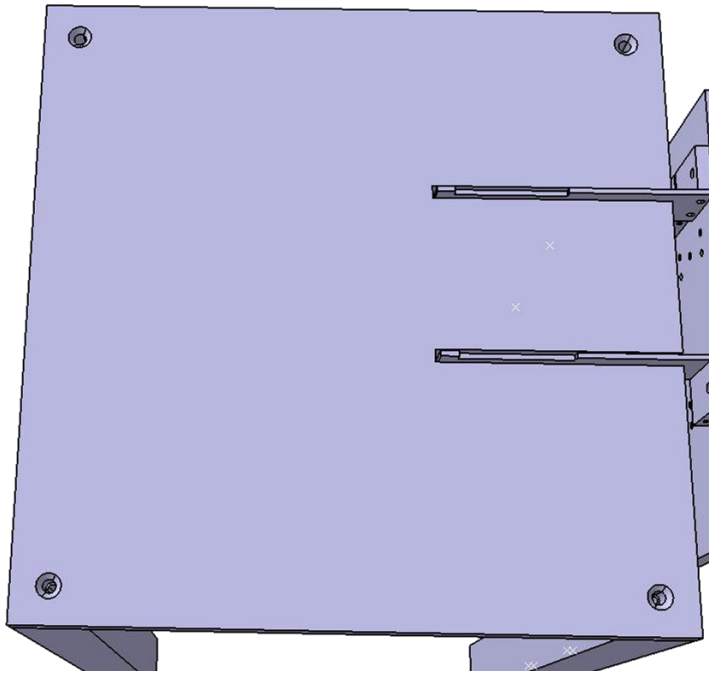
Pidike 4:n valittiin työhöni, koska pidikkeellä saadaan mahdollisimman pieni aluslevyn reikä. Tulevaisuutta ajatellen seuraavissa projekteissa ei tarvitse enää työstää istukkaa, sillä pelkkä uusi pidike riittää. Kuvassa 12 on esitelty mitä eri pidikkeitä joudutaan tilaamaan, jotta puhelin saadaan pudotettua joka kulmalleen. Liitteistä 3–7 löytyvät piirustukset ja mitat pidikkeille.



KUVA 12. Erilaisia pidikkeitä

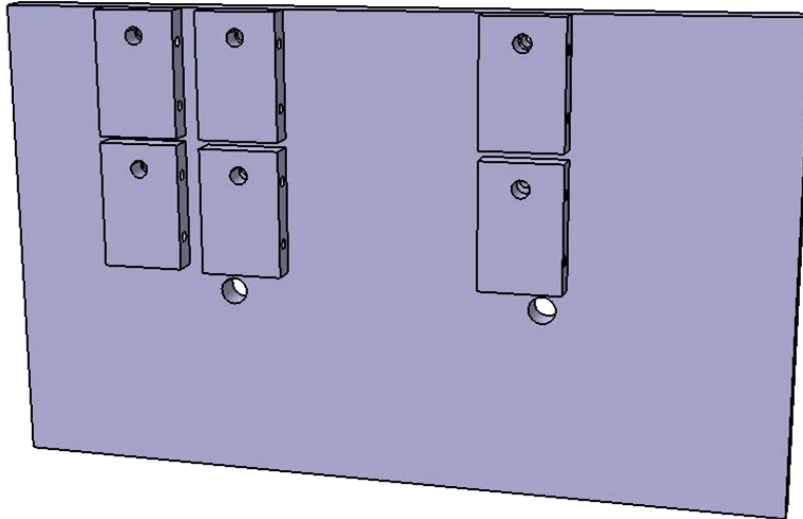
4.4 Aluslevyn ja muiden osien suunnittelu

Aluslevyn täytyi mahtua pudotuskoneen koppiin, joten päämitat saatiin mitattua siitä. Reikien kohdat aluslevyissä määräytyvät asennoista joista puhelinta pudotetaan. Koska pidikkeiden on mentävä aluslevyn läpi (kuva 13), tehtiin kaksi vaihdettavaa aluslevyä. Tällöin pystytään puhelinta pudottamaan, joka asennossa, eikä levyissä ole ylimääräisiä reikiä. Mitat ja piirustukset ovat liitteistä 13–14.



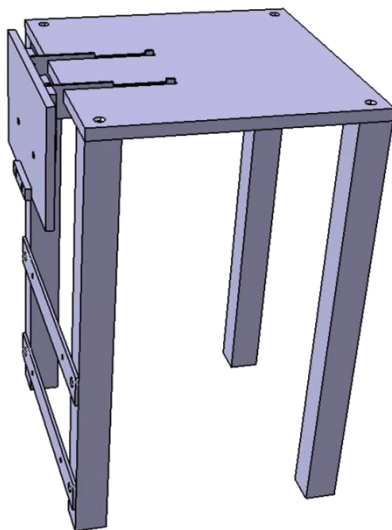
KUVA 13. Aluslevy

Kiinnityslevy määräytyi pidikkeiden kiinnitystavasta ja siitä miten se kiinnitetään pudotuskoneen kelkkaan. Päätettiin kiinnittää kiinnityslevy kahdella pultilla kelkkaan, koska siinä oli valmiina reiät niille. Pidikkeitä kiinnityslevyyn täytyi saada vaaka suunnassa kolme ja pysty suunnassa kaksi, jotta puhelinta voidaan pudotella kaikista suunnista (kuva 14).



KUVA 14. Kiinnityslevy ja 6 istukkaa

Olemassa olevassa pudotuskoneessa puhelin pudotetaan lattialle, jolloin täytyi suunnitella aluslevy korkeammalle, jotta pidikkeet menevät siitä läpi. Kuvassa 15 näkyy koko mekanismi. Aluslevyn korkeuden määräsi pudotuskoneen kelkka, joka täytyi saada aluslevyn alapuolelle. Kaikkien mallinnettujen osien piirustukset ja mitat löytyvät liitteistä 1–14.

