

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Santeri Laakkonen

KANAVAVAIMENTIMIEN TESTAUSYKSIKÖ

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
p. (013) 260 600

Tekijä
Santeri Laakkonen

Nimeke
Kanavavaimentimien testausyksikkö

Toimeksiantaja
Karelia-ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Asuintilojen sekä muiden käyttötilojen koneellisessa ilmanvaihdossa muodostuvan kanavissa etenevän melun vaimentamiseen käytetään kanaviin asennettavia passiivisia tai aktiivisia vaimentimia. Passiivisten vaimentimien toimintaperiaate on absorboida vaimentimen läpi kulkeutuvaa melua huokoiseen vaimennusmateriaaliin, yleensä mineraalivillaan tai vaahtomuoviin. Vaimennus voi myös perustua kanavan pinta-alan muutokseen tai äänen heijastuksiin. Aktiiviset vaimentimet pyrkivät tuottamaan vastaääntä kumoamaan melua. Kanavavaimentimien testaukseen on julkaistu ISO-standardi.

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa ilmastoinnin koneääni-vaimennuksessa käytettyjen kanavavaimentimien testausyksikkö pyrkimällä standardin-mukaisuuteen. Työn aikana perehdytään markkinoilla olevien kanavavaimentimien testauksen toimenpiteisiin ja vaatimuksiin. Vaimentimien testausyksikön suunnittelu pohjautui vahvasti olemassa olevan kanavavaimentimien testauksessa käytetyn standardin SFS-EN ISO 7235:2009 sisältöön ja vaatimuksiin.

Työn luonne oli sekä tutkiva että toiminnallinen. Kyseisen testausyksikön rakentaminen on mahdollista tavallisen konepajaympäristössä työskennelleen henkilön osaamisella, työkaluilla sekä laitteilla.

Kieli

suomi

Sivuja 57

Liitteitä 5, sivumäärä 94

Asiasanat

ilmastointi, kanavavaimennin, akustiikka, talotekniikka



THESIS
April 2017
Degree Programme in Mechanical
and Production Engineering
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
p. +358 (0)13 260 600

Author
Santeri Laakkonen

Title
Testing Unit for Duct Silencers

Commissioned by
Karelia University of Applied Sciences

Abstract

For attenuation of the noise propagating inside ventilation ducts produced in mechanical ventilation of residential and other facilities, passive or active silencers installed inside the ducts are used. The working principle of the passive silencers is to absorb noise passing through into a porous dampening material, usually mineral wool or polymeric foam. Attenuation may also be based on the change in the duct area or reflections of the sound. In comparison, active silencers produce anti-noise to cancel out the sound waves. An ISO-standard has been published for testing the duct silencers.

The purpose of this work was to design and build a testing unit for the duct silencers used for machine noise attenuation in air ventilation ducts striving for accordance with the standard. During the work the focus was on testing arrangements and requirements of the duct silencers available in the market. The designing of the duct silencer testing unit was heavily based on the contents and requirements of the standard SFS-EN ISO 7235:2009 used for the testing of such silencers.

The nature of the work was both investigative and operational. The construction of the particular testing unit is possible for a person with a background in a workshop environment with its know-how, tools and devices.

Language

Finnish

Pages 57

Appendices 5

Pages of Appendices 94

Keywords

air conditioning, duct silencer, acoustics, building services

Sisältö

Tiivistelmä
Abstract

1	Johdanto	5
2	Valmistelut	6
2.1	Tehtävänasettelu	6
2.2	Tutkimustyö	6
2.3	Laitteiston kokonaisuuden hahmottelu.....	10
2.4	Tilojen ja työkalujen kartoitus.....	12
3	Komponenttien teoreettiset vaatimukset.....	14
3.1	Äänilähdepuolen laitteisto	14
3.1.1	Äänentuotto sekä kaiutinlaatikko	15
3.1.2	Modaalisuodatin.....	15
3.1.3	Äänilähdepuolen pöytä	16
3.2	Vastaanotto puolen laitteisto.....	17
3.2.1	Vastaanottavan puolen pöytä	18
3.2.2	Mittauskanava.....	18
3.2.3	Kaiun poisto	20
3.3	Vaimennin ja sijaiskanava.....	26
4	Tarvikehankinnat	26
5	Toteutus.....	28
5.1	Äänilähdepuolen rakentaminen	28
5.1.1	Kaiutinlaatikko.....	29
5.1.2	Äänilähdepuolen pöydän valmistus	30
5.1.3	Modaalisuodattimen valmistus.....	31
5.2	Vaimentimet ja sijaiskanavan valmistus.....	33
5.3	Vastaanottavan puolen rakentaminen	34
5.3.1	Vastaanottavan puolen pöydän valmistus	35
5.3.2	Mittauskanavan valmistus.....	38
5.3.3	Kaiun poiston valmistus	40
6	Testimittaukset ja tulokset.....	49
7	Johtopäätökset	52
8	Pohdinta.....	55
	Lähteet.....	57

Liitteet

Liite 1	Kanavavaimentimien testausyksikön piirustukset
Liite 2	Mittauksissa käytettyjen akustisten laitteiden esitteet
Liite 3	Eristemateriaalien laatu- ja hintavertailu
Liite 4	Testivaimentimien esitteet
Liite 5	Vaimentimien testimittauksien tulokset

1 Johdanto

Ilmastoinnissa käytettyjen kanavavaimentimien vaimennusominaisuuksia testataan kytkemällä ne osaksi äänilähde-vastaanottolaitteistoparia. Molempiin laitteistoihin kuuluu eri komponentteja, joilla on omat vaatimuksensa ja tehtävänsä testausyksikössä.

Tavoitteena on luoda mittauksille oikeaa käyttöympäristöä vastaavaa tilanne, missä ääntä tuottavan komponentin melu kulkeutuu kanavaa pitkin testattavan vaimentimen läpi ja siitä melua vastaanottavalle puolelle. Kanavavaimentimien vaimennustehoa voidaan testata ilman kanavistossa kulkevaa ilmavirtausta, kun ilmanvirtauksen merkitys testituloksille on mitätön tai esimerkiksi absorptiovaimentimilla alle 20 m/s [1, s. 9]. Vaimennetun melun voimakkuus mitataan vastaanottavan puolen rakenteen ratkaisusta riippuen vastaanottopuolelle sijoitetulla mittalaitteen anturilla ja sitä verrataan vaimentimen tilalle sijoitettavan eristeettömän sijaisputken kanssa saataviin arvoihin.

Ilmastointikanavien vaimentimien testausta varten on julkaistu standardi SFS-EN ISO 7235:2009 "Acoustics. Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units. Insertion loss, flow noise and total pressure loss (ISO 7235:2003)", mikä oli keskeisessä asemassa tässä työssä. Valmistetun testausyksikön suunnittelussa ja rakentamisessa pyrittiin standardinmukaisuuteen.

Työ tehtiin tilaustyönä Karelia-ammattikorkeakoulun taloteknisiä kanavavaimentimien testauksia varten sovellettuna ja valmis laitteisto sijoitettiin oppilaitoksen tiloihin. Laitteiston valmistukseen käytettiin ammattikorkeakoulun tarjoamia tiloja, tarvikkeita ja työkaluja.

2 Valmistelut

2.1 Tehtävänasettelu

Testausyksikölle asetettiin seuraavia vaatimuksia liittyen rakenteeseen ja standardinmukaisuuteen:

- 1) Rakenteeltaan yksikön tulee olla kokonaisuutena helposti liikuteltavissa ja varastoitavissa.
- 2) Komponentteihin täytyy pystyä pääsemään käsiksi ja niitä pitää pystyä vaihtamaan ja irrottamaan helposti halutun mukaiseksi.
- 3) Rakenteellisten ratkaisujen tulee olla yksinkertaisia ja oppilaitoksen laitteilla sekä resursseilla rakennettavissa ja huollettavissa.
- 4) Kokonaisuutena pyrittävä standardinmukaisuuteen, jotta laitteistolla voidaan suorittaa esim. vaimentimien testausta asiakkaille.
- 5) Testattavat kanavahalkaisijat ovat tilaajan mukaan 100–250 mm. Näille kanavahalkaisijoille valmistettujen vaimentimien testauksen mahdollisuus samalla laitteistolla on eduksi, alustavasti suunnitelmat kuitenkin Ø 160 mm:n kanavien vaimentimille.

Lisäksi kokonaisuudesta halutaan tuotantokelpoiset piirustukset (liite 1), sekä kolmiulotteiset mallit.

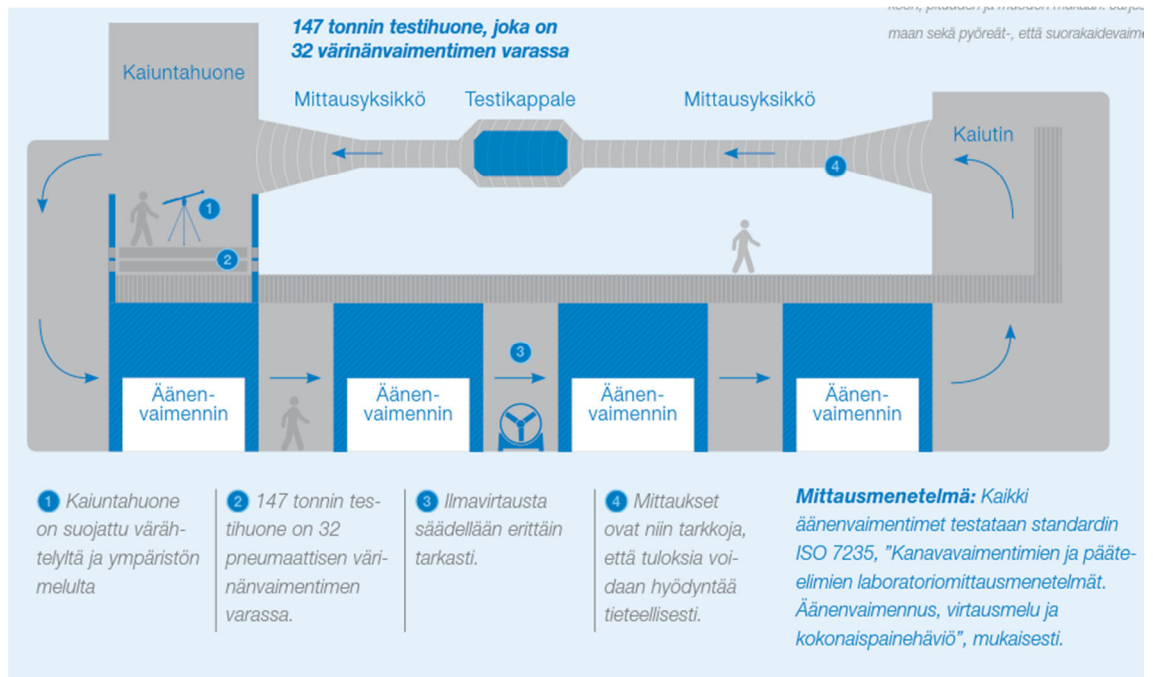
Alustavasti testausyksikön sijoituspaikaksi tulisi oppilaitoksen pienehkö huonetila talotekniikan laboratorion vierestä, mikäli laitteiston standardinmukaiset minimimitat sen sallivat.

2.2 Tutkimustyö

Taustainformaation keräilyssä sekä akustiikan maailmaan paremmin perehtymisessä käytettiin apuna aiheeseen opastavia web-sivustoja sekä alan kirjallisuutta.

Vastaavanlaisten testausyksiköiden olemassaolosta on erittäin rajallisesti informaatiota, mutta esimerkiksi ilmastointi- ja rakennusratkaisuja tuottava Oy

Lindab Ab käyttää omista vaimentimien testauksissaan todella suurikokoista testauslaitostaan (kuvio 1).



Kuvio 1. Lindabin käyttämä testausympäristö kanavavaimentimien vaimennuksen ja ilmanvirtauksen vaikutuksen määrittelemiseksi [2, s. 6].

Ilmastointitarvikkeisiin erikoistuneita yrityksiä löytyy runsaasti, ohessa merkittävimpiä pohjoismaisia:

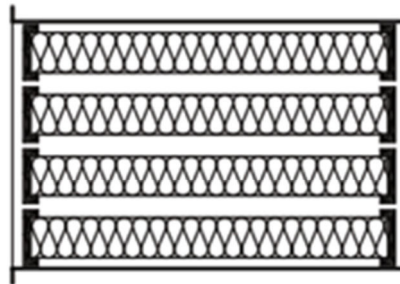
- Oy Lindab Ab
- Oy Swegon Ab
- Fläkt Woods Oy
- Uponor Oyj

Tyypillisesti ainakin pohjoismaiset valmistajat ja välittäjät ilmoittavat vaimentimiensa täyttävän ISO 7235:n mukaiset vaatimukset. Muita

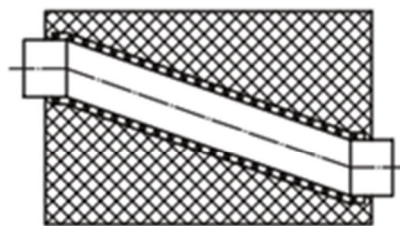
vastaavanlaisia valmistajien käyttämiä vaimentimien äänitekniliseen testaukseen liittyviä standardeja ei alustavan tutkimuksen päätteeksi tullut ilmi.

Passiiviset vaimentimet kattavat selkeästi suurimman osan kanavavaimentimien markkinoista ja ne voidaan jakaa toimintaperiaatteidensa ja rakenteidensa mukaan absorptiovaimentimiin, kammiovaimentimiin ja reaktiivisiin vaimentimiin. Absorptiovaimentimien toimintaperiaate on absorboida kanavassa etenevää äänienergiaa huokoiseen eristysmateriaaliin, kun taas kammiovaimentimien toiminta perustuu kanavan pinta-alan muutokseen, äänen hajaantumiseen sekä absorptioon. Reaktiivisissa vaimentimissa vaimennus perustuu äänienergian heijastuksien luomiseen. [3, s. 71–82.]

Vaimentimia löytyy tyypillisesti laatikkomaisia tai sylinterimäisiä, koot etenevät ilmastointikanavien kokoluokituksen mukaisesti ja niiden sisärakenteiden ratkaisussa ja muodossa on paljonkin valinnan varaa (kuviot 2 ja 3).

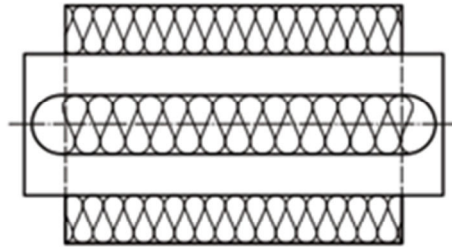


a) Lamellivaimennin

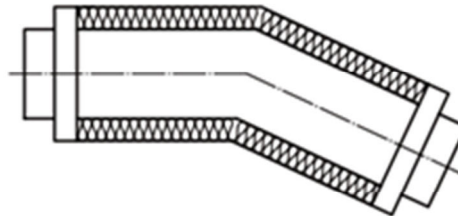


b) Epäkeskeinen vaimennin

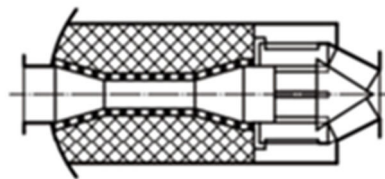
Kuvio 2. Kahden erilaisen vaimenninmallin poikkileikkaukset [1, s. 5].



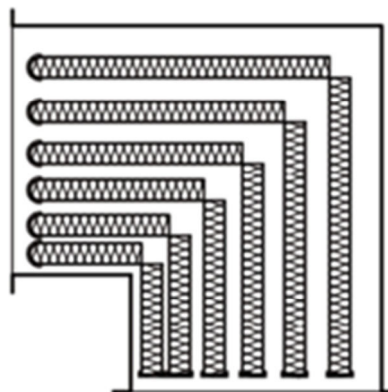
c) Pyöreä vaimennin samankeskeisellä vaimennuspatruunalla



d) Taipuisa vaimennin



e) Vaimennin kipinänsammuttimella

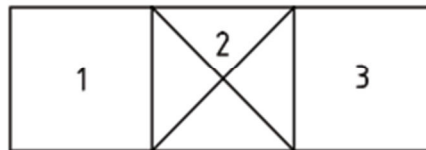


f) Kulmavaimennin

Kuvio 3. Lisää erilaisten vaimenninmallien poikkileikkauksia [1, s. 6].

2.3 Laitteiston kokonaisuuden hahmottelu

Testauslaitteisto koostuu äänilähdepuolesta, testikappaleesta/sijaiskanavasta ja vastaanottavasta puolesta (kuvio 4).



Key

- 1 sound-source equipment
- 2 test object
- 3 receiving-side equipment

Kuvio 4. Kanavavaimentimien testauslaitteiston kokoonpanorakenne [1, s. 9].

Standardin ensimmäisenä suosittelemaan kokoonpanoon kuuluu vastaanottopuoleksi kaiuntahuone, jossa mittaukset suoritetaan [1, s. 13]. Huoneen tulisi olla suositellulta tilavuudeltaan vähintään 200 m³ (taulukko 1), mikäli 100 Hz on matalin mittauksissa kiinnostava kolmannesoktaavin taajuuskaista (taulukko 2). Kaiuntahuoneen vaatimuksien selvitykseen ohjeistetaan käyttämään standardia SFS-EN ISO 3741:2010 “Acoustics. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure. Precision methods for reverberation test rooms (ISO 3741:2010).” [1, s. 13].

Taulukko 1. Suositellut minimitilavuudet kaiuntahuoneelle [4, s. 7].

Lowest one-third-octave band frequency of interest Hz	Minimum volume of the reverberation test room m ³
100	200
125	150
160	100
≥200	70

Taulukko 2. Kolmannesoktaavikaistat [5].

1/3 Octave Bands		
Lower Band Limit (Hz)	Center Frequency (Hz)	Upper Band Limit (Hz)
11.2	12.5	14.1
14.1	16	17.8
17.8	20	22.4
22.4	25	28.2
28.2	31.5	35.5
35.5	40	44.7
44.7	50	56.2
56.2	63	70.8
70.8	80	89.1
89.1	100	112
112	125	141
141	160	178
178	200	224
224	250	282
282	315	355
355	400	447
447	500	562
562	630	708
708	800	891
891	1000	1122
1122	1250	1413
1413	1600	1778
1778	2000	2239
2239	2500	2818
2818	3150	3548
3548	4000	4467
4467	5000	5623
5623	6300	7079
7079	8000	8913
8913	10000	11220
11220	12500	14130
14130	16000	17780
17780	20000	22390

Sijoituspaikkana toimivan huonetilan käyttö kaiuntahuoneena ei ole mahdollista, sillä huoneen tilavuus on vaaditusta 200 m³:stä vain neljännes. Lisäksi tämä kaiuntahuone vaatisi oikeanlaisen, standardin ISO 3741:n ohjeistaman muodon ja akustiikan [4, s. 32]. Nämä tekijät mitätöivät suunnitelmat kaiuntahuoneen

käyttöön toteutuskelpoisena vaihtoehtona. Tällöin käytetään seuraavana suositeltua ratkaisua, testattavan kappaleen taakse sijoitettavaa mittauskanavaa ja kaiun poistoa [1, s. 13].

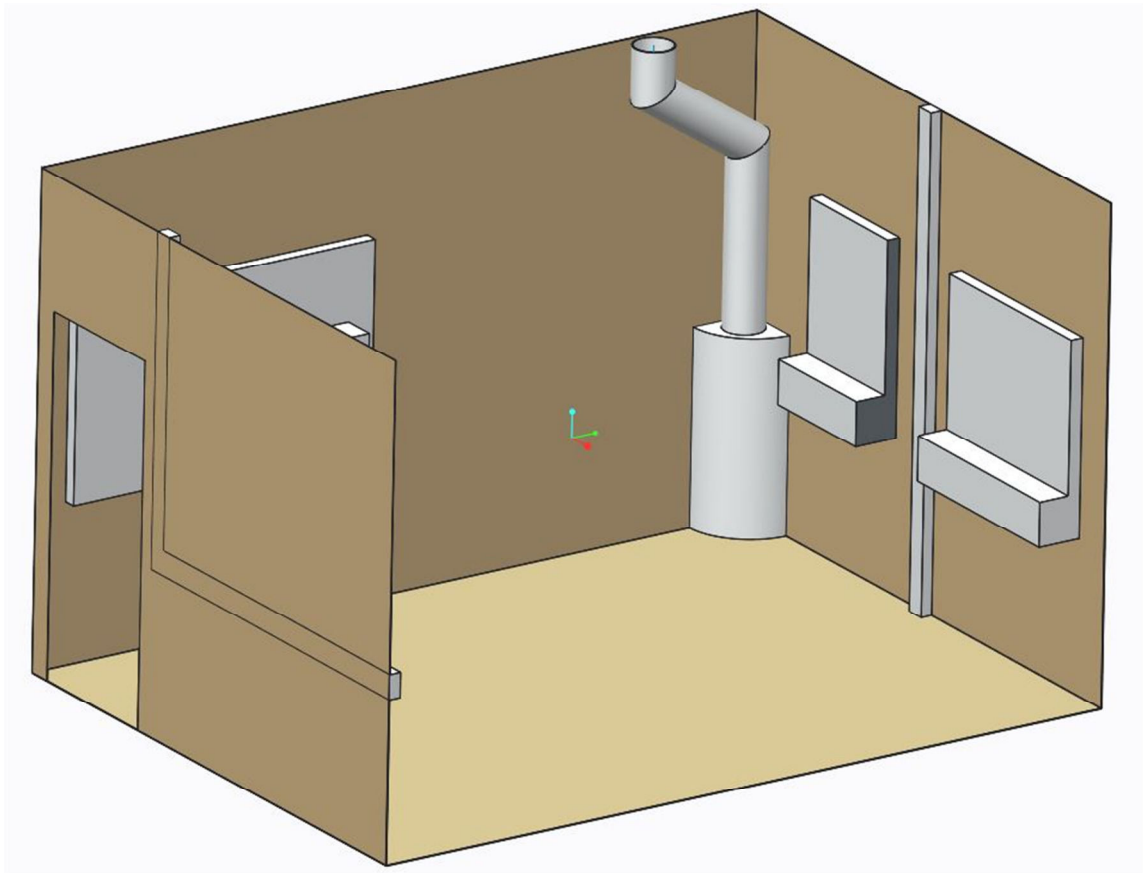
2.4 Tilojen ja työkalujen kartoitus

Käytössä olevat työkalut, -tilat ja -tarvikkeet kartoitettiin ennen toteutuksen aloittamista. Ammattikorkeakoulun varastokannasta löytyi käyttökelpoisia materiaaleja mm. runsaasti erilaisia Bosch Rexroth -alumiiniprofiileja, erilaisia teräsrakenteita (lattatankoja ohutlevyä, pyörö- ja kierretankoja), kiinnitystarvikkeita, ruostesuojauspinnotteita sekä kalustepyöriä liikuteltavia pöytiä varten. Varastosta jätelavalle menevistä tarvikkeista saatiin myös pelastettua akustiseen eristykseen rouhepuristeisia uusiovahtomuovilevyjä.

Käytössä tarvittavia ja oppilaitokselta löytyviä työkoneita:

- pylväsporakone
- käsiporakone
- paineilmaviila
- kulmahiomakone
- ohutlevyille soveltuva hitsauskone
- levyleikkuri
- ohutlevyjen taivutuskone

Testausyksikölle kaavaillun sijoitustilan mitat selvitettiin ja niistä valmistettiin kolmiulotteinen malli virtuaalista testauslaitteiston sovitusta varten (kuva 1).



Kuva 1. Testausyksikön alustavan sijoitushuoneen kolmiulotteinen mallinnus, jossa pohjan mitat n. 4,8 m x 3,55 m ja tilavuus n. 50 m³.

Mittauksissa käytettävät akustiset laitteet (liite 2) saadaan käyttöön oppilaitokselta:

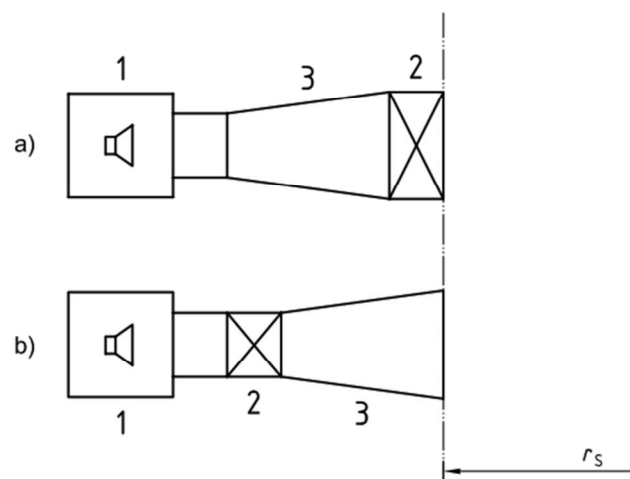
- Norsonic Nor275 hemi-dodekaedrikaiutin
- Norsonic Nor280 vahvistin
- Norsonic Nor140 äänianalysaattori

3 Komponenttien teoreettiset vaatimukset

Tässä luvussa käsitellään testilaitteiston ja sen komponenttien teoreettiset vaatimukset ja hahmotelmat rakennusta ja mallinnusta ajatellen. Itse rakentaminen ja mallintaminen löytyvät luvusta 5.

3.1 Äänilähdepuolen laitteisto

Äänipuolen tehtävä on tuottaa ilmastointikanavien laitteiston sijasta melua ja ohjata se kanavassa eteenpäin testattavaan vaimentimeen. On oletettavaa, että äänenlähteen ja testikappaleen väliin saatetaan tarvita supistava tai laajentava välikappale, jonka sijoitus on mieluummin ennen modaalisuodatinta (kuvio 5) [1, s. 11].



Key

- 1 loudspeaker unit
- 2 modal filter
- 3 transition element

r_s is the reflection coefficient referring to this plane.

Kuvio 5. Esimerkkejä mahdollisista äänentuotto puolen järjestelyistä [1, s. 10].

3.1.1 Äänentuotto sekä kaiutinlaatikko

Ääntä tuottava lähde sijoitetaan suljettuun ja akustisesti eristettyyn laatikkoon josta melu kulkeutuu modaalisuodattimen läpi vaimentimelle. Eristyksellä tulee pyrkiä eliminoimaan kanavan seinämämateriaaleissa etenevää ja laatikon ulkopuolelle kulkeutuvaa melua aiheuttamasta häiriötä mittauspäälle. Rakenteissa etenevä värinä on merkittävin häiriötekijä mittauksissa ja sitä tulisi estää käyttämällä rakenteiden seinämämateriaalina esim. voileipäarakenteita, tai eristämällä testauslaitteiston kanavat toisistaan värinää vaimentavalla elastisella materiaalilla. [1, s. 37.]

Tuotetun äänen voimakkuuden tulisi ylittää vallitseva taustamelu vähintään 6 dB:llä ja mieluummin 10 dB:llä jokaisella mitattavalla taajuuskaistalla [1, s. 10]. Äänentuottoon käytetään tässä laitteistossa Norsonicin Nor275-kaiutinta sekä Nor280-vahvistinta, josta saadaan myös punaista, pinkkiä sekä valkoista kohinaa vastaamaan haluttua melua.

3.1.2 Modaalisuodatin

Kaiutinlaatikon sekä testattavan vaimentimen väliin tulee sijoittaa eristetty kanava, jonka tehtävä on vaimentaa eri moodeja. Sen tehtävä on myös erottaa testattava vaimennin tai sijaisputki äänilähteestä. Modaalisuodattimena voidaan käyttää testattavan vaimentimen kaltaista lyhyempää vaimenninta. [1, s. 11.]

Suodattimen pituuden ja vaimennusmateriaalin vaimennuskertoimen tulon tulee olla suurempi kuin kanavan halkaisija (kaava 1). Vaadittua kanavan pituutta voidaan lyhentää, mikäli kanavan sisään asennetaan eristäviä välilevyjä. Paksumpi eristekerros eristää paremmin mataliakin taajuuksia. [1, s. 32.]

$$d < L\alpha \tag{1}$$

jossa




d kanavan halkaisija

L kanavan eristeosuuden pituus


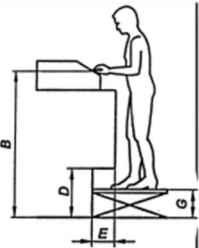

α eristeen absorptiokerroin

3.1.3 Äänilähdepuolen pöytä

Komponenttien helpon liikuteltavuuden ja mukavan käsittelyasennon vuoksi äänentuotolle sekä vastaanottopuolelle valmistetaan pyörillä liikkuvat, koottavat ja purettavat pöydät tarjolla olevista alumiiniprofiileista ja tarvikkeista. Pöytien mitat muotoutuivat mallinnusten edetessä. Äänipuolen pöydän sekä kanavien keskiöakselin käyttökorkeuden suunnittelussa on huomioitu koneturvallisuuden standardin SFS-EN ISO 14738 asettamia ergonomisia työskentelykorkeuksien määrittelyjä istualtaan sekä seisaaltaan.

Task demands	Posture	Working height	Working surface height
Fine co-ordination of hand-work (arm supported) combined with visual monitoring in the same working area		higher than elbow height	high working surface possible
Active movements with arms, small objects		at elbow height	surface at elbow height
Handling of large, but not excessively bulky or heavy objects		variable, depending on the size of the object	surface below elbow height if compatible with space for legs; a forward sloping seat can provide more space

Kuvio 6. Ergonomisen istumatyön työskentelykorkeuden ohjeistus [6, s. 8].

Posture	Notation	European Value (mm) ^a	Explanation of measurements
<p>Working height for high visual and/or precision requirements</p> 	A	1584 1053	<p>Working height adjustable</p> $A_{\max} = 1,3h_4(P95) + x_1$ $A_{\min} = 1,1h_4(P5) + x_1$
		1315 to 1554	<p>not adjustable</p> $A = k \cdot h_4(P95)$ factor k varying between 1,1 and 1,3 according to visual demands ($1,1 \leq k \leq 1,3$)
<p>Working height for average visual requirements, medium precision</p> 	B	1225 960	<p>Working height adjustable</p> $B_{\max} = h_4(P95) + x_1$ $B_{\min} = h_4(P5) + x_1$
		1195	<p>not adjustable</p> $B = h_4(P95)$
	C	1105 867	<p>Working height adjustable</p> $C_{\max} = 0,9h_4(P95) + x_1$ $C_{\min} = 0,9h_4(P5) + x_1$
		1075	<p>not adjustable</p> $C = 0,9h_4(P95)$
	D	226+G	<p>Foot space, height</p> $D = h_5(P95) + x_2 + G$ (where appropriate)
	E	210	<p>Foot space, depth</p> $E = 0,74c_2(P95)$
<p>Working height to allow freedom of arm movements and handling of heavy objects where visual requirements are low</p> 	G	265 0	<p>Platform height (adjustable) where working height is not adjustable</p> $G_{\max} = h_4(P95) - h_4(P5)$ $G_{\min} = 0$
			For allowances x see clause 5

Kuvio 7. Ergonomisen seisomatyön työskentelykorkeuden ohjeistus [6, s. 18].

3.2 Vastaanottopuolen laitteisto

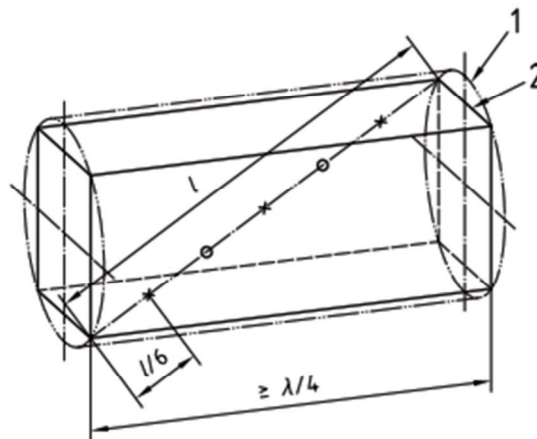
Vastaanottavan puolen tehtävänä on toimia alustana äänenmittauksessa käytetyille mikrofoneille ja poistaa takaisinkaiuntaa häiritsemästä mittauksia. Tarkkaa pistemäistä mittausta paikkaa tulee pystyä liikuttamaan kanavaa pitkin joko tasavälein tai portaattomasti [1, s. 14].

3.2.1 Vastaanottavan puolen pöytä

Myös vastaanottavalle puolelle valmistettiin liikuteltava alusta samoilla periaatteilla kuin äänentuotollekin (luku 3.1.3). Pöytään valmistettiin kiinnitystelineet sekä korkeudensäätömekanismi ja kokonaisuuden painopisteen paikkaa hallitaan pöydän mitoituksella sekä kaiun poiston kiinnityspaikalla. Painopiste suunniteltiin siten, ettei vastaanottopuoli kaadu käytössä tai liikuteltaessa helposti kumoon.

3.2.2 Mittauskanava

Vaimennetun melun taso mitataan vaimentimen taakse sijoitetussa mittauskanavassa. Mittauspaikkoja tulee olla vähintään kolme jaettuna tasaisesti mittauskanavan sisään kuvion 8 mukaisesti.



Key

- 1 circular test duct
- 2 rectangular test duct
- X Key position of microphone
- O Additional position of microphone

Kuvio 8. Varsinaisten ja ylimääräisten mittauspaikkojen sijoittelu mittauskanavassa [1, s. 23].

Mikäli mittauksessa kolmen mittauspisteen välinen äänenpainetasojen ero ylittää sallitun arvon milläkään mitattavalla taajuuskaistalla (taulukko 3), tulee mittaukset suorittaa myös kahdelta ylimääräiseltä mittauspisteeltä. [1, s. 23.]

Taulukko 3. Kolmen mittauspisteen väliset sallitut erojen maksimiarvot eri taajuuskaistoilla [1, s. 23].

Frequency Hz	Maximum level difference dB
50	10
63	10
80	8
100	8
125	7
> 160	6

Mittauspisteiden ja mittausalueen dimensiot saadaan laskettua pienimmän äänentaajuuden aallonpituudesta ja kuvion 8 välimatkoista soveltaen Pythagoraan lauseketta suorakulmaiselle kolmiolle.

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad \rightarrow \quad (\lambda/4)^2 + d^2 = l^2 \quad \rightarrow \quad l = \sqrt{(\lambda/4)^2 + d^2}$$

varsinaisten ja ylimääräisten mittauspaikkojen välimatka tällöin:

$$l/6 = \frac{\sqrt{(\lambda/4)^2 + d^2}}{6} \quad (2)$$

jossa

- l mittauspisteiden sijoitusmatka
- λ pienimmän mitattavan äänentaajuuden aallonpituus
- d kanavan sisähalkaisija

Taulukko 4. Yllä esitettyä kaavaa 2 hyödyntäen lasketut testauskanavan ja mittausalueen pituudet sekä mittauspisteiden välimatkat 50, 63, 80 ja 100 Hz:lle. Aallonpituudet laskettu web-laskurilla [7].

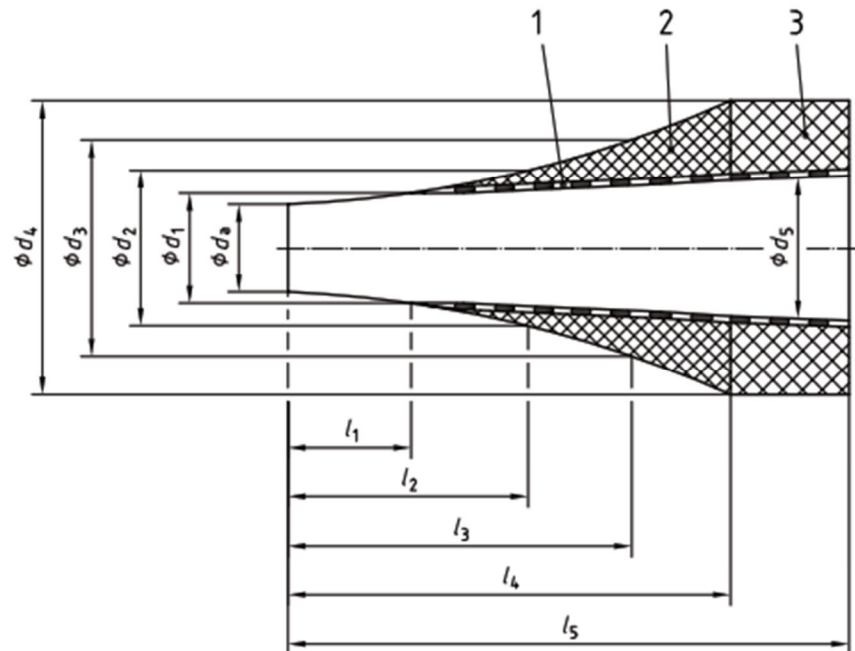
F [Hz]	aallonpituus λ (20°C ilmassa) [m]	kanavan pit. [m]	mittausalue $\lambda/4$ [m]	mittauspisteiden välimatka $l/6$ [mm]
50	6,87	3,44	1,72	287
63	5,45	2,73	1,36	229
80	4,29	2,15	1,07	181
100	3,43	1,72	0,86	145

Yleisesti käytetty taajuusalue testauksissa on 50–10 000 Hz kolmannesoktaavin kaistoina, kuitenkin tietyissä aplikaatioissa voidaan käyttää muunnettua taajuusaluetta 100–5 000 Hz [1, s. 5]. Standardin salliessa mittauksen alkavan 100 Hz:stä 50 Hz:n sijaan, saadaan mittausputken pituus lyhenemään puoleen taulukon 4 mukaisesti.

3.2.3 Kaiun poisto

Kaiun poiston tarkoituksena on vähentää mittauskanavan päädyn takaisinkaiuntaa riittävän asteittaisella kanavapinta-alan muutoksella [8, s. 38]. Kaiun poisto on vaadittu, kun testauksessa käytetty ääni ei pääse leviämään ensisijaisen ohjeistuksen mukaiseen kaiuntahuoneeseen. Melun takaisinkaikumisen estämiseen voidaan tässä tilanteessa käyttää äänen mittauskanavan taakse sijoitettavaa äänienergiaa eliminoivaa lisäkanavaa. [1, s. 13–14.]

Testauslaitteiston suunnitteluun pääasiallisesti käytetyssä standardissa SFS-EN ISO 7235 ohjeistetaan käyttämään kaiun poiston suunnitteluun standardia SFS-EN ISO 5136:2009 “Acoustics - Determination of sound power radiated into a duct by fans and other air-moving devices - In-duct method (ISO 5136:2003)” [1, s. 44]. Standardin ISO 5136 esittämiä erilaisia esimerkkejä kaiun poiston ratkaisuista ja niiden testatuista mitoista voidaan tarkastella kuvioista 9, 10 ja 11.



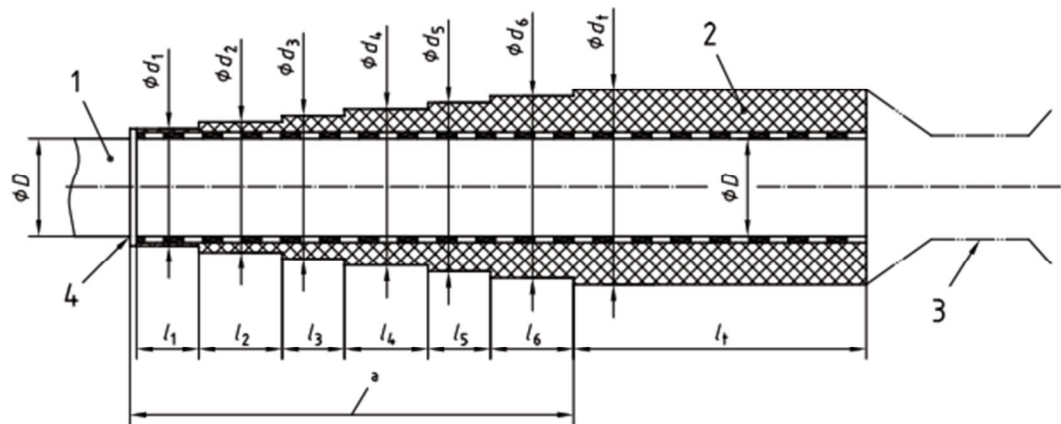
Duct internal diameter, d_a			
d_1	$1,15 d_a$	l_1	$1,44 d_a$
d_2	$1,64 d_a$	l_2	$2,89 d_a$
d_3	$2,25 d_a$	l_3	$3,89 d_a$
d_4	$3,44 d_a$	l_4	$5,11 d_a$
d_5	$1,67 d_a$	l_5	$6,44 d_a$

Key

- 1 perforated metal, approximately 58 % open
- 2 open-celled foam or fibreglass having a density of 24 kg/m^3
- 3 fibre glass having a density of 48 kg/m^3

a) Anechoic termination tested for diameter $d_a = 0,46 \text{ m}$ (see reference [9])

Kuvio 9. Esimerkki torvityyppisestä kaiun poistosta [8, s. 39].



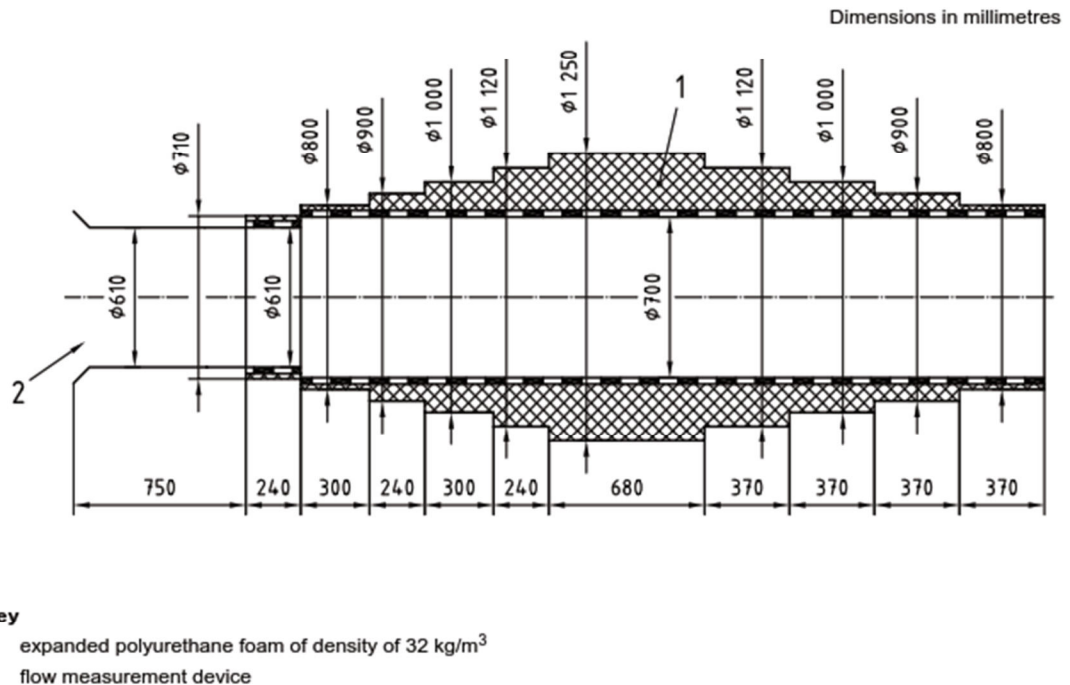
Dimensions in millimetres

Test duct diameter ϕD	No. step expansion	d_1	l_1	d_2	l_2	d_3	l_3	d_4	l_4	d_5	l_5	d_6	l_6	Terminator diameter d_t	Terminator length l_t
400	6	450	240	500	320	550	240	600	320	650	240	700	320	750	1 125
630	4	700	240	780	320	850	240	925	—	—	—	—	—	1 000	1 500
1 000	3	1 150	240	1 300	320	1 450	240	—	—	—	—	—	—	1 600	2 400

Key

- 1 test duct
- 2 mineral wool having a density of 45 kg/m^3
- 3 measuring nozzle
- 4 flanged entry point

Kuvio 10. Esimerkki porrastetun rakenteen kaiun poistosta [8, s. 43].



Kuvio 11. Toinen esimerkki porrastetun rakenteen kaiun poistosta [8, s. 44].

Aiemmin esitetyistä esimerkkikuvioista päädyttiin valitsemaan kuvion 10 mukainen porrastettu malli, sillä se oli helpoiten valmistettavista lyhyin ja siitä löytyi riittävät ohjeet valmistukseen. Sisäkanavan reikäpinta-ala on samankaltaisessa kuvion 11 mallissa n. 35 % [1, s. 44], mitä käytettiin suunnittelussa ohjearvona.