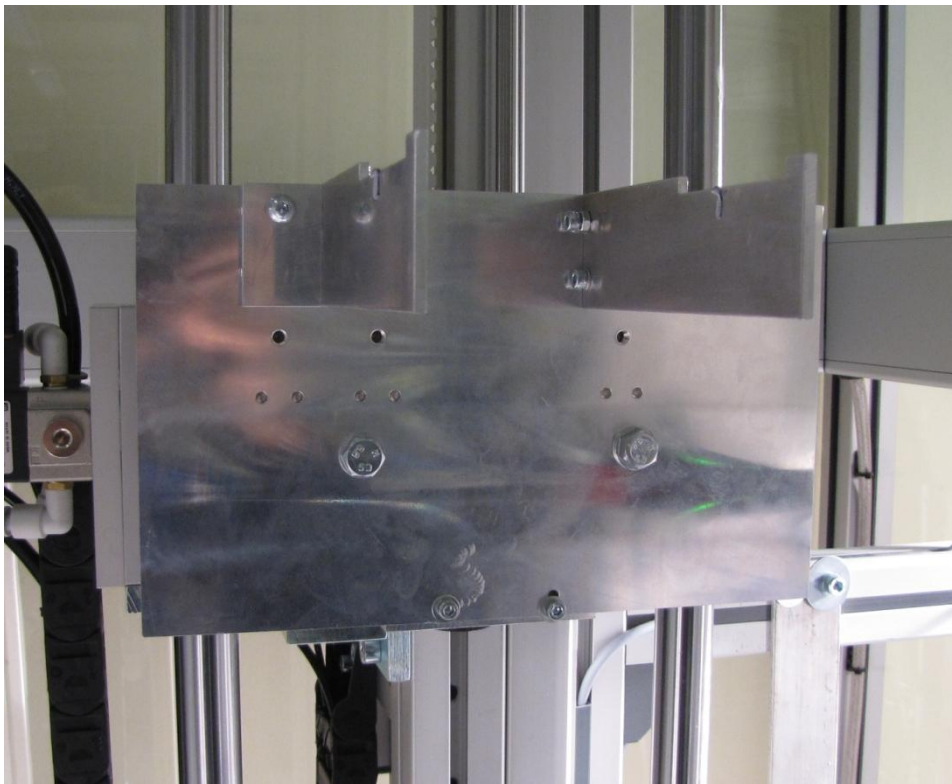


KUVA 15. Mekanismi

5 VALMIIN MEKANISMIN KOKOAMINEN

5.1 Kelkka ja pidikkeet

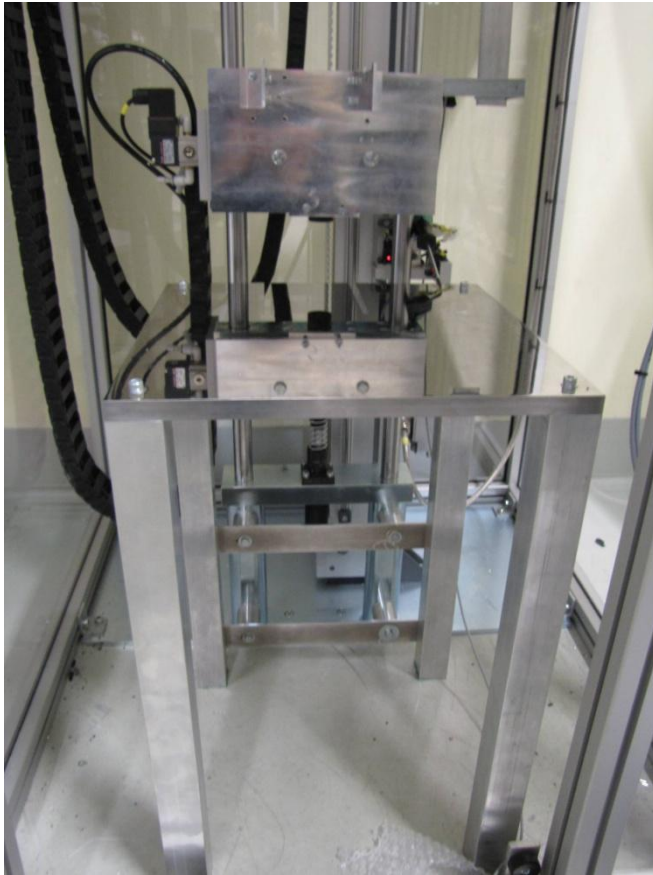
Kun mallinnetut osat tulivat alihankkijalta, täytyivät osat koota vanhaan pudotuskoneeseen. Ensimmäiset koottavat osat olivat istukka ja pidikkeet. Ne täytyi kiinnittää kahdella pultilla ja kaksikomponenttiliimalla, jotta ne varmasti eivät pääse liikkumaan. Istukat ja pidikkeet täytyi sitten kiinnittää kiinnityslevyyn sekä kiinnityslevy kahdella pultilla kelkkaan (kuva 16).



KUVA 16. Kiinnityslevy, pidikkeet ja istukat

5.2 Muut osat

Valittuamme suunnan missä kappaletta pudotetaan, pystyimme sen perusteella valitsemaan oikean aluslevyn, jotta pidikkeet ja aluslevyn reiät ovat samalla kohdalla. Tukilevy kiinnitettiin vanhaan pudotuskoneeseen ja tukilevyyn kiinnitettiin aluslevy, sekä neljä pylvästä (kuva 17). Tukilevyjen reikiä jouduimme poraamaan isommiksi, jotta aluslevyn reiät sattuisivat pidikkeiden kohdalle. Muuten osat osuivat hyvin kohdilleen.



KUVA 17. Mekanismi

6 VENYMÄLIUSKAMITTAUKSET

6.1 Ohjelmat

Ohjelmana mittauksissa käytettiin Dewesoft version 6.6.7 ohjelmaa. Ohjelma käyttää kaavaa 1, joka antaa tuloksen suoraan $\mu\text{m}/\text{m}$. Ohjelma oli mittausta tehdessä seuraavilla asetuksilla:

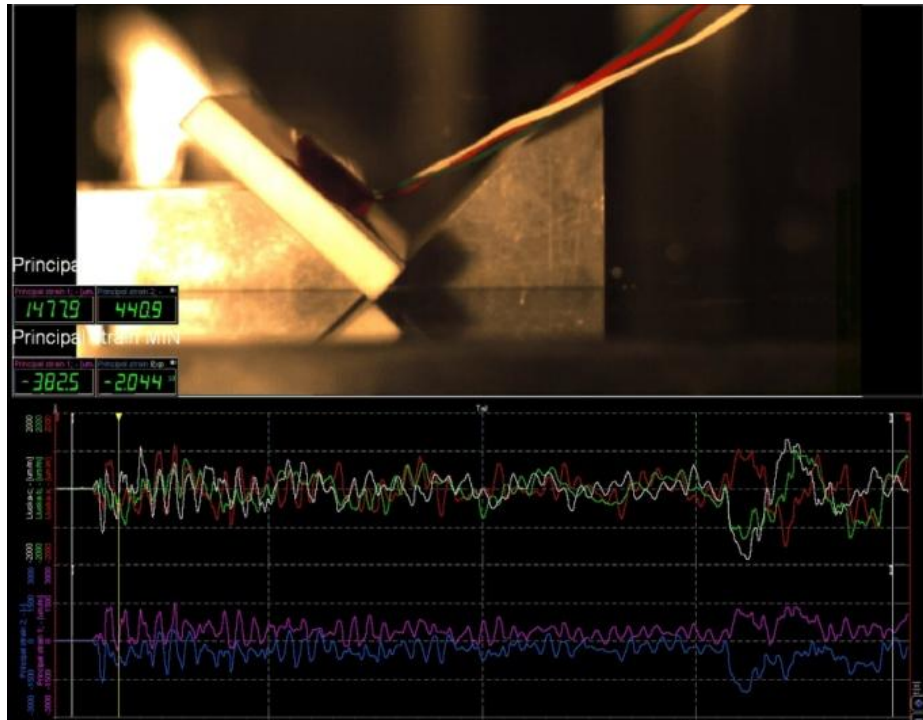
- mittaus alue $\pm 4\ 854\ \mu\text{m}/\text{m}$
- alipäästösuodatus 10 kHz
- syöttö 2,5 V
- tulon tyyppi $\frac{1}{4}$, 3 johdinta (120 Ω).

liuska

vihreä liuska

liuska

Suurnopeuskameraa ohjattiin PFV-software-ohjelmalla. Kelkan osuttua triggeriin antoi se käskyn käynnistää suurnopeuskameran ja mittauslaitteen. Tämä toimenpide oli välttämätöntä, sillä muuten dataa ja kuvaa ei olisi voitu yhdistää. Kuvassa 18 näkee, miten data ja video saatiin synkronoitua keskenään.



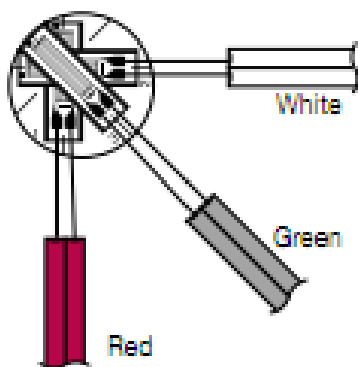
KUVA 18. Kuvakaappaus Dewesoft ohjelman videosta

6.2 Mittalaitteisto

Mittalaitteisto koostui seuraavista elementeistä:

- vahvistin: Dewetron DEWE-50-USB2-16
- venymäliuska: Tri axial strain gage
- suurnopeuskamera: Photron APX RS.

Venymäliuskana käytettiin Kyowa-nimistä kolmiakselista liuskaa. Kolmiakselinen nimi tulee siitä, kun kolme liuskaa ovat päällekkäin toisiinsa nähden 45° kulmassa (kuva 19).



KUVA 19. Venymäliuska sekä johdotuksien värit (9, s. 8)

Venymäliuskat kytkettiin wheatstonen siltaan ja Dewesoft-ohjelmalla silta pystytettiin kalibroimaa. Taulukossa 1 näkyvät venymäliuskan tarkemmat tiedot.

TAULUKKO 1. Kyowa-venymäliuskan tiedot

Type	KFG-1-120-D17-11N15C2
Lenght	1mm
Resistance	$119,6 \pm 0,4 \Omega$
Factor	$2,07 \pm 1,0 \%$

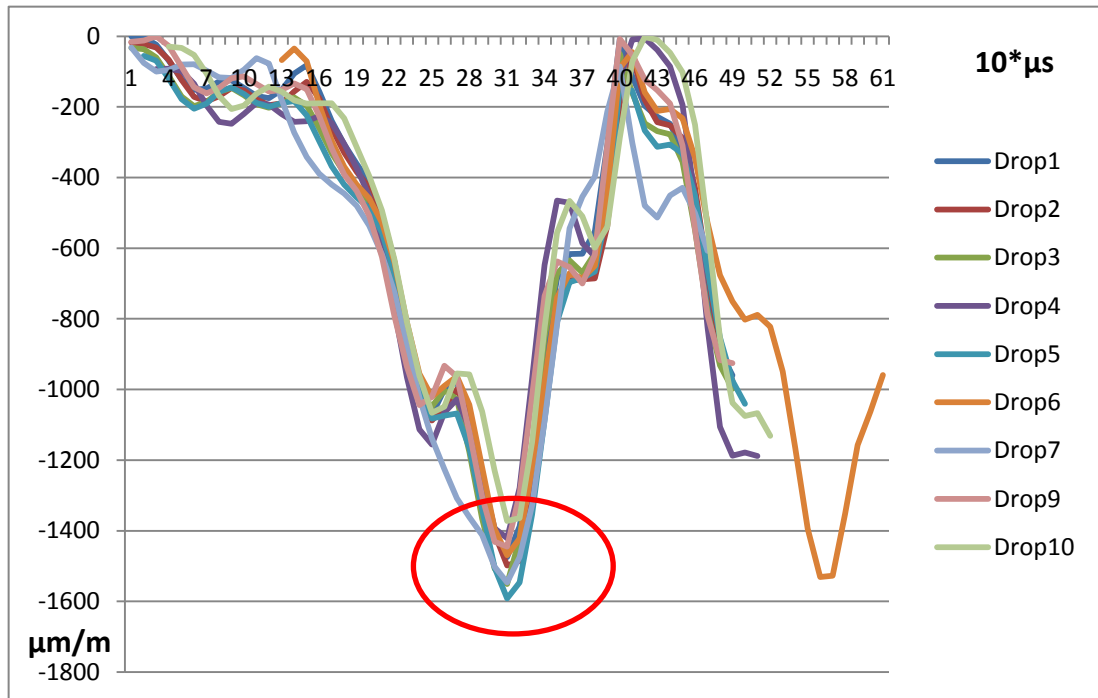
6.3 Mittaus

Kappaleen venymän mittaus aloitettiin valitsemalla pudotus suunta, joka oli kuvan 18 mukainen. Kappaletta pudotettiin kymmenen kertaa samalle suunnalle ja tulokset vietiin Excel-tietokantaan. Suurnopeuskameran avulla havaittiin, että ei kappale tule suorassa aluslevyyn, koska ilmanvastus pyrkii nostamaan kappaletta ylöspäin pidikkeistä. Pidikkeisiin jouduttiin laittamaan pienet palaset kaksipuoliteippiä.

Vahvistimelta venymäliuskoihin menevät johdot pyrittiin pitämään riittävän tiukalla, jotta ne eivät menisi kappaleen alle ja aiheuttaisi mittavirheitä. Johtojen oikea paikka tarkistettiin suurnopeuskameralla, jotta kaikki tulokset voitiin hyväksyä.

7 TULOKSET JA ANALYSOINTI

Työssä oli tarkoitus tutkia mekanismin mittatarkkuutta ja siihen päätettiin käyttää törmäyksen ensimmäisen iskun venymää. Kuvassa 20 näkyy kymmenen pudotuksen ensimmäinen isku. Laite on käyttötarkoituksiin tarpeeksi tarkka, kun mittatarkkuus on $\pm 75 \mu\text{m/m}$.



KUVA 20. Kappaleen venymä ($\mu\text{m/m}$) ajan hetkellä ($10 \cdot \mu\text{s}$)

Mittausdatasta etsittiin jokaisesta pudotuksesta ajanhetkellä 27–33 $10 \cdot \mu\text{s}$ suurin venymä ja listattiin taulukkoon 2. Dewesoft antaa mittatuloksen $\mu\text{m/m}$, joten pystyimme analysoimaan venymää suoraan tuloksista.

TAULUKKO 2. Ensimmäisen iskun venymät

	$\mu\text{m/m}$
Drop1	-1 474,49
Drop2	-1 498,39
Drop3	-1 551,09
Drop4	-1 420,90
Drop5	-1 591,61
Drop6	-1 469,33
Drop7	-1 546,17
Drop9	-1 444,63
Drop10	-1 372,63

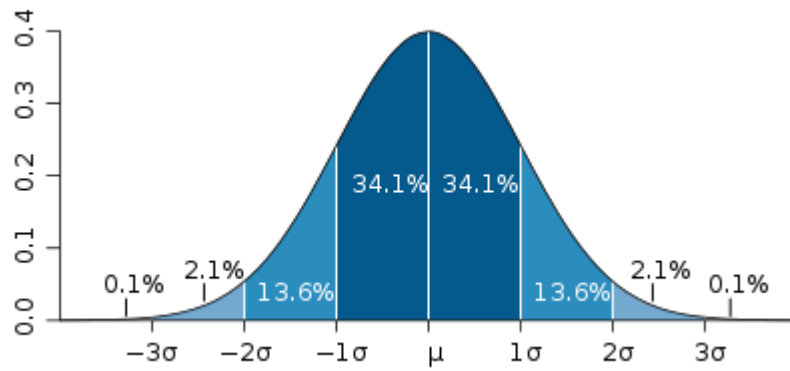
Pudotusten venymän keskiarvo saadaan jakamalla jännitysarvot arvojen lukumäärällä. Keskiarvo on laskettu kaavassa 2. (10.).

$$\frac{\text{---} \quad \text{---}}{\text{---}}$$

Kaavan 3 avulla saadaan laskettua keskihajonta. Keskihajonta kuvaa havaintoarvojen poikkeamaa keskiarvosta. (10.)

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$
$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Tapauksessamme keskihajonta voidaan sijoittaa normaalijakaumaan (kuva 21). Kaava 4 antaa tuloksen, jonka sisällä mittatarkkuus on 99,73 % todennäköisyydellä (10).



KUVA 21. Normaalijakauma eli toiselta nimeltään Gaussin käyrä (11)

Kaavan 4 antaman tuloksen mukaan, mittatarkkuus ei yllä toivotulle tasolle. Mittausten perusteella voidaan sanoa, että mittalaite on liian epätarkka.

8 POHDINTA

Työn päätarkoituksena oli suunnitella ja testata käytännössä mekanismi, joka pudottaa kappaleen mahdollisimman samanlaisesti eri asennoissa. Kappaleeseen liimattiin venymäliuska, joka antoi tuloksia kappaleen venymästä. Näiden tulosten perusteella analysoitiin mekanismin mittatarkkuus.

Mekanismi toimi käytännössä hyvin, mutta sillä ei voitu pudottaa kappaletta kaikissa asennoissa. Mittatarkkuus laitteella mittaustulosten perusteella oli $\pm 207,77 \mu\text{m}/\text{m}$, joten tavoitteeseen $\pm 75 \mu\text{m}/\text{m}$ ei päästy. Tulosten perusteella mekanismi on liian epätarkka.

Kappaletta ei voitu pudottaa kaikissa asennoissa, koska joissain asennoissa pidike osui kappaleeseen. Osuminen johtui pidikkeen korkeudesta. Pidikettä täytyy madaltaa ja paksuntaa, jotta kappaletta voidaan pudottaa kaikissa asennoissa. Paksuntaessa pidikettä siihen pystytään muokkaamaan pudotettavan kappaleen muodot paremmin, jolloin pidike ei tarvitse olla niin korkea. Pidikkeen paksuutta lisättäessä täytyy tehdä uusi aluslevy, jotta aluslevyn reiät osuvat pidikkeiden kohdalle.

Osasy mekanismin epätarkkuuteen johtui mittalaitteiden kohinasta. Mittausasetuksilla kohinaa esiintyi noin $\pm 8 \mu\text{m}/\text{m}$. Vaihdettaessa alipäästösuodatus 30 kHz ja syöttö 1 V kohina kymmenkertaistui. Syöttöä nostattaessa 5 V alkoi venymäliuska kumentua, koska se oli niin pieni, joten 2,5 V syöttö oli maksimi.

LÄHTEET

1. Järvelä, Sami 1999. Matkapuhelimen pudotuskestävyyden kehittäminen. Oulun yliopisto, konetekniikan osasto. Diplomityö.
2. KL Mechanics. Saatavissa: <http://www.klmechanics.fi/index.html> -> konekanta. Hakupäivä 31.1.2011.
3. Techspex 2009. Moro Seiki NH4000. Saatavissa: http://www.techspex.com/techspex/milling_centers/model?milling_id=3348. Hakupäivä 31.1.2011.
4. Jokinen, Ville 2010. CNC-ohjatun lasermerkkauspyöydän suunnittelu ja toteutus. Tampere: ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12211/Jokinen_Ville.pdf?sequence=1. Hakupäivä 31.1.2011.
5. NC tekniikka -oppimateriaalin etusivu. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/nctekniikka> -> sanasto. Hakupäivä: 25.1.2011.
6. Mastercam x⁴ Mill. Tuote-esittely. Saatavissa: http://www.mastercam.fi/mill/X4Mill_web.pdf. Hakupäivä 31.1.2011.
7. Oinonen, Petri 2008. Ruiskuvalumuotin muodonmuutosten mittaaminen venymäliuskojen avulla. Lahti: ammattikorkeakoulu, muovitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11694/2008-07-23-20.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 31.1.2011.
8. Kompo2010 - Venymäliuska. Wiki. Saatavissa: <http://kompo2010.wikispaces.com/Venym%C3%A4liuska>. Hakupäivä 31.1.2011.