Standardissa testattujen ja käytettyjen kaiun poiston kanavien halkaisijat (400–1 000 mm, kuvio 10) ovat verrattaessa suurempia kuin mitä toimeksiantajan puolesta haluttujen ilmastointikanavien halkaisijat ovat (100–250 mm). Eri halkaisijoiden liitosten rajoitteena on maksimissaan 10 °:n nousukulma kartiomaisilla liittimillä, ja pituudesta sekä päiden pinta-alojen suhteesta riippuvainen asteikon arvo mielivaltaisille poikkileikkuihin muodoille enintään pinta-alojen 1:4 suhteella [1, s. 19]. Suurin tähän tilanteeseen saatava valmis muutossuhde $\phi 160$ mm:n kanavalle oli 160/315 mm, jonka nousukulma on enemmän kuin 10 °. Liitin olisi voitu valmistaa itse, mutta sitä ei nähty järkeväksi puuttuvien työkalujen ja ajan kulutuksen vuoksi.

Testatuista kaiun poiston halkaisijoista poikkeaminen on sallittua rajoitetuissa määrin, joten mitat skaalattiin $\phi 315$ mm:n kanavalle vastaaviksi [8, s. 38].

Taulukko 5. Kaiun poiston kanavakoon skaalaus Ø 400 mm:stä Ø 315 mm:iin. Taulukon tiedot Ø 1000, 630 ja 400 mm:n kanaville otettu kuviosta 10.

	ØD	n _{steps}	n _{teoreettinen}	d _{muutos}	d ₁	l ₁	d ₂	l ₂	...	l _{termination}
	1000	3	3	1,150	1150	240	1300	320	...	2400
muutos edelliseen	-37 %	33 %	37 %		-39 %	0 %	-40 %	0 %		-38 %
	630	4	4,1	1,111	700	240	780	320		1500
muutos edelliseen	-37 %	50 %	37 %		-36 %	0 %	-36 %	0 %		-25 %
	400	6	5,6	1,125	450	240	500	320		1125
muutos edelliseen	-21 %	17 %	21 %		-21 %	0 %	-21 %	0 %		-20 %
	315	7	6,8	1,125	354	240	393	320		900

Taulukon 5 mukaisesti Ø 315 mm:n kanavalle suunniteltiin porrastusten määrä, jokaisen portaalan halkaisijaan tuoma muutos sekä päätyosuuden (terminator) pituus. Rajatuista sarakkeista voidaan huomata, että kanavan sisähalkaisija ØD muuttuu 37 % liikuttaessa halkaisijoissa alaspäin, ja viimeinen muutos Ø 400 mm:n kanavasta Ø 315 mm:n kanavaan on n. 21 %. Jos käytetään samoja muutosprosentteja liikuttaessa porrastuksien määrässä alaspäin, ja lasketaan täten teoreettista portaiden määrää n_{teoreettinen}, niin saatujen arvojen pyöristykset täsmäävät portaiden oikeaan määrään n_{steps}. Valitaan siis portaidemme lukumääräksi 7. Kanavan ulkohalkaisijan muutoskerroin d_{muutos} jokaisesta eristeportaasta johtuen on laskettu kolmanteen rajattuun sarakkeeseen. Käytetään siinä samaa arvoa 1,125 kuin Ø 400 mm:n kanavalla. Päätyosuuden pituus putoaa kanavakoon pienentyessä hieman vaihtelevammin, joten valitaan siihen tasaluvuksi 900 mm, jolloin muutosprosentti jää hillitymmäksi.

Kaiun poiston eristemateriaalin valinnassa oli yksittäisistä hankinnoista merkittävästi eniten valikoimaa ja valintaan vaikuttavia tekijöitä. Tätä varten valmistettiin kattavampi taulukko huokoisten eristemateriaalien vertailusta ja tiheyksien määrittelystä (liite 3). Eristemateriaalina ilmastoinnin kanavissa käytetään yleensä paloturvallista mineraalivillaa. Kuvion 10 tyyppiselle kaiun poistolle ilmoitetaan eristevillan tiheydeksi 45 kg/m³, mutta suunnittelussa päädyttiin käyttämään kevyempää Paroc eXtra -kivivillaa. Hinnaltaan se on edullista ja helposti saatavissa, äänieristykseen suunnitellun hankalasti saatavan ja kalliin erityisvillan sijaan, esim. Paroc InVent 45 G5/N1 tiheydellä 45 kg/m³. Myös Paroc eXtran tiheys on edullisimmista yleisvilloista sopivinta, sillä sen hieman keskivertoa raskaampi n. 30 kg/m³:n tiheys on vielä välttävää tyyppillisesti äänieristyksissä käytettyjen mineraalivillojen 30–70 kg/m³:n tiheyden suhteen [3, s. 67]. Pienempää tiheyttä kompensoitiin suunnittelussa samassa suhteessa paksummalla kerroksella eristevillaa (kaavat 3 ja 4).

Kaavasta 3 voidaan huomata, että kuvion 10 tilanteen villa on puolet raskaampaa kuin Paroc eXtra -kivivilla.

$$\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2} = \frac{45 \text{ kg/m}^3 - 30 \text{ kg/m}^3}{30 \text{ kg/m}^3} = 0,5 \quad (3)$$

jossa

- ρ_1 kuvion 10 esittämä villan tiheys kaiun poistolle
 ρ_2 Paroc eXtra –kivivillan laskennallinen tiheys (liite 3)

Puolet raskaamman villan sijasta kompensoidaan Paroc eXtra -kivivillan pienempää tiheyttä käyttämällä puolet paksumpi kerros villaa.

$$s_1 = \frac{\emptyset D * (d_{\text{muutos}} - 1)}{2} \quad s_2 = s_1 * 1,5$$

$$s_2 = \frac{\emptyset D * (d_{\text{muutos}} - 1)}{2} * 1,5 = \frac{315 \text{ mm} * (1,125 - 1)}{2} * 1,5 \approx 30 \text{ mm} \quad (4)$$

jossa

- s_1 villakerroksen paksuus käytettäessä 45 kg/m³:n villaa
 $\emptyset D$ kaiun poiston kanavan sisähalkaisija (taulukko 5)
 d_{muutos} kanavan ulkohalkaisijan muutoskerroin (taulukko 5)
 s_2 villakerroksen paksuus käytettäessä 30 kg/m³:n villaa

Kaiun poistoon eristemateriaaliksi valittiin kaavan 4 tuloksen ja liitteen 3 hintavertailun mukaan Paroc eXtra -kivivilla 50 mm:n paksuisina levyinä, jotka halkaistaan valmistuksessa 25 mm:n levyiksi.

3.3 Vaimennin ja sijaiskanava

Vaimentimen vaimennuksen tehokkuus pystytään määrittämään vertaamalla äänenpaineen eroa ensin kanavavaimentimen ja tämän jälkeen sijaiskanavaputken kanssa tehdyissä mittauksissa.

Kanavavaimentimen vaimennuksen määrittelemisen kaava (kaava 5) on ilmoitettu standardissa [1, s. 2].

$$D_i = L_{WII} - L_{WI} \quad (5)$$

jossa

D_i	vaimennus
L_{WII}	äänepainetaso sijaiskanavan kanssa
L_{WI}	äänepainetaso vaimentimen kanssa

Vaimennin korvataan toista mittausta varten absorboimattomalla ja jäykällä kanavarakenteella, jolla on sama pituus ja liitoshalkaisija kuin testatulla vaimentimella. [1, s. 4.]

4 Tarvikehankinnat

Projektille asetettiin 200 € tarvikebudjetti. Ammattikorkeakoulun käytävissä olevista tarvikkeista valmistettiin lista ja tarvittavat puutokset koottiin yhteen hankintalistaksi (taulukko 6). Hankinnoissa pääpainona edullisuus, läheltä saatavuus sekä pienin mahdollinen määrä hankintapaikkoja. Lopullinen lista määräytyi hinta- ja hankintapaikkavertailulla ja se toimitettiin toimeksiantajan hankinnoista vastaavalle.

Taulukko 6. Lista hankittavista tarvikkeista ja niiden hankintapaikoista sekä nimellishinnoista.

Tilauslista

LVI-Dahl (Hinnat alv. 0%)

	Määrä:	Hinta /yks.	Hinta yht:
<ul style="list-style-type: none"> IV-kanavat,3 metriset KANAVA TULPATTU EKOD-3-031(3M) LVI-numero: 8103327, PIKA: UG34 	1 kpl	14,87 €/m	44,61 €
<ul style="list-style-type: none"> KANAVA TULPATTU EKOD-3-016(3M) LVI-numero: 8103324, PIKA: LL95 	1 kpl	7,48 €/m	22,44 €
<ul style="list-style-type: none"> IV-muuntoliitin ja sisäliittimet MUUNTOL.PUTKEL BDED-3-315/160 LVI-numero: 8100536, PIKA: FS53 	1 kpl	13,39 €/kpl	13,39 €
<ul style="list-style-type: none"> SISALIITIN BDEN-1-016 LVI-numero: 8100678, PIKA: MS90 	3 kpl	3,80 €/kpl	11,40 €
			yht: 91,84 €

Stark Joensuu

Hyllystä:	Määrä:	Hinta /yks.	Hinta yht:
<ul style="list-style-type: none"> Eriste Parox eXtra 50 mm 6,61 m² 565 x 1170 mm x 10kpl 	2 pkt	33,71 €/pkt	67,42 €
			yht: 67,42 €

Biltema Joensuu

Hyllystä:	Määrä:	Hinta /yks.	Hinta yht:
<ul style="list-style-type: none"> Aänieristelevy 20 mm, 500 x 400 mm 369215, Hyllypaikka: VENE 1 	2 kpl	6,99 €/kpl	13,98 €
<ul style="list-style-type: none"> Harsokangas 15 m², 3 x 5 m 45541, Hyllypaikka: vapaa-aika 27 	1 kpl	5,99 €/kpl	5,99 €
<ul style="list-style-type: none"> Rakennusliima tuubi 300ml 364837, Hyllypaikka: RAKENTAMINEN 23 	4 kpl	2,99 €/kpl	11,96 €
<ul style="list-style-type: none"> Kotitalousnaru ø 1,0 mm, 90 m 850026, Hyllypaikka: TOIMISTOTEKNIikka 5 	2 kpl	1,99 €/kpl	3,98 €
			yht: 35,91 €

Joensuun Kumipörssi

Hyllystä:	Määrä:	Hinta /yks.	Hinta yht:
<ul style="list-style-type: none"> Läpivientikumi Ø 9,5 / 13 mm 	5 kpl	0,50 €/kpl	2,50 €
			yht: 2,50 €

kaikki yhteensä: 197,67 €

5 Toteutus

Laitteiston suunnitteluun käytettiin oppilaitoksen lisenssillä PTC Creo 2 CAD-ohjelmistoa ja rakentamiseen oppilaitoksen metallipajan tiloja ja työkaluja.

Työturvallisuus on aina huomioitava koneiden ja työkalujen kanssa työskennellessä. Henkilösuojaimiin ja työkaluihin haettiin tarvittaessa parannuksia omista varusteista. Työtiloista ja laitteista pidettiin asianmukaista huolta ja työtilan siisteyttä pidettiin asiaankuuluvasti yllä päivittäin.

Valmistuksessa terävät kulmat ja varsinkin kanavien reunat pyöristetään aina käyttäjäturvallisuuden parantamiseksi sekä kanavien liittimien tiivisteiden kunnossa säilymiseksi. Asentaessa kanavia tai vaimentimia paikoilleen kaikki tiivisteet voidellaan silikonispraylla tai vastaavalla tiivisteille soveltuvalla voiteluaineella.

5.1 Äänilähdepuolen rakentaminen

Äänilähdepuoli koostuu liikuteltavalle pöydälle rakennetusta äänieristetyistä laatikosta, irrotettavasta modaalisuodattimesta sekä laatikkoon sijoitetusta kaiuttimesta (kuva 2).



Kuva 2. Äänieristettyyn laatikkoon sijoitettu äänilähde ja siihen liittyvät komponentit.

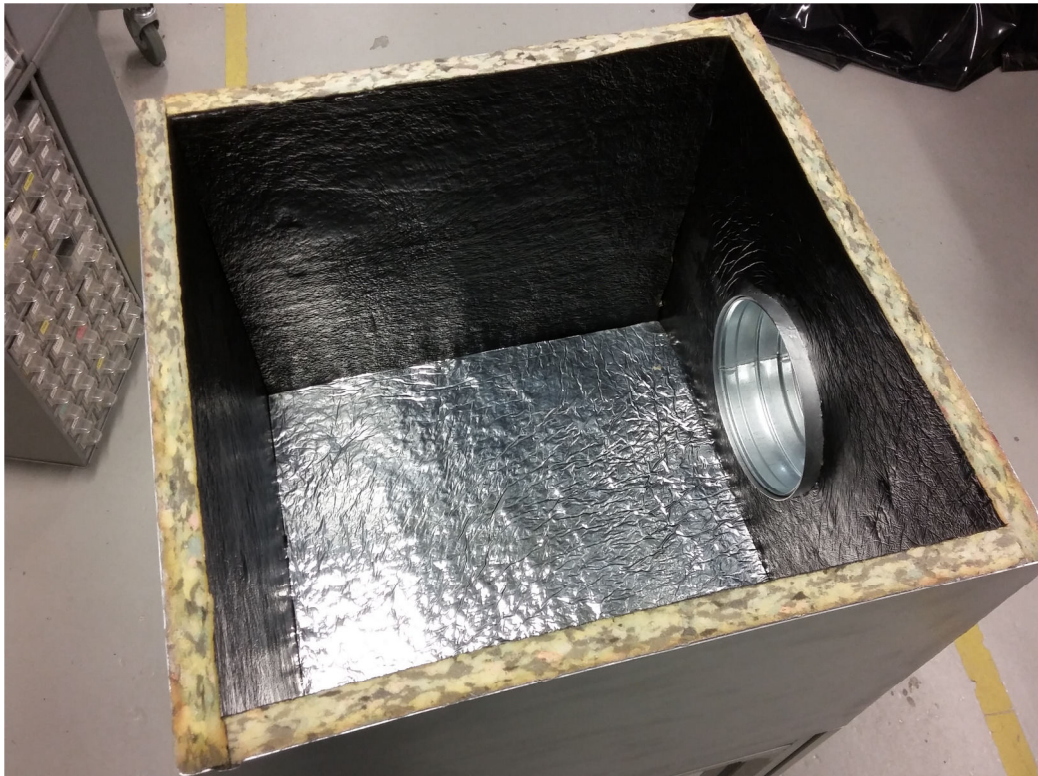
5.1.1 Kaiutinlaatikko

Kaiuttimen ympärille mallinnettiin kuutiomainen kotelo, johon huomioitiin eristeen vaatima tila sekä jätettiin riittävä muutaman senttimetrin välys kaiuttimen laittoa ja poistoa varten. Mikäli eristepaksuutta tahdotaan joskus muuttaa, jätettiin muutokselle myös tilaa laatikkoon.

Laatikko valmistettiin kahdesta erillisestä ohutlevyosasta taivutuskoneen rajoitteiden mukaan ja liitettiin yhteen MIG/MAG-hitsaamalla. Pyöreä läpivienti kanavalle leikattiin peltisaksilla ja terävät kulmat sekä muodot viimeisteltiin hiomalla ja viilaamalla. Ruostuvat materiaalit ja pinnat käsiteltiin ruostesuojauksella.

Vanhemmat eristemateriaalit (kuvassa 3 mustapintaiset) liimattiin koko kosketuspinta-alalle levitettyllä liimamassalla, jotta tartunta olisi tasainen ja

jatkuva vaimentamaan laatikon resonointia. Uudemmat eristelevyt olivat itsestään liimautuvia.



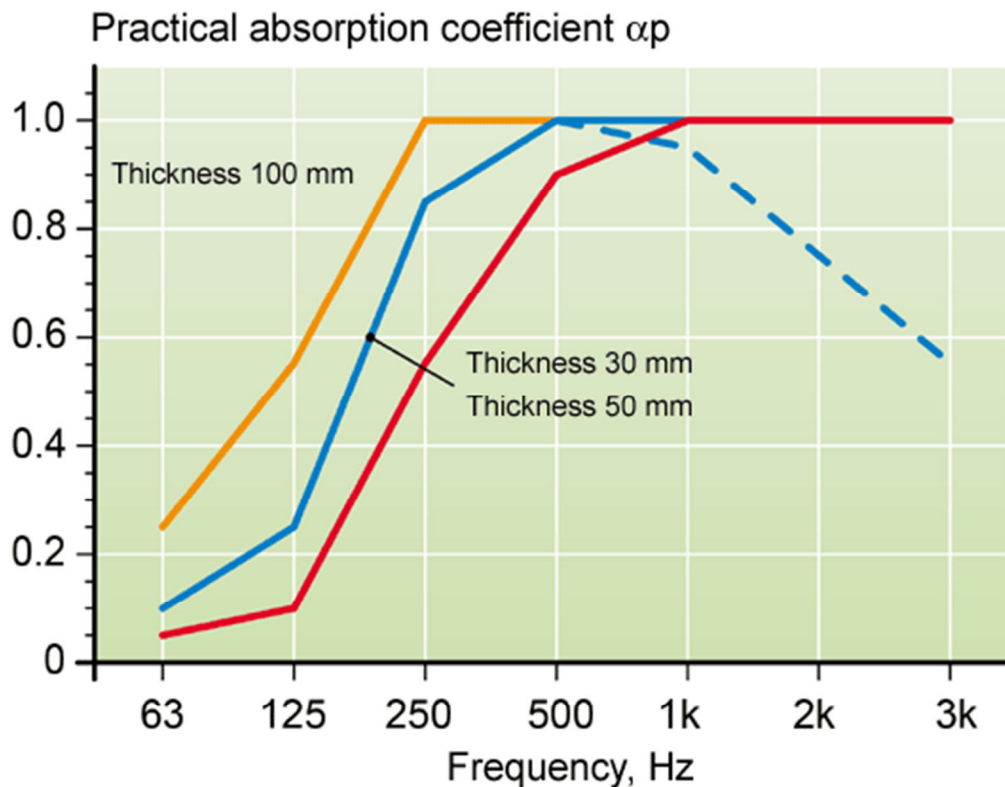
Kuva 3. Kaiutinlaatikon eristetty sisusta ja läpivienti kanavalle.

5.1.2 Äänilähdepuolen pöydän valmistus

Kaiutinlaatikon pöytä myötäilee laatikon mittoja ja se kiinnitettiin pulteilla pohjan läpi pöydän kulmapalkkien päihin tehdyille kierteille. Pöydän korkeus suunniteltiin vastaamaan ergonomista työasentoa työskennellessä laitteiston kanssa seisaaltaan ja tarvittaessa istualtaan. Jalkojen päähän kiinnitettiin kalustepyörät helppoa liikuteltavuutta varten. Pyöristä kaksi ovat lukkiutuvia, joten pöytä saadaan pysymään halutessa paremmin paikallaan.

5.1.3 Modaalisuodattimen valmistus

Standardin niukkojen kirjallisten ohjeiden mukaan päädyttiin käyttämään jäljelle jäävä \varnothing 160 mm:n kanavapätkä suodattimeksi, joka vuorattiin ylimääräisellä 20 mm eristevaahtomuovilla (kuva 4). Luvun 3.1.2 kaavan 1 mukaisesti suodattimen pituuden on oltava suurempi kuin kanavahalkaisijan ja eristeen absorptiokertoimen osamäärän. Käytetyn vaahtomuovin absorptiokerrointa ei ilmoitettu, ja sen määrittely on mahdotonta ilman oikeita laitteita ja osaamista. Lisäksi absorptiokerroin alenee romahtavasti pienemmillä taajuuksilla (kuvio 12).



Kuvio 12. Esimerkki absorptiokertoimen käyttäytymisestä vaimennusmateriaaleilla. Ainevahvuuksiltaan 30, 50 ja 100 mm kivivillan absorptiokertoimet eri taajuuksilla [9].

Voidaan kuitenkin laskea tälle tilanteelle pienin sallittu absorptiokerroin luvun 3.1.2 kaavan 1 mukaisesti, koska tiedetään suodattimen pituus sekä halkaisija.

$$d < L\alpha \quad \rightarrow \quad \alpha > \frac{d}{L} = \frac{160 \text{ mm}}{326 \text{ mm}} \approx 0,49$$

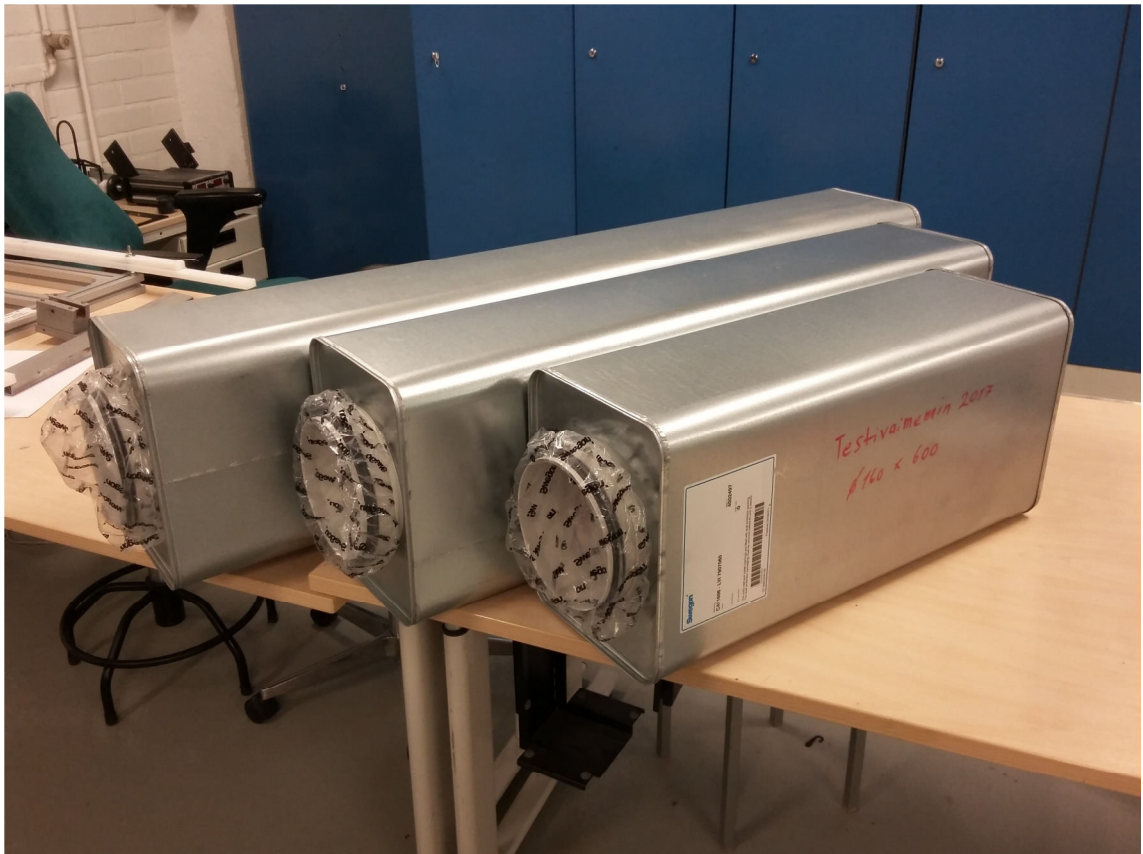
Modaalisuodattimen eristyksen vaikutuksesta testituloksiin tehtiin myöhemmin vertailua testimittauksia tehdessä ja tulokset löytyvät luvusta 7.



Kuva 4. Modaalisuodatin

5.2 Vaimentimet ja sijaiskanavan valmistus

Testattavia vaimentimia saatiin sponsorina toimivalta sisäilmastojärjestelmiä tarjoavalta yritykseltä 600, 900 ja 1200 mm:n pituisina ja Ø 160 mm:n kanaville suunniteltuina (kuva 5). Järjestelmä on suunniteltu vastaamaan parhaiten juuri tämän kanavakoon vaimentimien testausta. Kyseisten vaimentimien valmistajan antamat vaimennusarvot ja esitteet löytyvät liitteestä 4.



Kuva 5. Testaukseen saadut kanavavaimentimet. Pituudet vaimentimilla 600, 900 ja 1200 mm Ø 160 mm:n kanavalle suunniteltuina.

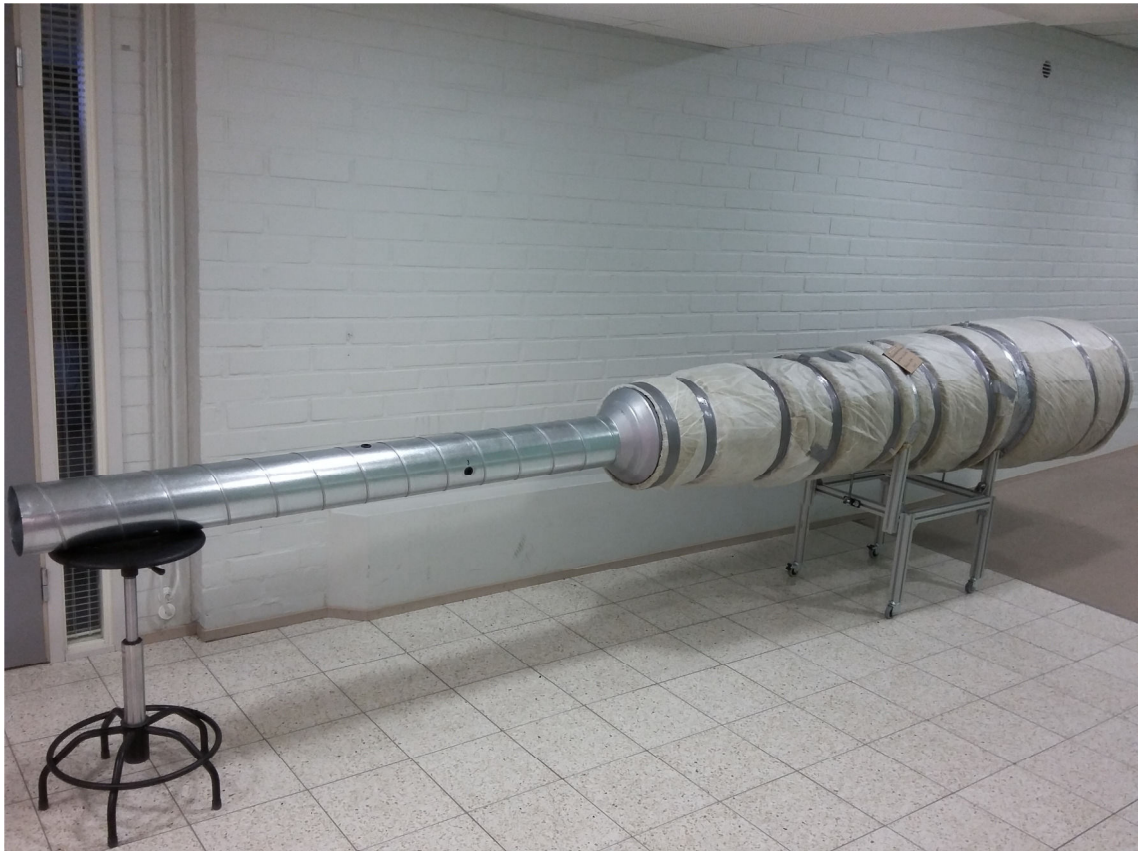
Saatua vaimennusta verrataan tilanteeseen, jossa vaimennin on korvattu suoralla vastaavan pituisella ja saman halkaisijan kanavalla. Tämä kanava valmistettiin Ø 160 mm:n kanavaputkesta (kuva 6).



Kuva 6. 900 mm pitkä sijaisputki varustettuna päätyliittimillä.

5.3 Vastaanottavan puolen rakentaminen

Vastaanottava puoli koostuu liikuteltavalle pöydälle kiinnitetystä kaiun poistosta ja siihen muuntoliittimellä liitetystä mittauskanavasta (kuva 7).

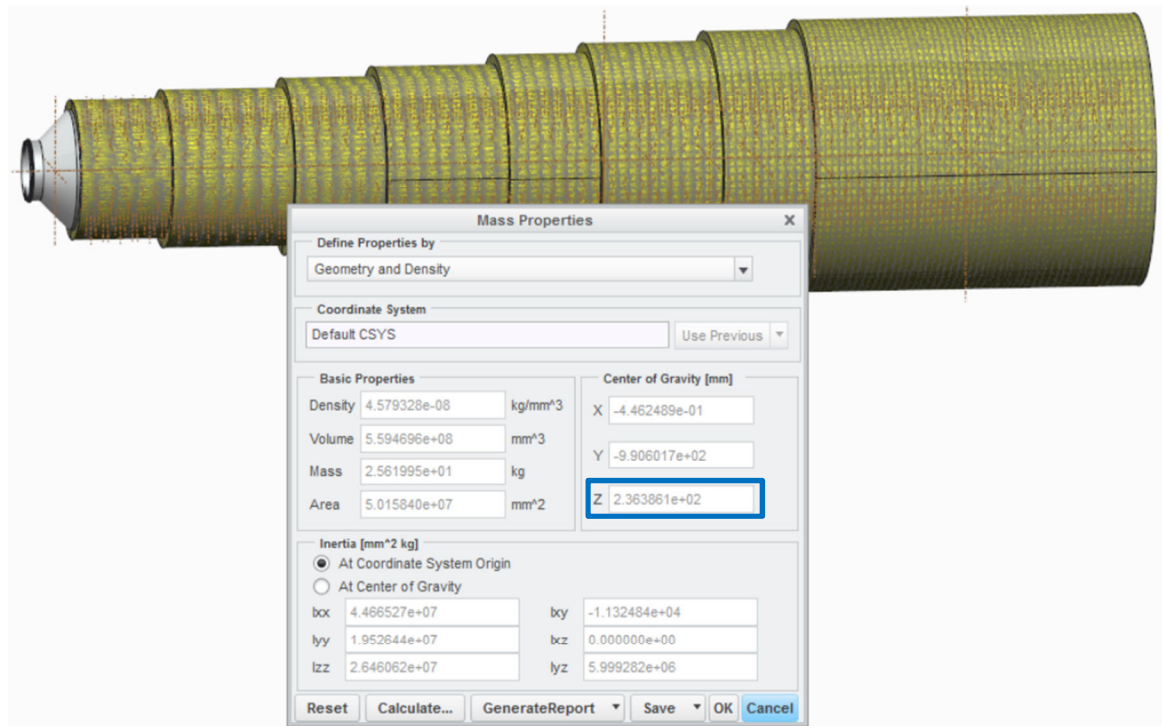


Kuva 7. Vastaanottava puoli

5.3.1 Vastaanottavan puolen pöydän valmistus

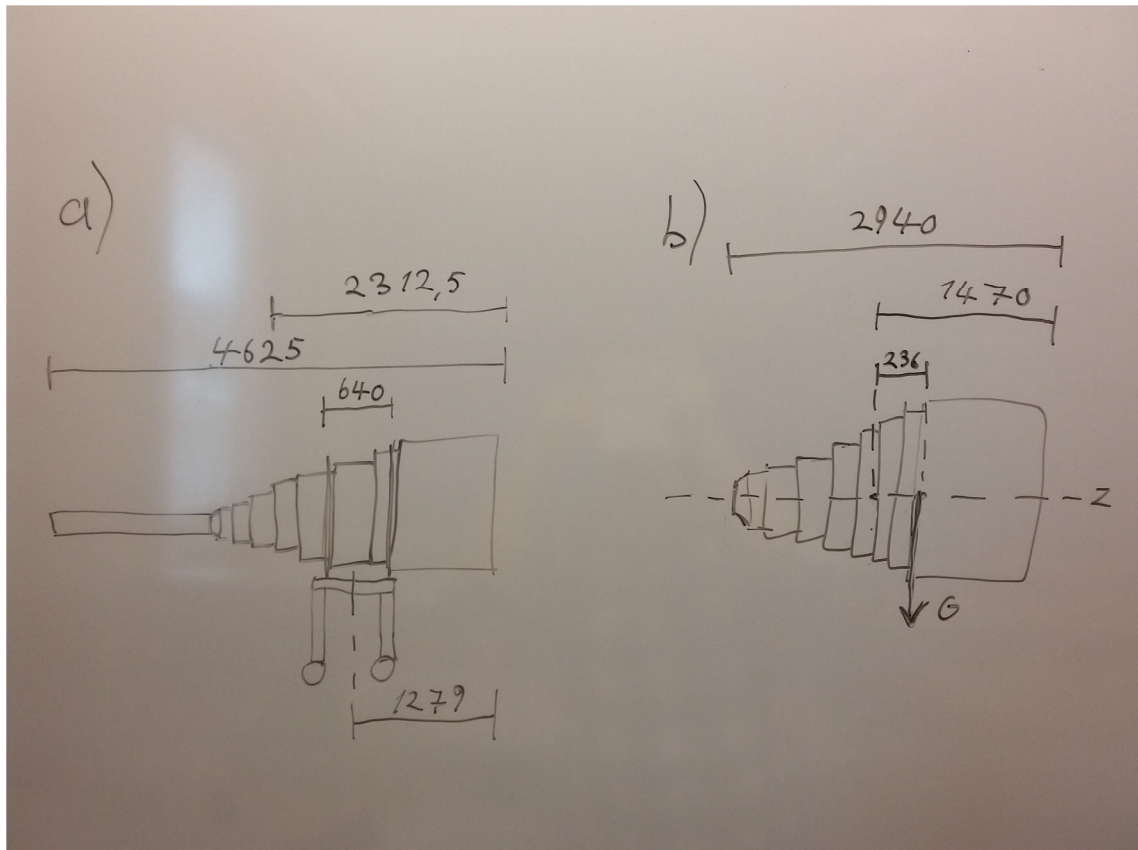
Kaiun poistoa pidättelevä pöytä suunniteltiin lähtökohtaisesti vastaamaan kaiutinlaatikon pöydän rakennetta. Kaiun poiston kanavan keskiöakselin tulee olla samalla korkeudella muiden kanavien kanssa ja sen pitää olla tukeva ja hankalasti kaadettava levätessään pöydällä.

Suunnittelussa huomioitiin valmiin kaiun poiston painopisteen sijoitus pöydän päätyjen väliin. Mallin kappaleiden oikeat tiheydet (teräkselle 7850 kg/m^3 ja Paroc eXtra -kivivillalle 30 kg/m^3) ohjelmaan asetettua ja suunta-asteikon ollessa kohdallaan, pystytään saamaan arviot kappaleen tai kokoonpanon massakeskipisteistä käytetyn CAD-ohjelman työkalulla (kuva 8).



Kuva 8. Kaiun poiston geometrian ja massakeskipisteen ilmoittamat tiedot mallinnusohjelmasta.

Kuvasta 8 nähdään kaiun poiston vaaka-akselin z massakeskipisteen sijaitsevan n. 236 mm:n etäisyydellä oikealla akselin keskipisteestä.



Kuva 9. Vastaanottopuolen mittoja (a) ja pelkän kaiun poiston mittoja (b). Mitat otettu CAD-malleista.

Tiedettäessä massakeskipisteen paikan (kuva 8) ja vastaanottopuolen kokoonpanon tarvittavat etäisyydet (kuva 9), voidaan yhteen laskemalla huomata, että kaiun eston massakeskipisteen etäisyys eristyksen oikeanpuoleisesta päästä (1 234 mm) sattuu kokoonpanossa lähes keskelle pöydän jalkojen väliin (959–1 599 mm). Rakennelma on siis vakaassa tilassa. Mittauskanavan massa on pieni osa vastaanottopuolta ja se tarvitsee paikalla pysyäkseen alapuoleltaan tukea liittimen epätarkkojen välysten johdosta, joten sitä ei huomioitu tasapainolaskennassa kiinteänä osana vastaanottopuolta.

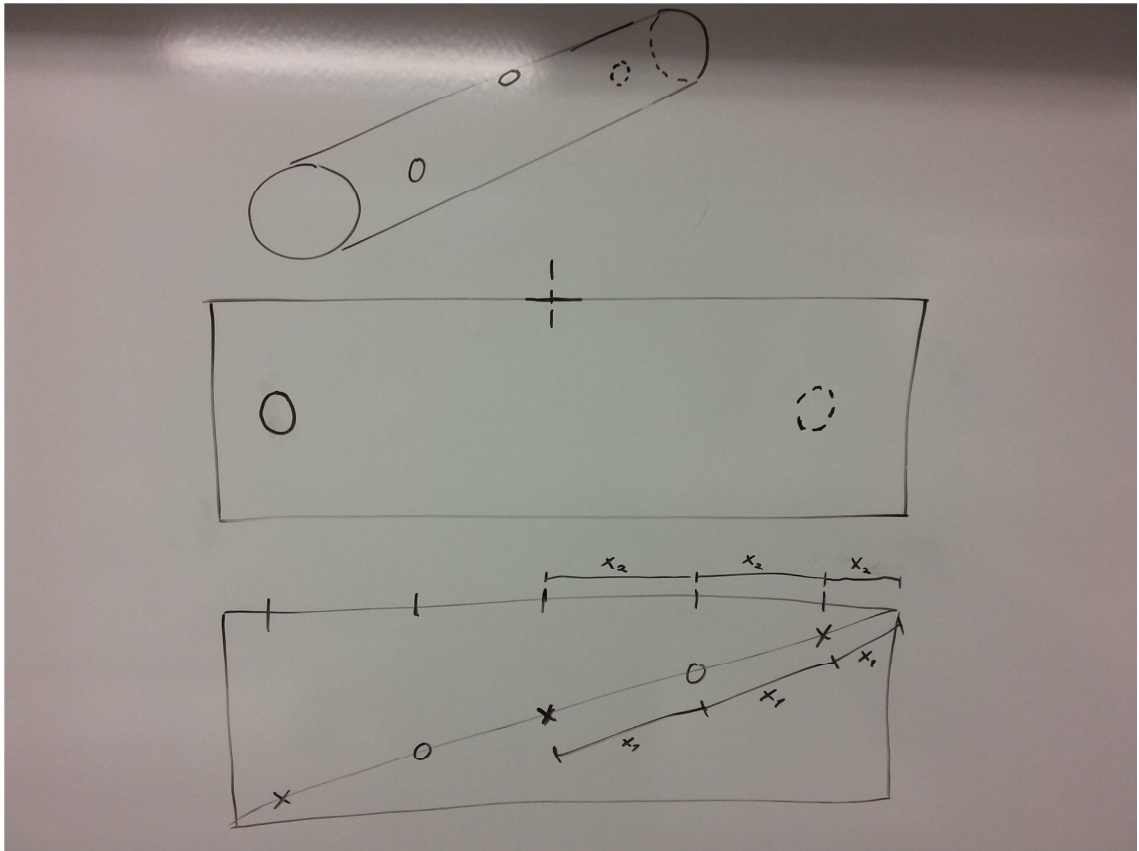
Kaiun poiston kiinnitys hoidettiin terässpannoilla, jotka kiinnittyvät pöydän korvakkeiden korkeussäädettäville kierretangoille (kuva 10). Kaiun poiston vaaka-akselin z korkeutta ja tasokulmaa halutaan pystyä muuttamaan, jotta lopullinen laitteiston puoliskojen sovitus olisi vaakasuorassa, vaikkei eristevilla suunniteltua muotoaan täysin pitäisi. Pantoihin taivutettiin ja pistehitsattiin MIG/MAG-hitsaamalla vahvikekaaria pidättelemään ja tukemaan villamassoja. Huterahko kahden tukipisteen rakenne vakautettiin tärinävaimennetuilla liikuteltavilla pystypalkeilla 45°:n kulmassa pantojen alta.



Kuva 10. Pantojen pehmustettu sivutuenta ja korkeudensäätömekanismi.

5.3.2 Mittauskanavan valmistus

Ø 160 mm:n kanavaputkesta leikattiin vaadittu 1,72 m:n pala mittauskanavaksi luvun 3.2.2 taulukon 4 mukaisesti vastaamaan 100 Hz:n matalimman taajuuden standardin ohjeistusta. Keskelle kanavaa mitoitettiin mittauspisteiden paikkojen hahmottamiseksi taulukon 4 mukaisesti 0,86 m:n pituinen alue ja mikrofonin reikien paikat mitoitettiin putken pintaan. Kuvasta 11 nähdään mikrofonin reikien paikkojen tarkempi sijoittelu.



Kuva 11. Mikrofonin reikien paikkojen määrittely mittauskanavassa. Koska mittauspisteiden välimatka x_1 on sama kaikkien pisteiden ja kulmien välillä, on myös välimatkojen x_2 kanavan pinnalla oltava keskenään samat.

Mikrofonipaikat valmistettiin pienempää alkureikää paineilmaviilalla suurentamalla, kunnes haluttu muoto oli saavutettu. Reikien terävät ja rosoiset reunat hiottiin ja niihin asennettiin kumiset läpiviennit eliminoimaan tärinää ja tukemaan mikrofonia (kuva 12).

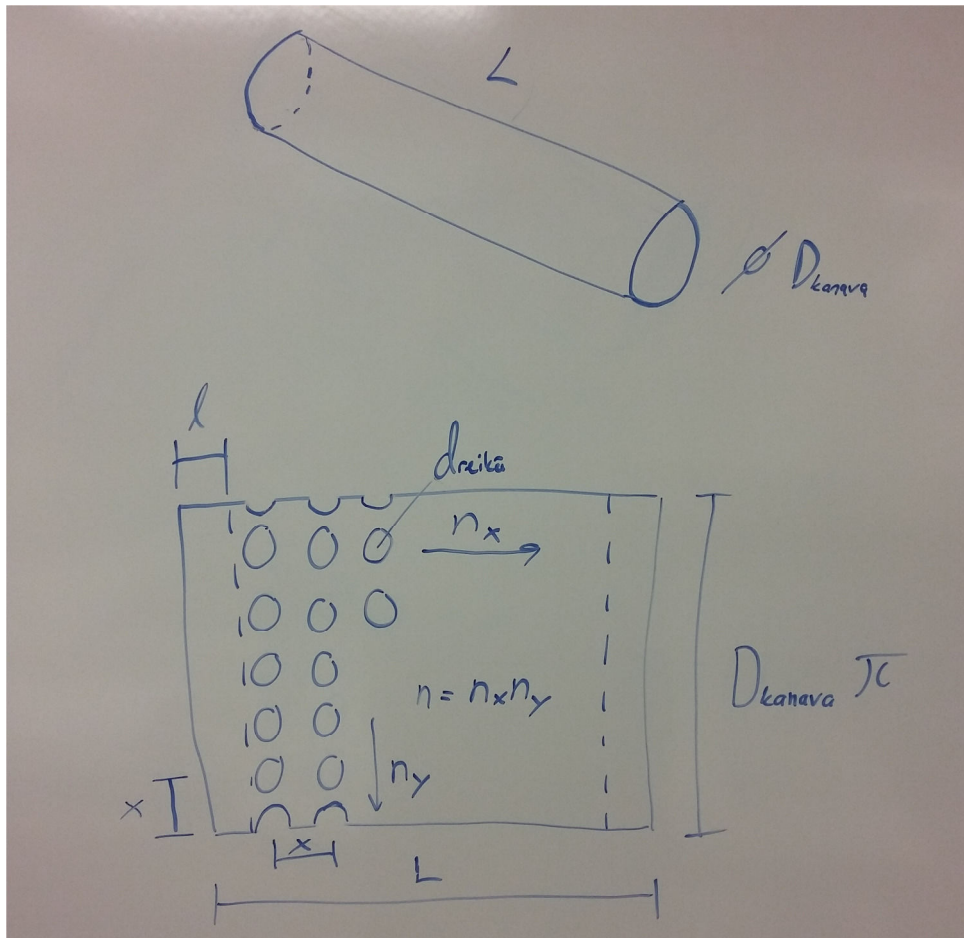


Kuva 12. Mittauskanava jossa kumiset läpiviennit ja mittapaikkojen numerointi.

5.3.3 Kaiun poiston valmistus

Mittausalueen läpi kulkeutuvan äänen takaisinkaiuntaa eliminoivan kokonaisuuden rakennus aloitettiin $\text{Ø } 315 \text{ mm:n}$ ja pituudeltaan 3 m:n ilmastointikanavan reiättämisellä niin, että standardin ohjeistama vähintään 35 %:n avoimen pinta-alan sääntö täytyisi. Työhön valittiin suurin työtilasta saatava reiäntekotyökalu, joka oli tässä tilanteessa $\text{Ø } 37 \text{ mm:n}$ reikäsaha. Kanavan päätyihin haluttiin jättää 20 mm reiätöntä osuutta antamaan tukea ja paremman tiiviynen etupään liittimen ja mittauskanavan välille.

Tarvittavien reikien määrä ja tästä johdettuna reikien välimatka saadaan selvitettyä matemaattisesti kuvasta 13 kaavoilla 6 ja 7.



Kuva 13. Reikävälien hahmottelu levitetyle putken pinta-alalle.