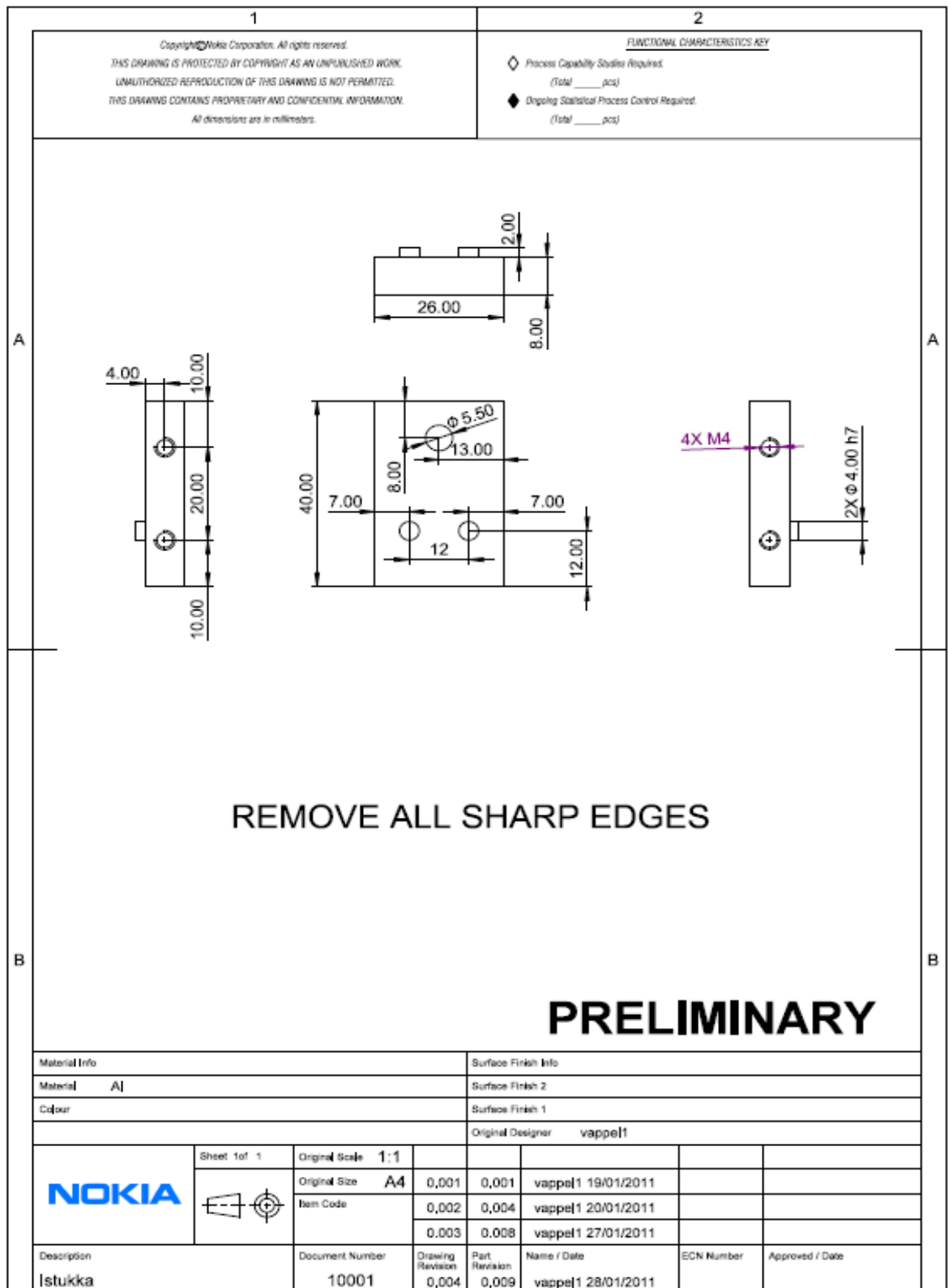
9. Kyowa strain-gage technologies. Saatavissa: <http://www.kyowa-ei.co.jp/english/products/gages/index.htm> -> selecting a strain gage. Hakupäivä 28.4.2011.

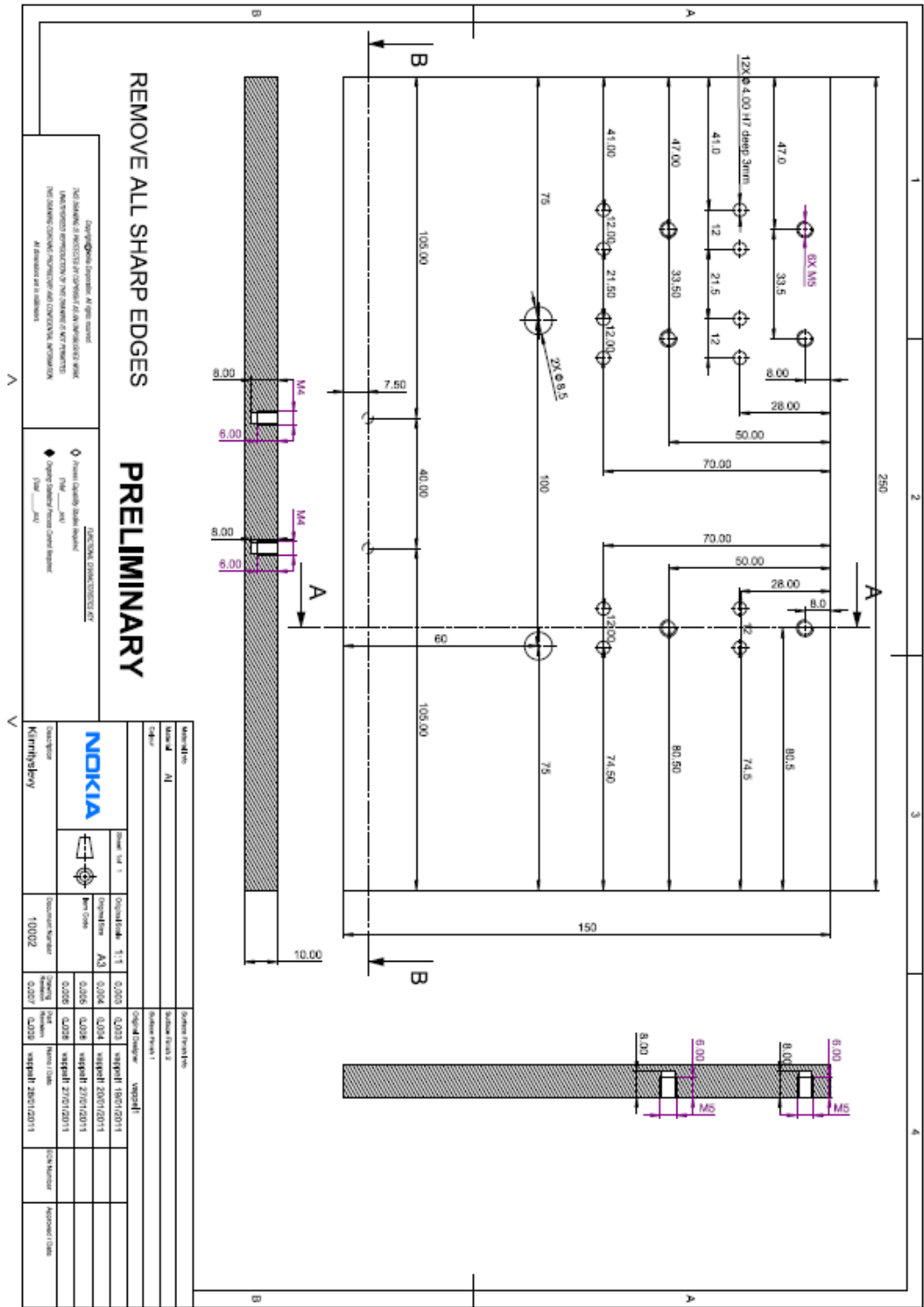
10. Pylvänäinen, Mika 2011. Principal Specialist, Perceived Mechanic. Nokia Oyj. Keskustelut.