Reikien lukumäärän saamme pinta-alasäännöstä ja putken pinnan sekä reikien pinta-aloista.

$$\frac{A_2}{A_1} > 35 \% \quad A_2 = \frac{\pi \cdot d_{reikä}^2}{4} * n \quad A_1 = (L - 2l) D_{kanava} * \pi$$

Näitä yhtälöitä soveltaen:

$$\frac{\frac{\pi \cdot d_{reikä}^2}{4} * n}{(L - 2l) D_{kanava} * \pi} > 35 \% \quad \rightarrow \quad n > \frac{0,35(L - 2l) D_{kanava} * 4}{d_{reikä}^2} \quad (6)$$

jossa

A_1	reikien sijoitusala kanavan pinnalla
A_2	reikien yhteenlaskettu pinta-ala
$d_{reikä}$	reiän halkaisija
D_{kanava}	kanavan ulkohalkaisija
L	kanavan kokonaispituus
l	kanavan päädyn reiättömän osuuden pituus
n	reikien lkm.

Reikien välimatka saadaan reikien lukumäärästä ja tiedettäessä, että reikien välimatka on aina sama auki levitetyllä kanavan pinnan x- ja y-akseleilla kuvan 13 mukaisesti. Reikien kokonaismäärä on x-akselin suuntaisella rivillä sijaitsevien ja y-akselin suuntaisella rivillä sijaitsevien reikien lukumäärien tulo.

$$n = n_x * n_y \qquad n_x = \frac{L-2l}{x} \qquad n_y = \frac{D_{kanava} * \pi}{x}$$

Näitä yhtälöitä soveltaen:

$$n = \frac{(L-2l)D_{kanava} * \pi}{x^2} \quad \rightarrow \quad x = \sqrt{\frac{(L-2l)D_{kanava} * \pi}{n}} \quad (7)$$

jossa

n	reikien lkm.
n_x	reikien lkm. x-akselin suuntaisella rivillä
n_y	reikien lkm. y-akselin suuntaisella rivillä
L	kanavan kokonaispituus
l	kanavan päädyn reiättömän osuuden pituus
x	reikien keskipisteiden välimatka x- ja y-akselilla
D_{kanava}	kanavan ulkohalkaisija

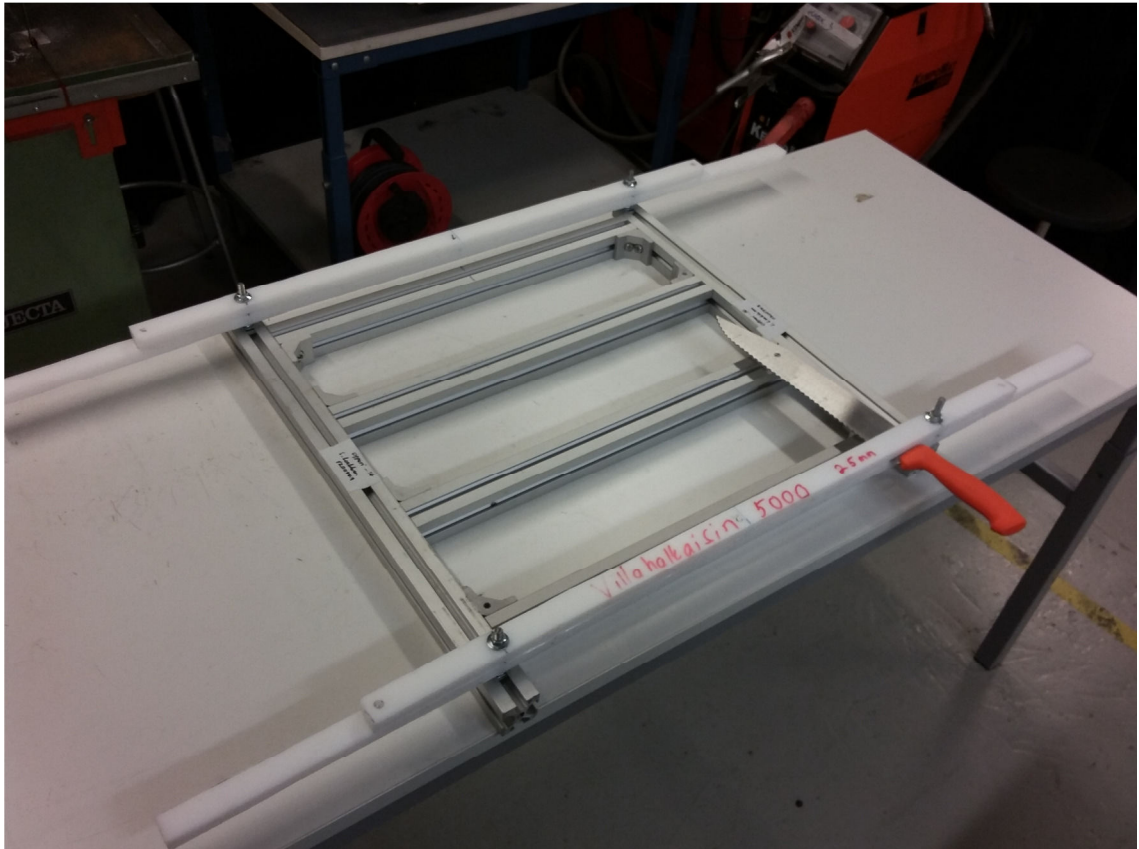
Täten kaavalla 6 reikien lukumääräksi saadaan n. 900 kpl ja kaavalla 7 reikien välimatkaksi n. 55 mm. Reikien paikat hahmoteltiin metrin levyiselle suojauspaperille 45 ° käännettynä ristikkona. Saatu sapluuna käärittiin kanavan ympärille ja kiinnitettiin teippipaloilla reikien porausta varten (kuva 14).



Kuva 14. Valmis sapluuna asennettuna kanavan pinnalle reikien paikoitusta varten. Oikeassa reunassa reikäsahan koeporaus.

Ensimmäisen reiän koeporauksessa huomattiin, ettei reikäsahan ohjuriporanterä kestä käsiporakoneessa reiän puhkaisun tuottamia voimia, joten se korvattiin karkaistulla $\varnothing 6$ mm:n terästangolla ja sille porattiin aloitusreiät jokaiseen risteymäkohtaan. Reikien porauksen ja suurempien purseiden poiston jälkeen kanava päällystettiin harsokankaalla eristevillakuitujen pitämiseksi ulkona kanavasta.

Eristevillat haluttiin halkaista 50 mm:n levyistä suunnitelluiksi 25 mm:n levyiksi, tätä varten rakennettiin villalevyjen leikkuupöytä alumiiniprofiilista ja muista työtilasta löytyvistä tarvikkeista (kuva 15).



Kuva 15. Villojen poikittaiseen halkaisuun valmistettu laite.

Villojen asentamista ja tarkkaa määrää varten valmistettiin taulukko määrittelemään tehokkain latomissuunta jokaiselle kerrokselle. Eristeiden levitetty pituus määräytyy taivutuksessa neutraalitason N mukaisesti ja se sijaitsee näissä tapauksissa aina keskellä taivutettavaa materiaalia, sillä taivutussäde on yli viisinkertainen ainevahvuuteen nähden (kaava 8) [10, s. 303].

$$5s < r \quad \rightarrow \quad 5 * 25 \text{ mm} = 125 \text{ mm} < \frac{315 \text{ mm}}{2} \approx 158 \text{ mm} \quad (8)$$

jossa

s taivutettava ainevahvuus
r taivutussäde

565 x 1170 x 25 mm		x 40 kpl		
	NØ	π NØ	L (-240/-320 mm)	Latomis- suunta
1	340	1,07 m	x 2,82 m	G 5
2	390	1,23 m	x 2,58 m	G 5+
3	440	1,38 m	x 2,26 m	→ 6-
4	490	1,54 m	x 2,02 m	→ 6-
5	540	1,7 m	x 1,7 m	→ 6-
6	590	1,85 m	x 1,46 m	G 4+
7	640	2,01 m	x 1,14 m	→ 4-
T	690	2,17 m	x 0,9 m	→ 4-

Kuva 16. Halkaistujen eristevillalevyjen käyttösuunnitelma reikäputken kerroksittain verhoamiseksi.

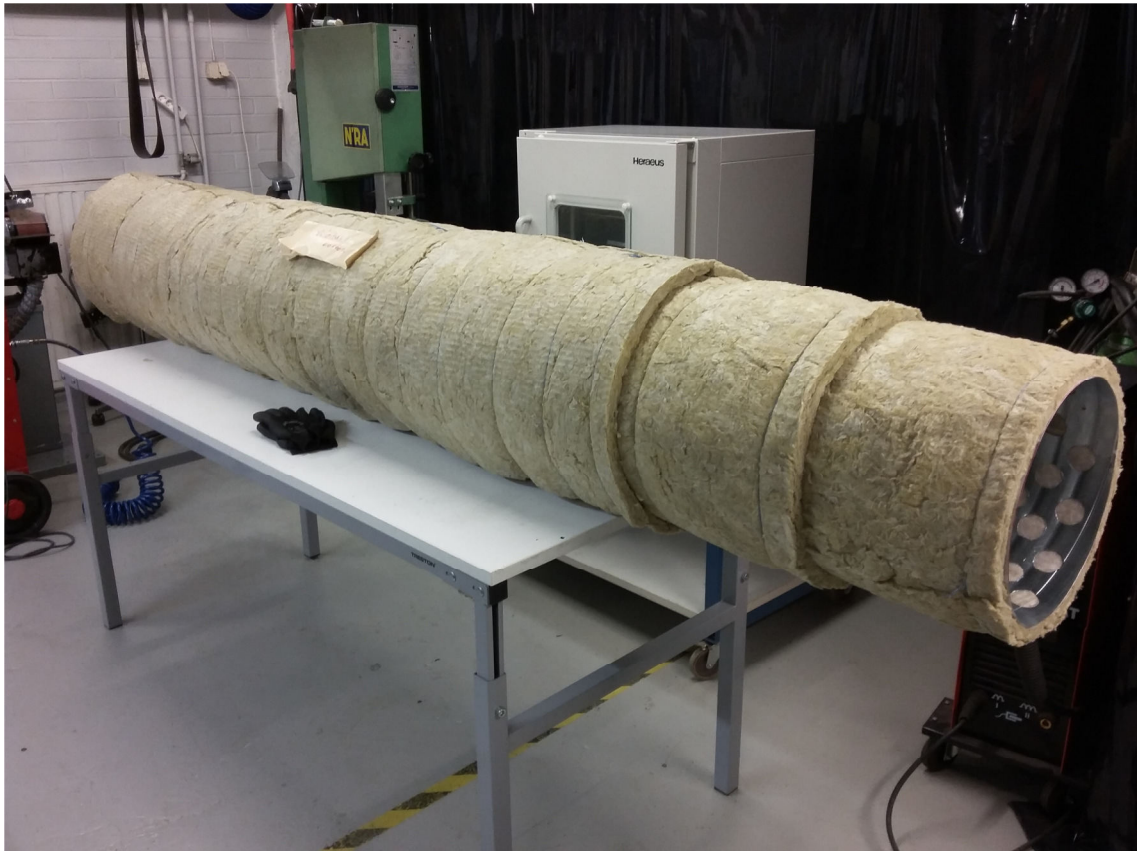
Kuvassa 16 pystyakselilla vasemmalta alkaen nähdään kerrosten lukumäärä sekä viimeinen kerros (terminator) T. Seuraavaksi on ilmoitettu eristekerroksen halkaisija neutraalitason N mukaisesti, ja tämän jälkeen laskennallinen kehän pituus saadulla halkaisijalla. Eristekerroksen pituus L lyhenee kerroksittain vuorotellen 240 mm ja 320 mm. Sijoittamalla eristelevyn mitat tarvittavaan eristekerroksen mittoihin verrataan, millä orientaatiolla levyjen latominen on

tehokkainta ja leikattuja hukkapaloja olisi mahdollisimman vähän. Saatu tehokkaimman materiaalikäytön tulos on pyöristetty seuraavaan täyteen lukuun ja orientaatio on ilmaistu levymäärän yläpuolelle joko kehän tai akselin suuntaisena. Ylimääräinen miinus- tai plusmerkki kuvastaa jäännöstä tai lisätarvetta materiaalille.



Kuva 17. Rei'itetty kanava pintaharsolla ja aloitetulla villoituksella.

Halkaistut eristelevyt mallattiin paikoilleen, katkaistiin halutun pituisiksi ja kiinnitettiin kotitalousnarulla. Ensimmäinen kerros peittää koko putken pinnan ja seuraavat kerroksen lyhenevät etupäästä lähtien vuoroin 240 mm ja 320 mm (kuvat 18 ja 19).



Kuva 18. Kolmella villakerroksella eristetty kanava.

Eristevilloja käsitellessä tulee erityisesti huomioida henkilösuojaimien käyttö ja riittävä ilmastointi, sillä villa pölyää asentaessa ja se käy suun limakalvoille ja hengitysteille. Myöskin jo pelkkä ihokosketus voi aiheuttaa kutinaa kontaktikohdassa ja kuidut puuttuvat vaatekukseen ja kulkeutuvat asuintiloihin ilman asianmukaista huomiointia. Varsinkin villatöiden jälkeen yleiset tilat siivotaan aina hyvin, muiden tiloja käyttävien hyvinvoinnin turvaamiseksi.

Kaiun poiston eristevillojen asennuksessa on suotavaa työskennellä työparin kanssa, sillä ison ja jatkuvaa tahtia kasvavan rakennelman liikuttelu ja villojen sidonta tuottavat haasteita yksin työskentelevälle.



Kuva 19. Valmis eristetty ja harsoitettu kaiun poisto.

Valmis eristetty kanava verhottiin vielä kertaalleen harsolla estämään villakuitujen pölyämistä ja nyt kaiun poistoa voidaan käsitellä ilman erillistä suojavaatetusta. Raskaampaan perään valmistettiin metallisen kanavan ympärille sovittava teräspanta antamaan rei'itetyle rakenteelle tukevuutta.

6 Testimittaukset ja tulokset

Mittauskaluston tulee koostua vähintään mikrofonista ja äänentasomittarista varustettuna kolmannesoktaavin kaistasuodattimella, täyttäen IEC 61260 vaatimukset. Kaikkien systeemin akustisten laitteiden, mukaan lukien kaapelit, tulee täyttää tyypin 1 vaatimukset IEC 60651:2001 tai integroivan-keskiarvoistavan mittarin tapauksessa IEC 60804:2000 mukaisesti. [1, s. 15.]

Äänenpainetaso mitataan standardin vaatimissa olosuhteissa kolmesta eri mittauspisteestä mittauskanavan sisältä ja näistä lukemista saadaan laskettua äänenpainetasojen keskiarvo kaavalla 9.

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right) \quad (9)$$

jossa

$L_{k.a.}$	äänepainetasojen aritmeettinen keskiarvo
L_n	järjestysluvultaan suurin laskettava äänenpainetaso
n	mitattujen arvojen lukumäärä

Sama mittaus suoritetaan uudelleen vaihtaen vaimennin vastaavan pituiseen sekä halkaisijaltaan samanlaiseen suoraan kanavaan. Mittausolosuhteiden tulee olla vaimentimen ja sijaiskanavan kanssa mitattaessa keskenään samanlaisia.

Testimittauksia suoritettiin testilaitteiston sopivuuden selvittämiseksi päämääränä päästä mahdollisimman lähelle testivaimentimien valmistajan antamia vaimennusarvoja. Kaikki työn valmistelun aikana tehdyt testimittaukset löytyvät liitteestä 5.

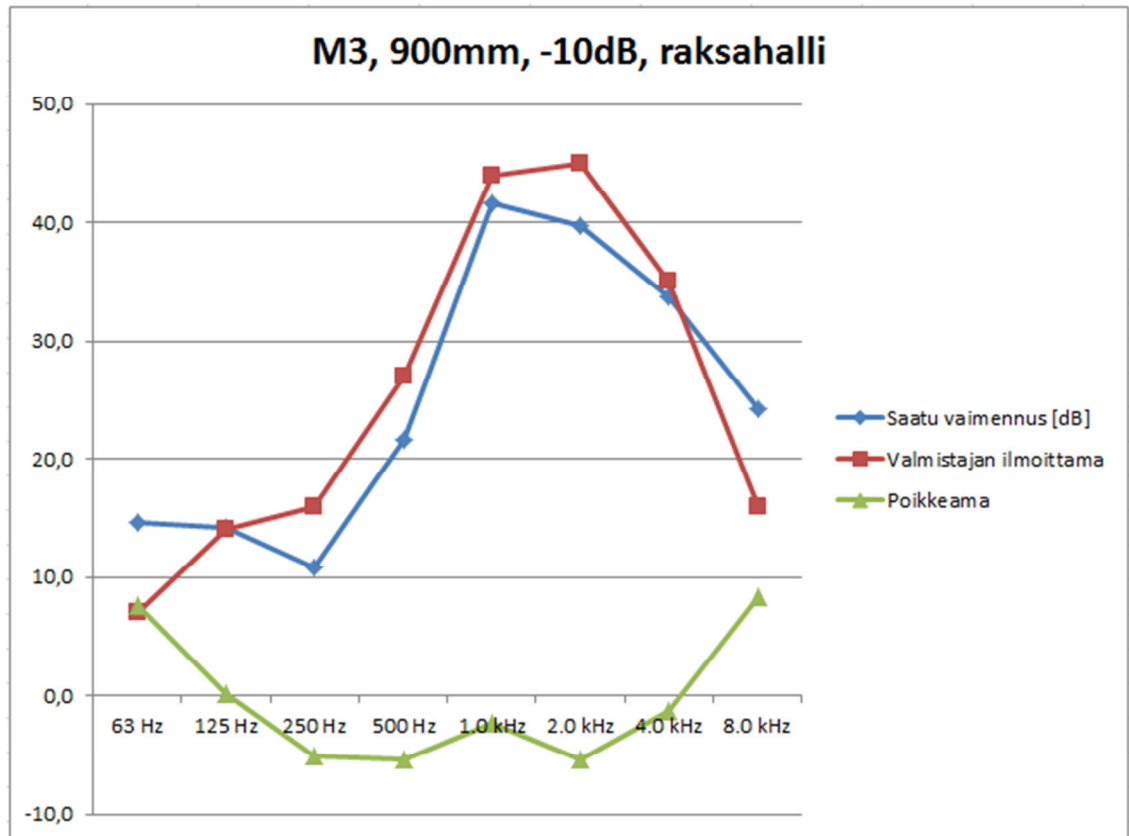
Mittausten tuloksien hallintaa ja vertailua varten suunniteltiin Excel-taulukko, johon saadut tulokset ja taustamelu eri taajuuksilla sijoitetaan ja joka laskee tarvittavat arvot, ilmoittaa raja-arvoista poikkeamiset sekä piirtää graafisen kuvaajan tulosten hahmottamisen helpottamiseksi (taulukko 7 ja kuvio 13).

Taulukko 7. Esimerkki mittauksien tuloksien hallinnassa käytetystä taulukkolaskurista. Suureet on ilmoitettu desibeleinä (dB).

	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47	49,9	46,5	45,5	40,8	32,6	21,6	13,5	9,6	10,3	10,7	19,8
Sijaisputkella												
1	62,3	68,8	91,3	111,6	116,6	110,9	94,3	87,3	76,8	86,4	74	47,5
2	60,8	67,4	89,6	111,2	118,1	109,3	92,7	87,7	76,8	91	77,6	50,5
3	60,2	65,2	86,3	109,5	118,8	107,8	94,7	87,6	77,2	86,4	73,3	46,3
max-min	2,1	3,6	5	2,1	2,2	3,1	2	0,4	0,4	4,6	4,3	4,2
k.a.	61,2	67,4	89,5	110,9	117,9	109,5	94,0	87,5	76,9	88,5	75,4	48,5
ylitys taustameluun	14,2	17,5	43,0	65,4	77,1	76,9	72,4	74,0	67,3	78,2	64,7	28,7
Vaimentimella												
1	54,2	65,2	86	97,2	102	100,7	73,1	46,5	38,3	51,9	49,5	32,8
2	52,2	62,4	83,6	96,7	103,7	96,1	72,1	45,4	33,3	57,4	53,6	35,8
3	49,2	59,1	80,2	94,4	105,1	97,9	71,9	45,7	38,5	53	48,4	31,1
max-min	5	6,1	5,8	2,8	3,1	4,6	1,2	1,1	5,2	5,5	5,2	4,7
k.a.	52,3	62,9	83,9	96,3	103,8	98,7	72,4	45,9	37,3	54,8	51,1	33,7
ylitys taustameluun	5,3	13,0	37,4	50,8	63,0	66,1	50,8	32,4	27,7	44,5	40,4	13,9
Saatu vaimennus [dB]	8,9	4,5	5,6	14,6	14,1	10,9	21,6	41,6	39,7	33,7	24,3	14,8
Valmistajan ilmoittama				7	14	16	27	44	45	35	16	
Poikkeama				7,6	0,1	-5,1	-5,4	-2,4	-5,3	-1,3	8,3	

Taulukossa 7 on värjäämättömät rivit mitattaville arvoille. Sijaisputkella ja vaimentimen kanssa tehdyillä mittauksilla mittauskanavan eri mittapaikoista (1, 2 ja 3) selvitetään kaistojen äänenpainetasot ja sijoittamalla ne omille riveilleen, saadaan kaikki mittauksissa tarvittava data kerättyä kasaan. Laskuri ilmoittaa kummallekin väliin kytkettävälle kappaleelle oheisien oktaavikaistojen suurimman ja pienimmän arvon erotuksen, kaistan äänenpainetasojen keskiarvon sekä keskiarvon ylityksen taustameluun. Laskuri on myös ohjelmoitu ilmoittamaan mittausten maksimin ja minimin erotuksen raja-arvojen ylitykset punaisella luvun 3.2.2 taulukon 3 mukaisesti ja ilmoittamaan standardin ISO 7235 mukaisen vaaditun taustamelun ylityksen [1, s. 10]. Arvon ollessa vähintään 6 dB (pienin sallittu), on numeron väri musta ja arvon ollessa yli 10 dB (suositeltu vähimmäisylitys) on numeron väri vihreä. Mikäli taustamelu ei ylitä 6 dB:llä, on numeron väri punainen. Keskiarvot näkyvät aina sinisenä selkeyden vuoksi.

Lopuksi taulukko ilmoittaa saadun vaimennuksen sijaisputken ja vaimentimien keskiarvojen erotuksella, vertaa niitä asetettaviin kyseisen testatun vaimentimen valmistajan ilmoittamiin arvoihin ja ilmoittaa poikkeaman joko ylityksenä tai alituksenä. Rajatut kaistat ovat tässä tilanteessa ainoastaan kiinnostavia, sillä valmistaja antaa vain näille kaistoille omat arvonsa. Viimeiset kolme riviä taulukko ilmoittaa graafisesti viivadiagrammina taulukon oheen (kuvio 13).



Kuvio 13. Taulukkolaskurin tulosten pohjalta piirtyvä viivadiagrammi tulosten visuaalista vertailua ja arviointia varten. Diagrammi otsikoitu mittauksen numerolla, mitatun vaimentimen pituudella, vahvistimessa käytetyn äänenvoimakkuuden asetuksena ja mittauspaikkana.

7 Johtopäätökset

Jatkoa ajatellen kaiun poistolle olisi varmasti sopivaa suunnitella ja valmistaa parempi suojaus kuin pelkkä harsokangas, mikäli eristevilla pölyä vielä tämänkin läpi. Astmaatikoille tästä voi koitua harmia, vaikkei sitä moni muu huomaisikaan. Lisäksi kulutuskestävämpi pinta olisi parempi, sillä harso on aika haurasta ja varsinkin huollettaessa tai irrotettaessa kaiun poistoa se tuppaa takertumaan ja repeilemään kiinnityspantojen reunoihin.

Protomallin valmistuksessa on aina omat haasteensa, sillä työ etenee hieman kokeilemalla ja erheiden kautta kohti päämääräänsä. Kehitystä ja parannettavaa lopullisesta rakennelmasta ja näkökohdista löytyy varmasti. Harmillisesti en kerennyt ottamaan kantaa testilaitteiston kunnollisten käyttöohjeiden ja turvallisuus selvityksen suunnitteluun, mutta siinäpä on tekemistä seuraaville opiskelijoille jotka haluavat tätä projektia vielä kehittää.

Kaiun poiston reikien valmistukseen kului valtaosa rakentamisen työtunneista, ja esimerkiksi kanavaputken rei'ittämisen olisi voinut hoitaa valmiilla reikälevyllä, joka olisi mankeloitu oikeanlaiseksi putkeksi. Kaikua poistavaan elementtiin sen pitäisi olla välttävä, kunhan rei'itys on symmetristä koko alueella ja avoimen pinta-alan sääntö täyttyy sekä rakennelma kykenee pitämään itsensä halutun muotoisena. Myöskään reikien muotoa ei standardi käsittäakseni mitenkään ohjeista, ja varmasti joiltain levykeskuksia käyttäviltä yrityksiltä olisi saanut poisheitettäviä reikälevyaihioita pikkurahalla tai hakupalkalla. Eristyksessä käytettäviä villoja olisi myöskin varmasti jostain löytynyt valmiina topattuina putkien päälle asennettavina lohkoina joista olisi voinut veistää oikeat muodot esiin. Budjetti ja saatavuus eivät vain tällä kertaa kohdanneet.

Testauslaitokselle on suoritettava vielä lisätetailua ja hienosäätöä, sillä testitulokset eivät täsmää vaimentimien valmistajan antamien arvojen kanssa. Testimittauksia saatiin suoritettua hyvin laitteiston valmistumisen jälkeen ja ongelmia päästiin paikoittamaan tietyille osa-alueille. Ongelmia esiintyi mm. vaimentimen ohi vuotava melu (kuva 20), laatikon liitoskohdista sekä kaiun poiston alkuporrastusten eristeen läpi vuotava melu ja kaiutinlaatikon sekä modaalisuodattimen mahdollinen liian suuri eristysteho tietyillä taajuuksilla (kuvio 14).



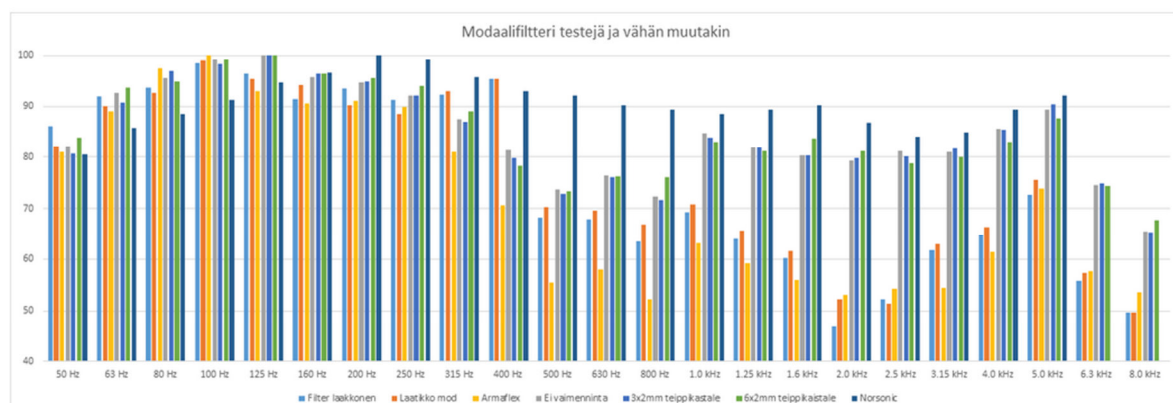
Kuva 20. Vaimentimen ohi kulkeutuvan melun selvittämiseksi kanava tukittiin ennen vaimenninta (limiting insertion loss [1, s. 37 – 39.]) Mittauksen tulos löytyi liitteestä 5.

Alla tarkempi 3-pisteen keskiarvosta piirretty kuvaaja. Mitattu mittaputkesta suoralla yhteellä ilman vaimenninta. Kuvaajat järjestyksessä:

- 1) alkuperäinen sinun systeemi
- 2) laatikon vaimennusta pienennetty muovilevyin. Poistettu tämän testin jälkeen.
- 3) sinun modaalivaimentimen paikalla armaflex
- 4) modaalifilteri ilman mitään vaimennusta
- 5) modaalifilterin sisäseinässä kolme kaistaa 2mm armaflex teippiä
- 6) sama 6 kaistaletta
- 7) Kaiuttimen tiedot valmistajalta

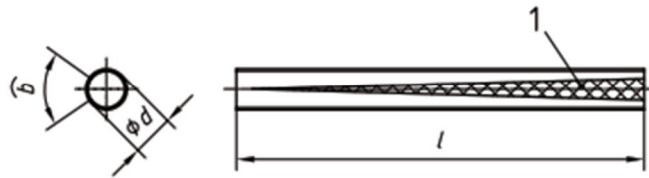
Ja nuo kaikki on normeerattu siten, että max dB=100

Miska



Kuvio 14. Modaalisuodattimen ja sen eri eristysratkaisujen testauksien tuloksia.

Kaiun poiston mallin valinnassa mielenkiintoa herätti standardin ISO 5136 esittämä, ilmeisesti neulamallinen kaikumista poistava ratkaisu (kuvio 15), mutta oheisen kuvion perusteella ei paljoa informaatiota anneta lopullisen muodon saavuttamiseksi. Kaiun poiston pituus saataisiin kuitenkin $\varnothing 160$ mm:n kanavalle tällöin alle 1,5 m:iin eli puoleen, ja rakennelman koko olisi muutenkin aika kevyt ja virtaviivainen. Lähdemaininta kuviossa 15 ohjaa standardin lähteissä vuonna 1972 julkaistuun saksalaiseen paperiin, mutta tämä dokumentti ei tiedonhankinnassa löytynyt, ja tyypillisesti nämä asiakirjat eivät ole ilmaisia.



Key

1 triangular slot

$l = 9d$, $b = 0,6d$, covered with porous material

NOTE 1 Flow resistance equals approximately $400 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^3$ ($\approx \rho c$).

NOTE 2 Tested for $d \leq 0,3 \text{ m}$ (see reference [6]).

Kuvio 15. Neulamallisen kaiun poiston hahmotelma [8, s. 42].

Standardinmukaisuudessa jouduttiin tekemään pieniä uhrauksia, mutta kokonaisuutena testausyksikkö noudattaa standardin esittämiä minimivaatimuksia hyvin. Suurimpia poikkeuksia ovat mittauskanavan muutosliittimen suositeltua suurempi nousukulma, lyhennetty mittauskanava ja kaiun poiston eristevillan tiheys. Modaalisuodattimen rakenteellisessa ratkaisussa on parannettavaa, mutta standardi ohjeistaa sen valmistukseen hyvin niukasti.

8 Pohdinta

Työn laajuus yllätti vuoden vaihdetta kohden siirryttäessä, ja olisihan työn pitänyt alkuperäisen aikataulutuksen mukaan valmistua jo syksyllä 2016. Pelkästään laajuus ei myöhästymistä selitä, vaan mukana on ollut paljon erilaisia kommelluksia sekä omat ajankäyttömahdollisuudet ja jopa välillä mielenkiinto.

Huvittavana esimerkkinä mainittakoon, että odottamattomuuksia voi tällaisenkin projektin ohessa sattua. Syksyllä sain IV-tarvikkeet opiston omien yhteyksien kautta parin vuoden takaisen työhallin restauroinnin ylijäämatarvikkeista. Loput tarvikkeet sain kasattua tilauslistaksi opiston yhteyshenkilölle tarvikkeiden hankintaa varten, sillä minulla ei tietenkään ole mitään hankintaoikeuksia oppilaitoksen puolesta, vaikka pieniä hankintoja omakustanteisesti lopuksi teinkin. Nämä ennakkoon saadut tarvikkeet päätyivät kaatopaikalle opiston varastojen syysloman siivouksen yhteydessä, sillä tähän mahdollisuuteen en ollut mitenkään varautunut enkä tarvikkeiden paikkaa hyllyssä merkannut kuin pienehköllä käyttötarkoituksen kertovalla lapulla. Pieni budjetti ei tästä kuitenkaan säikähtänyt mutta tarvikkeiden hankinnan uudelleen suunnittelu ja töiden seisonta tarvikepuutteen takia ei varmasti mennyt ajankäyttösuunnitelman esimerkkisuorituksen mukaisesti.

Suuri haaste työssä oli akustiikan merkittävä osuus työhön tarvittavana tietona ja täytyy myöntää, ettei akustiikan tietämys ole omia vahvoja puoliani eikä sitä koneinsinöörille kovin montaa kurssia opeteta. Työtä varten täytyi opiskella akustiikan saloja, jotta edes ohjeistavan standardin sisäistämisestä tulisi mitään ja tiedän että työssä on varmasti puutteita akustisissa näkemyksissä. Työpari talotekniikan puolelta olisi pystynyt peittämään hyvin akustisen tietämyksen puutteet suunnittelussa, mutta en nähnyt työn aikana niin merkittäviä ongelmia, että olisin asiaan sen koommin puuttunut. Selvennyksiä tarvittaessa käännyttiin fysiikan lehtorimme puoleen.

Loppujen lopuksi työ sai hyvää palautetta alustavissa esittelyissä. Puhtaasti käsityönä valmistettu testauslaitos on ollut hyvää harjoitusta entisen kone- ja metallialalta valmistuneen kädentaidoille ja suurin toiveeni lopputyölle olikin, että siihen sisältyisi toiminnallista tekemistä. Suuri työmäärä kulminoitui kuitenkin siihen, että kirjallisen raportin rakenne ja ilmaisuasu kärsivät. Toivon

että olisin voinut antaa sille enemmän aikaa ja saattaa sen siihen laadukkuuteen, mitä yleensä tekeleiltäni odotan.

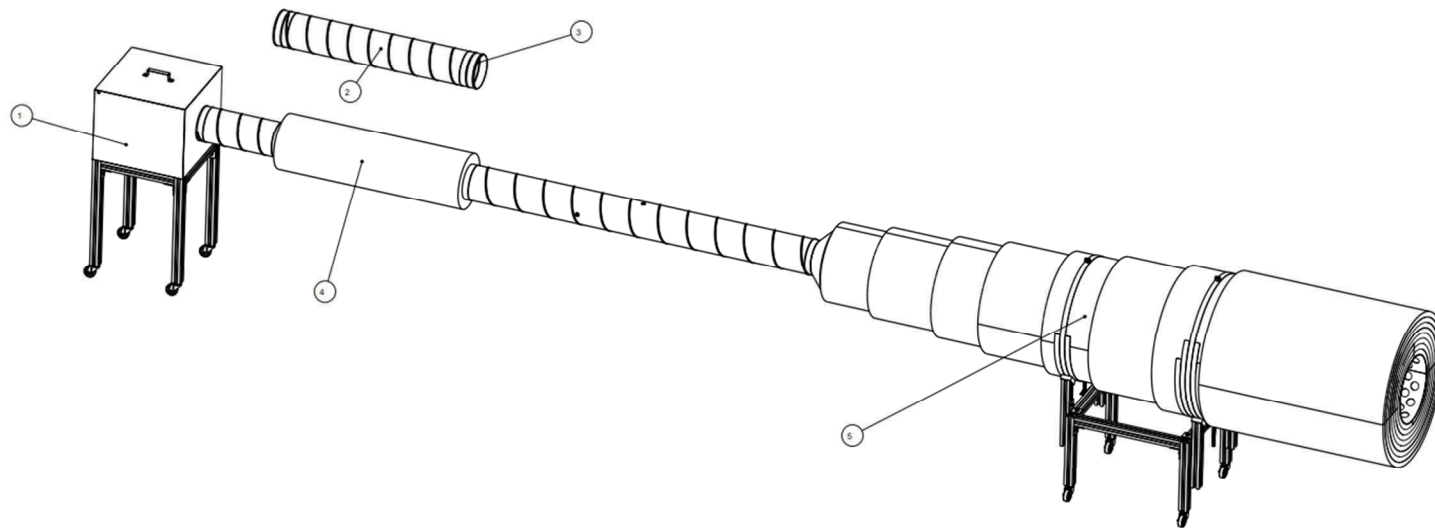
Asetin työlleni liikaa haasteita mutta vaikka opinnäytetyöhön opinnoissa varattu aika ylittyi lähes puolella, pysyin suunnitelmissani tuottaa hyvät ja asialliset dokumentit sekä testauslaitteiston niin hyvin ja niin hyvällä osaamisella kuin minulle on opintojen ja elämän aikana suotu. En kadu yhtäkään ylimääräistä työtuntia tai lopputyöstä ja omista ajankäyttövalinnoista venyneiden opintojen johdosta menetettyjä ansioita, vaan olen ylpeä siitä mitä olen saanut tässä oppilaitoksessa sen henkilökunnan sekä opiskelijoiden hyväksi tällä työllä ehkä tehdä.

Tahdon kiittää Karelia-ammattikorkeakoulun osaavaa henkilökuntaa näistä viidestä vuodesta, ja erityisesti heitä, jotka ovat minulle insinööriksi valmistumiseen eväät antaneet ja tällä opintiellä ohjanneet.

Lähteet

1. SFS-EN ISO 7235:2009. Acoustics. Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units. Insertion loss, flow noise and total pressure loss (ISO 7235:2003). Helsinki. 2009. 64 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
2. Oy Lindab Ab. Lindab Akustiset ratkaisut. 2016. 12 s. [Viitattu 28.3.2017]. Saatavissa:
http://www.lindab.com/fi/documents/ilmastointi/esitteet%20ja%20dokumentit/lindab%20akustiset_ratkaisut_web.pdf.
3. Halme, A. & Seppänen, O. 2002. Ilmastoinnin äänitekniikka. 157 s. Helsinki: Suomen LVI-liitto. ISBN 951-98811-2-3.
4. SFS-EN ISO 3741:2010. Acoustics. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure. Precision methods for reverberation test rooms (ISO 3741:2010). Helsinki. 2010. 74 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
5. The Engineering ToolBox. Octave Band Frequencies. [Viitattu 28.3.2017]. Saatavissa:
http://www.engineeringtoolbox.com/octave-bands-frequency-limits-d_1602.html.
6. SFS-EN ISO 14738:2008 Safety of machinery. Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery (ISO 14738:2002, including Cor 1:2003 and Cor 2:2005). Helsinki. 2009. 41 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
7. Sengpiel, A. Tontechnik-Rechner – sengpielaudio. Acoustic calculator of the wavelength of a wave (sound wave) in air when frequency and temperature is known. [Viitattu 5.4.2017]. Saatavissa:
<http://www.sengpielaudio.com/calculator-waves.htm>.
8. SFS-EN ISO 5136:2009. Acoustics. Determination of sound power radiated into a duct by fans and other air-moving devices. In-duct method (ISO 5136:2003). Helsinki. 2009. 84 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
9. Paroc Group Oy. Knowhow. Sound. Sound absorption. Päivitetty 2017. [Viitattu 28.3.2017]. Saatavissa:
<http://www.paroc.com/knowhow/sound/sound-absorption>.
10. Lepola, P & Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 1. painos. 429 s. Helsinki: WSOY. ISBN 951-0-27158-6.

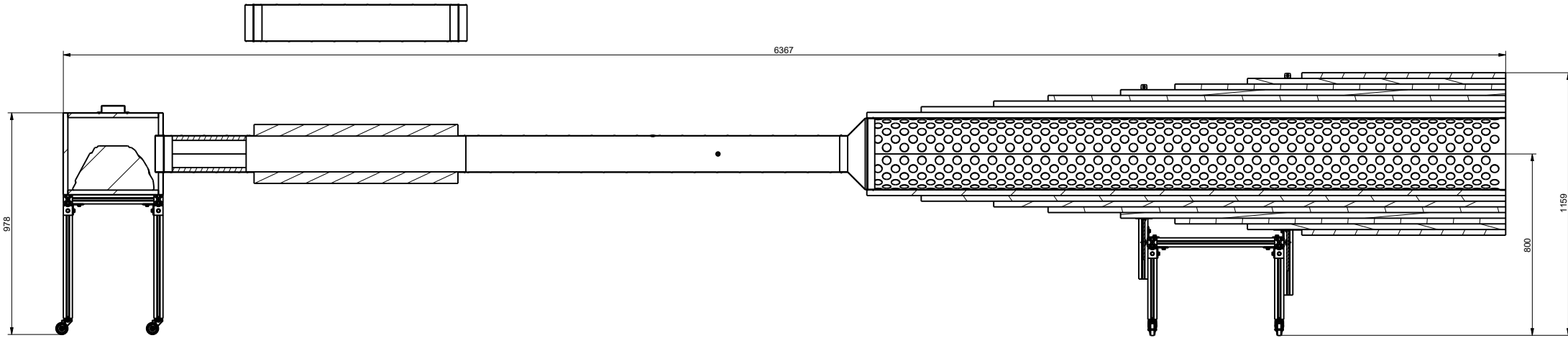
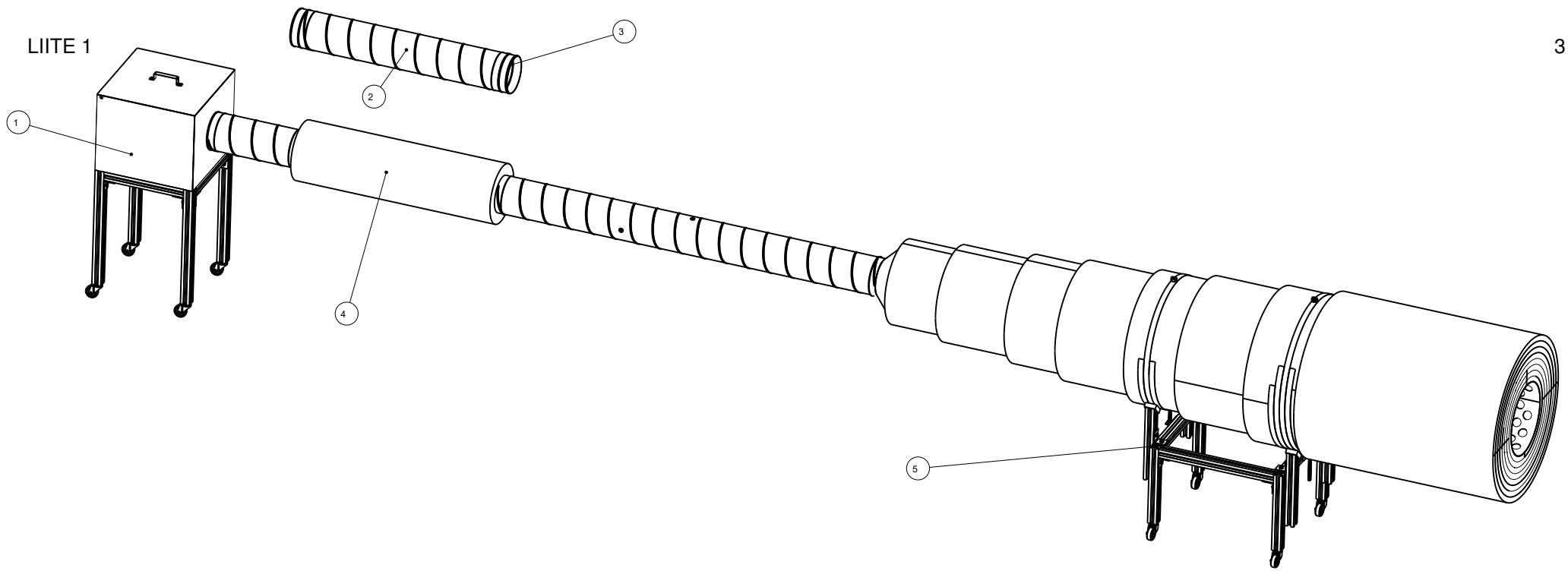
Kanavavaimentimien testausyksikkö



Sisältö

	Piir. nro	siivu-nro
TESTAUSYKSIKKO	1	1
LAHETTAVA_PUOLI	1_1	2
LP_POYTA	1_1_1	3
LP_POYTA_JALKA	1_1_1_1	4
LP_POYTA_VAAKAPALKKI	1_1_1_2	5
KULMAKIINNIKE		
KALUSTEPYORA		
ALUSLEVY_DIN125-1-A8		
KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X40-8_8		
KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_8		
LP_KAIUTINLAATIKKO	1_1_2	6
LP_KAIUTINLAATIKKO_LAATIKKO	1_1_2_1	7
LP_KAIUTINLAATIKKO_ETUERISTE	1_1_2_2	8
LP_KAIUTINLAATIKKO_TAKAERISTE	1_1_2_3	9
LP_KAIUTINLAATIKKO_KYLKIERISTE	1_1_2_4	10
LP_KAIUTINLAATIKKO_POHJAERISTE	1_1_2_5	11
LP_KAIUTINLAATIKKO_PANTA	1_1_2_6	12
LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI	1_1_2_7	13
LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_LEVY	1_1_2_7_1	14
LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_ERISTE	1_1_2_7_2	15
LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_KAHVA	1_1_2_7_3	16
LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_NIITTI		
NORSONIC_NOR275		
SISALIITIN_BDEN-1-016	1_1_3	17
LP_MODAALISUODATIN	1_1_4	18
LP_MODAALISUODATIN_KANAVA	1_1_4_1	19
LP_MODAALISUODATIN_ERISTE	1_1_4_2	20
KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X30-8_8		
ALUSLEVY_DIN125-1-A8		
VASTAANOTTAVA_PUOLI	1_2	21
VP_POYTA	1_2_1	22
VP_POYTA_JALKA	1_2_1_1	23
VP_POYTA_VAAKAPALKKI_1	1_2_1_2	24
VP_POYTA_VAAKAPALKKI_2	1_2_1_3	25
VP_POYTA_KORKEUSSAADIN	1_2_1_4	26
VP_POYTA_KORKEUSSAADIN_LATTA	1_2_1_4_1	27
VP_POYTA_KORKEUSSAADIN_KORVAKE	1_2_1_4_2	28
ALUSLEVY_DIN125-1-A10		
MUTTERI_ISO4032-M10-6		
VP_POYTA_KIERRETANKO	1_2_1_5	29
VP_POYTA_TAKAPIDIKE	1_2_1_6	30
VP_POYTA_TAKAPIDIKE_PANTA	1_2_1_6_1	31
VP_POYTA_TAKAPIDIKE_TUKIKAARI_1	1_2_1_6_2	32
VP_POYTA_TAKAPIDIKE_TUKIKAARI_2	1_2_1_6_3	33
MUTTERI_ISO4032-M10-6		
KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_8		
ALUSLEVY_DIN125-1-A8		
VP_POYTA_ETUPIDIKE	1_2_1_7	34
VP_POYTA_ETUPIDIKE_PANTA	1_2_1_7_1	35
VP_POYTA_ETUPIDIKE_TUKIKAARI	1_2_1_7_2	36
MUTTERI_ISO4032-M10-6		
KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_8		
ALUSLEVY_DIN125-1-A8		
VP_POYTA_TUKI	1_2_1_8	37
VP_POYTA_TUKI_PALKKI	1_2_1_8_1	38
VP_POYTA_TUKI_PEHMUSTE	1_2_1_8_2	39
KULMAKIINNIKE		
KALUSTEPYORA		
KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X30-8_8		
KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_8		
ALUSLEVY_DIN125-1-A8		
VP_KAIUNESTO	1_2_2	40
VP_KAIUNESTO_REIKAPUTKI	1_2_2_1	41
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO1	1_2_2_2	42
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO2	1_2_2_3	43
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO3	1_2_2_4	44
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO4	1_2_2_5	45
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO5	1_2_2_6	46
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO6	1_2_2_7	47
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO7	1_2_2_8	48
VP_KAIUNESTO_ERISTE_TERMINATOR	1_2_2_9	49
VP_KAIUNESTO_VAHVIKEPANTA	1_2_2_10	50
MUUNTOLIITIN_BDED-3-031-016	1_2_2_11	51
VP_MITTAUSKANAVA	1_2_3	52
VP_MITTAUSKANAVA_KANAVA100HZ	1_2_3_1	53
VP_MITTAUSKANAVA_LAPIVIENTIKUMI	1_2_3_2	54
SIJAIKPUTKI	1_3	55
VAIMENNIN		

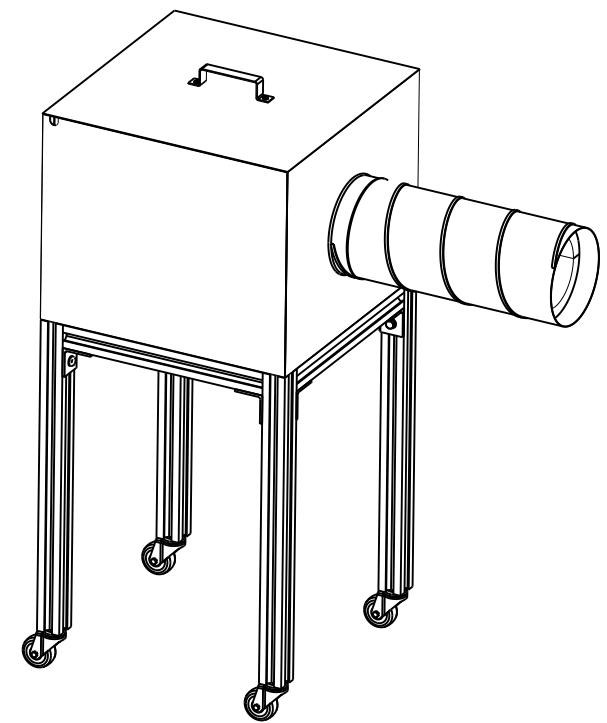
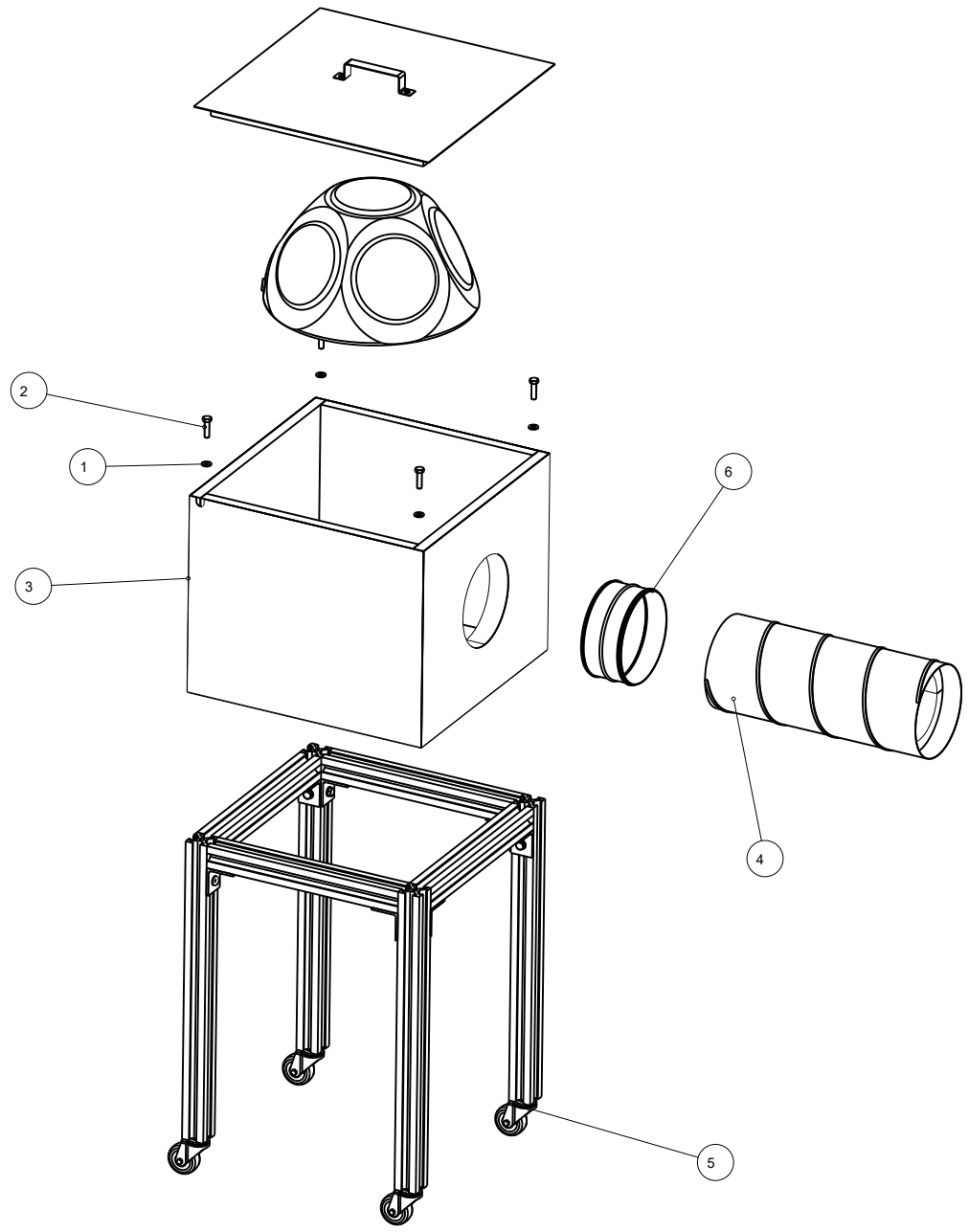
LIITE 1



5		VASTAANOTTAVA_PUOLI	-	-	-	1
4		VAIMENNIN	-	-	-	1
3		SISALITIN_BDEN-1-016	-	-	-	2
2		SUJAIKPUTKI	-	-	-	1
1		LAHETTAVA_PUOLI	-	-	-	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl

Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Luittyy	Lajimerkki	TESTAUSYKSIKKO	
	1:12	-	-			

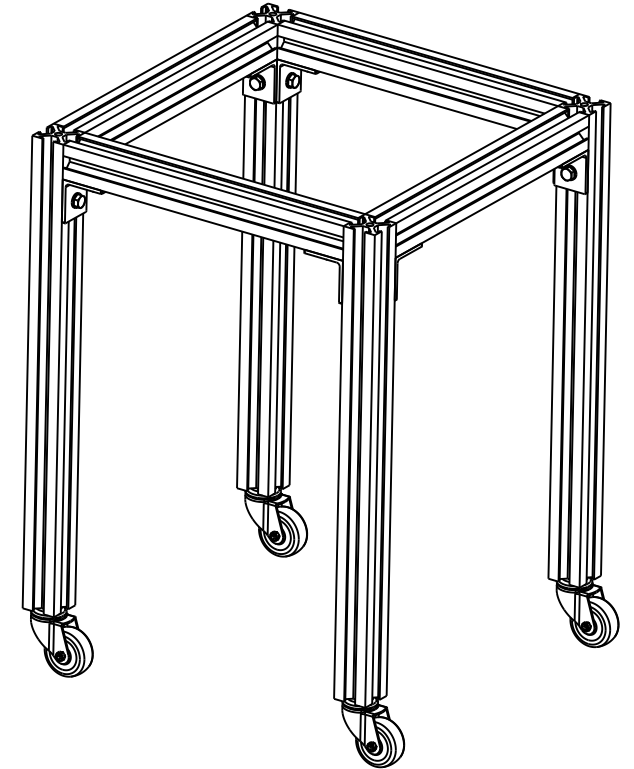
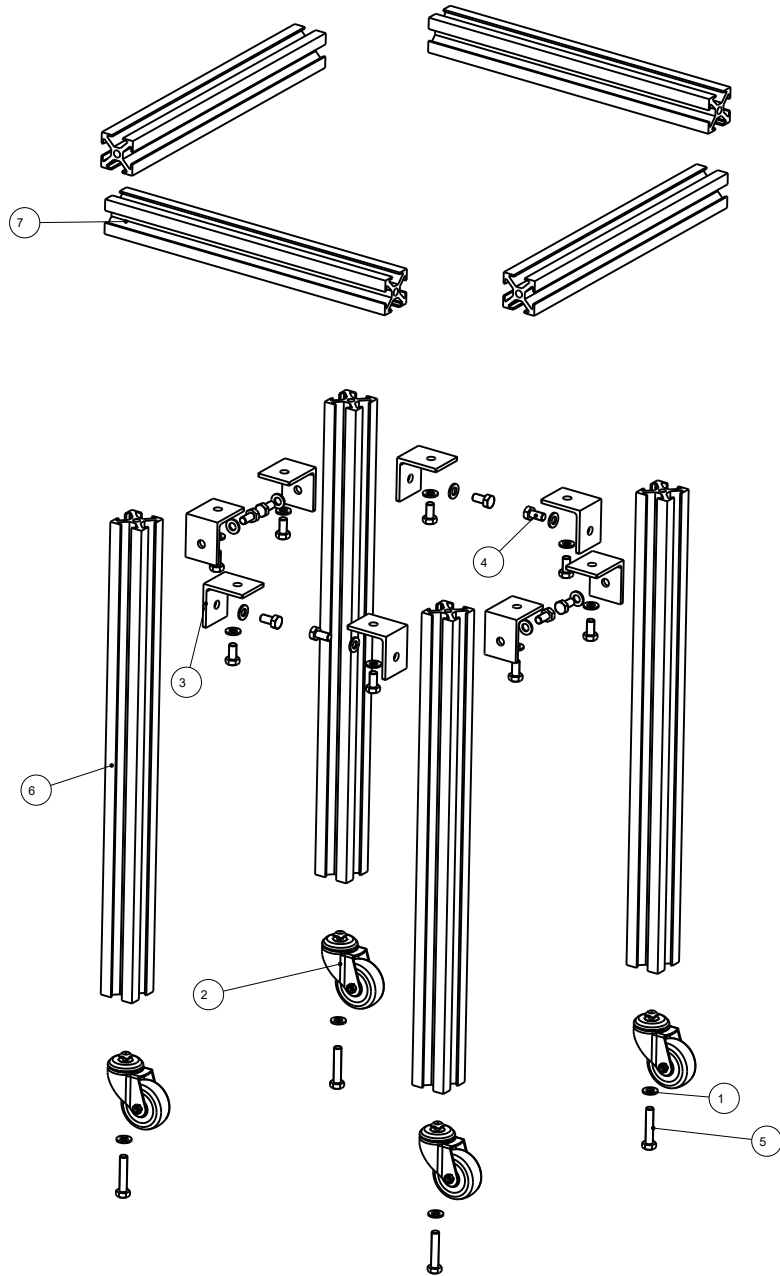
Piirt	S Laakkonen	Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suun			Piirustusnumero		
Tark	Massa		1		
Hyv					



6		SISALIITIN_BDEN-1-016	-	-	-	1
5		LP_POYTA	-	-	-	1
4		LP_MODAALISUODATIN	-	-	-	1
3		LP_KAIUTINLAATIKKO	-	-	-	1
2		KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X30-8_B	-	-	-	4
1		ALUSLEVY_DIN125-1-A8	-	-	-	4
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl

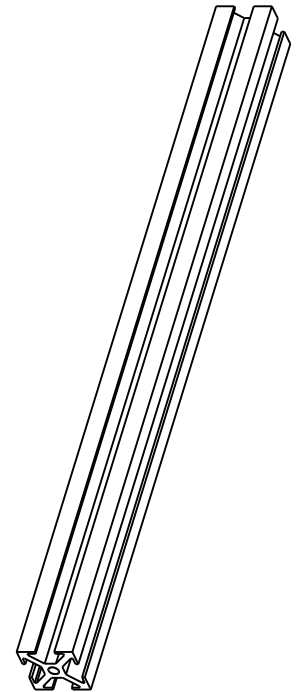
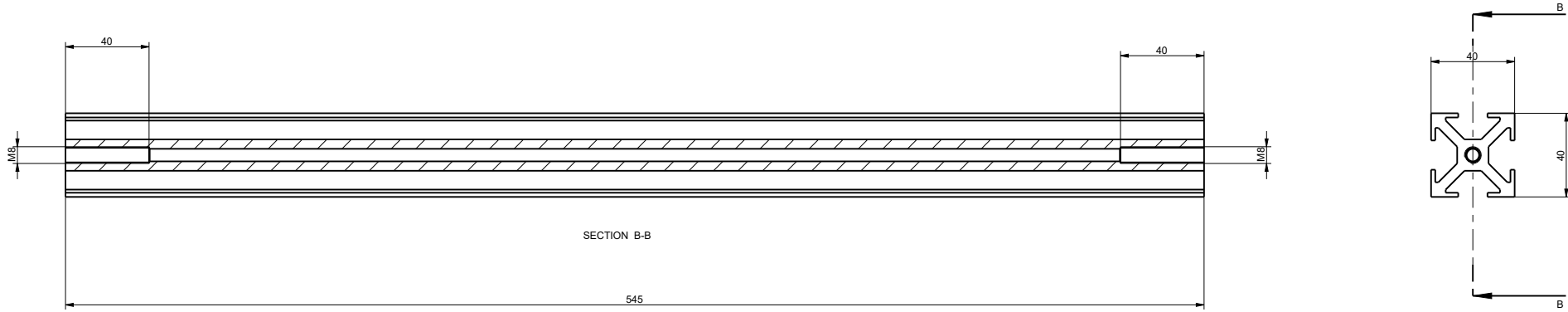
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Luittyy	Nimitys
	1:6	-		TESTAUSYKSIKKO LAHETTAVA PUOLI

Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark						
Hyv						
				1_1		

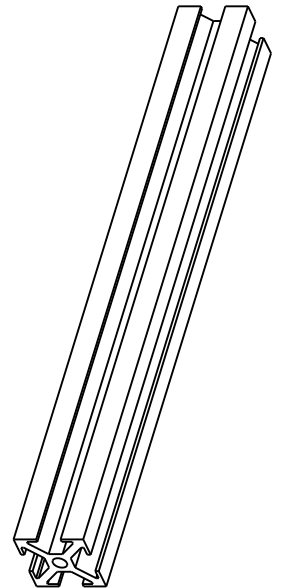
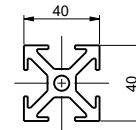
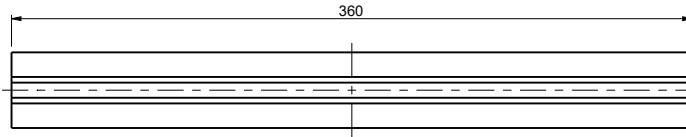


7	-	LP_POYTA_VAAKAPALKKI	-	-	-	4
6	-	LP_POYTA_JALKA	-	-	-	4
5	-	KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X40-8_8	-	-	-	4
4	-	KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_8	-	-	-	16
3	-	KULMAKINNINKE	-	-	-	8
2	-	KALUSTEPIYORA	-	-	-	4
1	-	ALUSLEVY_DIN125-1-A8	-	-	-	20
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl

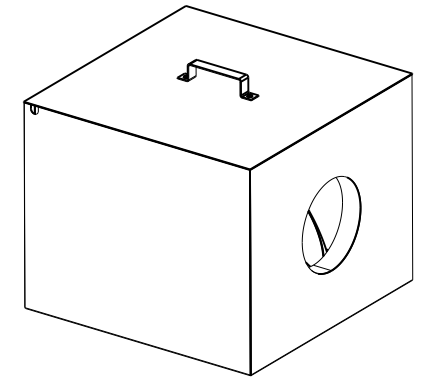
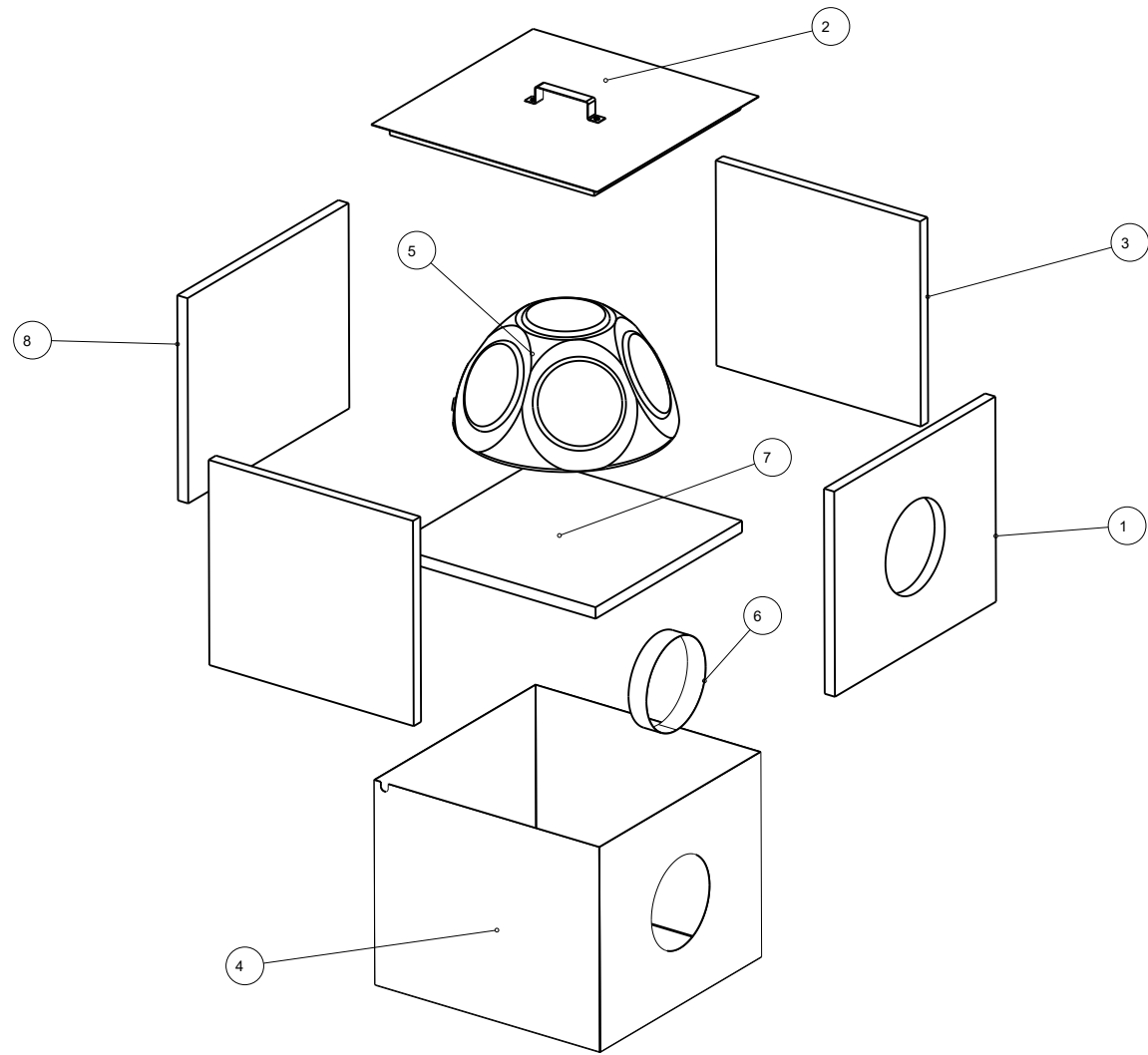
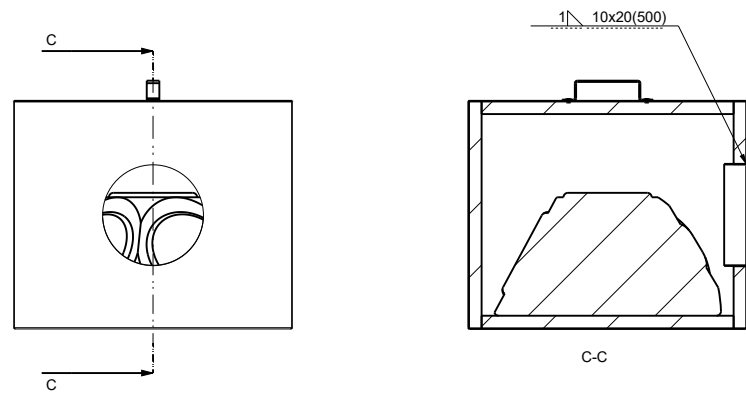
Yleistiedot		Mittakaava	Tuote	Luokka	Nimitys				
		1:4	-	LAHETTAVA PUOLI	LP POYTA				
Piirtäjä	S Laakkonen	Karelia-AMK			Ent	Uusi	Rev		
Suunnittaja					Pirustusnumero				
Tarkastaja					1_1_1				
Hyväksyjä									



Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Luittyy	Nimitys	
		2:3	-	LP POYTA	JALKA	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark		Massa				
Hyv				1_1_1_1		



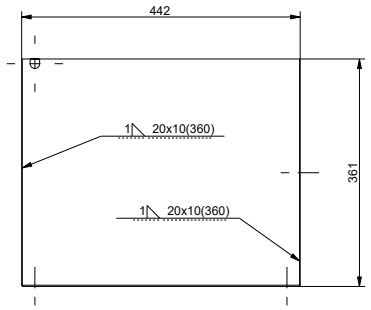
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys		
		1:2		LP POYTA	VAAKAPALKKI		
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark					1_1_1_2		
Hyv							



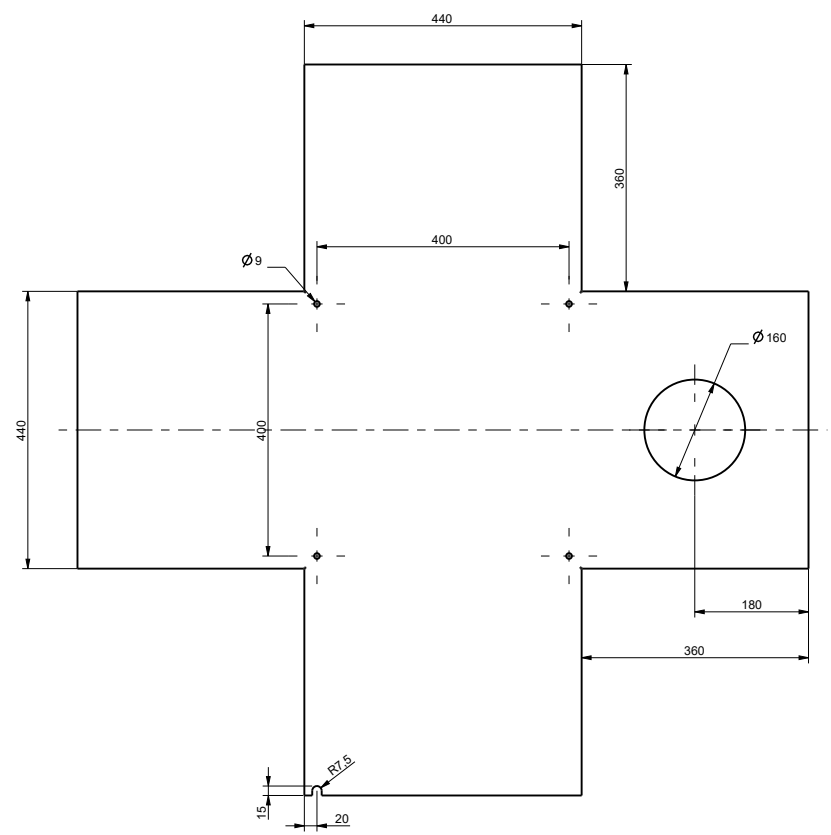
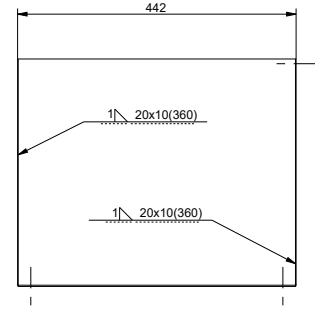
8		LP_KAIUTINLAATIKKO_TAKAERISTE	-	-	-	1
7		LP_KAIUTINLAATIKKO_POHJAERISTE	-	-	-	1
6		LP_KAIUTINLAATIKKO_PANTA	-	-	-	1
5		LP_KAIUTINLAATIKKO_NOR275	-	-	-	1
4		LP_KAIUTINLAATIKKO_LAATIKKO	-	-	-	1
3		LP_KAIUTINLAATIKKO_KYLKIERISTE	-	-	-	2
2		LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI	-	-	-	1
1		LP_KAIUTINLAATIKKO_ETUERISTE	-	-	-	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl

Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Lisätyy	Nimitys
	1:6	-	LAHETTAVA PUOLI	KAIUTINLAATIKKO

Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suunnittaja				Piirustusnumero		
Tarkastaja				1_1_2		
Hyväksyjä						

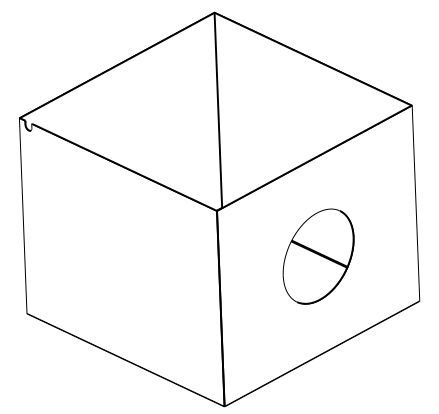


Folded

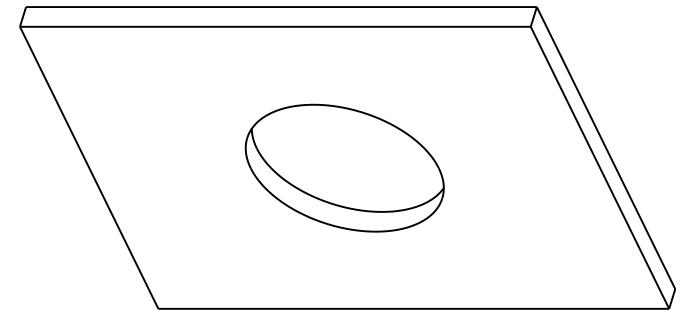
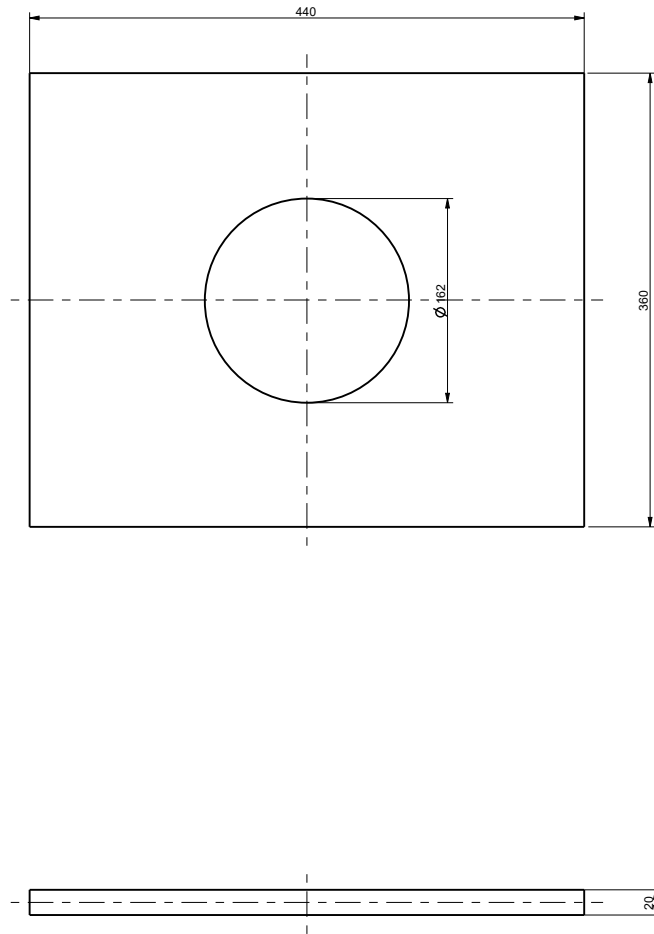


Flat pattern

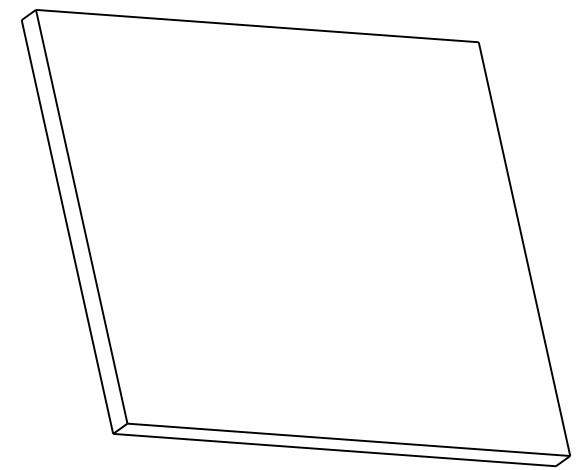
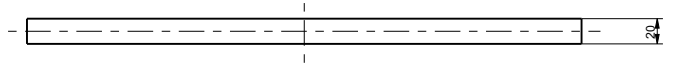
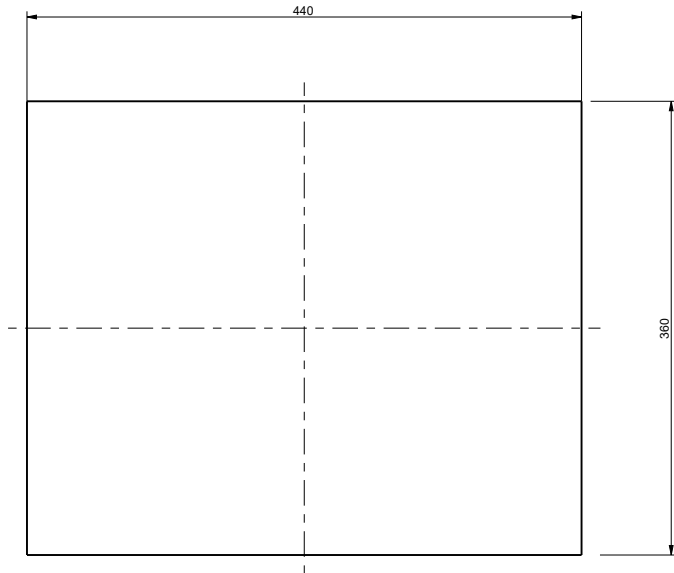
S = 1 mm



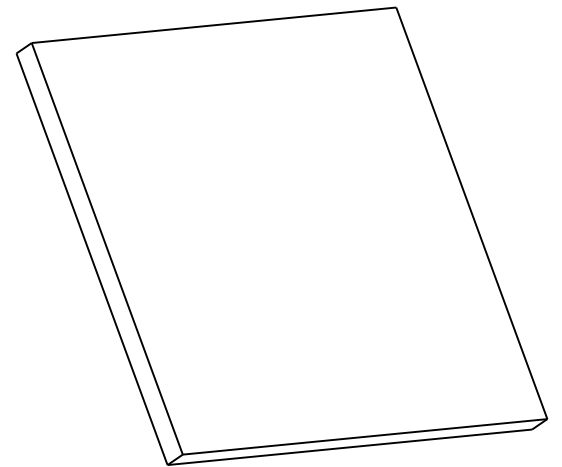
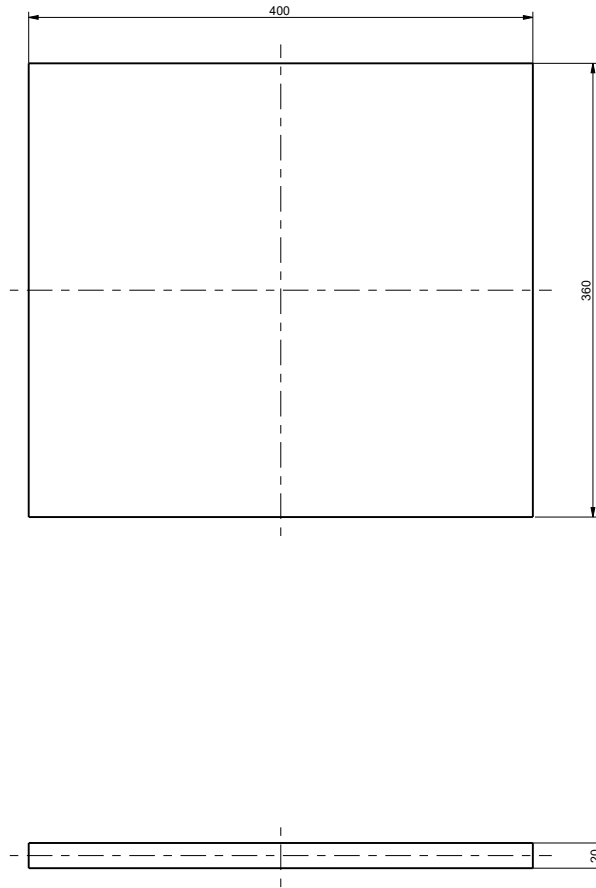
			NO	g = 1mm	S235	1
Osa	Piirustusnumero	Osaan tai kokoonpanoryhmän nimiys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Lutitty	Lajimerkki	Nimitys	
	1:6	-	KAIUTINLAATIKKO	LAATIKKO		
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark	Massa			1_1_2_1		
Hyv						



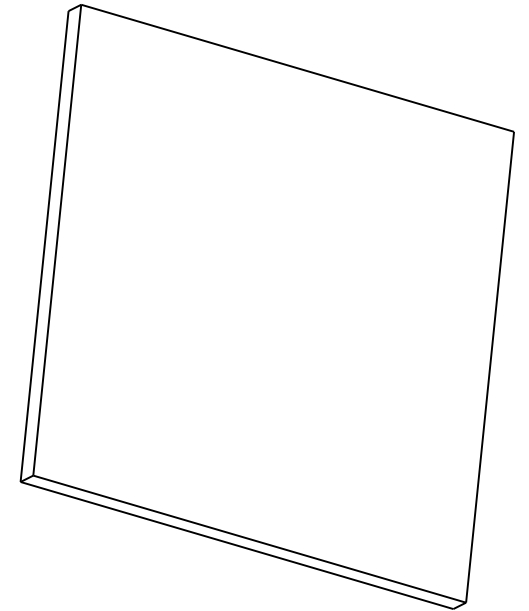
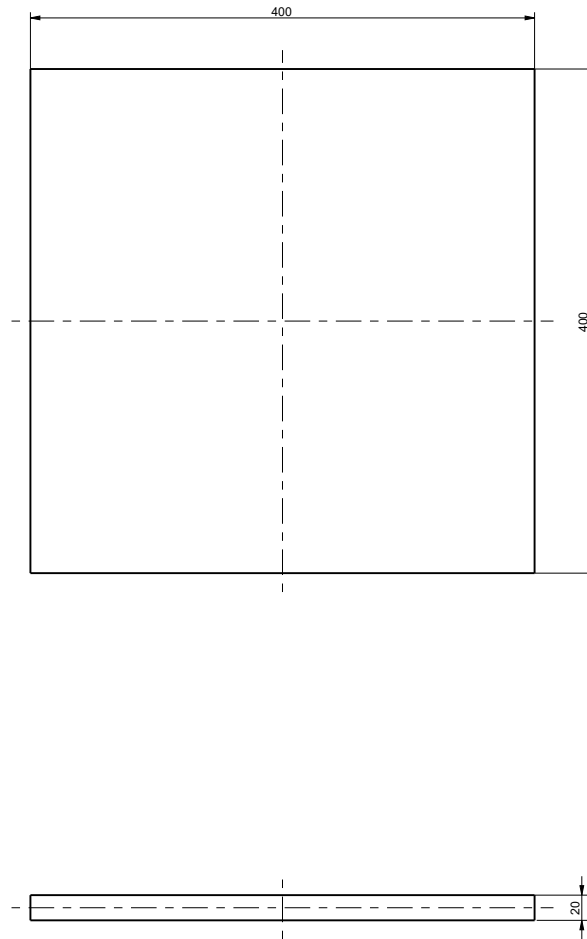
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	standardi	Muoto, malli, mitat	PU-vahtomuovi	1
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Luittyy	Lajimerkki	Laatu	Kpl
	1:3	-	KAIUTINLAATIKKO	ETUERISTE		
Piirtäjä	S Laakkonen	Massa	Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suunnittaja				Piirustusnumero		
Tarkastaja				1_1_2_2		
Hyväksyjä						



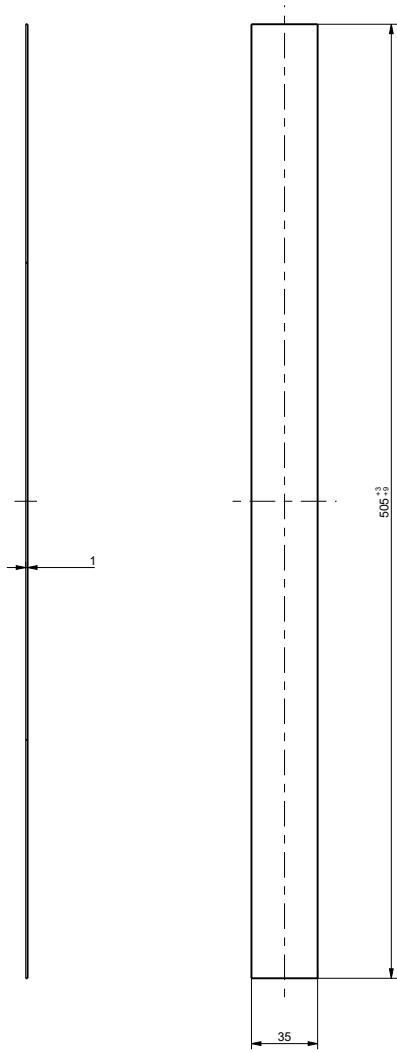
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	standardi	Muoto, malli, mitat	PU-vaahtomuovi	1
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Luittyy	Lajimerkki	Nimitys	Kpl
	1:3	-	KAIUTINLAATIKKO	TAKAERISTE		
Part	S Laakkonen	Massa	Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark				1_1_2_3		
Hyv						



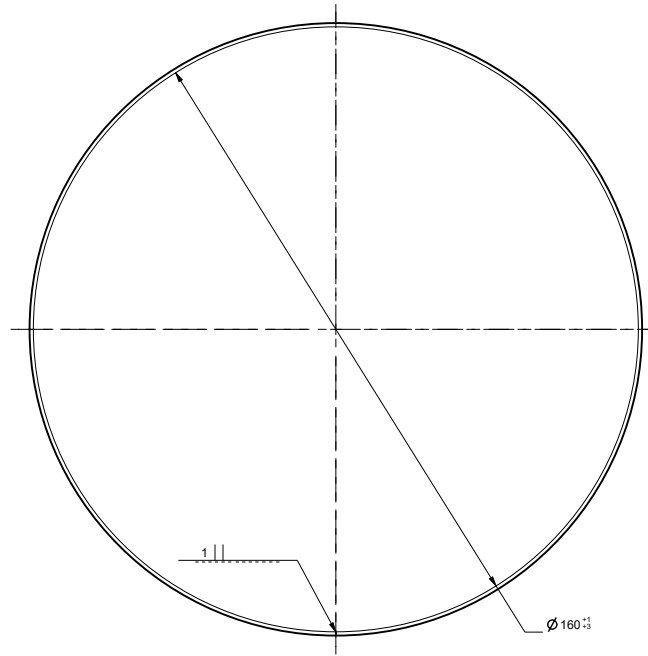
			NO	-	PU-vahtomuovi	2
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liitty	Nimitys	
		1:3	-	KAIUTINLAATIKKO	KYLKIERISTE	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_1_2_4	
Hyv						



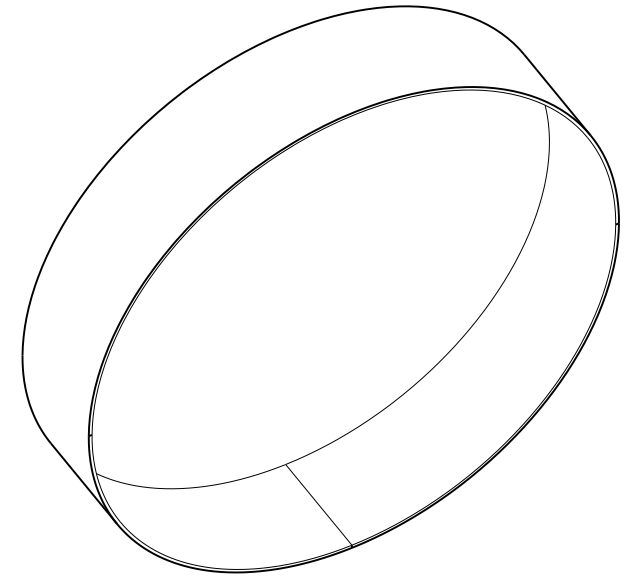
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	standardi	muoto	PU-vahtomuovi	1		
			Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Littyy	Lajimerkki			
		1:3	-	KAIUTINLAATIKKO	POHJAERISTE			
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK			Ent	Uusi	
Suun						Pinustusnumero		Rev
Tark		Massa						
Hyv								
						1_1_2_5		