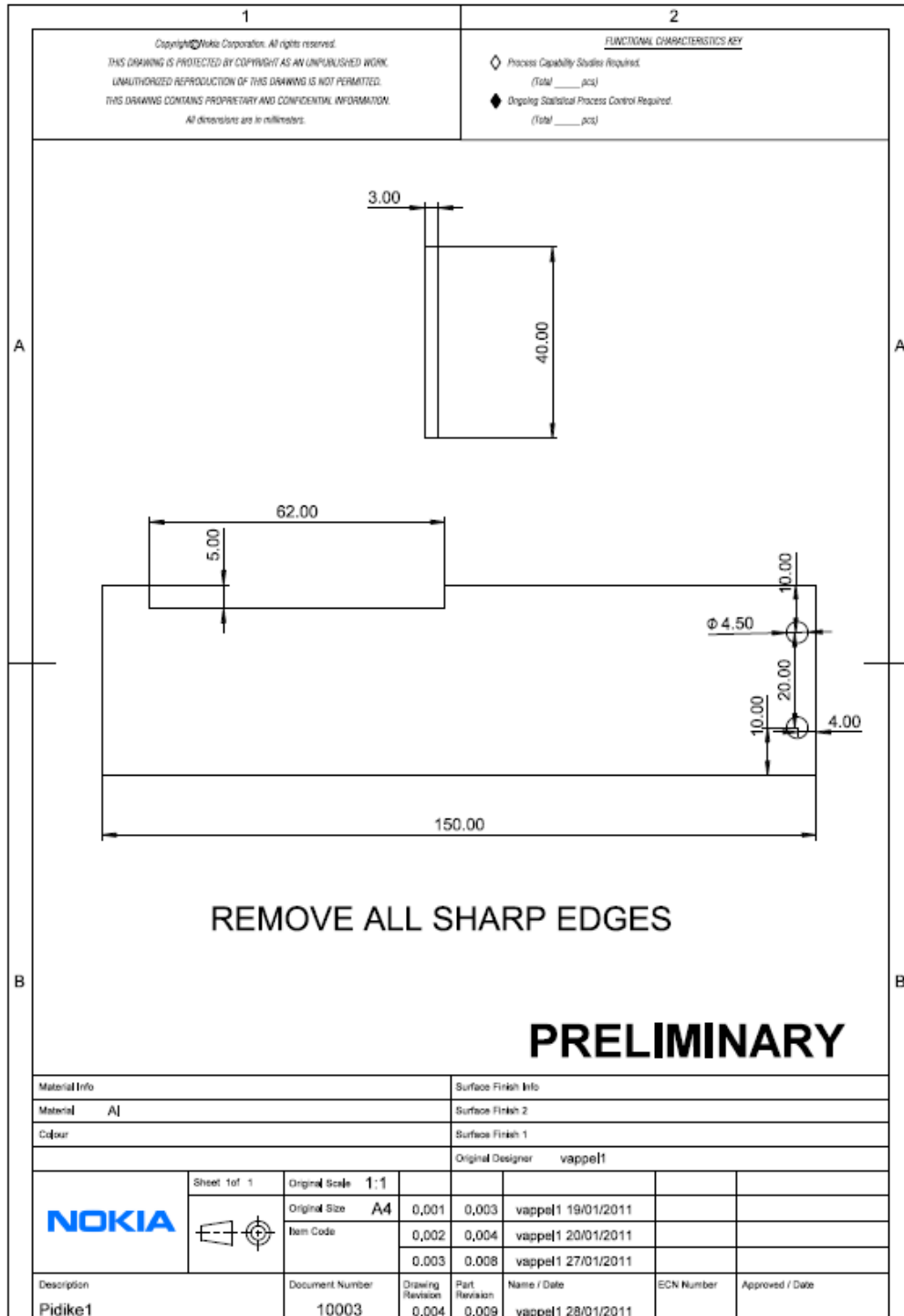
11. Wikipedia. 2011. Hajontaluku. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hajontaluku>. Hakupäivä 28.4.2011.