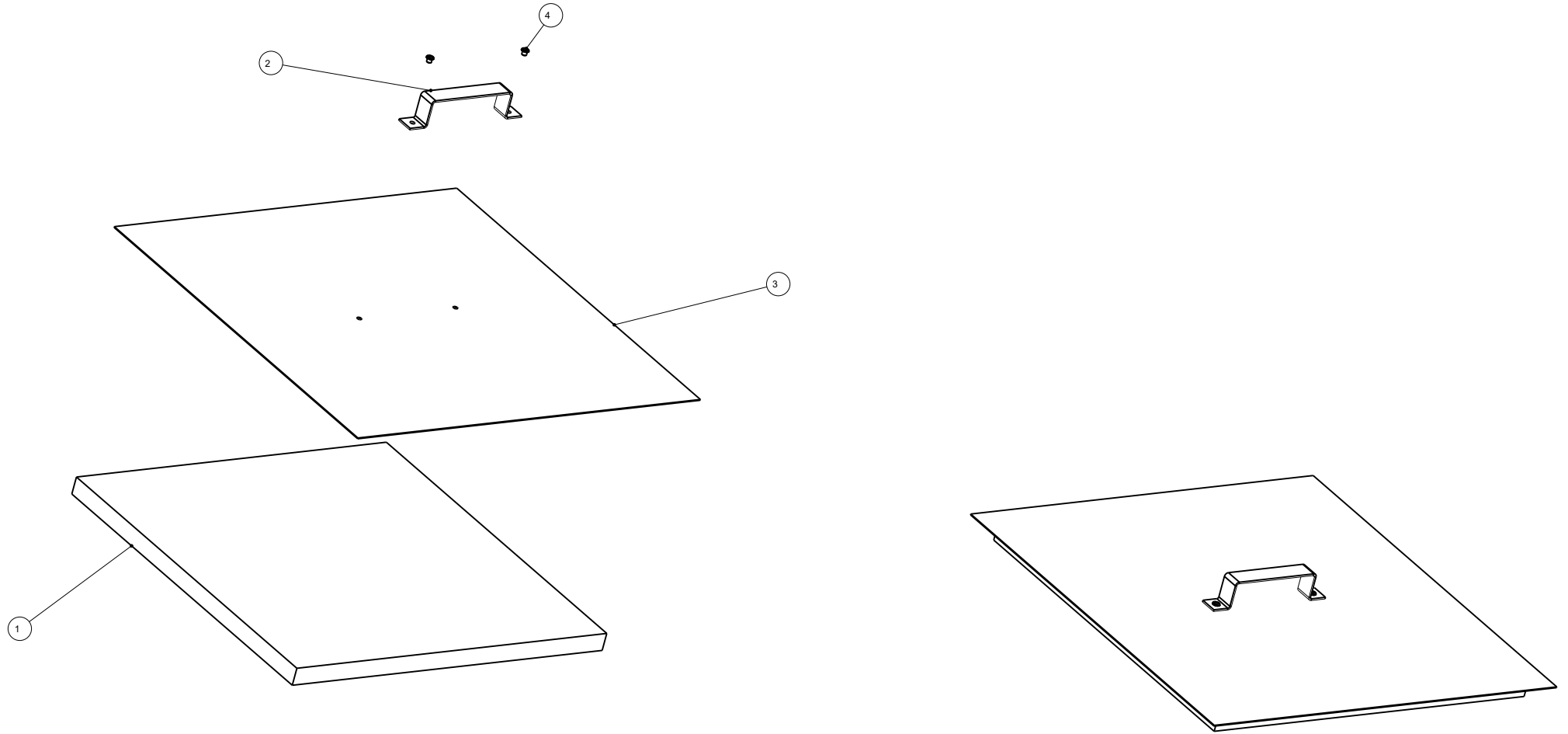
Flat pattern



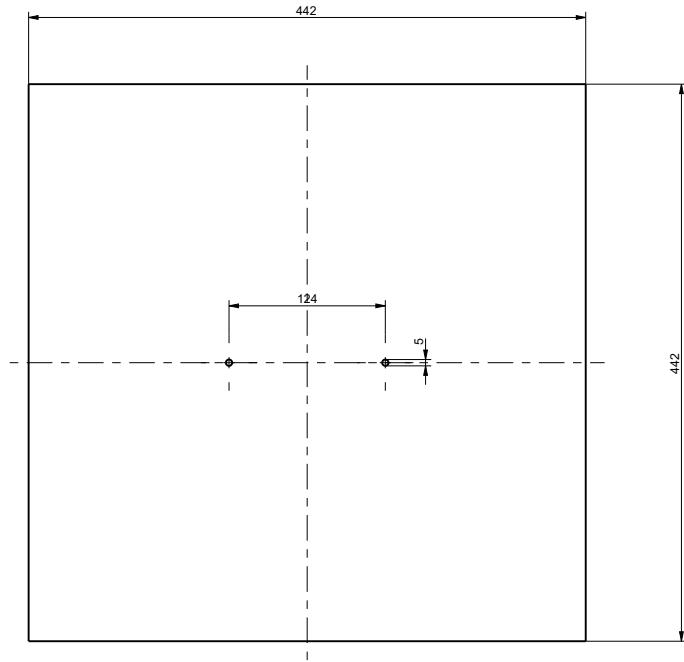
Folded



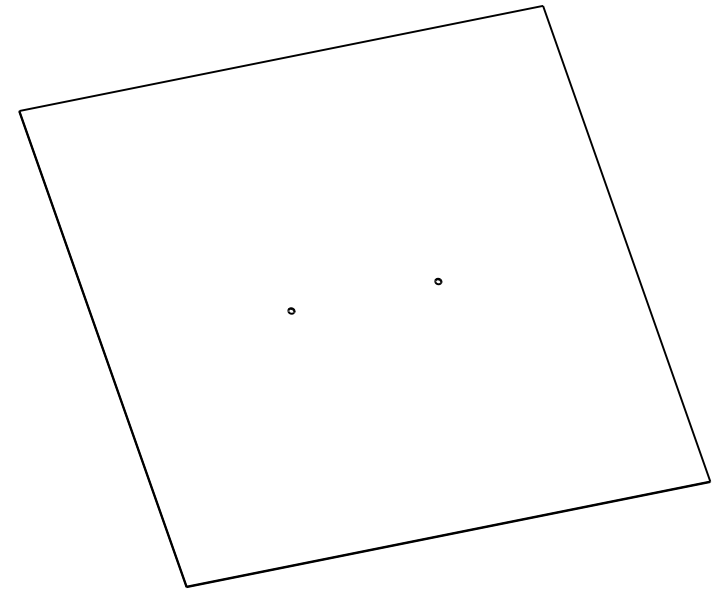
				s = 1 mm		S235	1
Osa	Piirustusnumero	Osaan tai kokoonpanoryhmän nimiys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Littyvät	Lajimerkki		
		1:1	-	KAIUTINLAATIKKO	PANTA		
Piirtäjä	S Laakkonen	Karelia-AMK			Ent.	Uusi	Rev.
Suunnittaja					Piirustusnumero		
Tarkastaja					1_1_2_6		
Hyväksyjä							



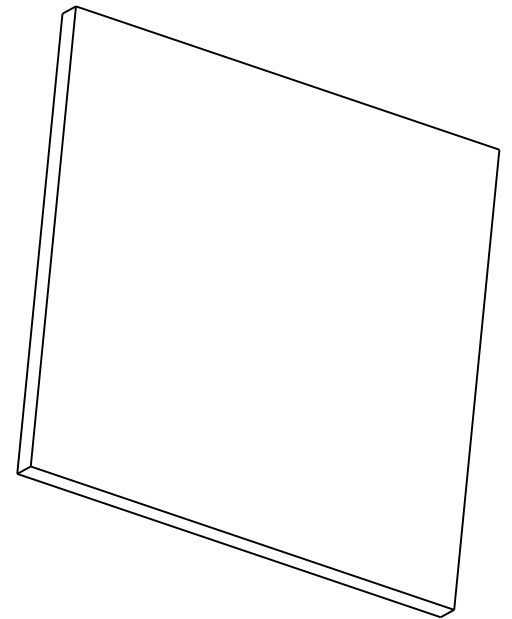
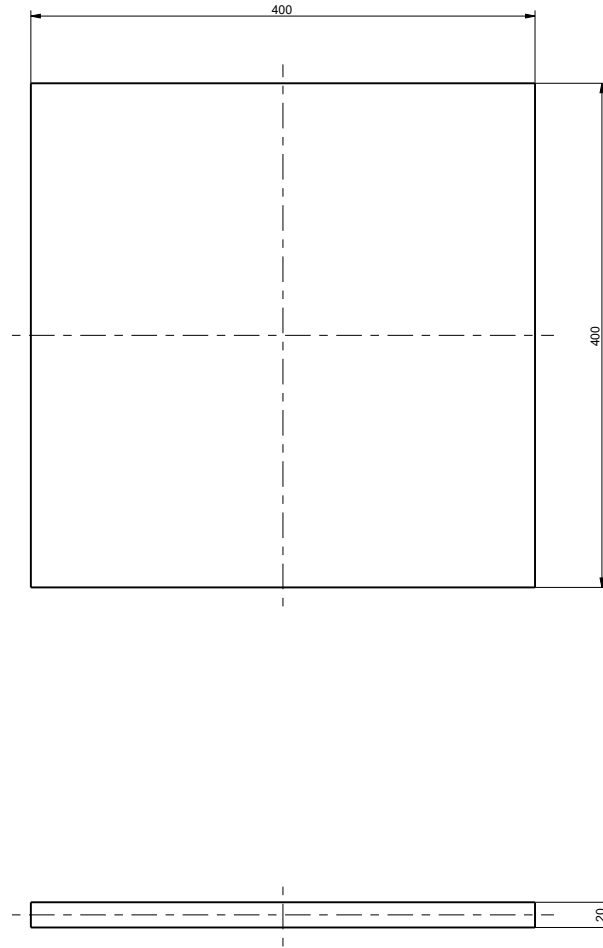
4		LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_NIITTI	-	-	vetoniitti Ø4,8 mm	-	2
3		LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_LEVY	-	-		-	1
2		LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_KAHVA	-	-		-	1
1		LP_KAIUTINLAATIKKO_KANSI_ERISTE	-	-		-	1
Osa	Piirustusnumero	Osaan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat		Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Littyy	Nimitys		
		1:3	-	KAIUTINLAATIKKO	KANSI		
Piirt	S Laakkonen				Ent	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark		Massa			1_1_2_7		
Hyv							
Karelia-AMK							



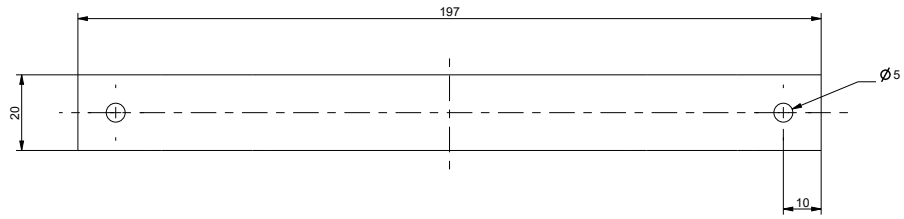
S = 1 mm



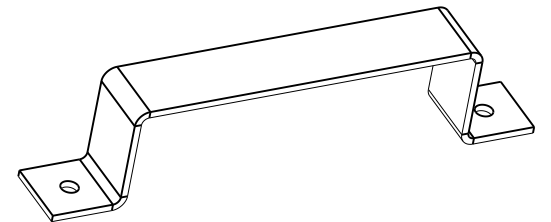
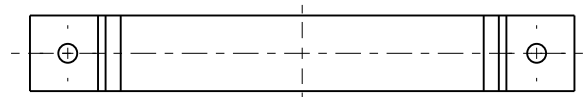
			standardi	-	S235	1		
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liitty	Nimitys			
		1:3	-	KANSI	LEVY			
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev	
Suun					Piirustusnumero			
Tark					1_1_2_7_1			
Hyv								



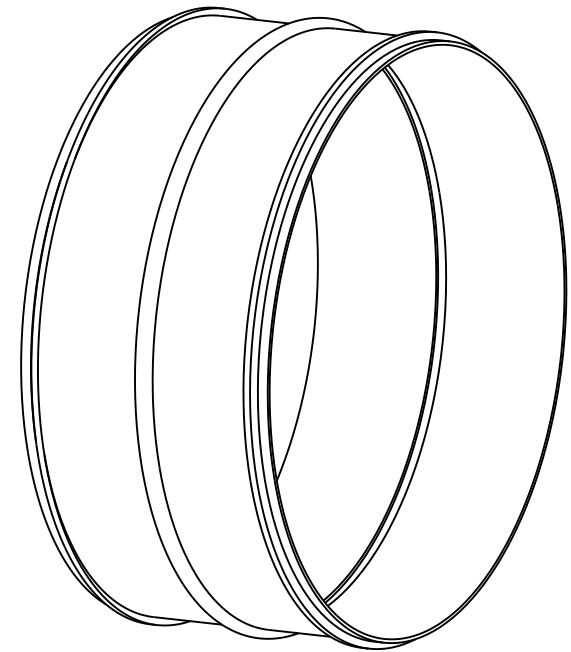
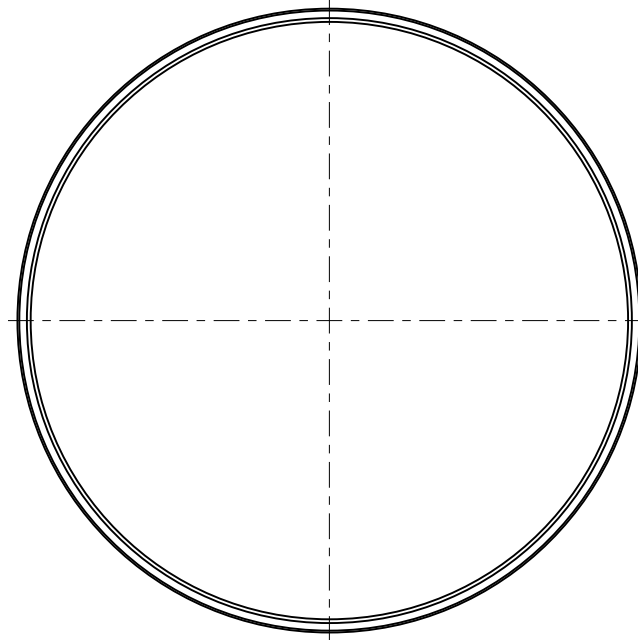
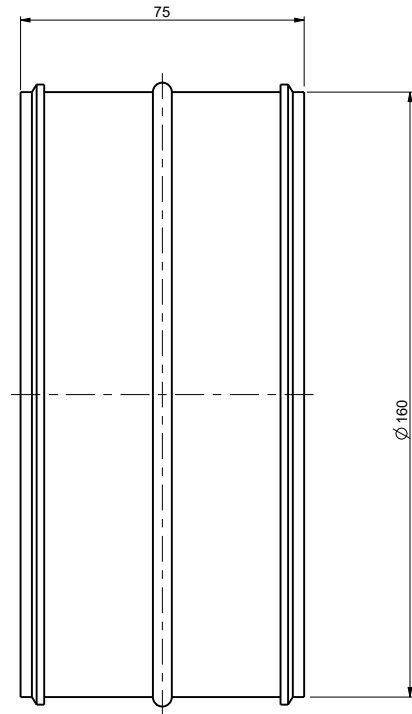
			standardi	-	PU-vahtomuovi	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Luittyy	Lajimerkki	
		1:3	-	KANSI	ERISTE	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_1_2_7_2	
Hyv						



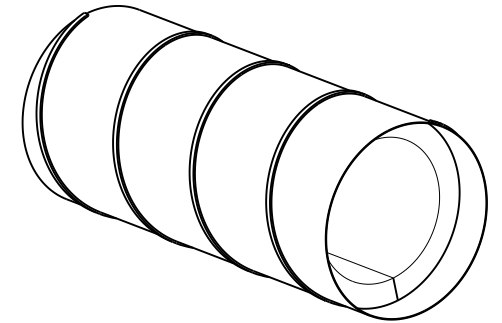
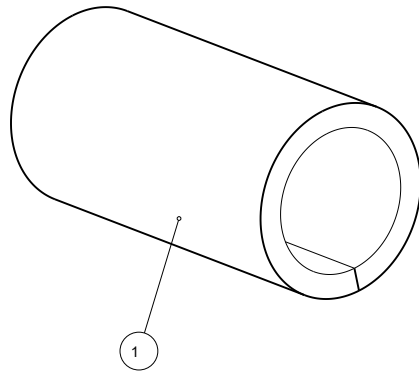
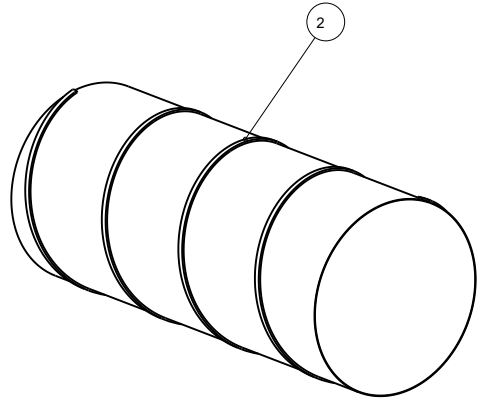
Flat pattern




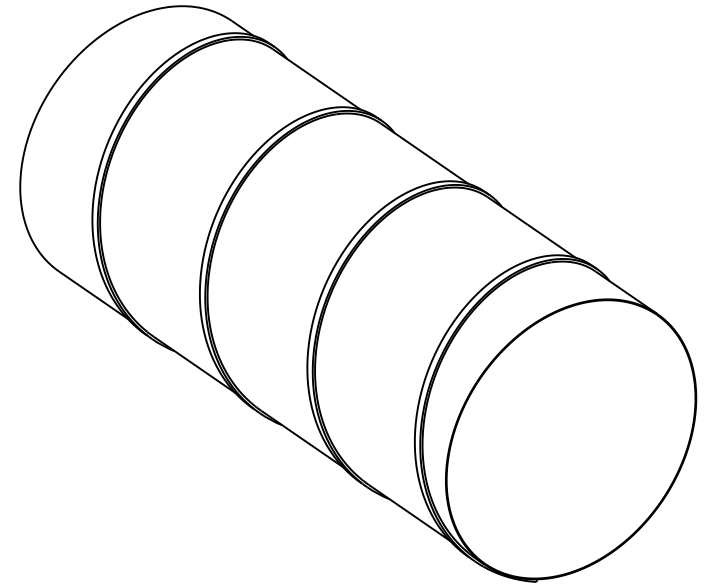
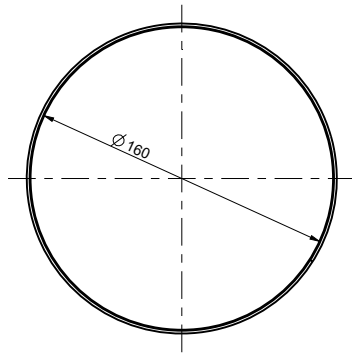
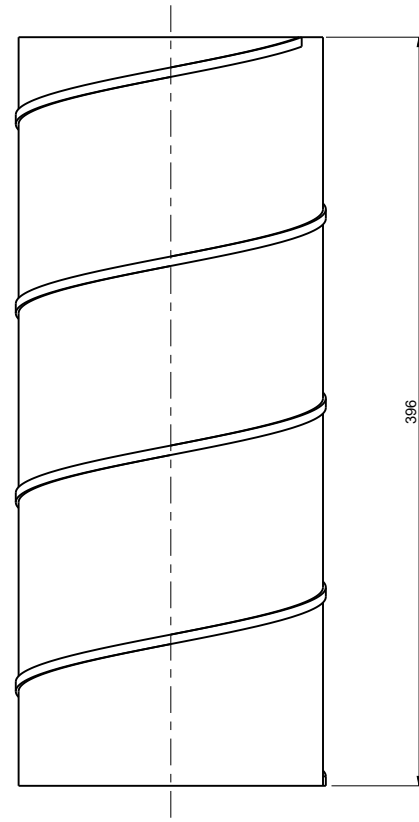
						S235	1
Osa	Piirustusnumero	Osaan tai kokoonpanoryhmän nimiys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Lajimerkki	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Littyvä	Nimitys		
		1:1	-	KANSI	KAHVA		
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark					1_1_2_7_3		
Hyv							



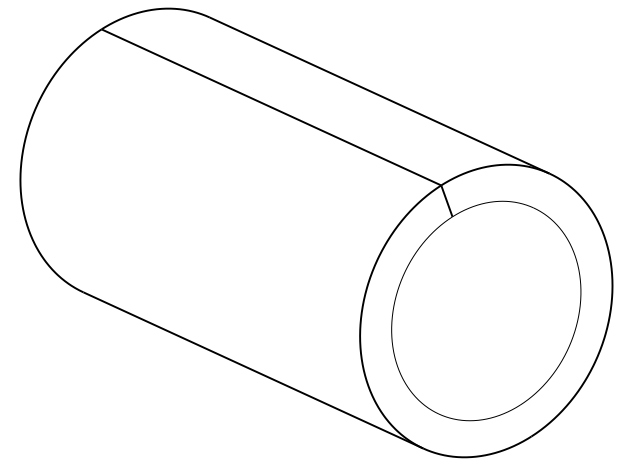
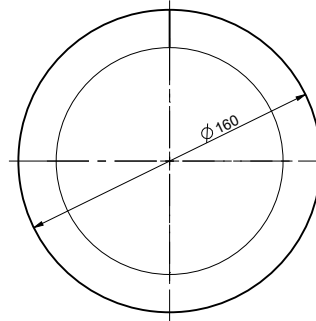
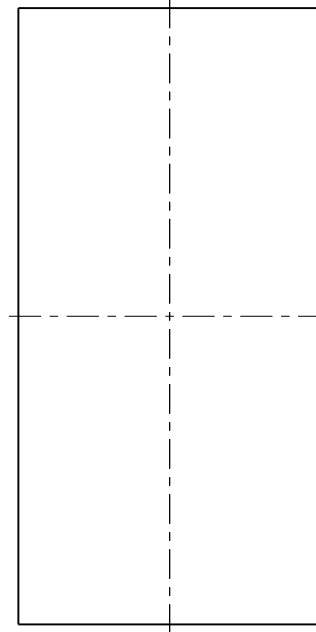
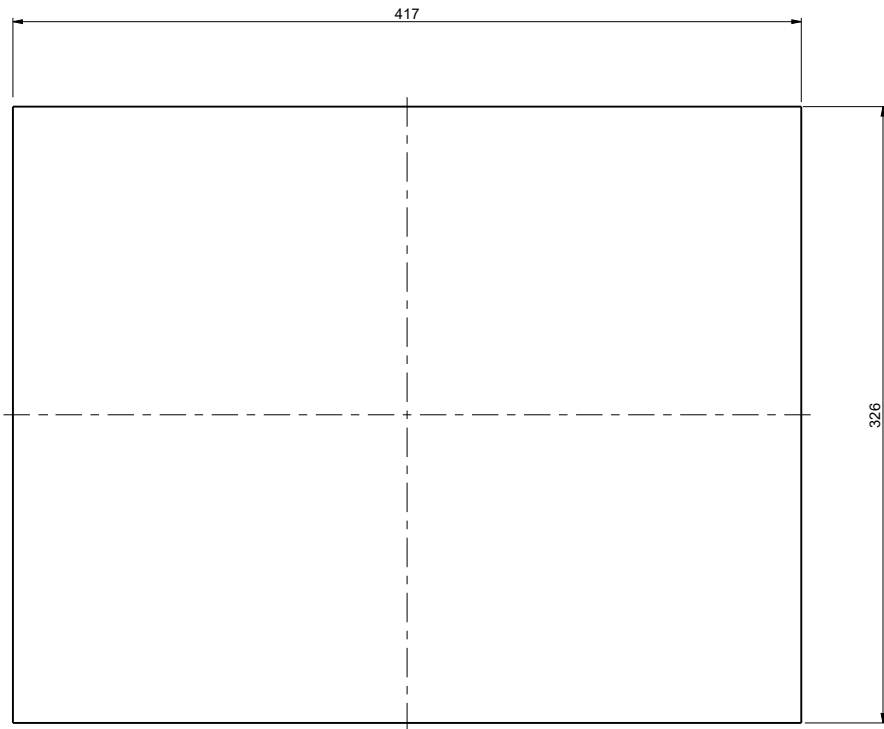
						3	
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokonpanoryhmän nimi	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys	
		1:1	-	TESTAUSYKSIKKO		SISALIITIN_BDEN-1-016	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev
Suunnittaja					Piirustusnumero		
Tarkastaja					1_1_3		
Hyväksyjä							



2		LP_MODAALISUODATIN_KANAVA	-	-	-	1
1		LP_MODAALISUODATIN_ERISTE	-	-	-	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys		
	1:3	-	LAHETTAVA PUOLI	MODAALISUODATIN		
Piirtäjä	S Laakkonen		Ent		Uusi	Rev
Suunnittaja			Piirustusnumero			
Tarkastaja			1_1_4			
Hyväksyjä						



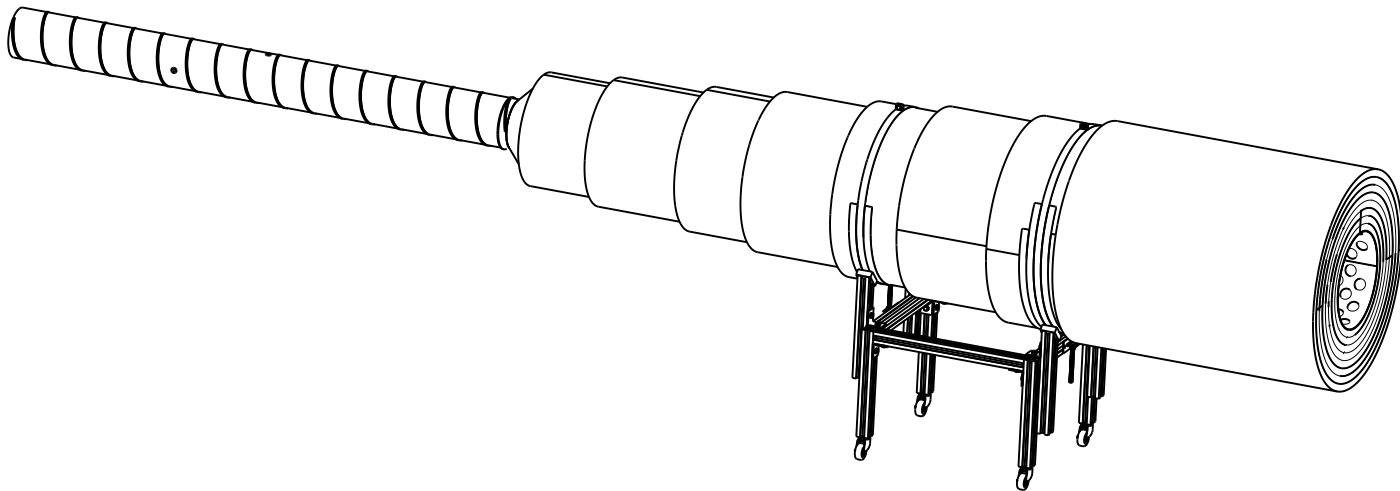
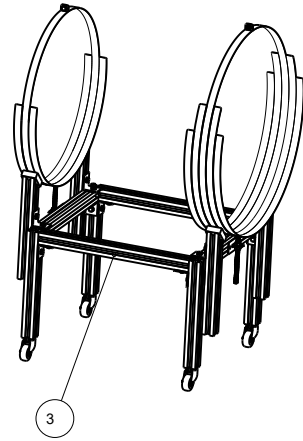
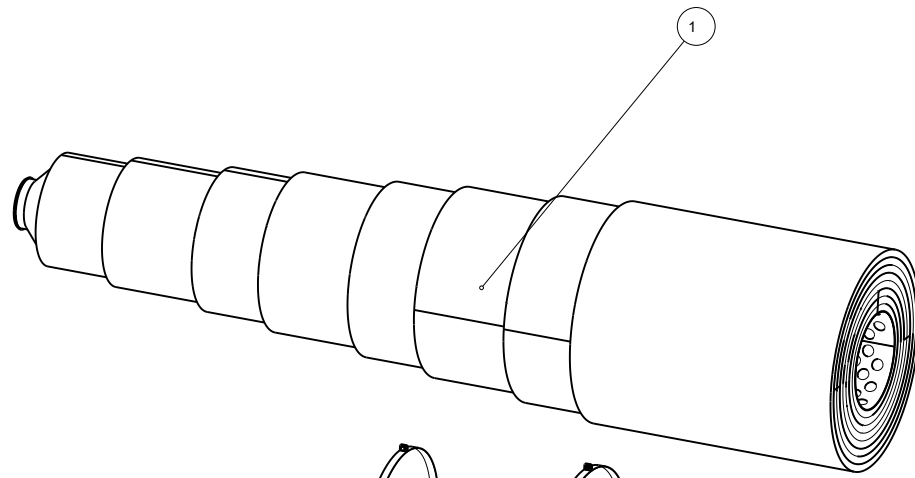
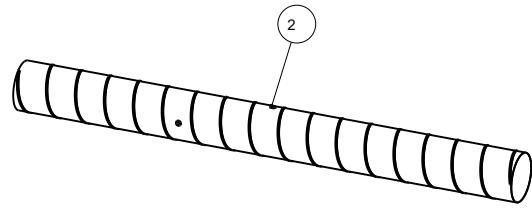
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys
		1:2	-	MODAALISUODATIN		KANAVA
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_1_4_1	
Hyväksyjä						



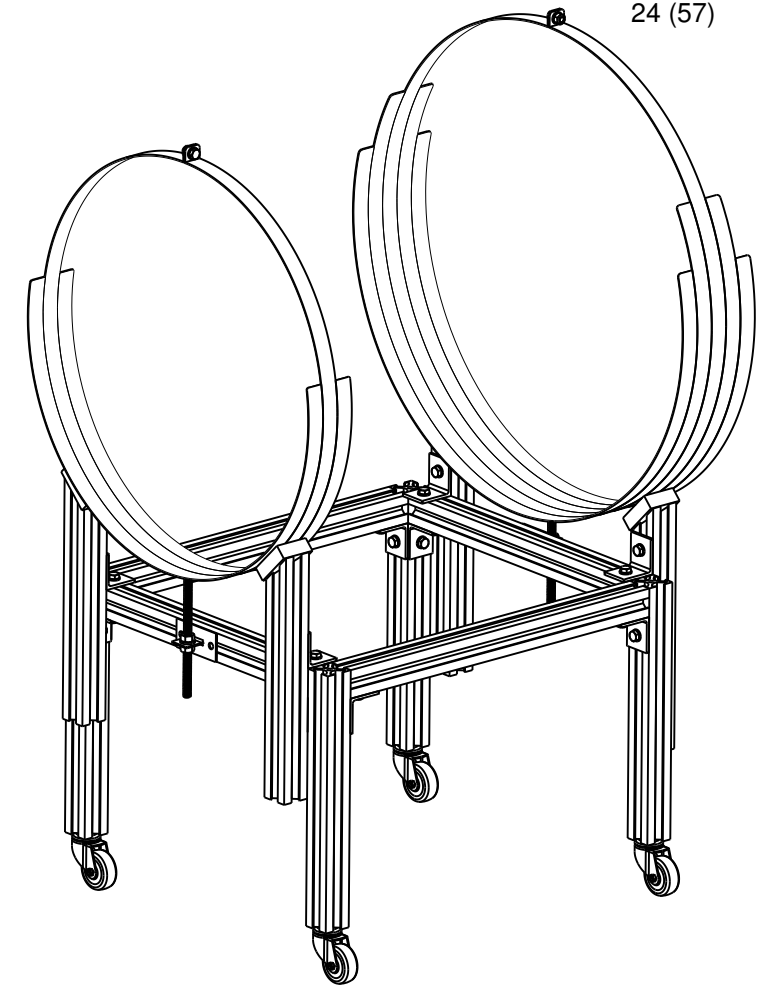
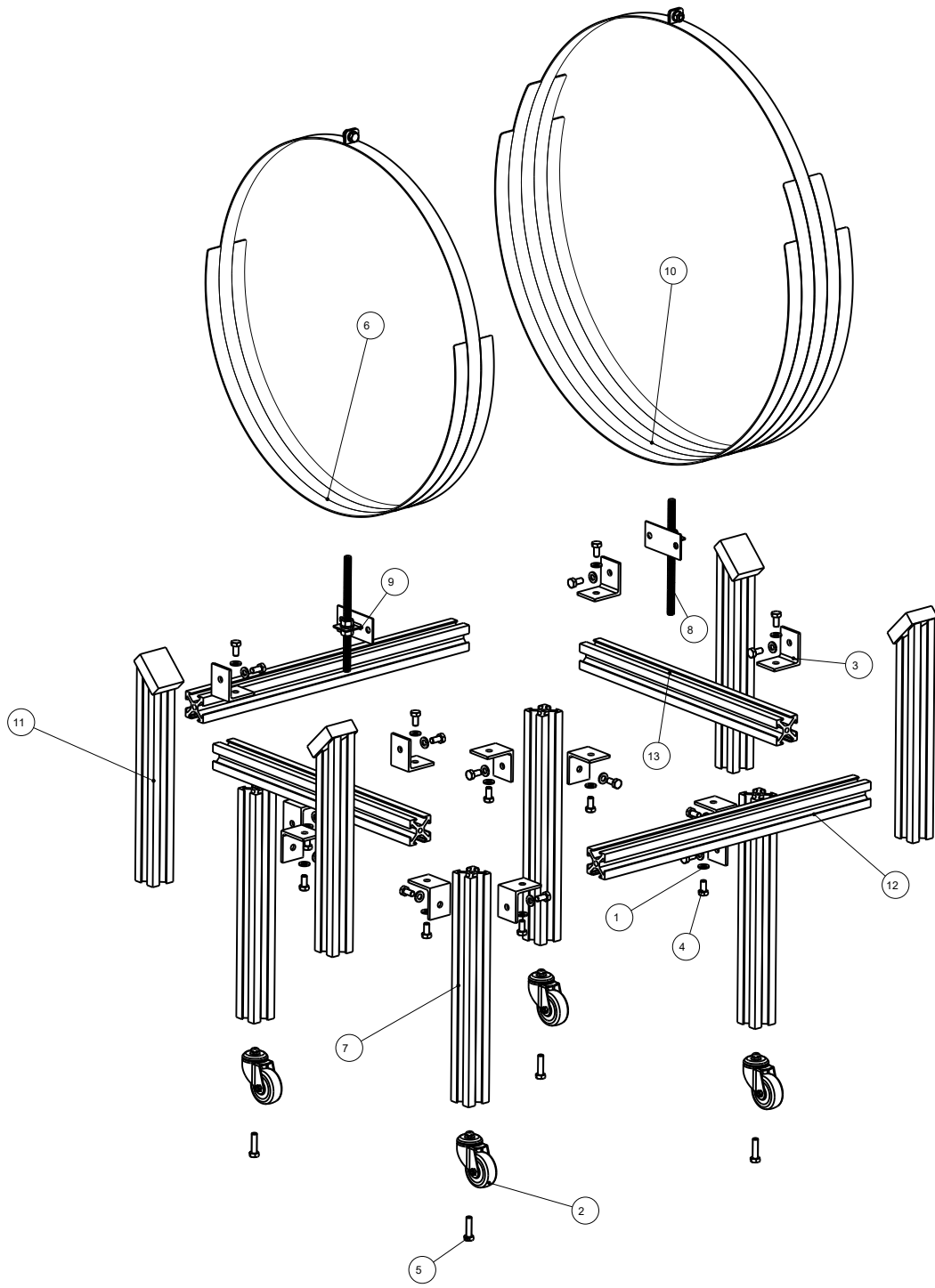
Flat pattern

Folded

					PU-vaahdumuovi	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys
		1:2	-	MODAALISUODATIN		ERISTE
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_1_4_2	
Hyväksyjä						



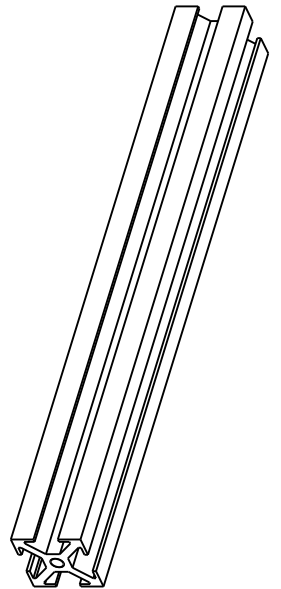
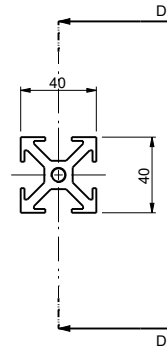
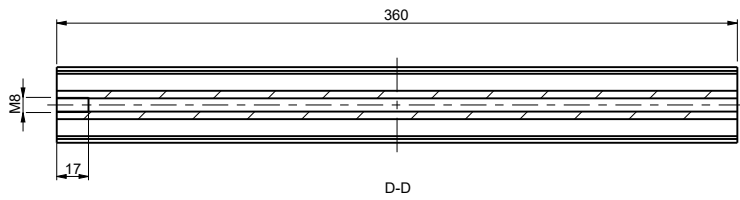
3		VP_POYTA	-	-	-	1	
2		VP_MITTALUSKANAVA	-	-	-	1	
1		VP_KAIUNESTO	-	-	-	1	
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys		
		1:12		TESTAUSYKSIKKO	VASTAANOTTAVA PUOLI		
Piirt	S Laakkonen	Massa	Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev	
Suun				Piirustusnumero			
Tark				1_2			
Hyv							



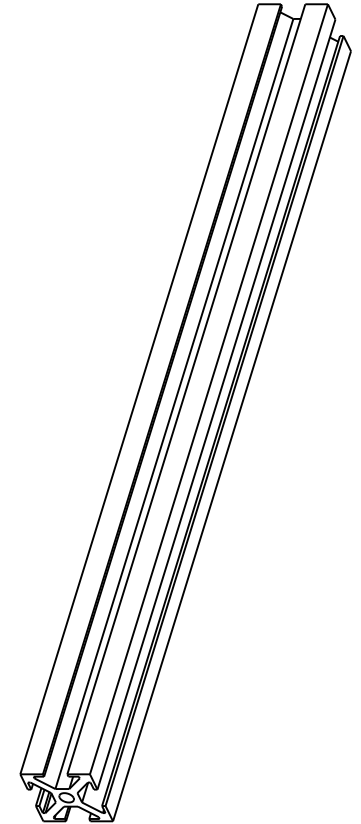
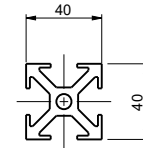
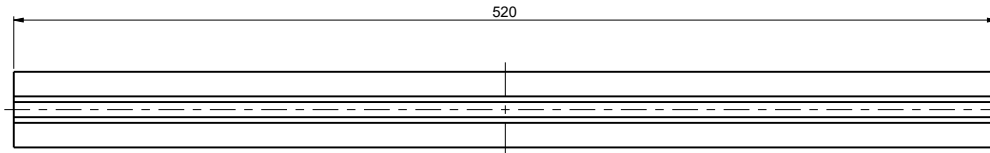
13		VP_POYTA_VAAKAPALKKI_2	-	-	-	2
12		VP_POYTA_VAAKAPALKKI	-	-	-	2
11		VP_POYTA_TUKI	-	-	-	4
10		VP_POYTA_TAKAPIDIKE	-	-	-	1
9		VP_POYTA_KORKEUSSAADIN	-	-	-	2
8		VP_POYTA_KIERRETANKO_M10	-	-	-	2
7		VP_POYTA_JALKA	-	-	-	4
6		VP_POYTA_ETUPIDIKE	-	-	-	1
5		KLUUSIORUUVI_ISO4017-M8X30-8_8	-	-	-	4
4		KLUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_8	-	-	-	24
3		KULMAKINNINKE	-	-	-	12
2		KALUSTEPEYORA	-	-	-	4
1		ALUSLEVY_DIN125-1-A8	-	-	-	24
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl

Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Luittyy	Lajimerkki
	1:5	-	VASTAANOTTAVA PUOLI	VP POYTA

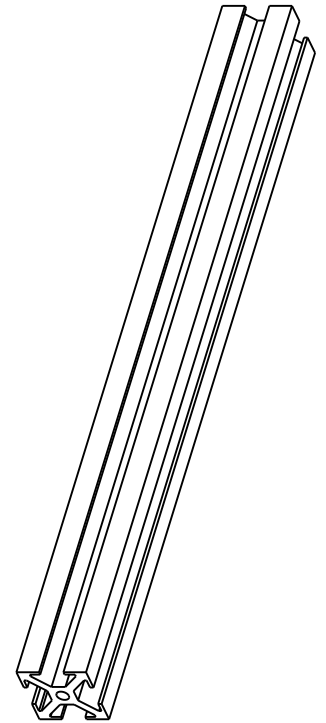
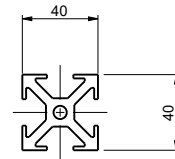
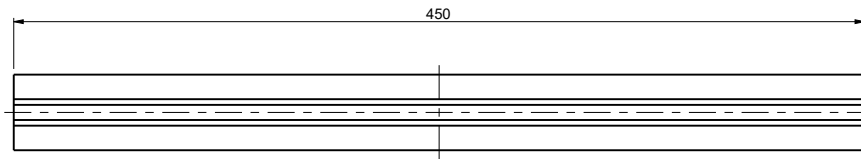
Piirt	S Laakkonen		Ent	Uusi	Rev
Suun			Piirustusnumero		
Tark	Massa		1_2_1		
Hyv					



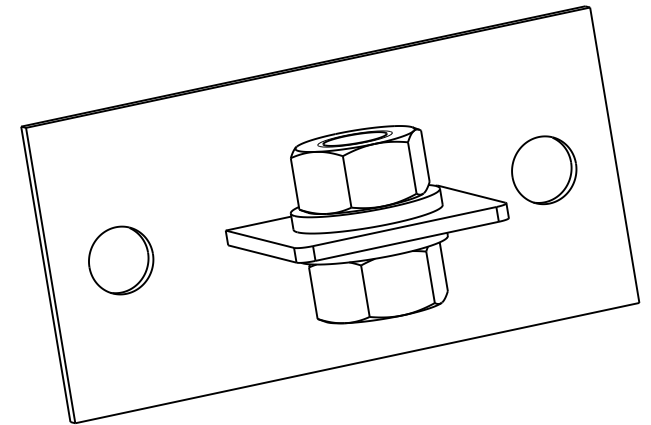
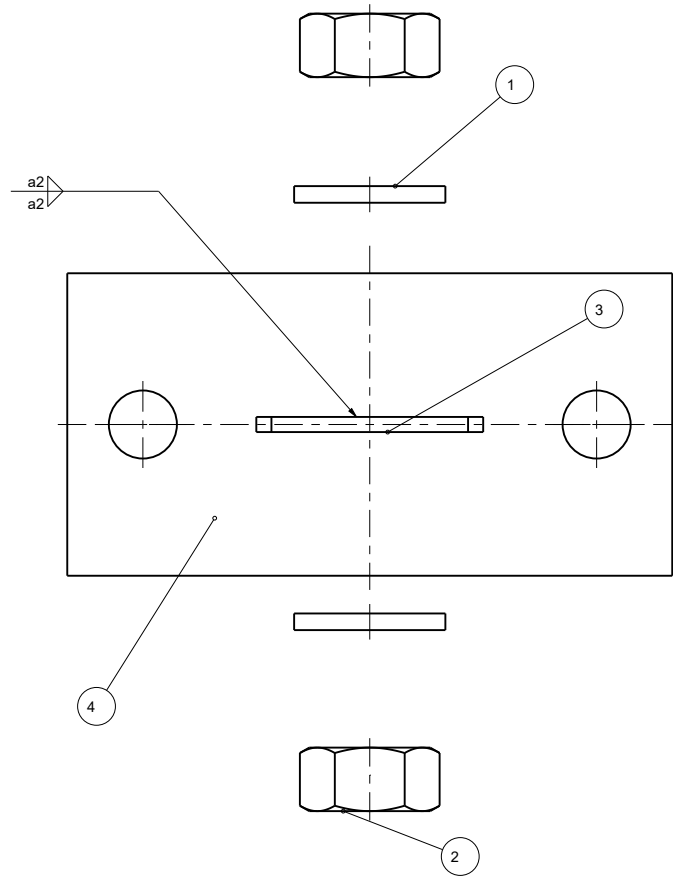
				Bosch-profiili 40x40		4
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys	
		1:2	-	VP POYTA	JALKA	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Enti	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_1_1	
Hyväksyjä						



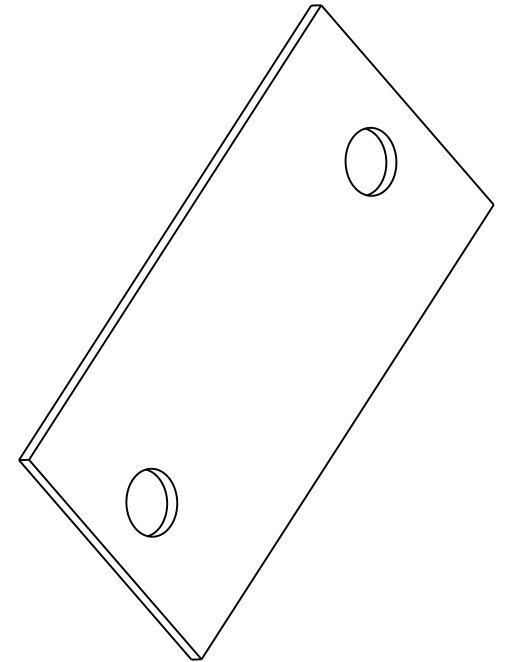
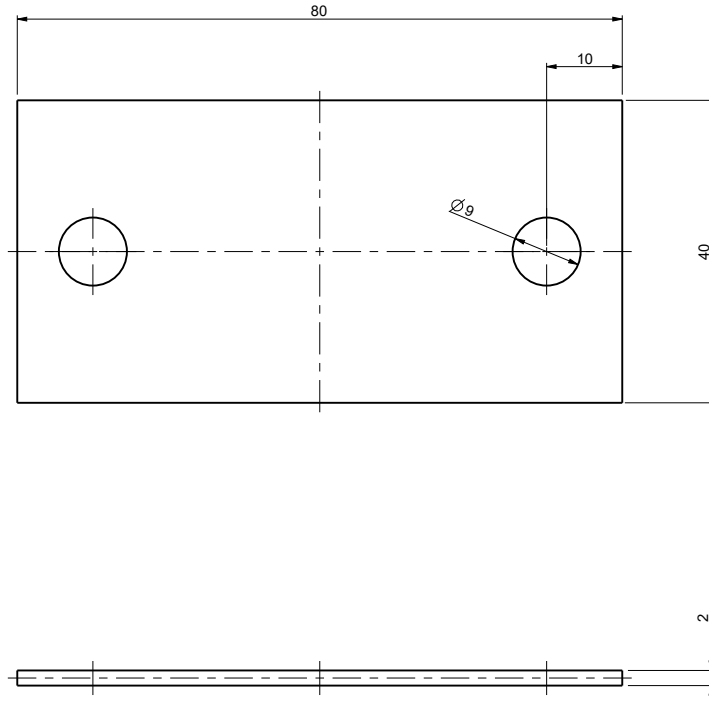
				Bosch-profiili 40x40		2
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Luittyy	Nimitys	
		1:2	-	VP POYTA	VAAKAPALKKI 1	
Piirt	S Laakkonen		<h1>Karelia-AMK</h1>		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_1_2	
Hyv						