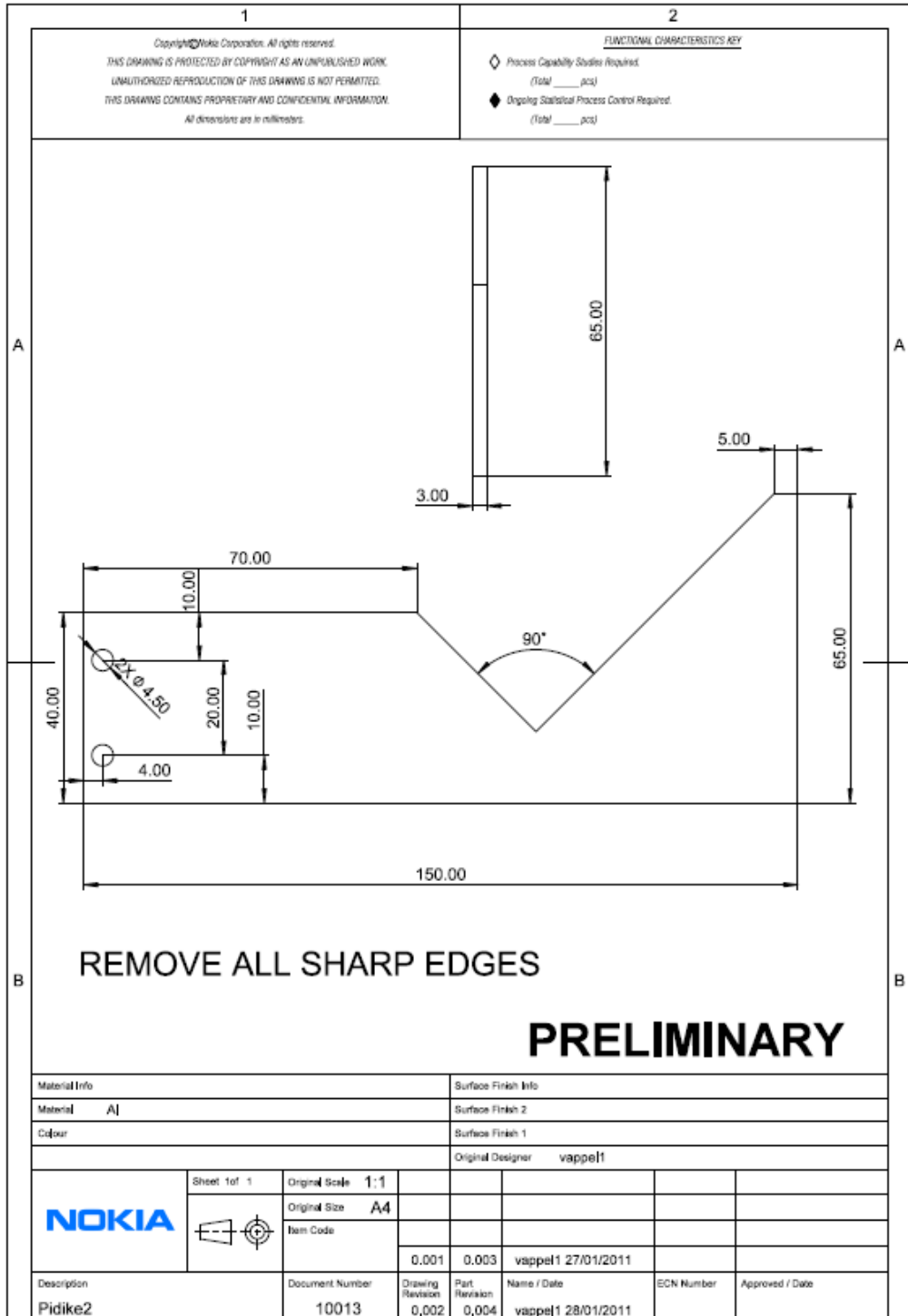
LIITTEET

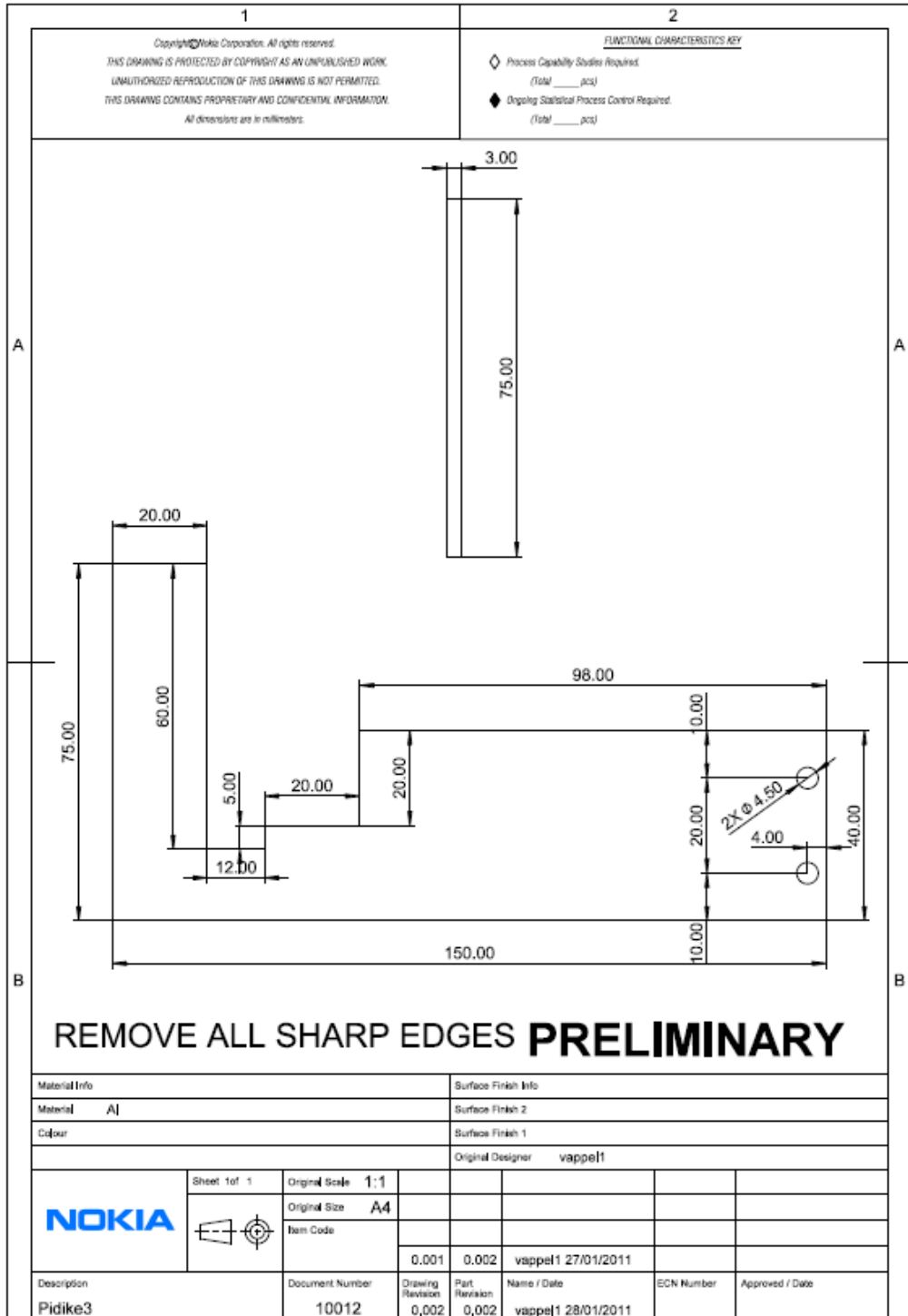
- Liite 1. Istukan piirustus
- Liite 2. Kiinnityslevyn piirustus
- Liite 3. Pidike 1, piirustus
- Liite 4. Pidike 2, piirustus
- Liite 5. Pidike 3, piirustus
- Liite 6. Pidike 4, piirustus
- Liite 7. Pidike 5, piirustus
- Liite 8. Takapylvään piirustus
- Liite 9. Etupylvään piirustus
- Liite 10. Tukilevyn piirustus
- Liite 11. Kohdistuspalkin piirustus
- Liite 12. Holkin piirustus
- Liite 13. Aluslevy 1, piirustus
- Liite 14. Aluslevy 2, piirustus

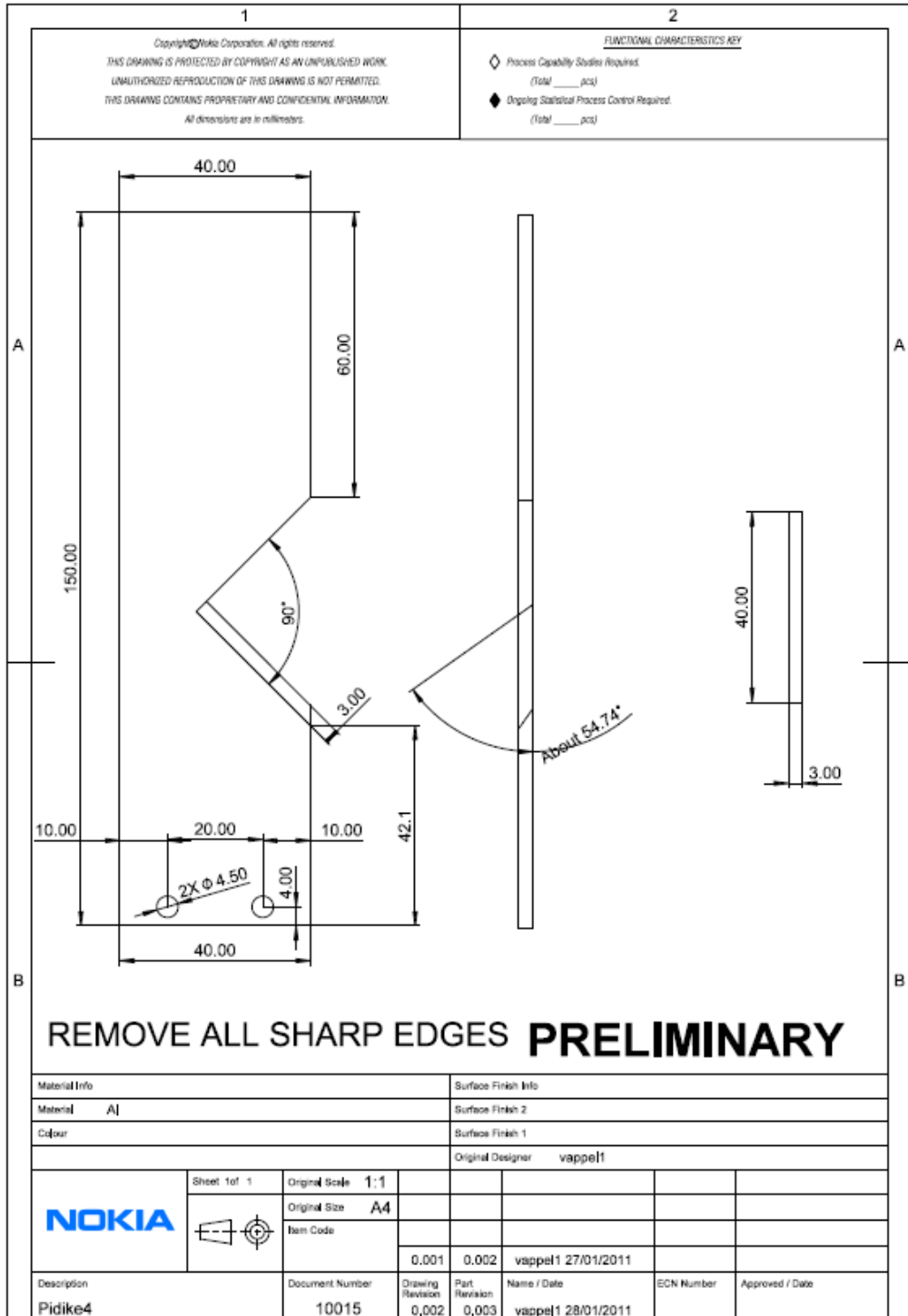


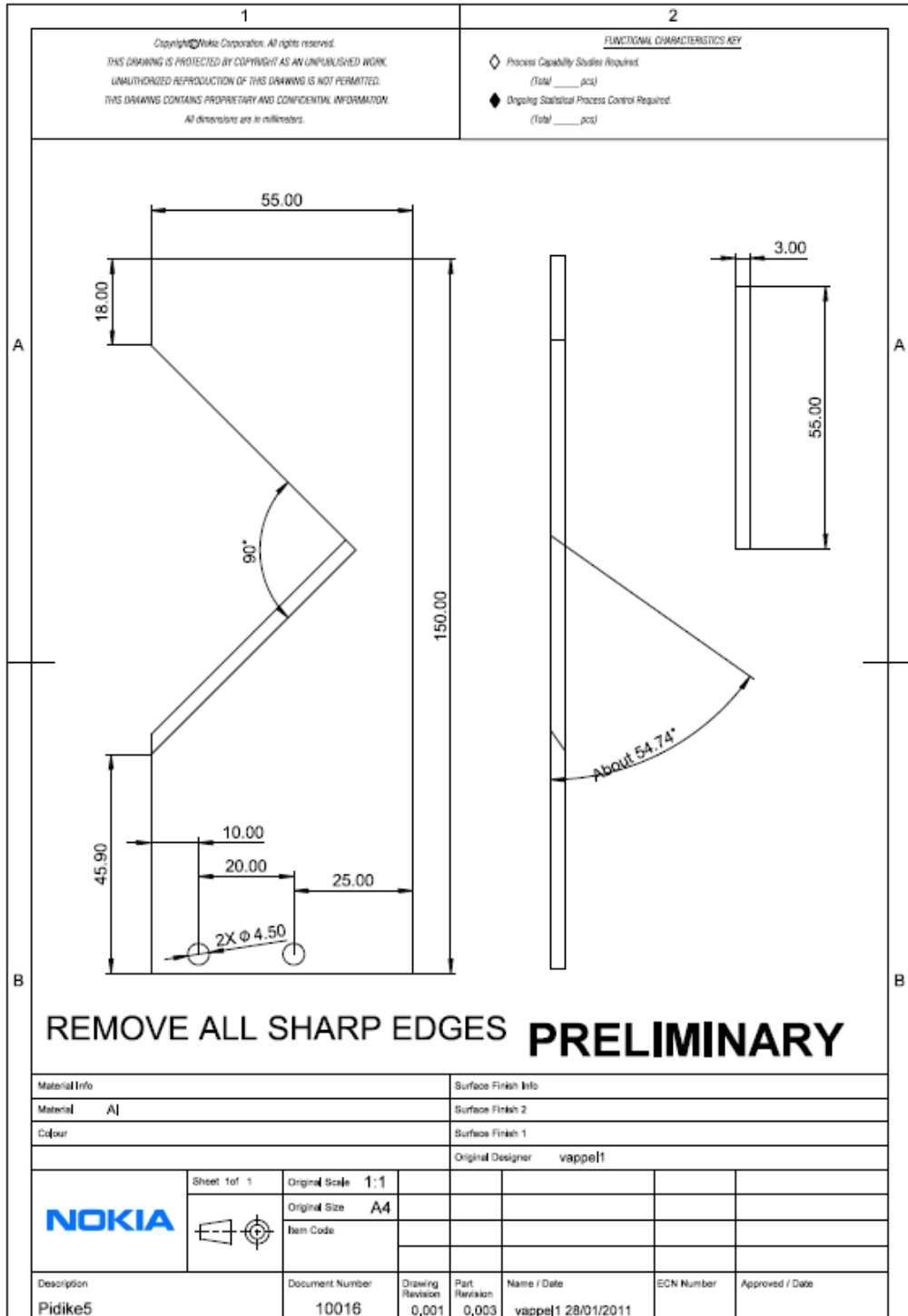


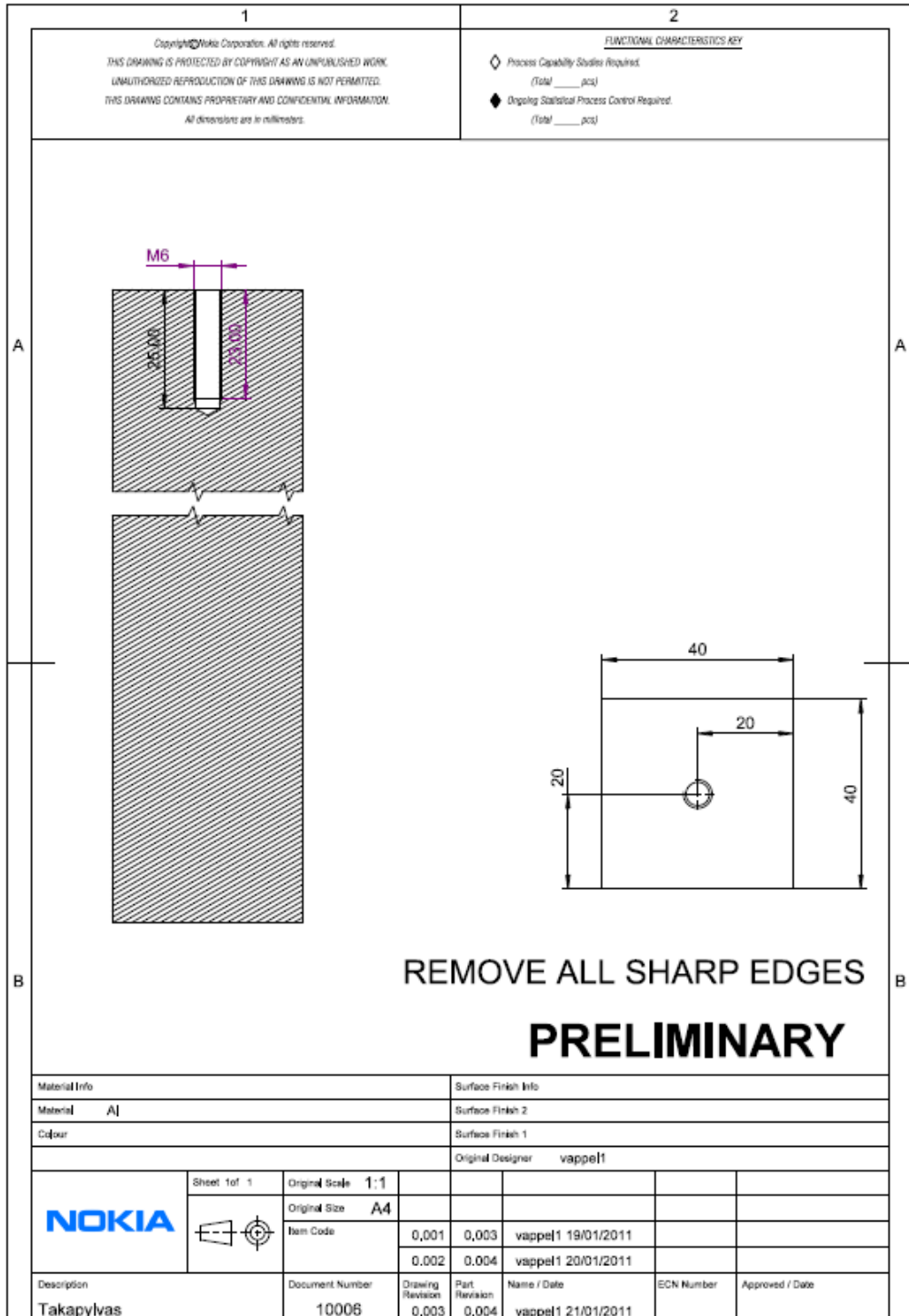


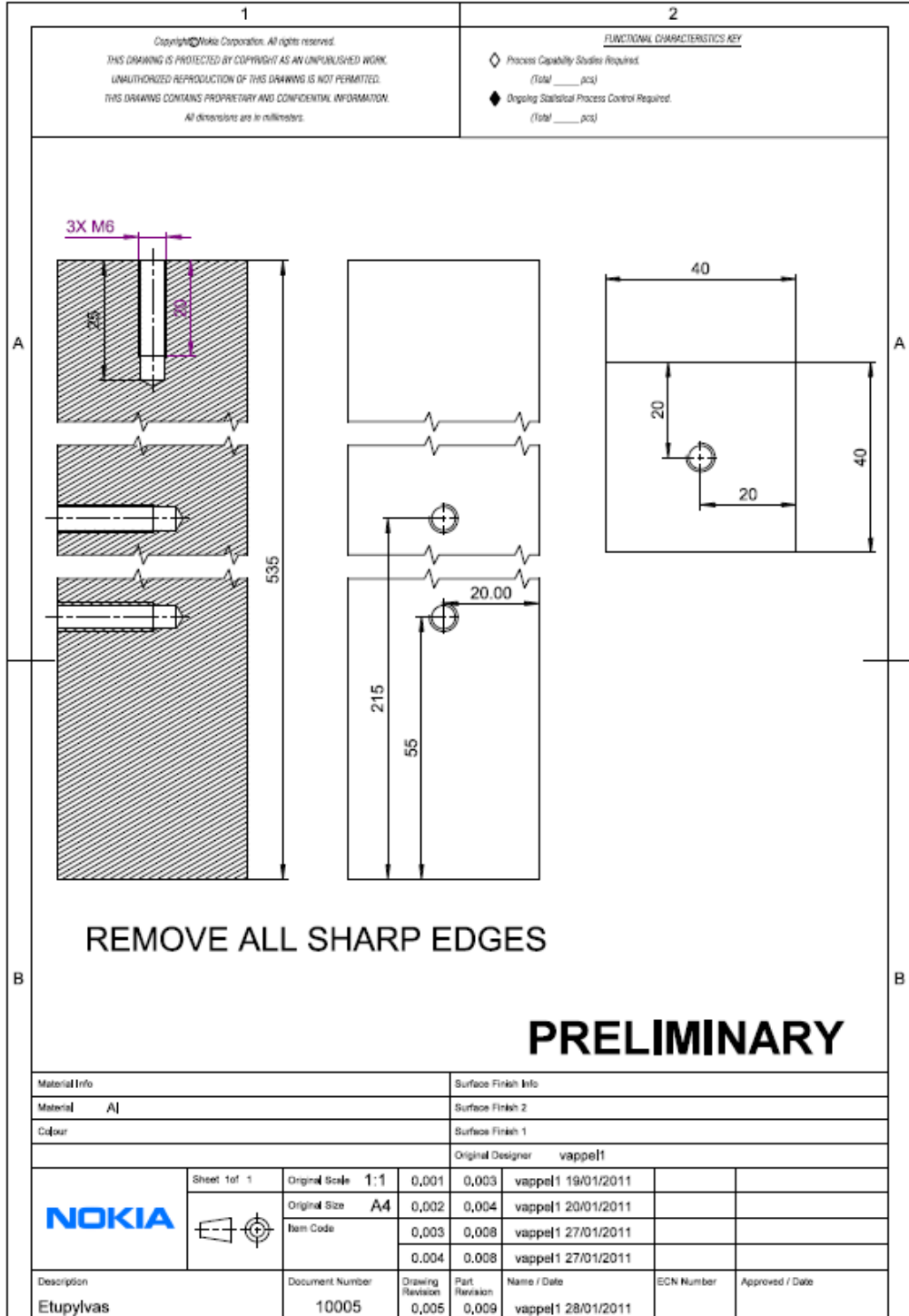


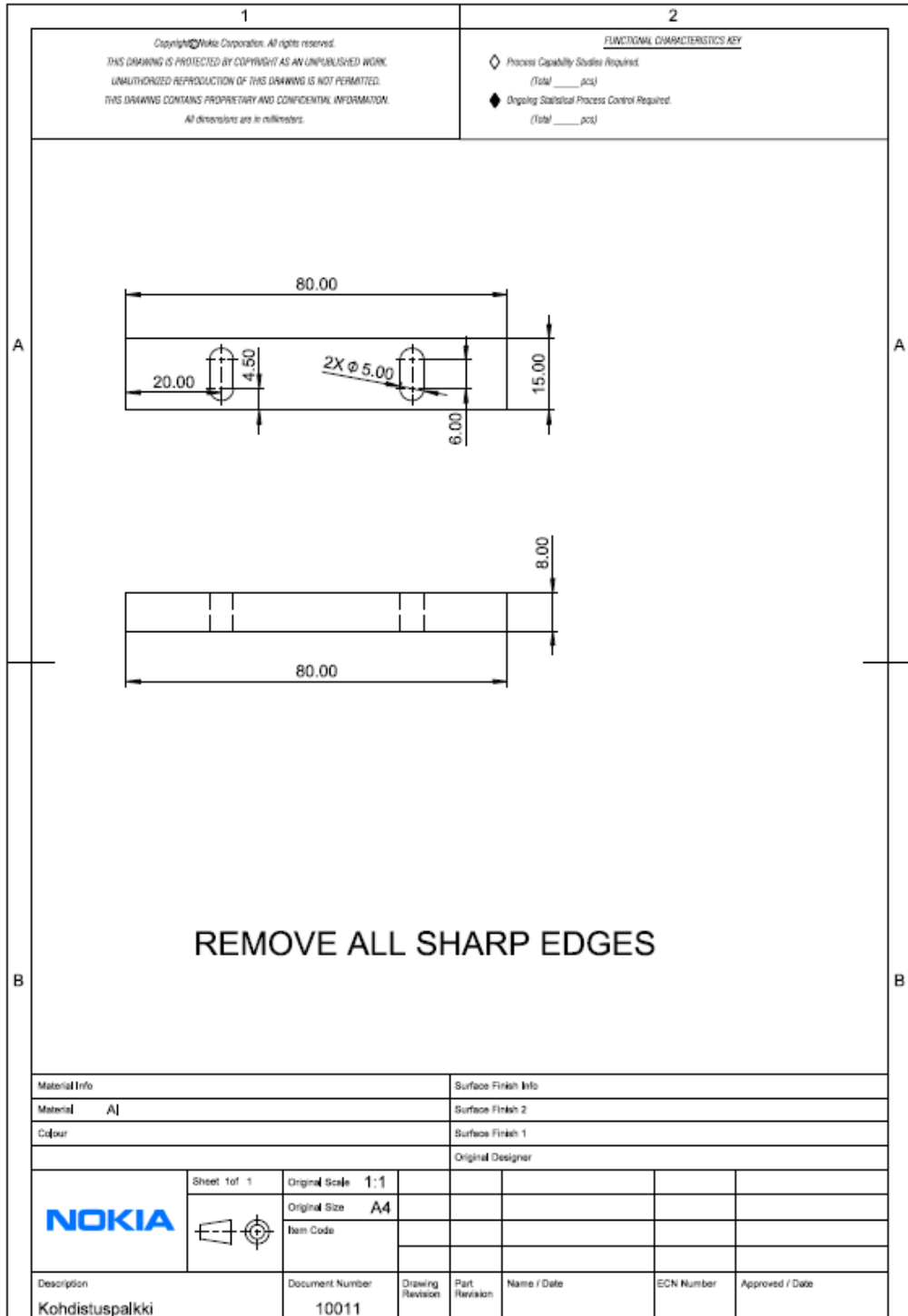


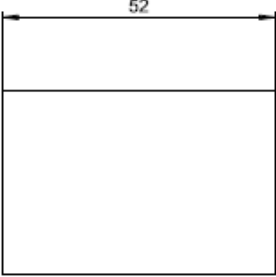
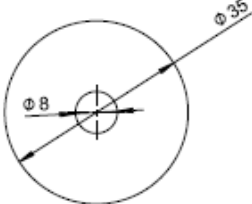












<p>1</p> <p><small>Copyright © Nokia Corporation. All rights reserved. THIS DRAWING IS PROTECTED BY COPYRIGHT AS AN UNPUBLISHED WORK. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OF THIS DRAWING IS NOT PERMITTED. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION. All dimensions are in millimeters.</small></p>	<p>2</p> <p><u>FUNCTIONAL CHARACTERISTICS KEY</u></p> <p>◇ Process Capability Studies Required. (Total ____ pcs)</p> <p>◆ Ongoing Statistical Process Control Required. (Total ____ pcs)</p>																										
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>52</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>φ 35</p> <p>φ 8</p> </div> </div> <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">REMOVE ALL SHARP EDGES</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.5em; margin-top: 20px;">PRELIMINARY</p>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Material Info</td> <td colspan="2">Surface Finish Info</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>A1</td> <td colspan="2">Surface Finish 2</td> </tr> <tr> <td>Colour</td> <td></td> <td colspan="2">Surface Finish 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Original Designer vappel1</td> </tr> </table>		Material Info		Surface Finish Info		Material	A1	Surface Finish 2		Colour		Surface Finish 1				Original Designer vappel1											