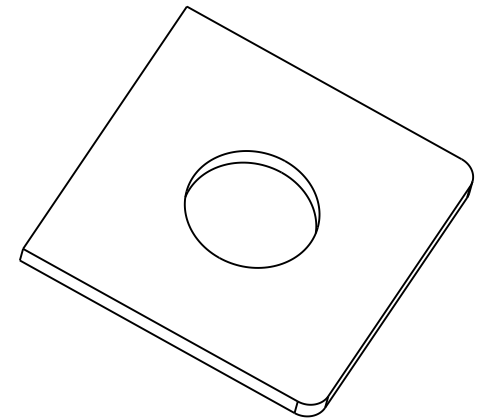
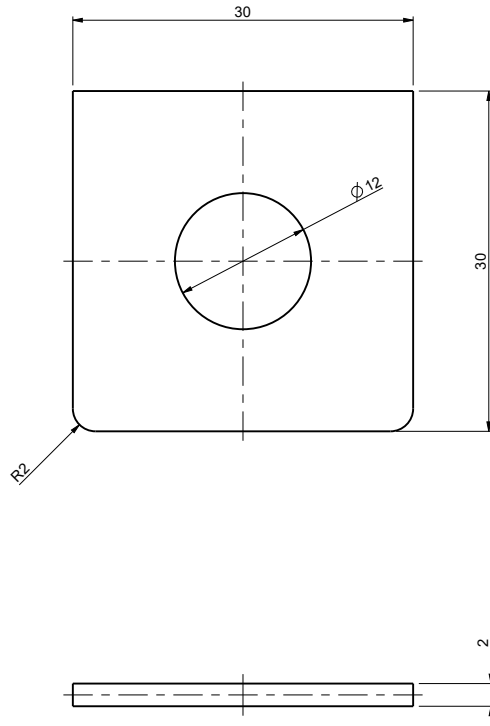
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys		
		1:2	-	VP POYTA	VAAKAPALKKI 2		
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark					1_2_1_3		
Hyv							



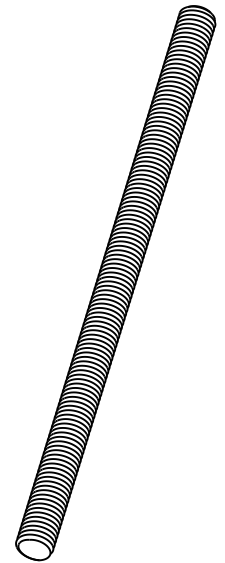
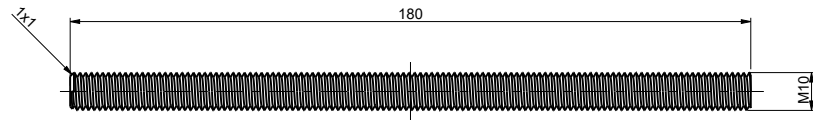
4		VP_POYTA_KORKEUSSAADIN_LATTA	-	-	-	1
3		VP_POYTA_KORKEUSSAADIN_KORVAKE	-	-	-	1
2		MUTTERI_ISO4032-M10-6	-	-	-	2
1		ALUSLEVY_DIN125-1-A10	-	-	-	2
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys	
		2:1	-	VP POYTA	KORKEUSSAADIN	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_1_4	
Hyv						



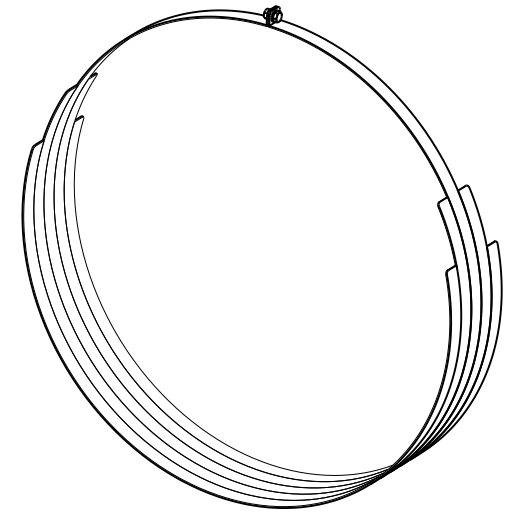
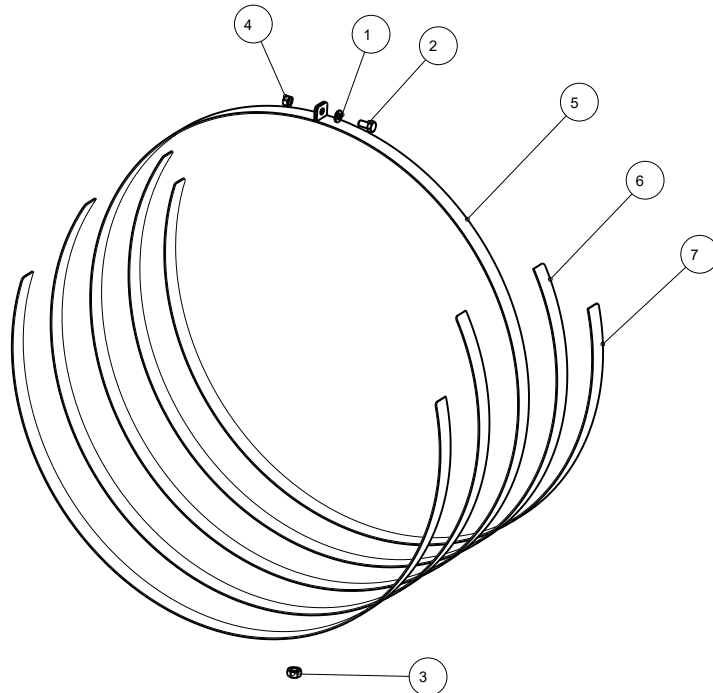
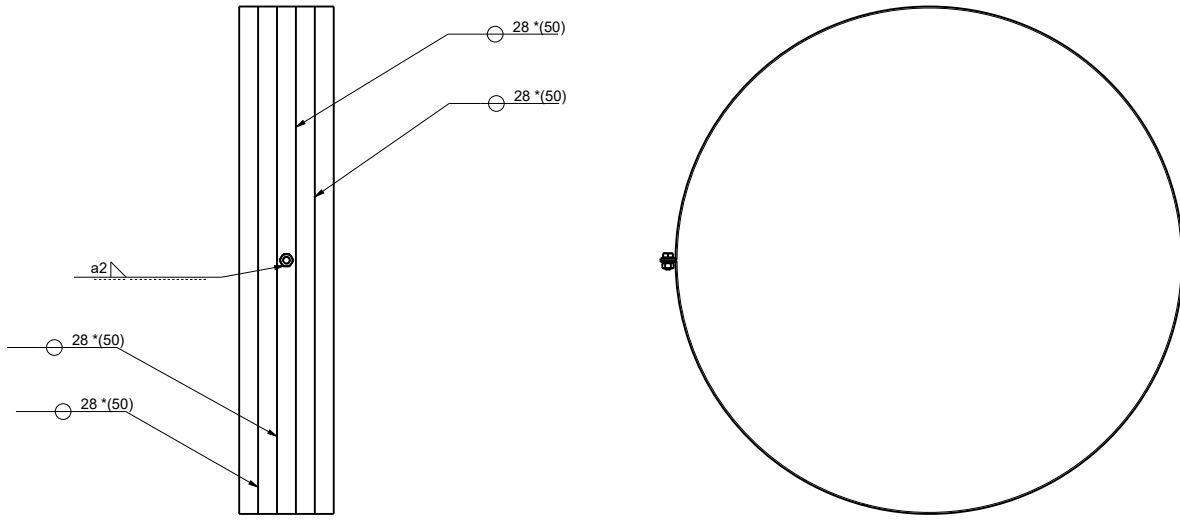
					±235	2
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Luittyy	Nimitys	
		2:1	-	KORKEUS- SAADIN	LATTA	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_1_4_1	
Hyv						



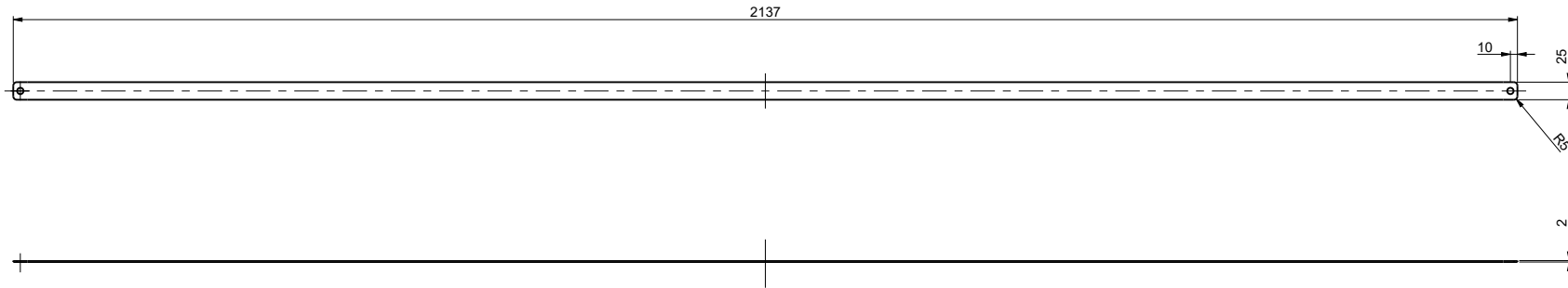
Osa		Piiustusnumero		Osan tai kokoonpanoryhman nimitys		Standardi tai lueletelo		Muoto, malli, mitat		s235		Laatu		Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava		Tuote		Littyy		Nimitys		KORKEUS- SAADIN		KORVAKE			
Päit		S Laakkonen		Mittakaava		3:1		-		-		Ent		Uusi	
Suun				Massa		-		-		-		Piiustusnumero		1_2_1_4_2	
Tark				-		-		-		-		-		-	
Hyv				-		-		-		-		-		-	
Karelia-AMK															



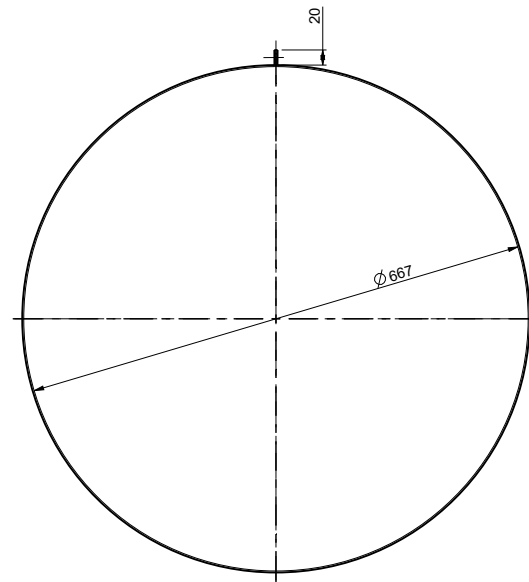
			-	-	-	2	
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys		
		1:1	-	VP POYTA	KIERRETANKO M10		
Piirt	S Laakkonen		<h1>Karelia-AMK</h1>		Ent	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark					1_2_1_5		
Hyv							



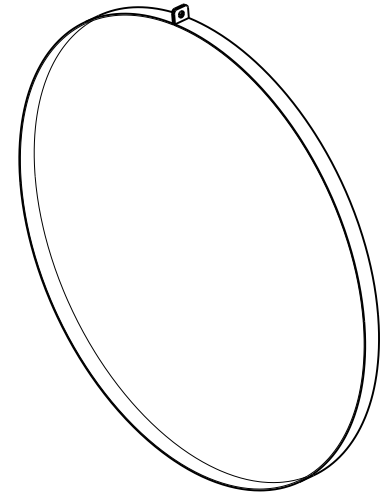
7		VP_POYTA_TAKAPIDIKE_TUKIKAARI_2	-	-	-	2			
6		VP_POYTA_TAKAPIDIKE_TUKIKAARI_1	-	-	-	2			
5		VP_POYTA_TAKAPIDIKE_PANTA	-	-	-	1			
4		MUTTERI_ISO4032-M8-6	-	-	-	1			
3		MUTTERI_ISO4032-M10-6	-	-	-	1			
2		KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_B	-	-	-	1			
1		ALUSLEVY_DIN125-1-A8	-	-	-	2			
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl			
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Lutitty	Nimitys				
		1:5	-	VP POYTA	TAKAPIDIKE				
Piirt	S Laakkonen		<h1>Karelia-AMK</h1>		Ent	Uusi	Rev		
Suun					Piirustusnumero				
Tark					1_2_1_6				
Hyv									



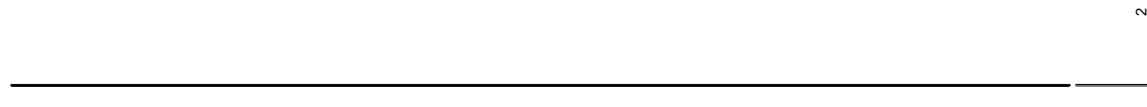
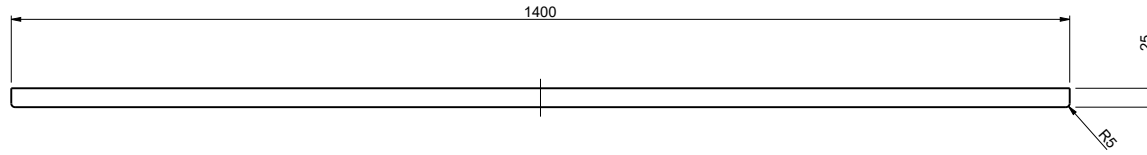
Flat pattern



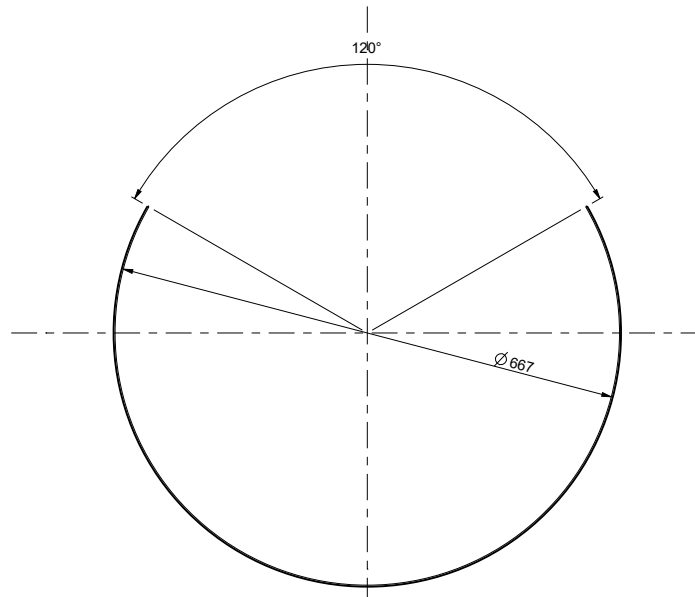
Folded



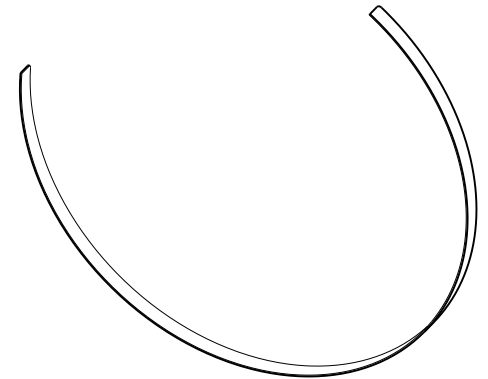
						s235		1		
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi		Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat		Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Littyvät		Nimitys				
		1:5	-	TAKAPIDIKE		PANTA				
Piirt	S Laakkonen			Karelia-AMK		Ent		Uusi		Rev
Suun	Piirustusnumero									
Tark	1_2_1_6_1									
Hyv										



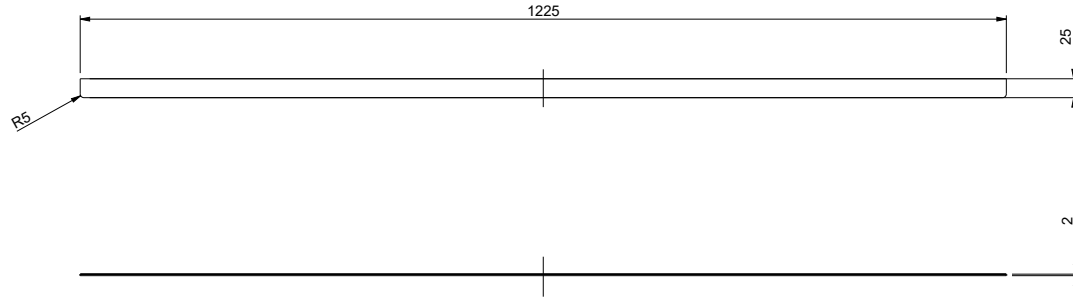
Flat pattern



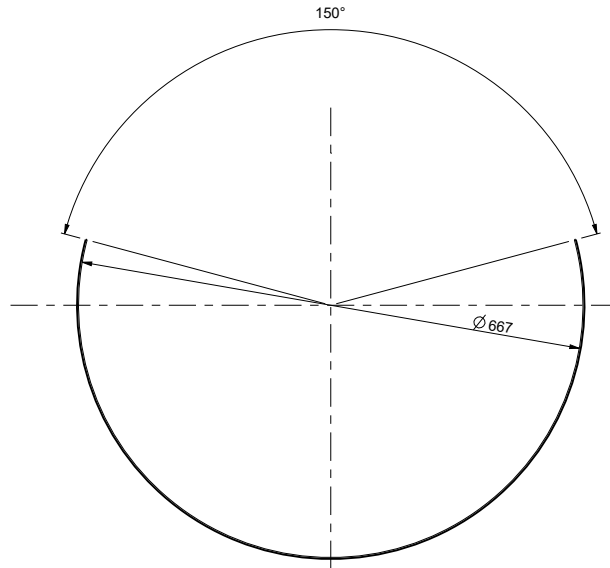
Folded



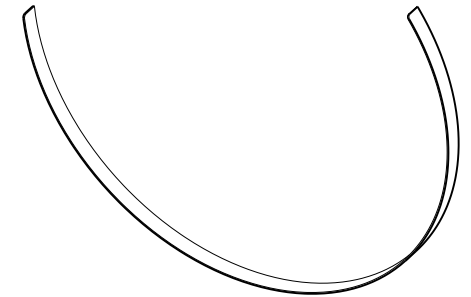
					±235	2
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys
		1:5	-	TAKAPIDIKE		TUKIKAARI 1
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_1_6_2	
Hyväksyjä						



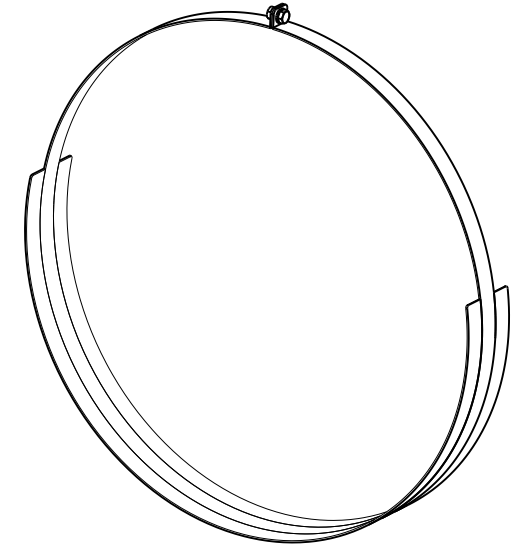
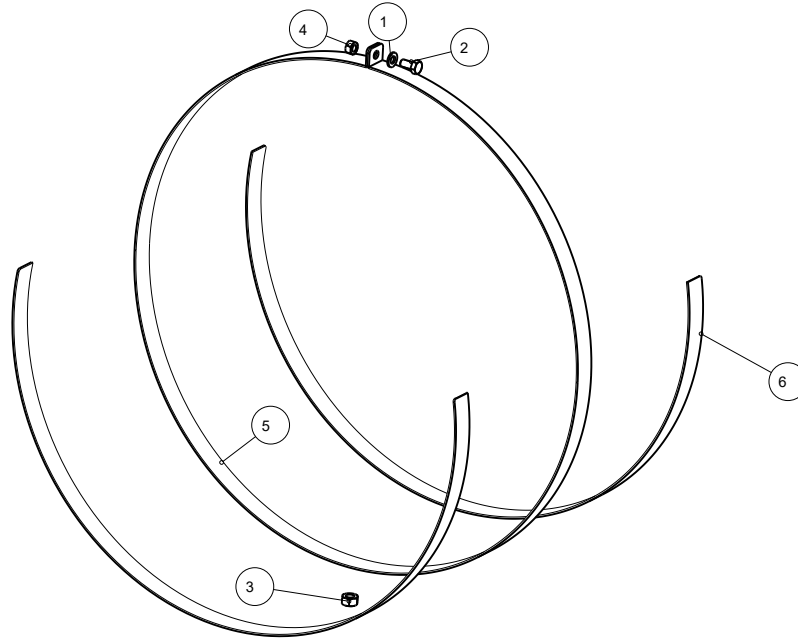
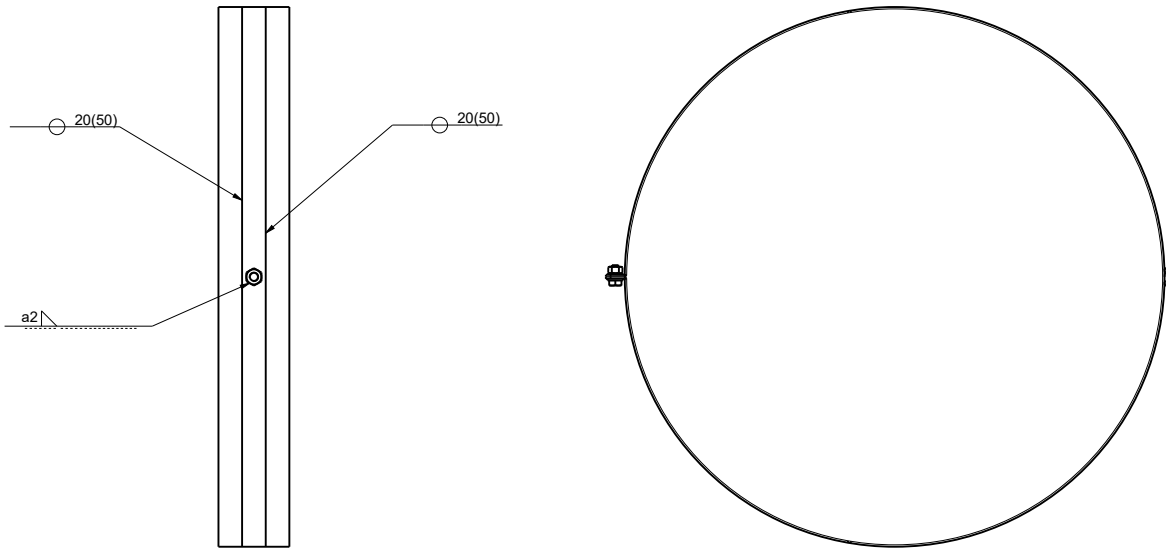
Flat pattern



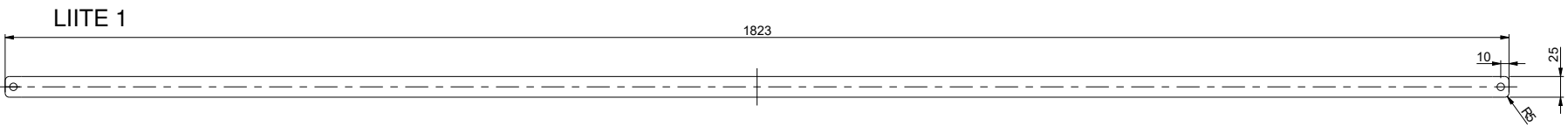
Folded



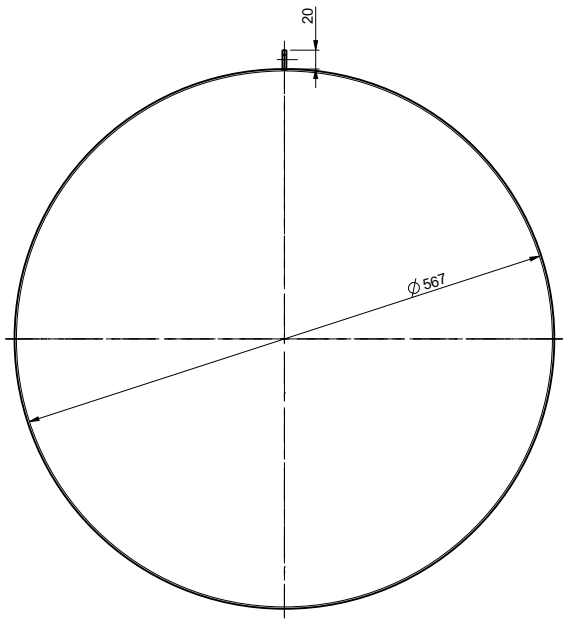
					±235	2	
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys	
		1:5	-	TAKAPIDIKE		TUKIKAARI 2	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev
Suunnittaja					Piirustusnumero		
Tarkastaja					1_2_1_6_3		
Hyväksyjä							



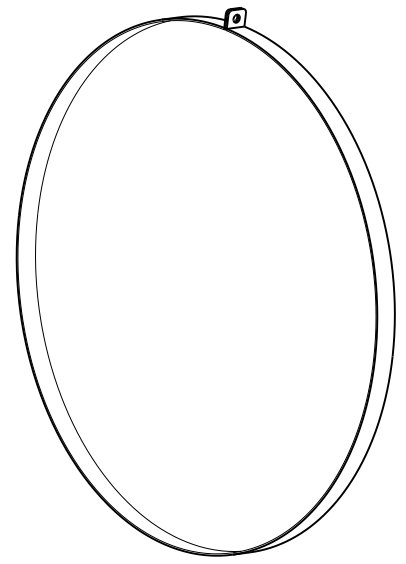
6		VP_POYTA_ETUPIDIKE_TUKIKAARI	-	-	-	2			
5		VP_POYTA_ETUPIDIKE_PANTA	-	-	-	1			
4		MUTTERI_ISO4032-M8-6	-	-	-	1			
3		MUTTERI_ISO4032-M10-6	-	-	-	1			
2		KUUSIORUUVI_ISO4017-M8X16-8_B	-	-	-	1			
1		ALUSLEVY_DIN125-1-A8	-	-	-	2			
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl			
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liitty	Nimitys				
		1:4	-	VP POYTA	ETUPIDIKE				
Piirt	S Laakkonen		<h1>Karelia-AMK</h1>		Ent	Uusi	Rev		
Suun					Piirustusnumero				
Tark					1_2_1_7				
Hyv									



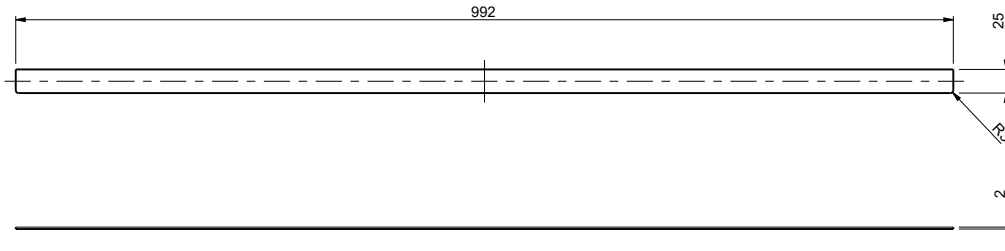
Flat pattern



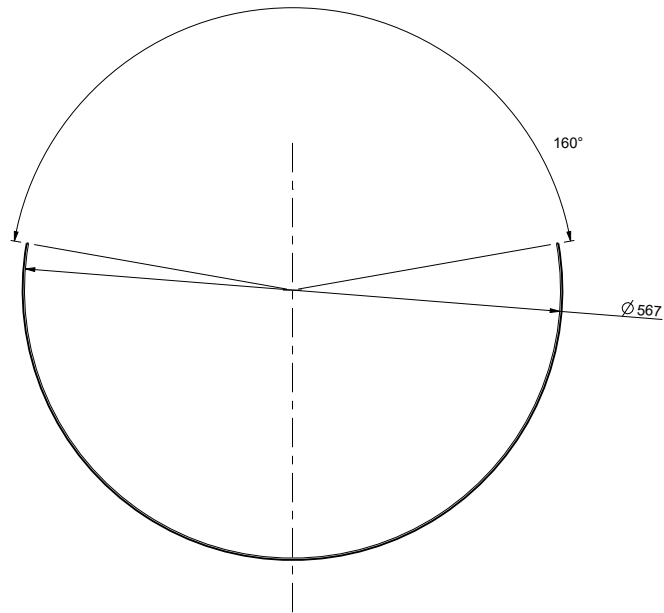
Folded



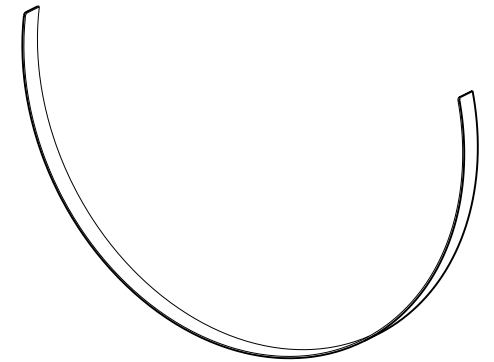
					S235	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	
		1:4	-	ETUPIDIKE	PANTA	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_1_7_1	
Hyv						



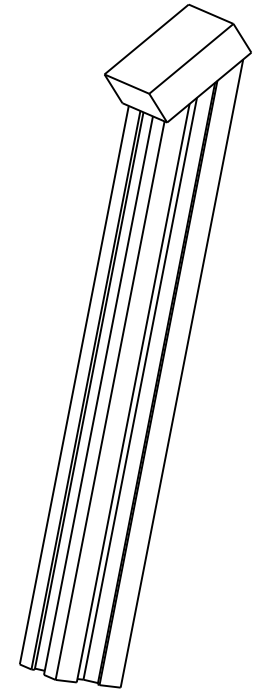
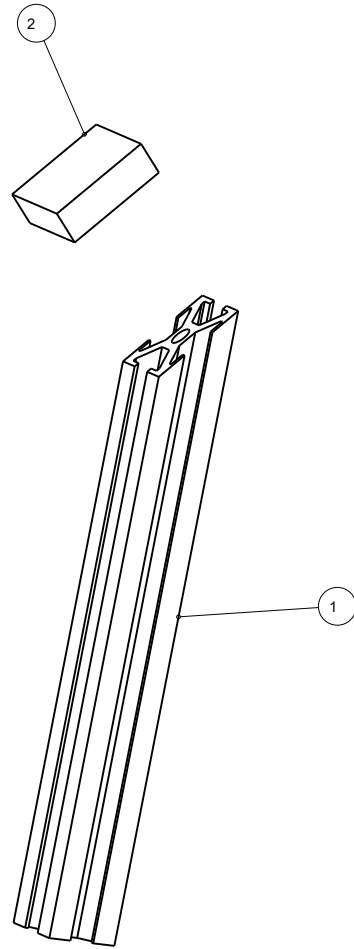
Flat pattern



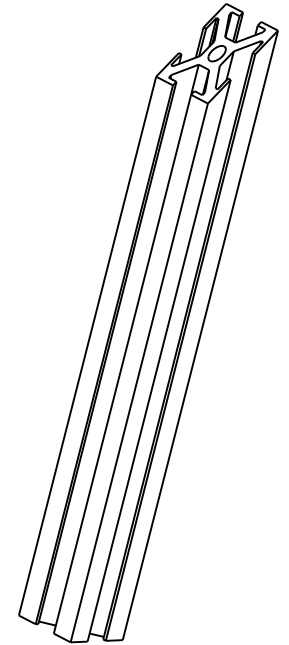
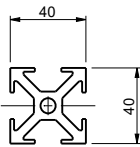
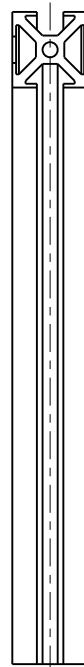
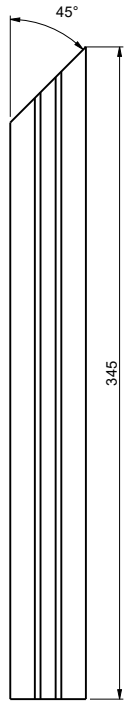
Folded



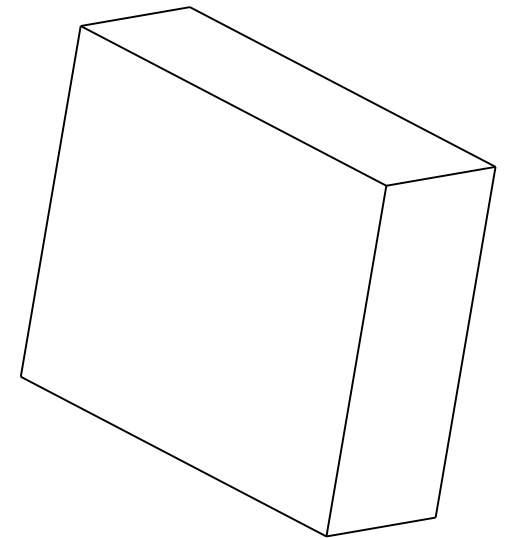
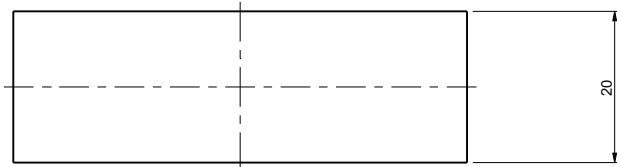
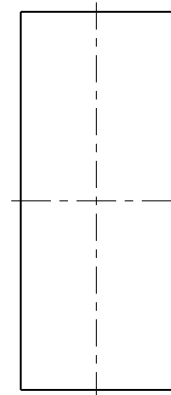
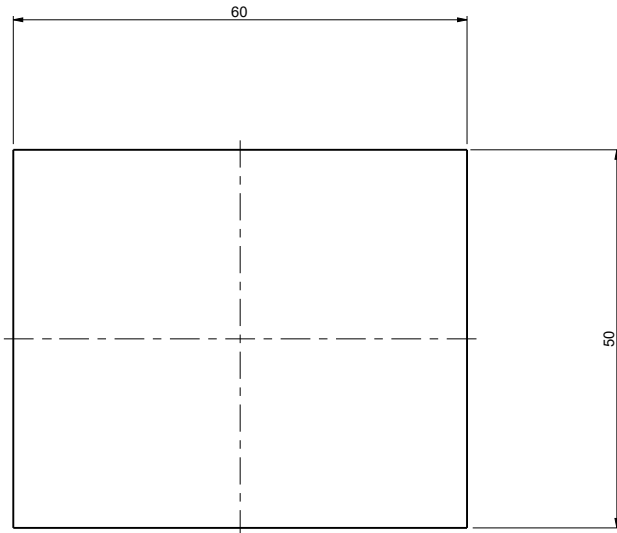
					S235	2
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	
		1:4	-	ETUPIDIKE	TUKIKAARI	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_1_7_2	
Hyväksyjä						



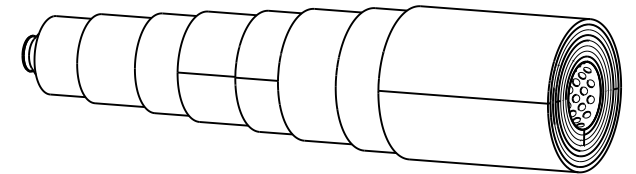
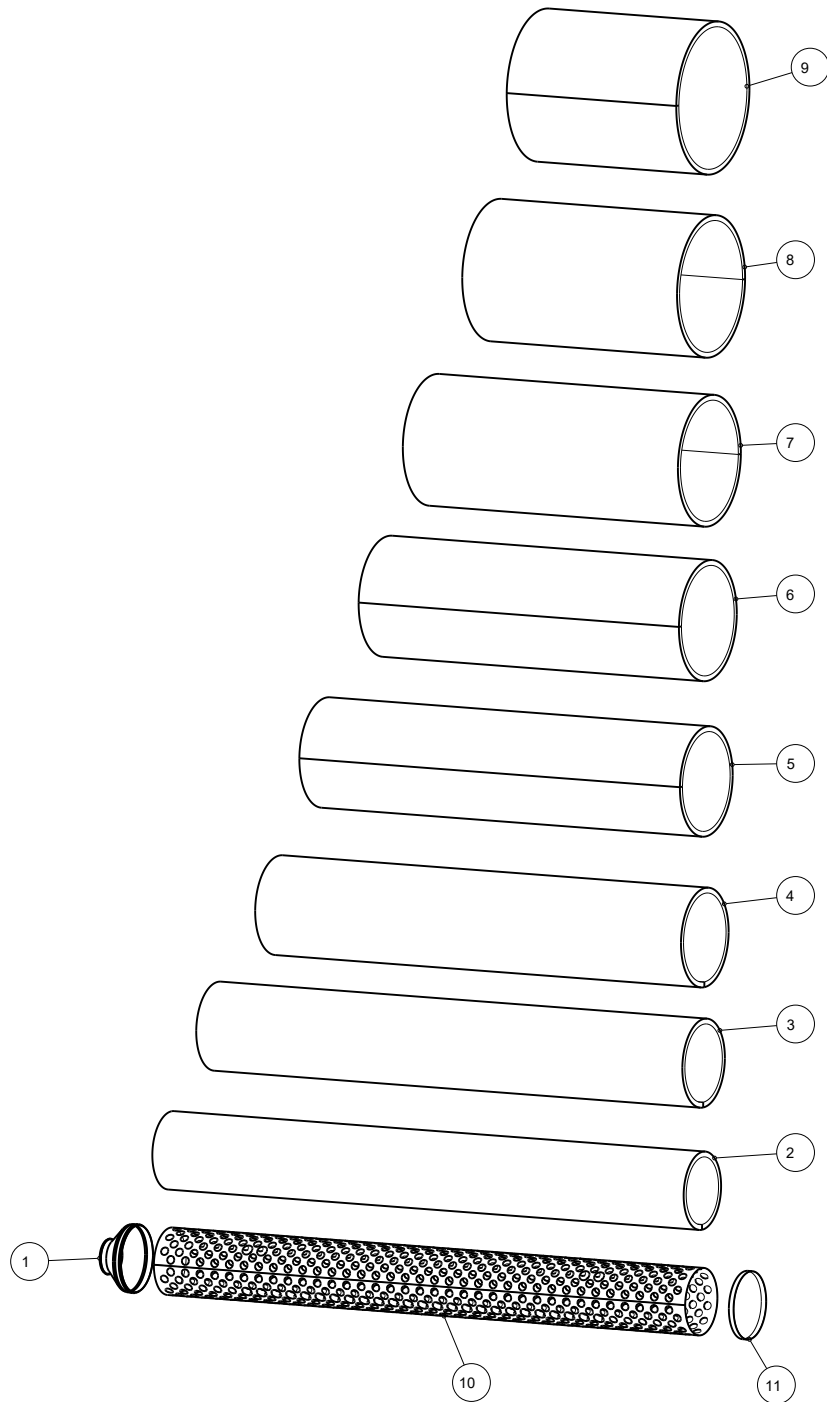
2		VP_POYTA_TUKI_PEHMUSTE	-	-	-	1
1		VP_POYTA_TUKI_PALKKI	-	-	-	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys	
		1:2	-	VP POYTA	TUKI	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_1_8	
Hyv						



				Bosch-profiili 40x40		4
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Luittyy	Nimitys	
		1:2	-	TUKI	PALKKI	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_1_8_1	
Hyväksyjä						



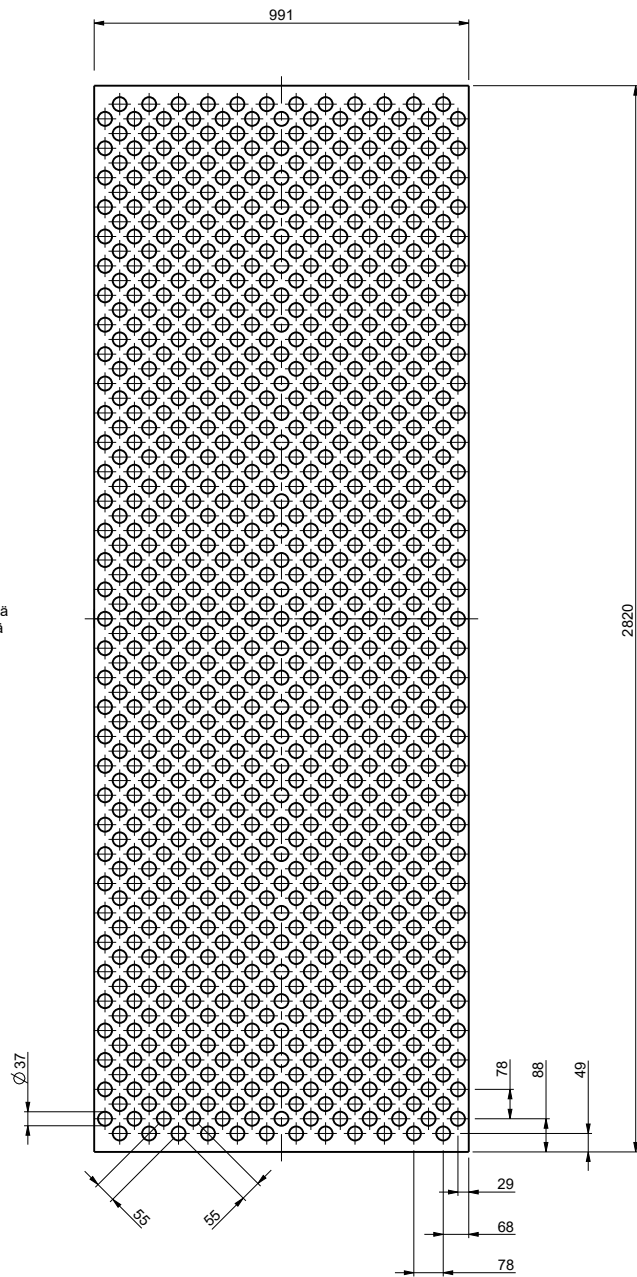
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	PU-vahtomuovi	4
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Kpl
		2:1	-	TUKI	PEHMUSTE	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_1_8_2	
Hyväksyjä						



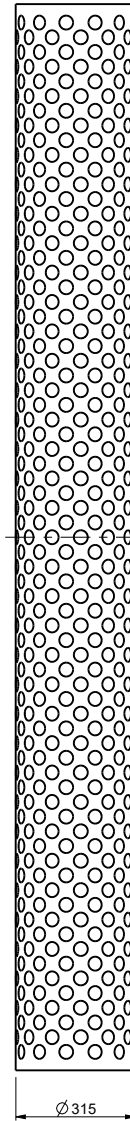
11		VP_KAIUNPOISTO_VAHVIKEPANTA	-	-	-	1
10		VP_KAIUNESTO_REIKAPUTKI	-	-	-	1
9		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TERMINATOR	-	-	-	1
8		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO7	-	-	-	1
7		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO6	-	-	-	1
6		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO5	-	-	-	1
5		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO4	-	-	-	1
4		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO3	-	-	-	1
3		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO2	-	-	-	1
2		VP_KAIUNESTO_ERISTE_TASO1	-	-	-	1
1		MUUNTOLIITIN_BDED-3-031-016	-	-	-	1

Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki		
	17:300	-	VASTAANOTTAVA PUOLI	KAIUNESTO		
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_2	
Hyv						