Material Info		Surface Finish Info																									
Material	A1	Surface Finish 2																									
Colour		Surface Finish 1																									
		Original Designer vappel1																									
		<p>Sheet 1 of 1</p> 	<p>Original Scale 1:1</p> <p>Original Size A4</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>0,001</td> <td>0,003</td> <td>vappel1</td> <td>19/01/2011</td> </tr> <tr> <td>0,002</td> <td>0,004</td> <td>vappel1</td> <td>20/01/2011</td> </tr> <tr> <td>0,003</td> <td>0,008</td> <td>vappel1</td> <td>27/01/2011</td> </tr> </table>	0,001	0,003	vappel1	19/01/2011	0,002	0,004	vappel1	20/01/2011	0,003	0,008	vappel1	27/01/2011	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Item Code</td> <td>0,001</td> <td>0,002</td> <td>0,003</td> <td>0,004</td> <td>0,005</td> <td>0,006</td> <td>0,007</td> <td>0,008</td> <td>0,009</td> </tr> </table>	Item Code	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,001	0,003	vappel1	19/01/2011																								
0,002	0,004	vappel1	20/01/2011																								
0,003	0,008	vappel1	27/01/2011																								
Item Code	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009																		
<p>Description</p> <p>Holkki</p>		<p>Document Number</p> <p>10007</p>	<p>Drawing Revision</p> <p>0,004</p>	<p>Part Revision</p> <p>0,009</p>	<p>Name / Date</p> <p>vappel1 28/01/2011</p>	<p>ECN Number</p>	<p>Approved / Date</p>																				