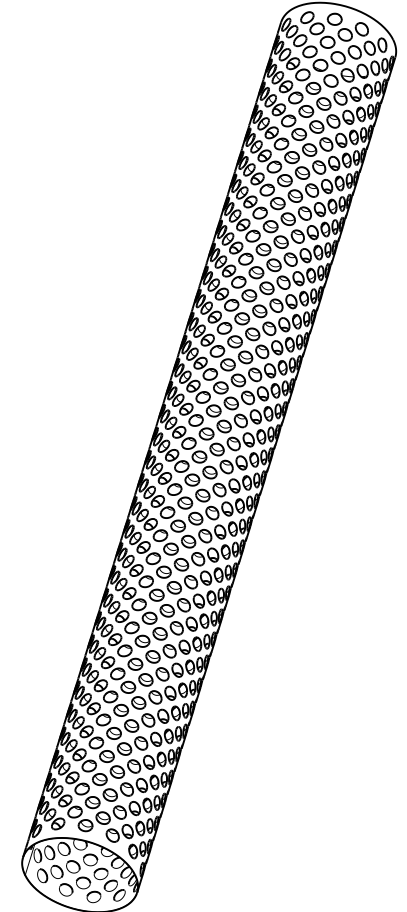
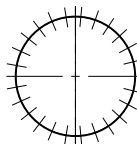
vaakariveillä vuoroin 12 ja 13 reikää
pystyriveillä vuoroin 35 ja 36 reikää



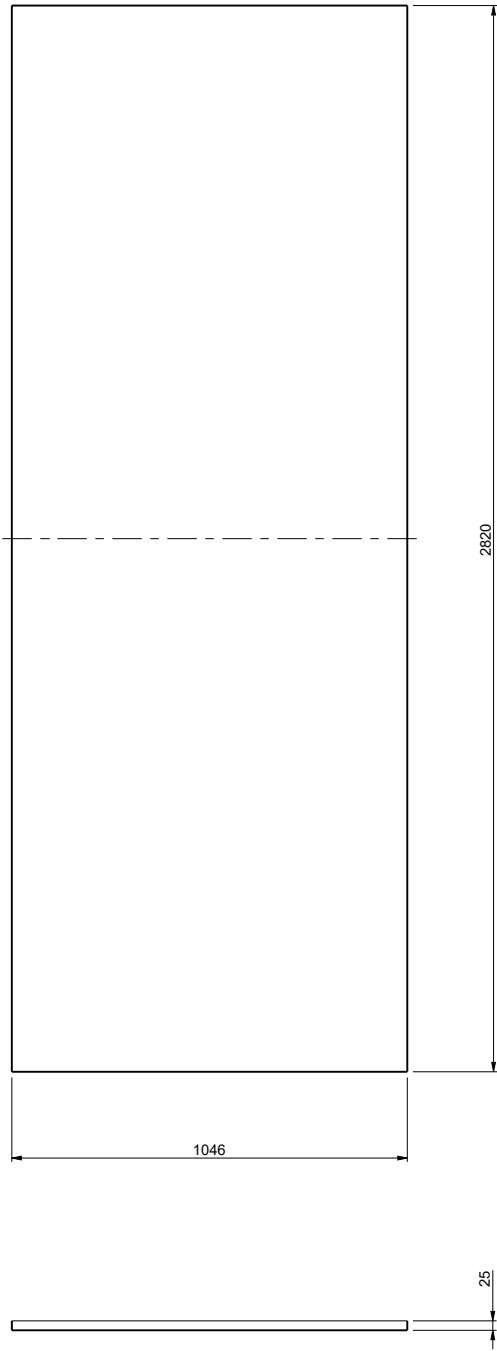
Flat pattern



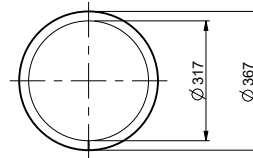
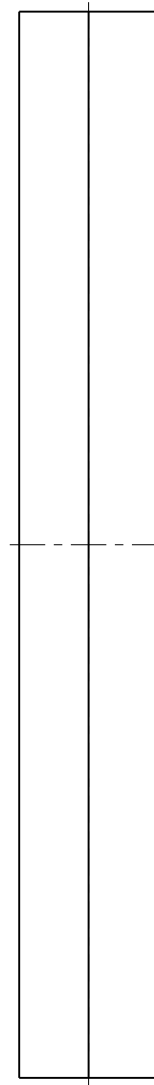
Folded



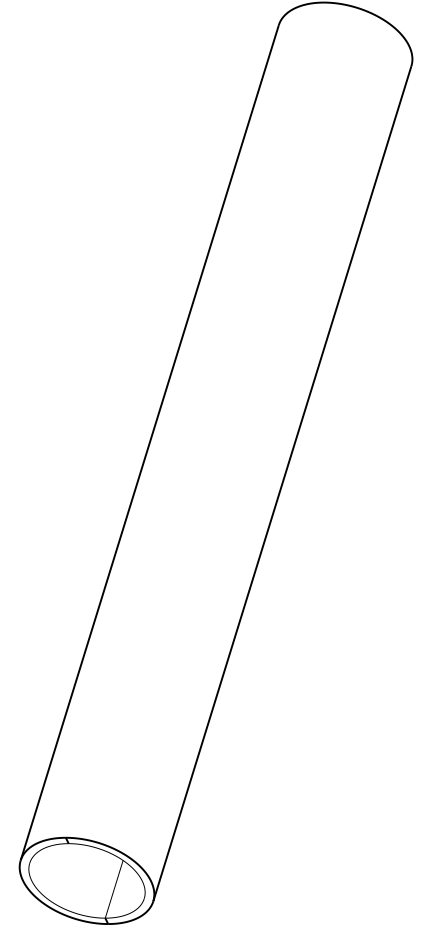
					±235	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Laitty	Lajimerkki	Nimitys	
	1:10	-	KAIUNESTO	REIKAPUTKI		
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark				1_2_2_1		
Hyv						



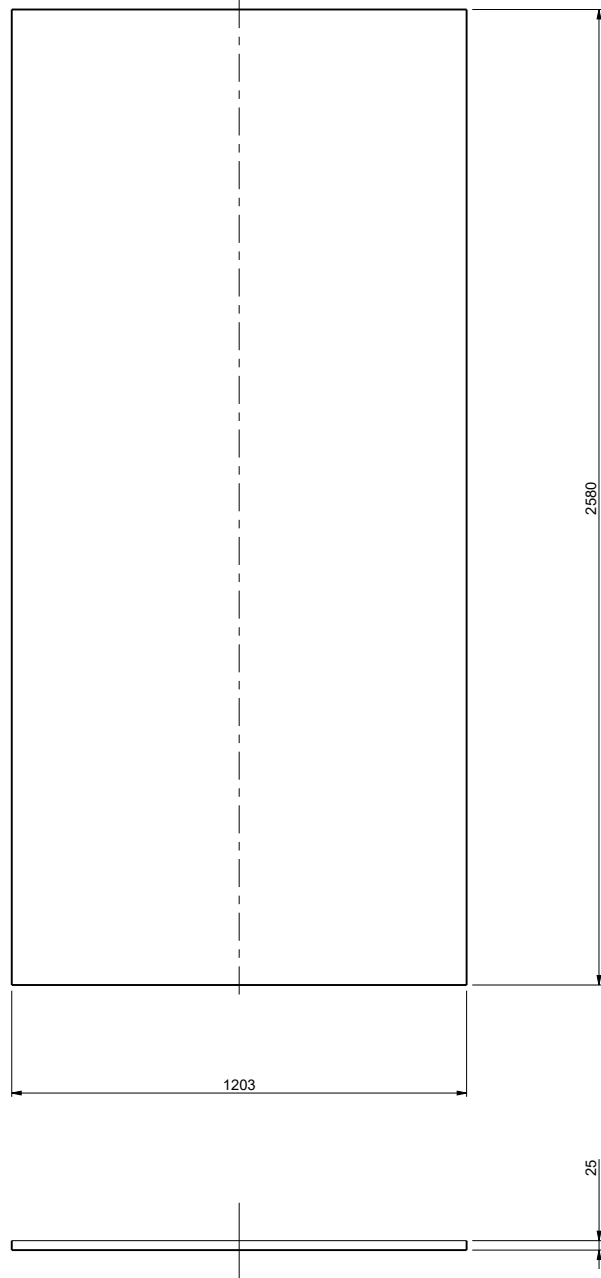
Flat pattern



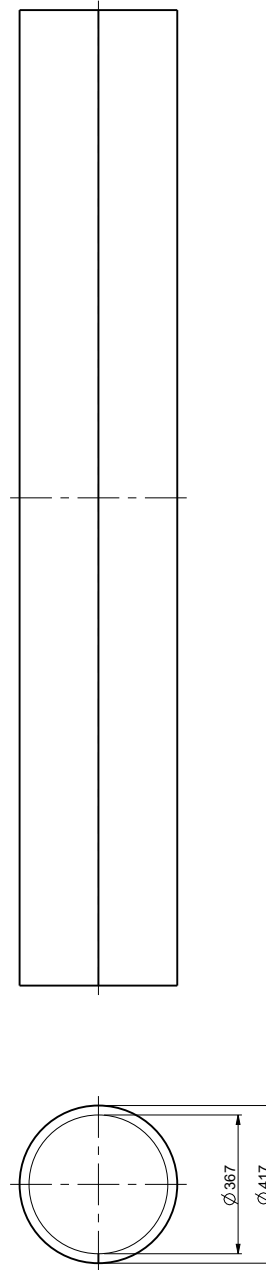
Folded



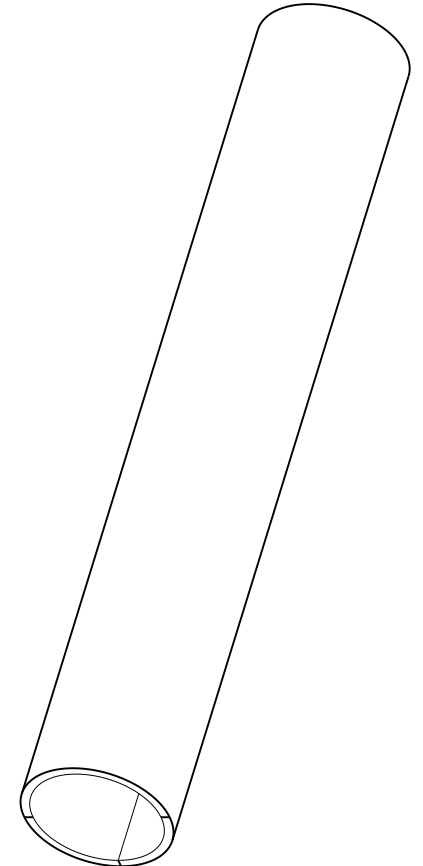
				Paroc Extra		1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	
		1:10	-	KAIUNESTO	ERISTE TASO 1	
Piirtäjä	S Laakkonen		<p>Karelia-AMK</p>		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_2_2	
Hyväksyjä						



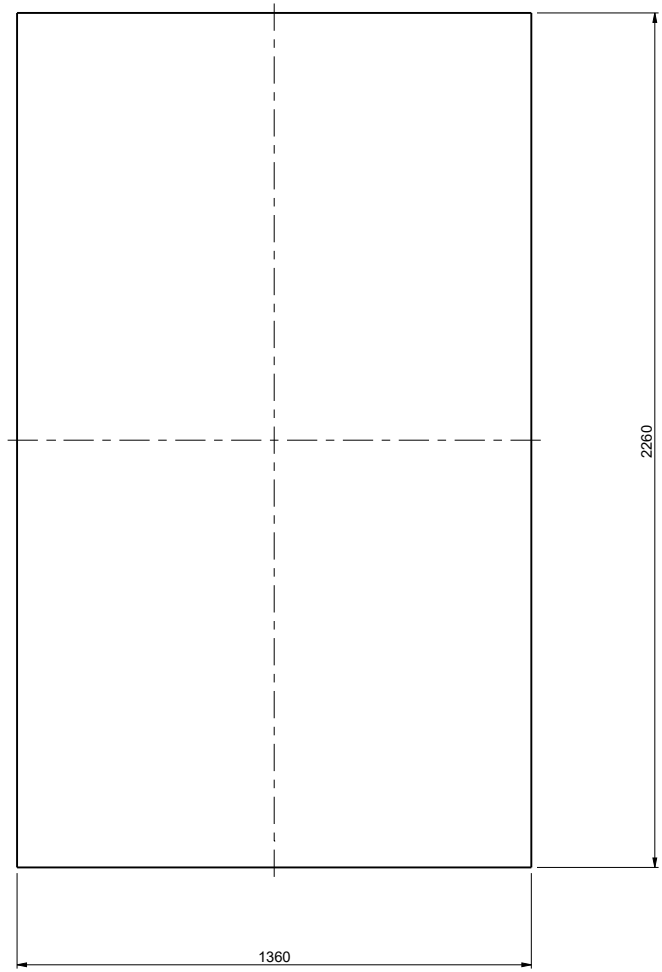
Flat pattern



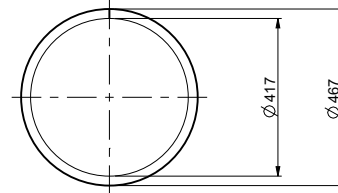
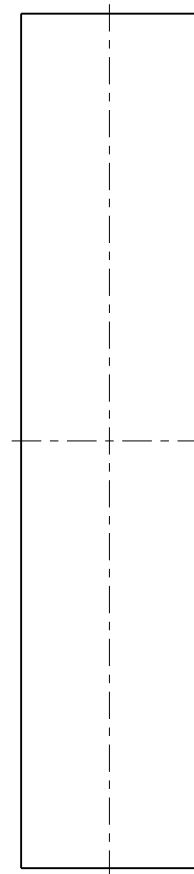
Folded



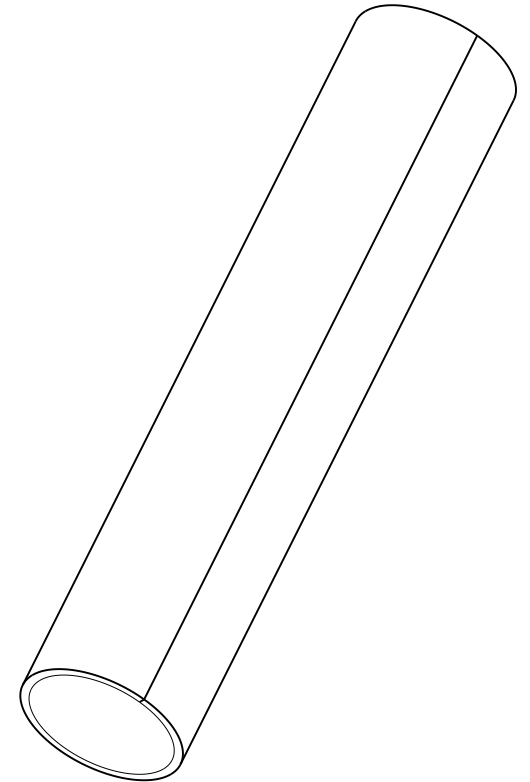
					Paroc Extra	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys	
		1:10	-	KAIUNESTO	ERISTE, TASO 2	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_2_3	
Hyväksyjä						



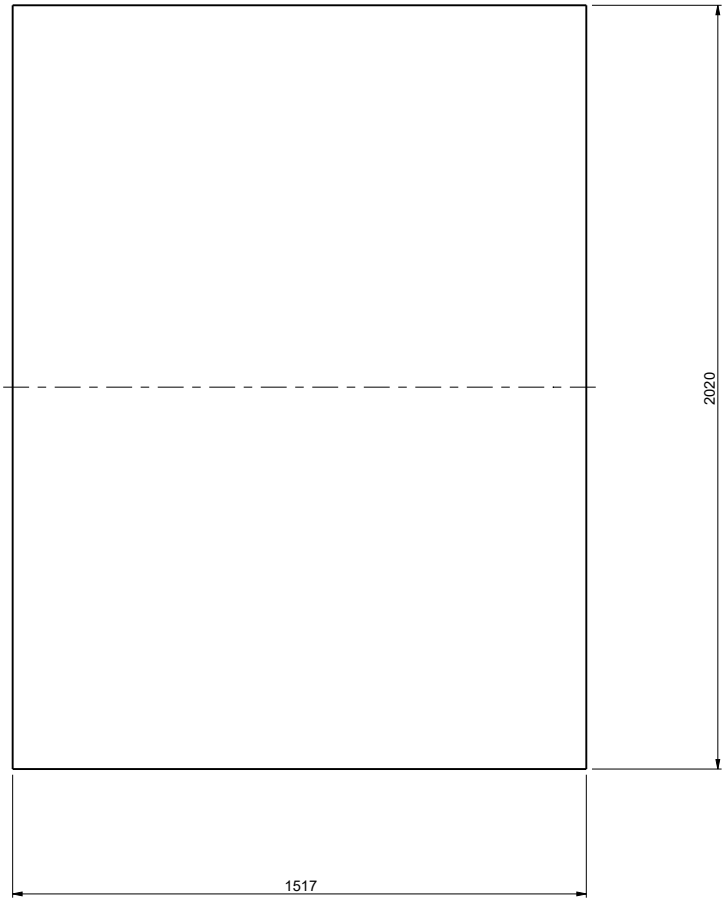
Flat pattern



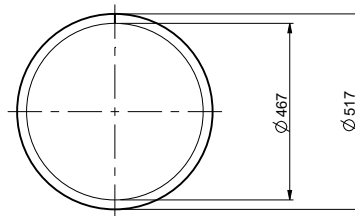
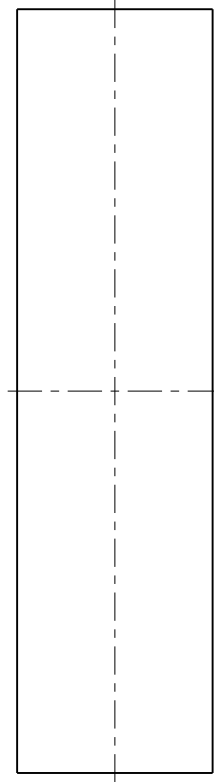
Folded



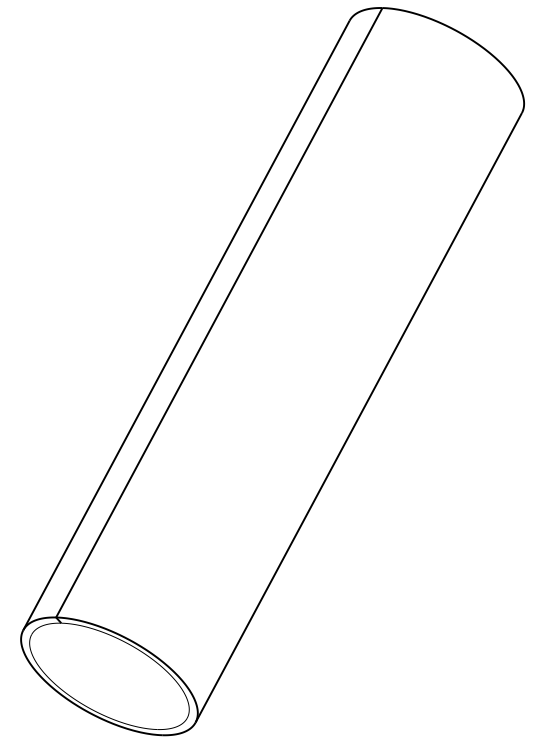
					Paroc Extra	1	
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys	
		1:10	-	KAIUNESTO		ERISTE, TASO 3	
Piirtäjä	S Laakonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev
Suunnittaja					Piirustusnumero		
Tarkastaja					1_2_2_4		
Hyväksyjä							



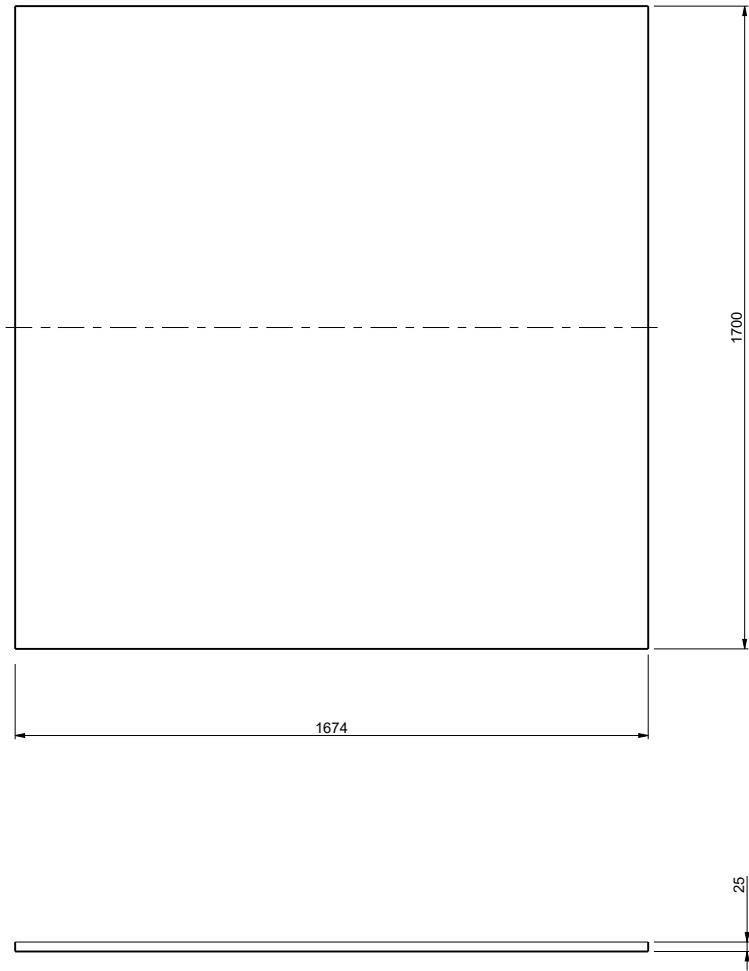
Flat pattern



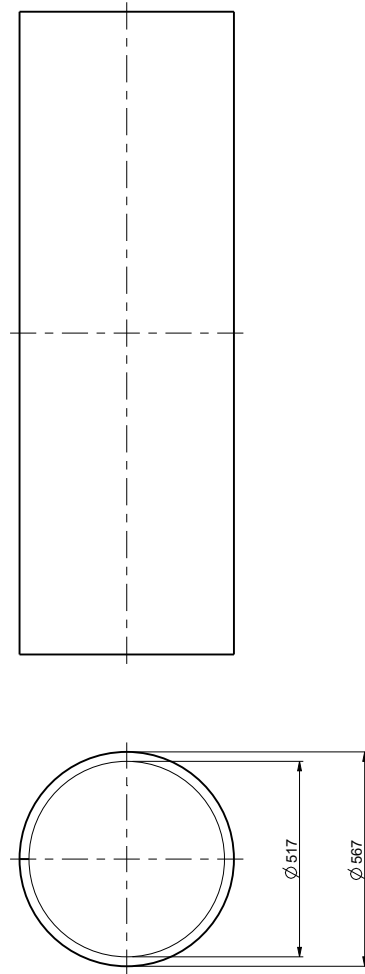
Folded



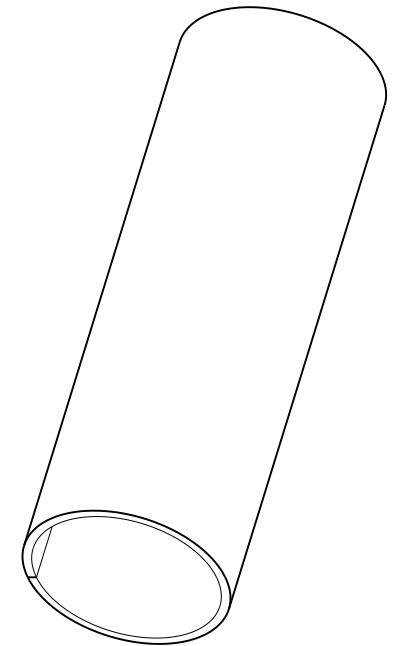
				Parox Extra		1		
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys			
		1:10	-	KAIUNESTO	ERISTE, TASO 4			
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev	
Suun					Piirustusnumero			
Tark	Massa				1_2_2_5			
Hyv								



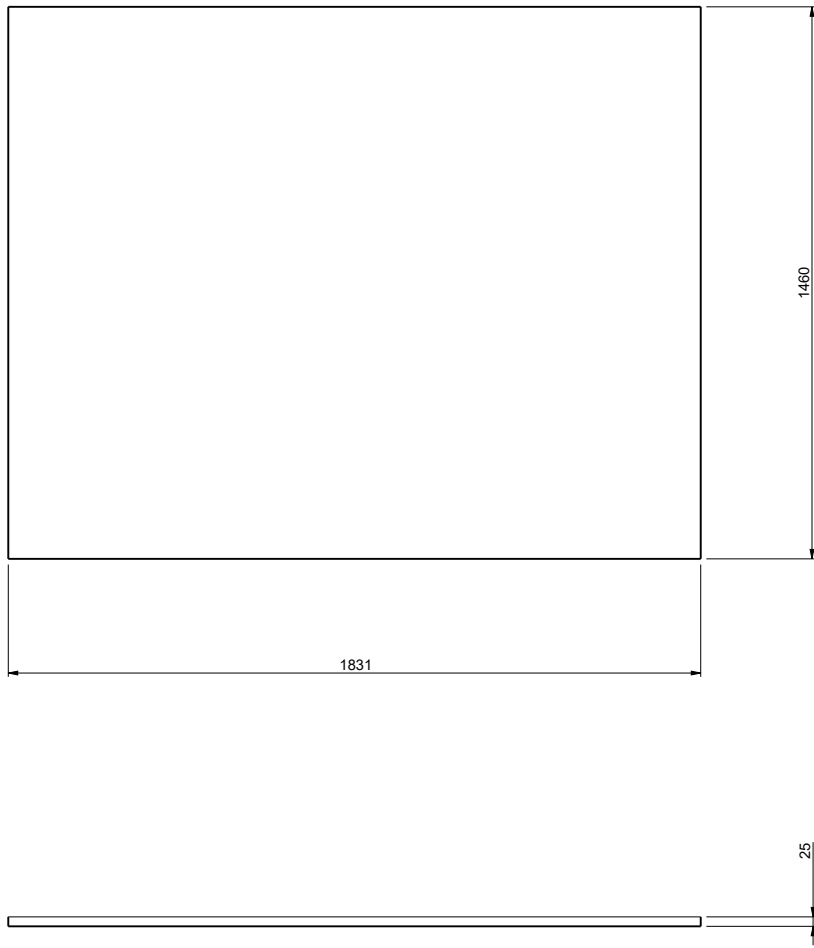
Flat pattern



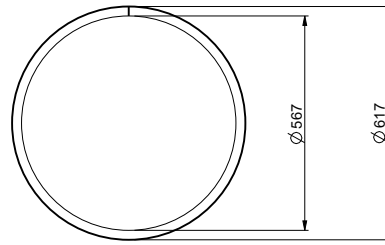
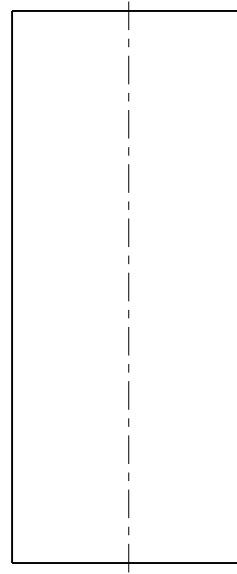
Folded



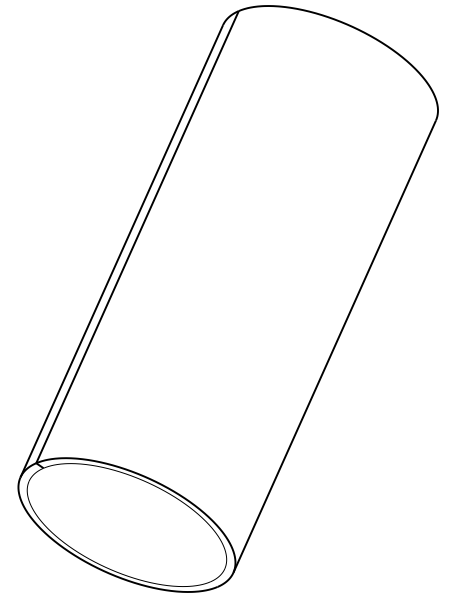
					Paroc Extra	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys
		1:10	-	KAIUNESTO		ERISTE, TASO 5
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_2_6	
Hyväksyjä						



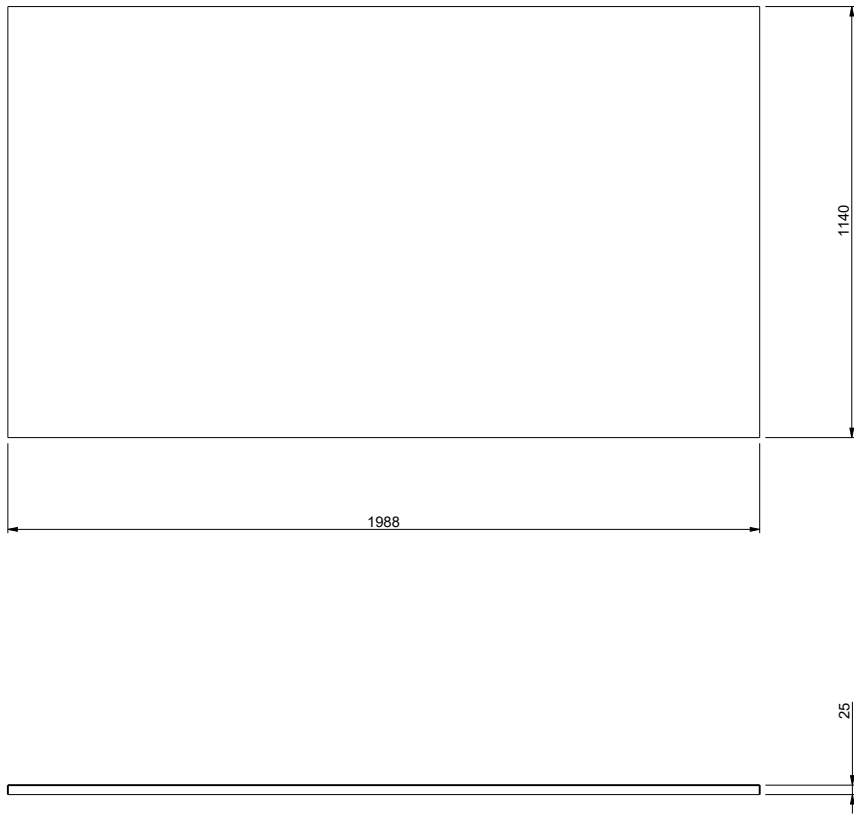
Flat pattern



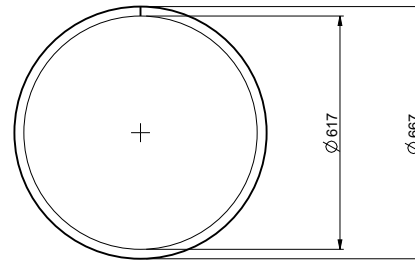
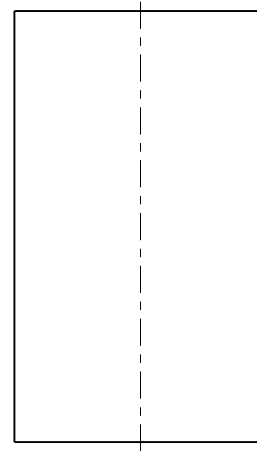
Folded



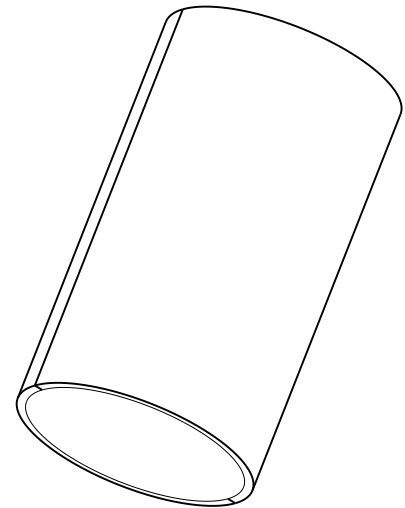
					Paroc Extra	1	
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai luetelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys	
		1:10	-	KAIUNESTO		ERISTE, TASO 6	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark					1_2_2_7		
Hyv							



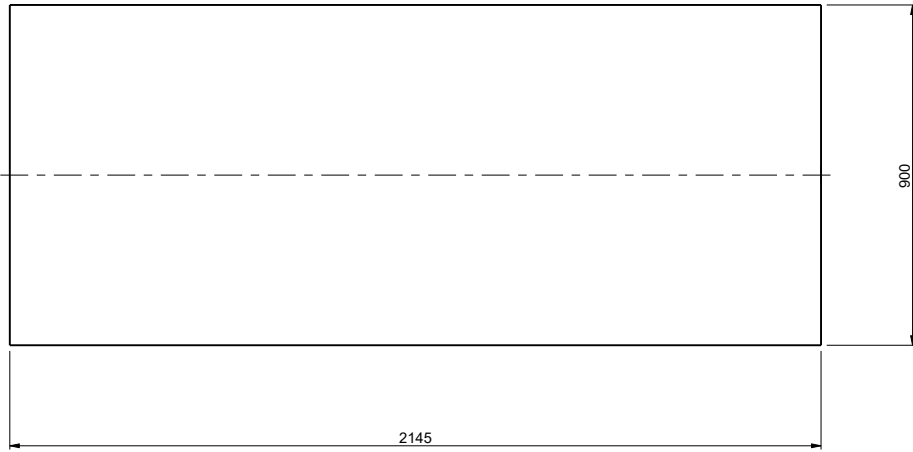
Flat pattern



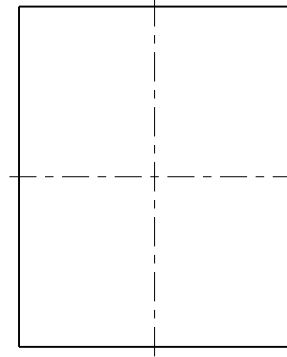
Folded



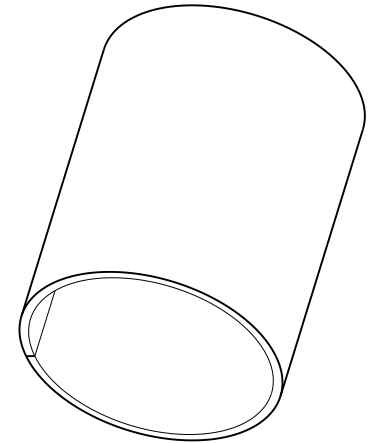
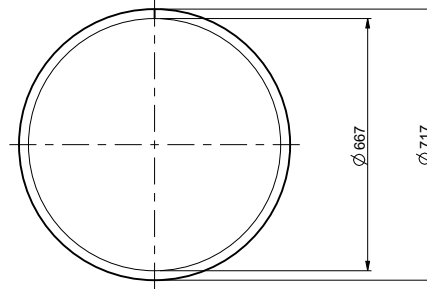
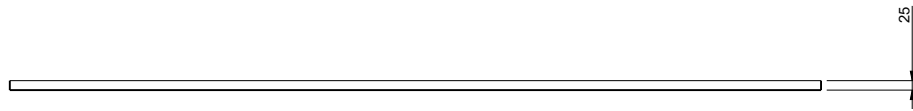
				Paroc Extra		1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokonpanonyhmän nimiys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Luittyy	Nimitys	
		1:10	-	KAIUNESTO	ERISTE, TASO 7	
Piirt	S Laakkonen		<h1>Karelia-AMK</h1>		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_2_8	
Hyv						



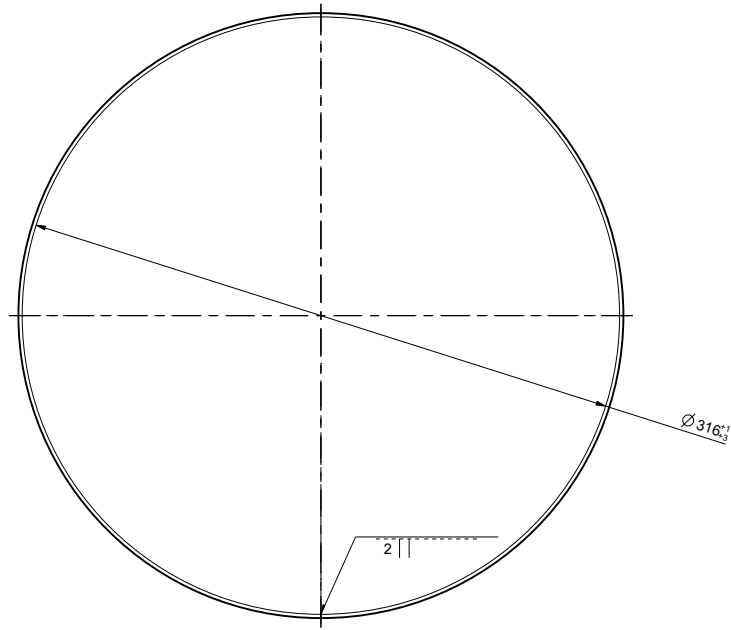
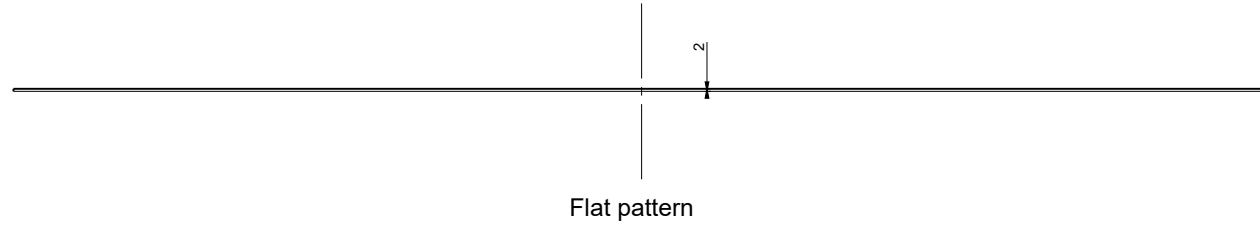
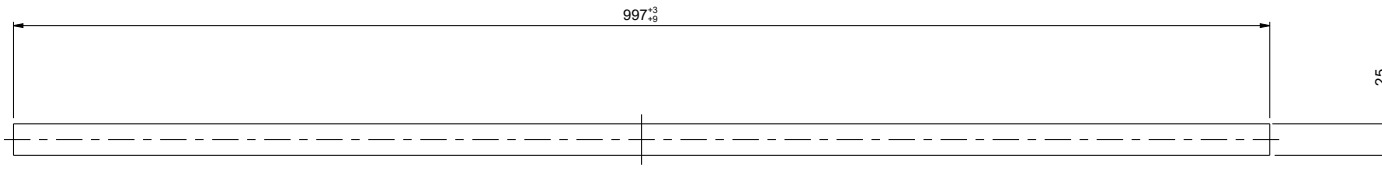
Flat pattern



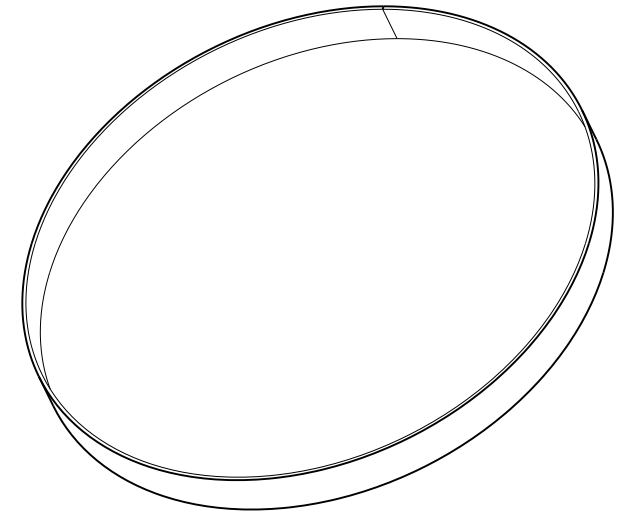
Folded



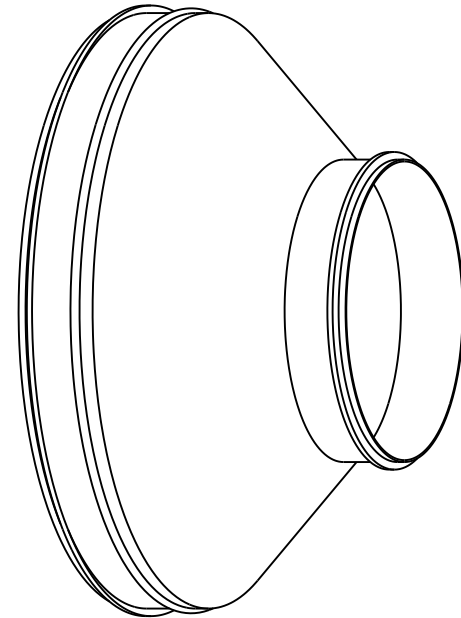
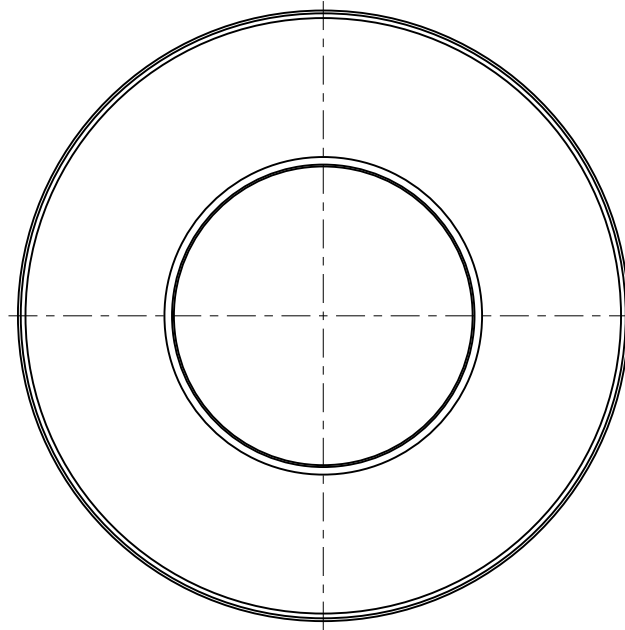
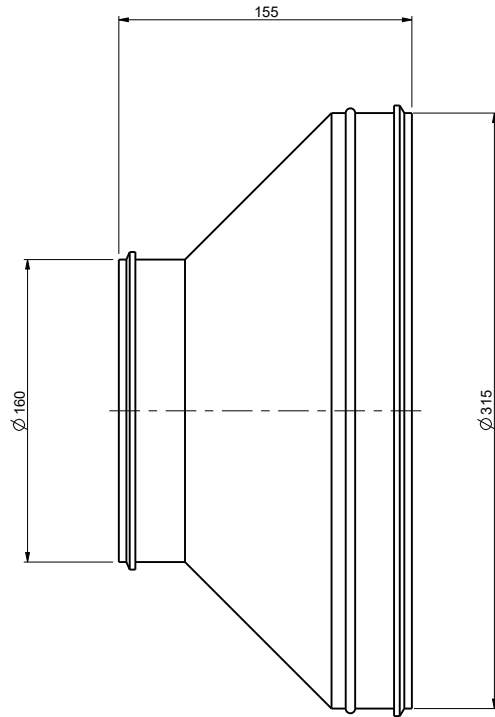
					Paroc Extra	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys
		1:10	-	KAIUNESTO	ERISTE, TERMINATOR	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suunnittaja					Piirustusnumero	
Tarkastaja					1_2_2_9	
Hyväksyjä						



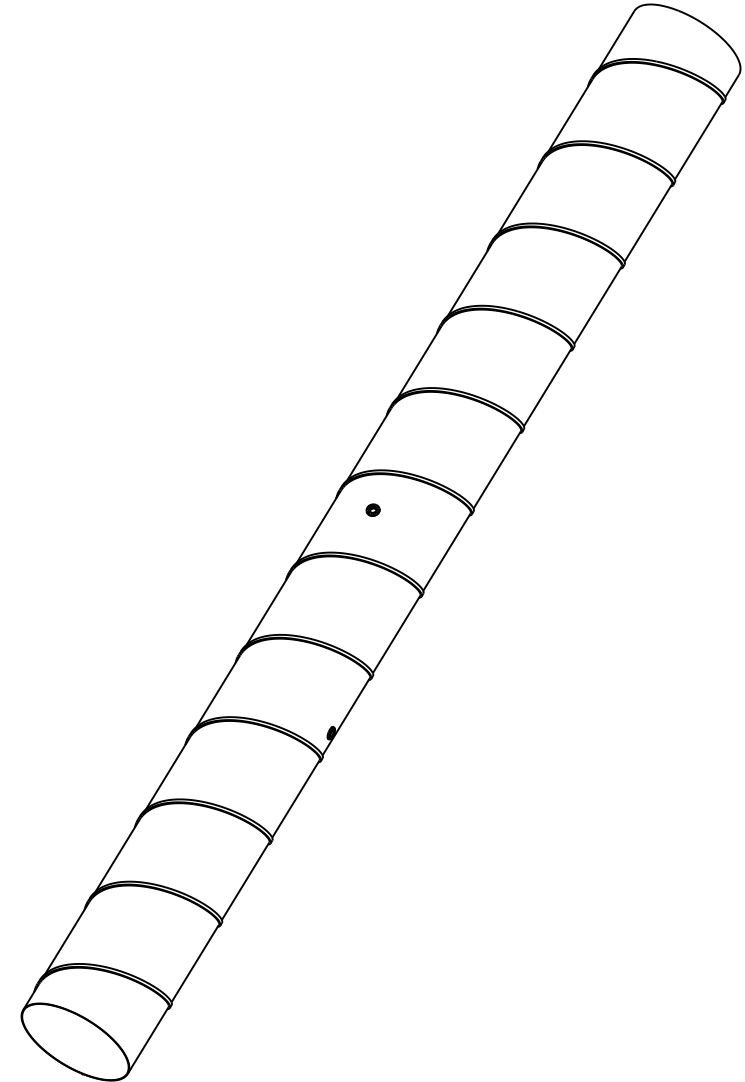
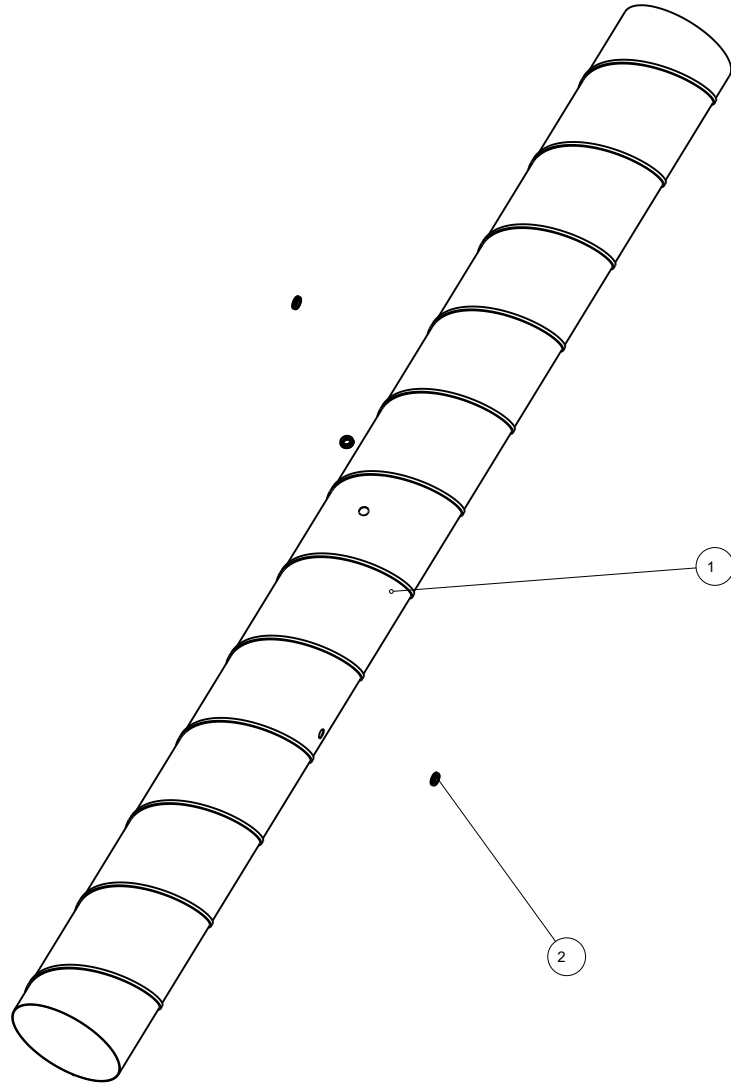
Folded



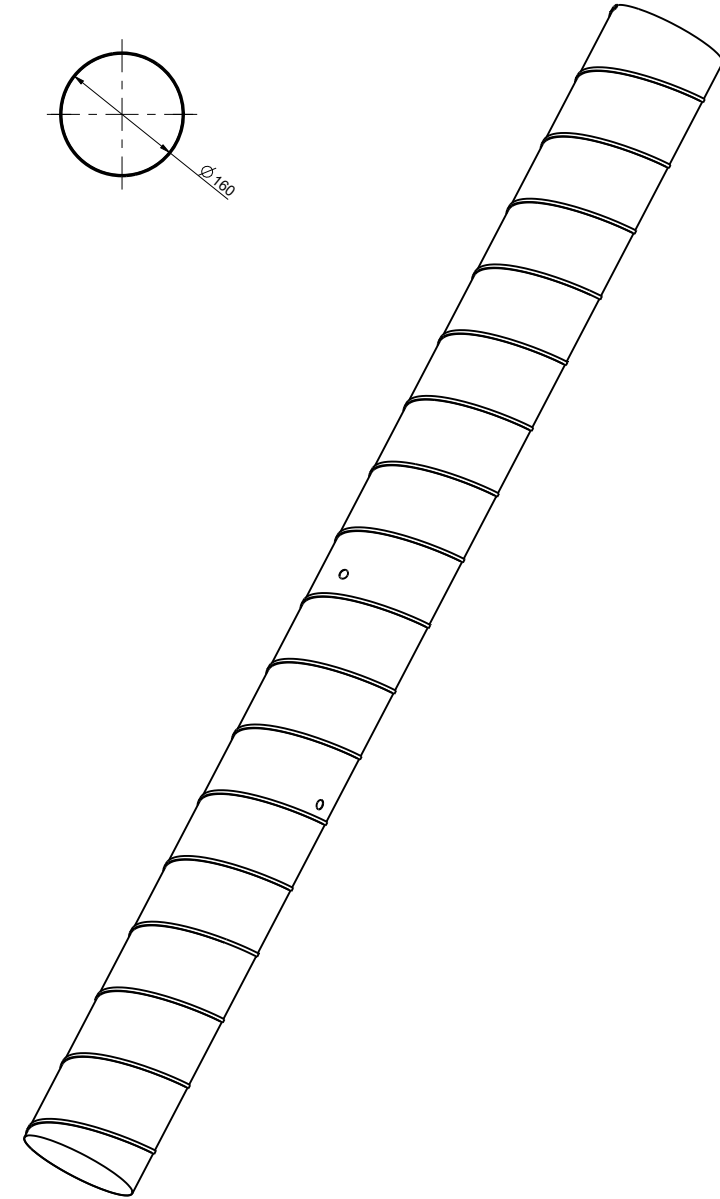
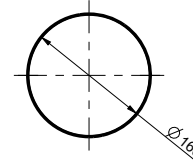
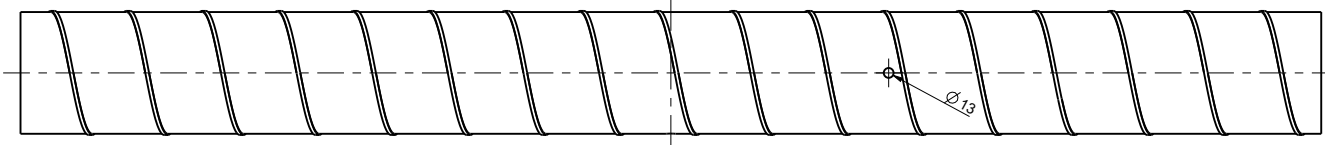
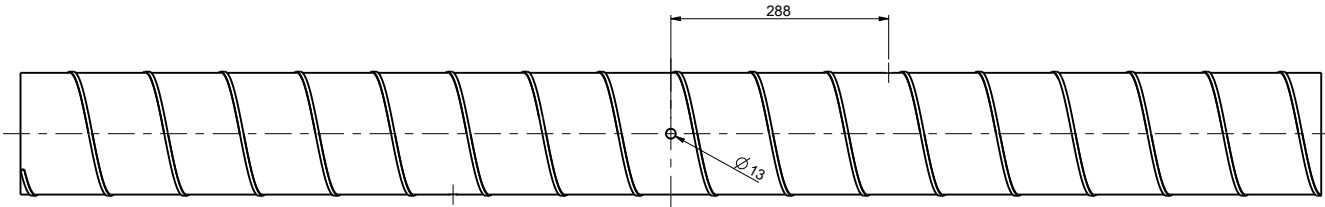
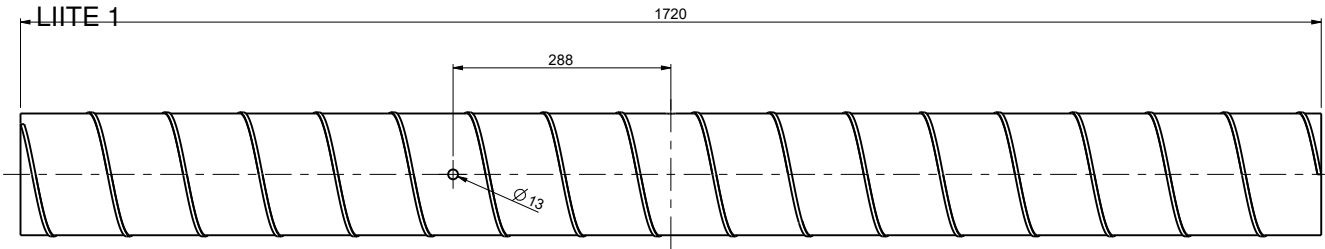
					S235	1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	
		1:2	-	KAIUNESTO	VAHVIKEPANTA	
Piirt	S Laakkonen		<p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">Karelia-AMK</p>		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_2_2_10	
Hyv						



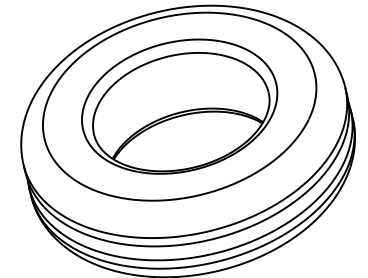
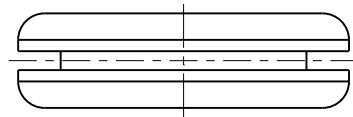
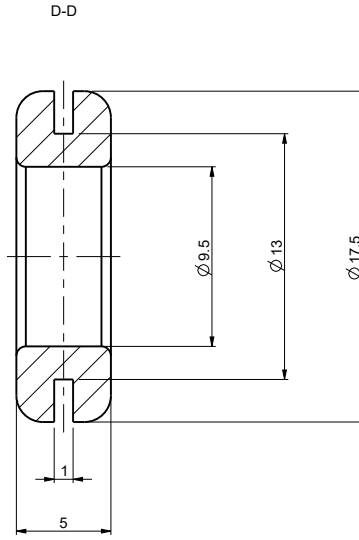
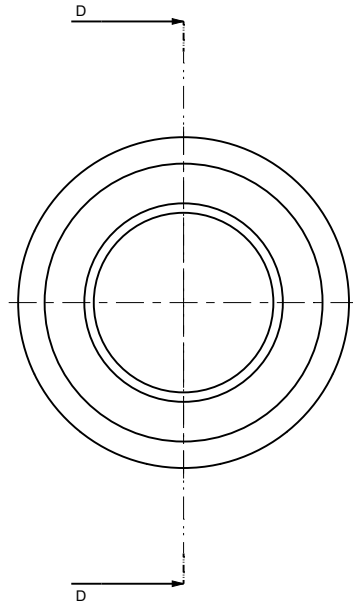
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys	
		1:2		KAIUNESTO		MUUNTOLIITIN_BDED-3-031-016	
Piirtäjä	S Laakkonen		<h1>Karelia-AMK</h1>		Ent	Uusi	Rev
Suunnittaja					Piirustusnumero		
Tarkastaja					1_2_2_11		
Hyväksyjä							



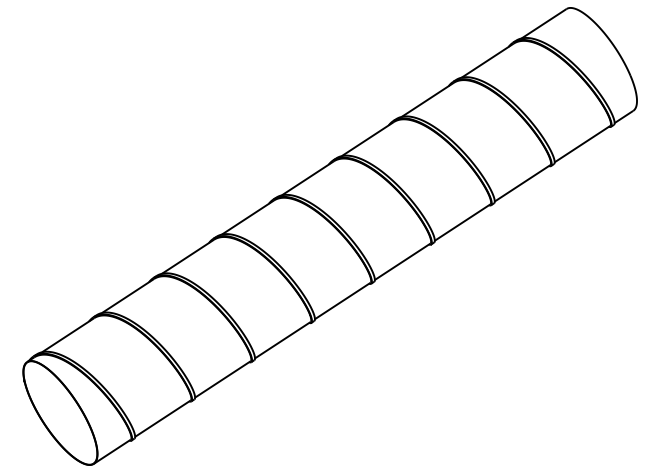
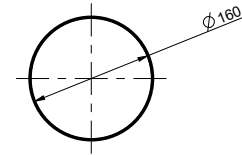
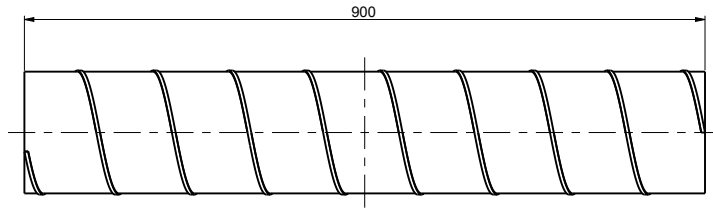
2		VP_MITTAUSKANAVA_LAPIVIENTIKUMI-	-	-	3		
1		VP_MITTAUSKANAVA_KANAVA100HZ	-	-	1		
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys			
	1:5	-	VASTAANOTTAVA PUOLI	MITTAUSKANAVA			
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev	
Suun				Piirustusnumero			
Tark				1_2_3			
Hyv							



						1		
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl		
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki			
		1:5	-	MITTAUSKANAVA	KANAVA 100Hz			
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi	Rev	
Suun					Piirustusnumero			
Tark					1_2_3_1			
Hyv								



Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimi	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys	
	5:1	-	MITTAUSKANAVA		LAPIVIENTIKUMI	
Piirtäjä	S Laakkonen		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suunnittaja				Piirustusnumero		
Tarkastaja				1_2_3_2		
Hyväksyjä						



						1
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai lueletelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	
		1:5	-	TESTAUSYKSIKKO	SIJAISSPUTKI	
Piirt	S Laakkonen		Karelia-AMK		Ent	Uusi
Suun					Piirustusnumero	
Tark					1_3	
Hyv						

! 6 kg
120 dB LW



Hemi-dodecahedron Loudspeaker Nor275

A powerful sound source designed for building acoustics measurements per ISO-140/4 Annex A (Field measurements). The source provides uniform sound radiation. When used with the power amplifier Nor280, the high sound power level ensures accurate descriptors in measurement conditions that include high background levels, high sound insulation properties and large room volumes.

Nor275 is designed for placement on the floor and uses the floor as a mirror for emitted sound.

The loudspeaker is designed to operate at full power for more than one hour continuously.

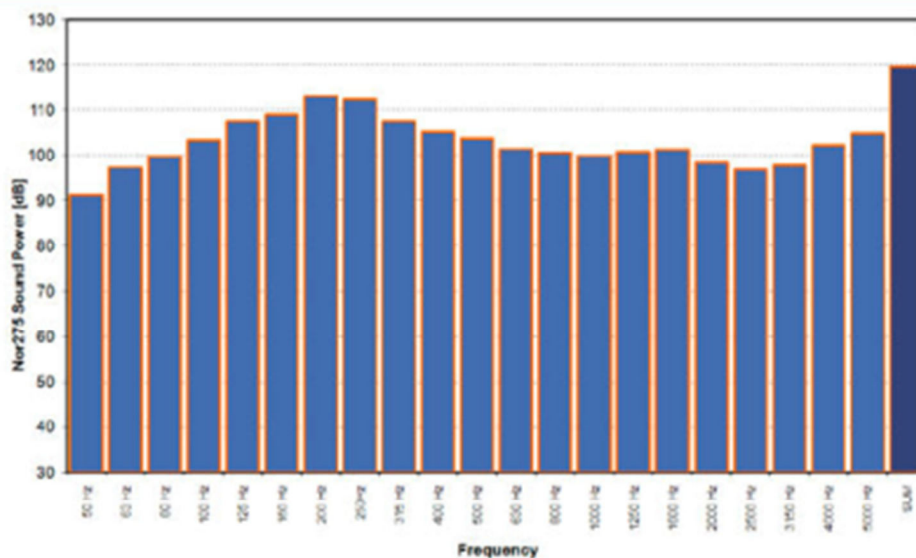
The Nor275 is designed to be used with the Nor280 power amplifier only. Using other amplifiers may damage the speaker and will void the warranty.

Features Nor275

- Nor275 fulfill ISO 140-4 Annex A standard for airborne insulation measurements in field.
- Powerful - 120 dB LW
- Lightweight, portable and rugged design for field use.

Specifications

Physical design	Hemi-dodecahedron
Sound power output:	Using the Nor280 with pink noise, and equalisation: 120 dB (Lin)
Speakers:	6x6"
Power (broadband):	100 WRMS (max) Peak 500 W
Impedance:	5.3 Ω
Diameter:	355 mm (14")
Height:	195 mm (7.6")
Weight:	6 kg (13.2 lb)
Accessories Incl.:	- Speakon NL4FC plug replaced by a 5m assembled cable, if ordered with Nor280



Typical sound power level vs. frequency of the Hemi-dodecahedron Loudspeaker Nor275 when used with the pink noise source and equalizer included in the Power Amplifier Nor280.



Power Amplifier Nor280

Our aim is to take the latest technology available to help our customers complete their measurements faster but without loss of precision. With the Nor280 we have again met this objective. This power amplifier is the 4th generation of specially designed units for building acoustic measurements from Norsonic. It is less than half the size and weight, but twice as powerful as its predecessors; it replaces the Nor260 as the preferred amplifier to drive the Norsonic range of full and hemi dodecahedron instrumentation loudspeakers.

Unique design

The ISO 140 Building Acoustics Standards place heavy demands on loudspeakers and as such many may be destroyed if traditional PA power amplifiers are used to drive them. These amplifiers are normally very powerful and designed to give a flat frequency response covering a much wider frequency range than the speaker system can handle. Feeding these systems with broadband pink or red/white noise may destroy the speaker; the low frequency content of the noise causes the speaker cone to move with much higher amplitude than its design limits. Hence, the speaker coil or the cone itself may be destroyed. In addition a lot of energy is wasted in the low frequency area below 15Hz.

To overcome this problem, and to optimise the power where it is needed, a unique built in equalization network compensates for the falling frequency response of the speaker system in both the low and high frequency areas. This also ensures that the 5 dB requirement between neighbour frequency bands are met when used in combination with the Nor275 or Nor276 loudspeakers. A part of the equalization network is a high pass filter that removes low frequency signals that lie below the required frequency range for building acoustic measurements and a low pass filter that removes all frequencies above 12kHz. This feature protects the speakers from distortion and concentrates power into the frequency bands where it is needed.

Powerful

The class D amplifier construction ensures low weight, high power output and low heat dissipation. The amplifier delivers up to 500 W_{RMS} into a 4 ohm load and an output current of up to 35 Amp!

Protection circuits

Both the input and output of the amplifier are short circuit protected and an automatic system will guard against overheating and too high signal voltage on the input. The built in cooling fan is normally not running. Only at high room temperatures or prolonged use of the amplifier at full power

! 3,5 kg
500W_{rms}



Features Nor280:

- Specially designed for Building Acoustic measurements
- Lightweight and rugged construction
- Self contained noise generator
- 500 Wrms output power
- Emits 120 dB sound power level in the 50—5000 Hz frequency range when used with Norsonic dodecahedron loudspeakers types Nor275 or Nor276
- Wireless remote control of noise generator (optional)
- Equalization network to optimise acoustic output from speaker
- Balanced signal input for low noise and limited cross talk problems

Applications

- Sound insulation measurements
- Reverberation time measurements
- Absorption coefficient measurements

will the fan switch on. It will however, immediately switch off when the input signal goes off; this feature makes the unit well suited to reverberation measurements in areas of low background noise.

Noise generation

The internal noise generator features both Pink, White and Red/White noise excitation signals. The noise or line signal can be attenuated in 5 dB steps to -35dB. By adding option 1, you may switch on/off the signal remotely and wireless from another room. The balanced line input ensures minimum cross talk and induced noise when using long signal cables.



Specifications

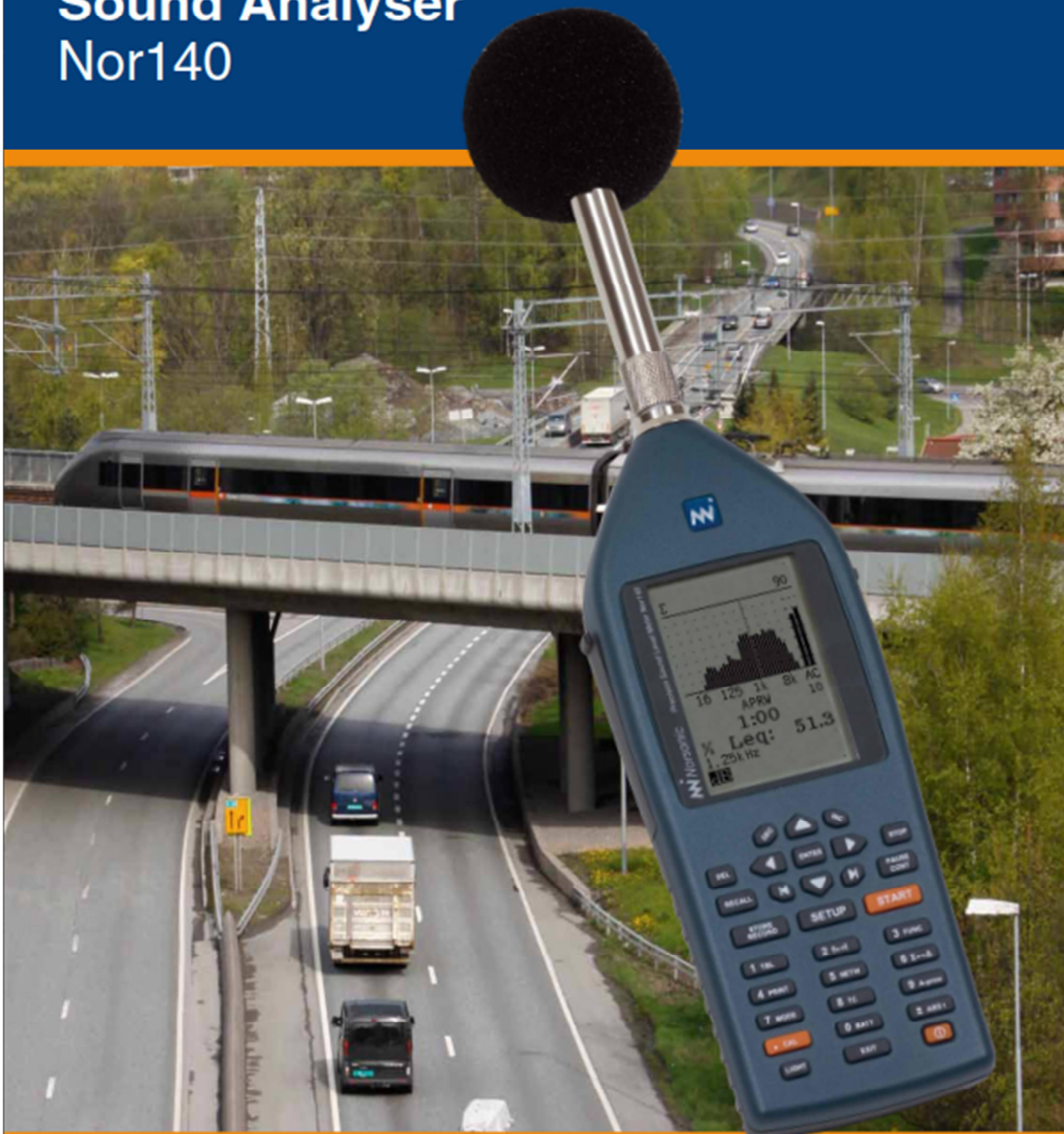
Output:	Short-circuit and over-temperature protected
Output connector:	Speakon NL4MP
Output power:	500 W _{RMS} Into 4ohm 250 W _{RMS} Into 8ohm THD+N < 0.1% The built-in LP and HP filters ensure that the output power matches the Norsonic Nor275 and Nor276 series of dodecahedron loudspeakers
Peak power:	>1 kW _{PEAK} Into 4ohm
Output current:	Maximum 35 A
Input:	Balanced Input to avoid ground loops and cross talk to signal cables
Input connector:	XLR
Input sensitivity:	1.0 V _{RMS}
Input Impedance:	10 kΩ/220 pF
Dimensions: (D x W x H)	275 x 110 x 246 [mm] 11 x 4,3 x 9,7 [Inch]
Weight:	3,5 kg
Temperature:	-20 to +35 °C
Rel. Humidity:	0-90%
Enclosure class:	IP20
Mains:	220 VAC (±10%) or 110 VAC (±10%)
Fuse:	T 3,15A (220 V), T 6A (110 V)
EMC and Safety Standards:	EN55103-1, EN55103-2, IEC61340-5 part 1&2, IEC61010, FCC part 15b part 1&2
Accessories Incl.:	Mains cable, Output connector
Ordering Info:	Option 1: Wireless on/off remote control (must be specified when ordering)
CE conformity:	EMC compliance according to EN50081-1 and EN50082-1, Safety according to EN61010-1-1993 and Machine directive 89/392
Optional accessories:	Nor1494/5: Cable (5m) for connecting Nor275 or Nor276 to Power Amplifier Nor280. Nor1494/01: Opt. 1 : Special length; add/subtract per metre (maximum length is 25m).



Rugged flight case Nor1327B with room for the Dodecahedron Loudspeaker Nor276, tripod, Power Amplifier Nor280, Sound Analyser Nor140 and miscellaneous accessories.



Sound Analyser Nor140



Ni Norsonic

Applications:

- Environmental noise
- Sound recording
- Building acoustics
- Reverberation time
- Noise source identification
- Industrial hygiene
- Low frequency measurements
- Remote noise monitoring
- Product development
- Quality control
- Sound power
- Speech intelligibility - STIPA
- Vibration measurements
- HVAC noise
- Low noise measurements

Features:

- Precision integrating sound level meter to IEC 61672 class 1
- Handheld real-time 1/1- or 1/3-octave frequency analyser (0,4Hz-20kHz)
- Measurement of A-weighted levels simultaneously with either C- or Z-weighted levels
- Parallel detection of SPL, L_{Eq} , L_{min} , L_{max} , L_E and L_{peak}
- 120 dB dynamic range giving a "one-range" instrument
- Measures L_{peak} levels up to 140 dB
- Parallel detection of F, S and I time constants
- USB 2.0 and High-speed RS-232 serial interface (115 kbaud)
- SD memory card and large high speed internal memory
- Sound recording in 8, 16 or 24 bit format with 12 or 48 kHz sampling
- Up to 90 sec high, contrast, graphical audio recording pretrigger
- High-resolution graphical backlit display
- Manual or automatic storage of results
- Automatically repeated measurements with clock synchronization
- Pause/Continue function with back erase feature
- Results displayed as dB or linear values
- Numerical printouts
- AC output signal
- Signal generator
- Windscreen correction
- Noise floor correction
- Support for IEPE sensors
- NC, NR and RC rating
- Multiple language selection
- Moving L_{eq}

Approved by:

- PTB Germany
- LNE France
- CEM Spain
- BEV Austria
-and others

LIITE 2

The Nor140 – more than just a Sound Level Meter

The precision handheld sound analyser Nor140, covers the widest range of applications, packed into the smallest real time analyser featuring sound recording present on the market today!

Norsonic's philosophy has always been to cover all possible applications within one modular instrument platform. We were the first company introducing software options. This enables functional expansion to take place when you need it and not necessarily at the time you purchase the instrument. The design is based on decades of experience making intuitive and easy to use field instrumentation. The Nor140 is Norsonic's second generation of handheld sound level meters featuring sound recording.

The Nor140 is more than a Sound Level Meter, it is a measurement platform used in Environmental Noise Monitoring Systems as well as a front end in Nor850 - our Multi-channel Building Acoustic and Sound Power Analyser.

Quality and durability - 3 years warranty

After the introduction the Nor140 immediately became a success. The user-friendliness, the broad range of applications covered by this single instrument and associated PC software makes the Nor140 a market leader. It is covered by a 3 years warranty and is type approved by all the prestigious national approval laboratories worldwide, such as PTB in Germany and LNE in France. The Norsonic retrofit policy, allowing the users to add options later when needed, the frequent release of new software features combined with durability and Norsonic quality ensures that you do the right decision when purchasing a Nor140.



The instrument platform

By listening to key customers and our long experience in designing sound level meters, every effort has been made to design a rugged, small and light-weight, yet powerful instrument platform.

Clear display - user friendly

The large backlit display with a mirror effect is excellent to read in sunlight. The backlight is only needed in dark environments.

The instrument is designed to be operated by the same hand that holds the instrument. There is no need for a stylus. Real keys ensure tactile feedback to the user. The dust and splash proof rubber covers for the connectors and SD memory card together with the high friction coating on rear cover ensures an optimum grip and user comfort. A range of factory setup together with the possibility for the user to create his/her own setups minimise the risk of making mistakes when preparing the instrument prior to a measurement run. For simple use, the three orange buttons is what is needed to make a measurement; power on – calibrate – start measurement.

Memory – Storage handling

The instrument contains both an internal memory and an exchangeable SD memory card. The internal memory features the same structure as the SD card, but it is mainly intended for high-speed sampling applications. A backup copy of the current measurement is made every two minutes. This ensures that if a power interrupt occurs, a maximum of two minutes of data may be lost. The measurement is also automatically saved when a battery low warning is given. A special feature is making the instrument to auto restart and continue to measure after a power failure condition. This is especially useful for long term monitoring applications. To optimise the user friendliness four types of storage modes are supported:

Manual: The user manually stores the measurement.

Automatic: The instrument stores all results automatically when a measurement is completed or if stop is pressed.

Repeat: Same as automatic but it automatically restarts a measurement.

Synchronous: Same as repeat but the first measurement will be truncated to allow synchronisation to the next whole clock hour.



Interfaces and connectors

The instrument has one USB 2.0 high-speed data interface and one high speed RS232 interface. The multi I/O socket additionally contains several digital I/O ports for different control applications such as remote start/stop of the measurement process or audio recording and Go/NoGo signals for quality control applications. Two analogue outputs are available. One is dedicated to the signal generator output (optional), the other for AC output of the measured signal. A separate connector is available for Tachometer (RPM) input.

The microphone input connector is a traditional 7 pin LEMO connector. This standard was invented by Norsonic in the early nineties, now widely adopted by most of the world's sound measuring equipment manufactures. In the Nor140 we have added two useful features to this standard, improving its original functionality. Firstly IEPE® power is added thereby allowing the use of signal line powered sensors such as accelerometers and electret microphones with IEPE® preamplifiers. This removes the need of expensive adaptors or cables for connection to the instrument. The second feature is the built-in calibration oscillator for verification of outdoor microphones; a great advantage on long term noise monitoring projects.

Power management

Our users told us that it is important to be able to change batteries in the field, and that the unit must use standard batteries that may be obtained anywhere. Hence, we designed it to use four standard AA-cell batteries. However, the instrument also accepts rechargeable batteries. A battery monitor tells the user the status of the batteries. The instrument may also be directly connected to any 12V source such as a car battery via the external DC input connector. An interrupt free inter-connection between internal batteries and external powers ensures a power system with the highest possible security.

Preamplifier and microphone

The Nor140 is delivered with a 1/2" microphone Nor1225 and preamplifier Nor1209. In some markets Nor1227, a prepolarised version of Nor1225 is delivered. Both types are a 50mV/Pa free field microphone. The instrument has user selectable diffuse field (random incident) and windscreen correction networks. The preamplifier Nor1209 is a low noise preamplifier that can drive long microphone cables

without any loss in performance. For special applications other types of microphones and preamplifiers, such as 1/4" types or 1/2" low noise microphone systems like the GRAS 40HL may be connected. The preamplifier Nor1209 has a built-in microphone check facility (SysCheck) allowing remote verification of the Norsonic range of outdoor microphones.

One measurement range

The Nor140 has more than 120 dB dynamic span in a single measurement range. This makes the use of the instrument easy since there is no gain control to adjust; all measurements are covered by one range. The wide dynamic range covers all applicable functions such as the spectral weighting networks, real time 1/1- and 1/3-octave filters as well as the FFT option.

In order to extend the flexibility of the instrument a special high range mode can be selected. This shifts the upper measurement range by 10 dB to 150 dB with the standard Nor1225 microphone and up to 190 dB with special 1/4" microphones.

A self-noise compensation feature can also be selected to extend the lower measurement range of the A, C or Z network. This typically extends the measurement range downwards by 7 to 10 dB.

The Measured functions

The functions available with the Nor140 include

SPL	Time-weighted Sound Pressure Level (F, S, I)
L_{max}	Maximum Time-weighted Sound Pressure Level
L_{min}	Minimum Time-weighted Sound Pressure Level
L_{eq}	Time-Average Sound Pressure Level
L_{eqI}	Time-Average Impulse-weighted Sound Pressure Level
L_E	Sound Exposure Level
L_{EI}	I-Time weighted Sound Exposure Level under measured functions
L_{peak}	Maximum Peak Level
L_N	Statistically Calculated Exceedance Level
RT	Reverberation time, T20 and T30 (Optional)
NC	Noise Criteria value
NR	Noise Rating value
RC	Room Criteria value

LIITE 2

STIPA Speech Transmission Index for Public Address system (Optional)

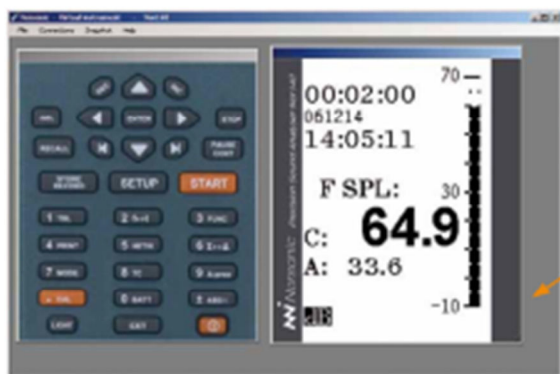
T_{max5} "Takt Maximalpegel" according to DIN45657 (Optional)

Moving L_{eq} with adjustable window length (Optional)

The spectral weighting functions A- and C- or Z-weighting are available for all functions including the L_{peak} . The SPL, L_{max} and L_{min} functions are measured for all the three time constants F, S and I. All the above functions are also measured in each band if 1/1 or 1/3 octave analyses extensions are added with the exception of L_{peak} .

NorVirtual instrument

Included in the Nor140 delivery is the Virtual Instrument software; a PC program that brings a virtual version of the instrument onto your PC screen. The user may remotely operate the keyboard, and view a picture of the instrument display on the PC screen. A useful tool for seminars, schools and similar applications where more than one person needs to view the operation of the instrument and the display.



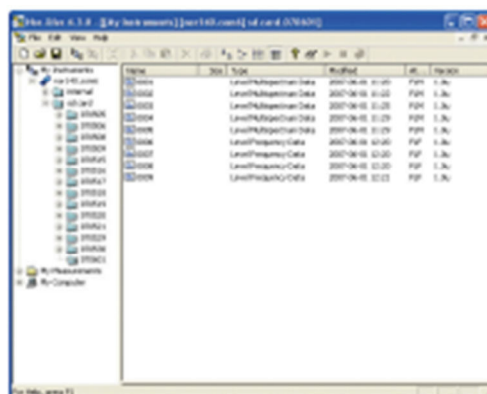
NorVirtual

NorXfer

Also supplied with the instrument is the PC data transfer software NorXfer. This program transfers and converts the measurement results from the internal memory or from the SD memory card to the PC. The data can then be seamlessly used by all other Norsonic post processing programs, such as NorReview, NorBuild or NorPower.

NorReport is an add-in module to the NorXfer. This reporting program enables the user to create Excel templates for calculation and reporting. A vast range of standard templates exist to cover for the local markets need. The measured data can also be directly converted into Excel or text files.

Two optional extensions (not included in standard delivery) can be added to NorXfer. Option 1 is modem control, and option 2 is remote control of all Nor140 functions and setup parameters.



NorXfer

LÄHDE: Norsonic AS. Sound Analyser Nor140. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa:

<http://www.norsonic.com/filestore/PDF-filer/Brochures/Nor140SoundLevelMeterbrochure.pdf>.

The Nor 140 as an Environmental noise monitoring analyser

The large memory and the time synchronising capabilities of the Nor140 makes it well suited to any environmental noise measurement and as a front-end in noise monitoring systems – perfect for community noise as well as indoors in workshops etc.

The high dynamic range makes the setup easy and ensures reliable measurements in all situations.

Source identification is possible thanks to the sound recording feature and eight markers, where four can be set for independent source coding.

- Huge memory, both internal and on a removable SD card
- Sound recording
- 8 marker functions
- Precise internal clock for accurate timing between several Nor140 instruments
- Profile measurements with level vs. time resolution from 25ms to 199h
- Multi spectrum
- Statistical calculations, even in frequency bands
- 120dB dynamic range, also for the 1/1-octave and 1/3-octave real time filters
- Pure tone detection
- Microphone check
- Advanced post processing reports using NorReview software
- L_{den} calculation using NorReview software

The Nor140 is designed to be left unattended for monitoring noise either as a measurement device in a larger sound monitoring system or semi-permanently for some days or weeks. The measurement results can be collected by swapping the SD memory card or downloaded via modem or LAN/WLAN/Bluetooth connections. In the latter case the remote control program NorMonit can automatically control this process. A manual remote option is possible using NorXfer with applicable software extensions.

An internal sine wave calibration oscillator feeds a calibration signal to the preamplifier/microphone combination (SysCheck) to perform a daily microphone check - no external device or power supply is needed.

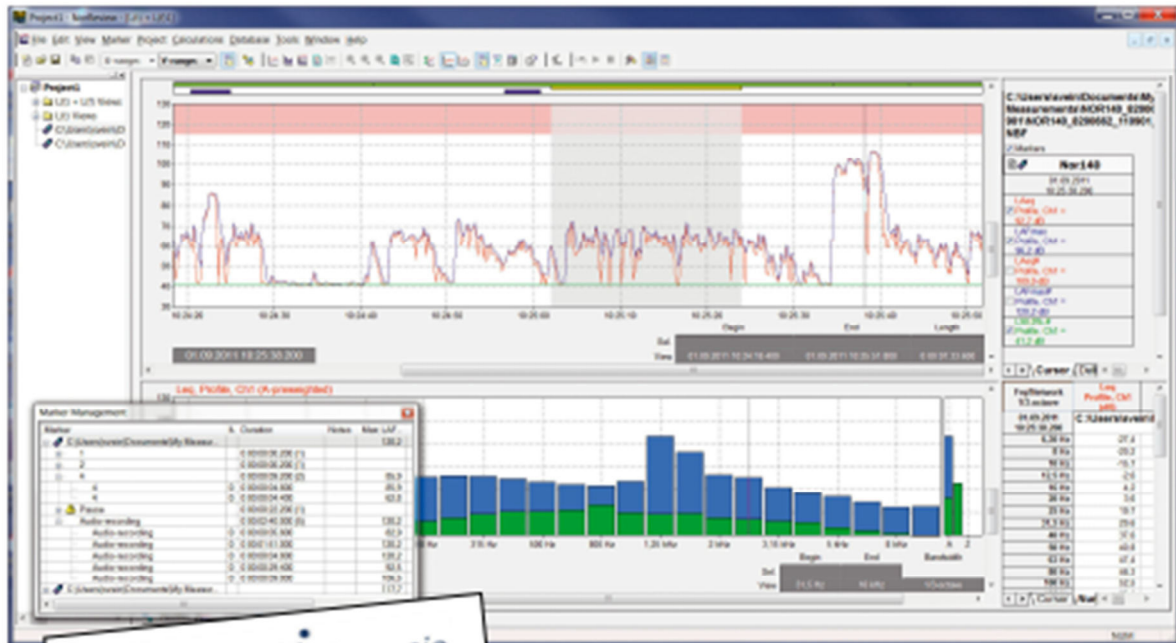
NorReview is a powerful tool for analysing and reporting the captured data. NorReview is, as other Norsonic products, modular and provides in its basic version a view of L(t) data and will perform basic calculations and reporting. Fully configured the software can perform L_{den} calculations, automatic event reporting and calculation, replay of sound files with moving cursor along the L(t) graph, multi project handling including storage of pictures, text files etc. along with the measurement data.

*Nor1210 and Nor1216 outdoor microphones,
Nor1520 and Nor1530 environmental cabinets*



LÄHDE: Norsonic AS. Sound Analyser Nor140. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa:

<http://www.norsonic.com/filestore/PDF-filer/Brochures/Nor140SoundLevelMeterbrochure.pdf>.



Nor1026 NorReview software



A special pure tone extension is available in order to perform tonal analysis.

NorReview may also be extended to display real time data on line in a noise monitoring system, in either single or multi-channel configurations.

Due to its flexibility and easy remote control programming, the Nor140 is widely used by many prestigious customers in their measurement applications. An example is Topsonic, a world leading company supplying advanced Airport Noise Monitoring systems. The Nor140 has been supplied to a numerous airports worldwide as a part of Topsonic's Airport Noise Monitoring systems.

Norsonic offers a complete line of products for use in environmental noise monitoring systems. We supply enclosures for permanent monitoring installations, environmental cases for semi-permanent installations, outdoor microphones for applications in tough environments, cables, modems, weather stations and post-processing software.

Noise nuisance recorder

The Nor140 is the third generation of noise nuisance recorders from Norsonic. This is a very cost effective method of investigating domestic noise complaints, particularly those occurring outside normal office hours.

A novel approach to this application is embodied in the Nor140 through its digital recording of the actual sound at the same time as the measurement.

LIITE 2

All calibration and range settings automatically relate to both the measurement and recording part of the system greatly simplifying the set up; there is even a default "annoyance recorder mode" that can be accessed directly when switching on.

The instrument is housed within a tamper proof case and the only external components are the measurement microphone, mains connections and the plaintiffs hand switch. This hand switch has been specifically designed to make it suitable for use by subjects with limited manual dexterity and will activate the audio record for a predetermined period; the default setting is 60 seconds but may be set for any period between 1 second and 24 hours.

The default set up also provides up to 90 seconds of pre-trigger recording allowing the vital information occurring just before the switch was pressed to be recorded.

With the Video Noise Nuisance Recorder system Nor521A, Norsonic sets a new standard for this measurement application. The System is hosted in a small weatherproof case with a Nor140 and a small robust PC recording the video along with the noise

and audio data from the Nor140. Unlike CCTV, video recording is only collected/stored when a hand-switch is activated or set trigger levels are exceeded – which saves valuable officer time. The system offers a one minute video and audio pre-trigger.

Pure tone detection

Many environmental noise measurement criteria require compensation for the presence of pure tones. These standards are now moving away from the earlier purely subjective method of tone detection to a more scientifically quantified method. These methods require a detailed FFT analysis, and masking calculations, carried out to determine the prevalence of audible tones.

The optional FFT mode together with the NorReview software will enable you to analyse the noise in accordance with these new requirements. As a spin-off, any measurement task requiring the auto-spectrum of a full frequency range FFT with less than 3 Hz line separation is also supported.

The measured noise spectrum is shown as a normal FFT spectrum during the acquisition process.



Video noise nuisance recorder system Nor521A

Building acoustics

Sound insulation measurements

The Nor140 with the Building Acoustics option is a complete measurement tool for making both air-borne and structureborne (impact) sound insulation measurements in accordance with the ISO 140, ASTM, and other national standards. A step-by-step menu takes the operator through all required 1/3-octave real-time measurements until the final sound reduction index is presented graphically on the screen in accordance with the ISO 717 Standards. Other national indices may be calculated in combination with the optional NorBuild software.

This feature includes analysing sound level measurements and averaging of multiple microphone positions, both in the source- and the receiving-rooms, measurement of the background noise level as well as measurements of the reverberation time in multiple locations in the receiving room. An on-board calculator uses the actual room dimensions to calculate the room volume V and insulation area S . The correct sound reduction index (R_w , $D_{nT,w}$, $D_{n,w}$, $L_{n,w}$ or $L_{nT,w}$) is then presented graphically on the instrument screen.

Alternatively, the Nor140 may be used to measure the survey grade sound insulation based on 1/1-octave real-time frequency spectra in accordance with the ISO 10052 Standard.

Reverberation time measurements

The Nor140 measures the reverberation decay based on either impulse or noise excitation. All frequency bands are measured either in 1/1- or 1/3-octave real-time spectra, and presented on the screen one-by-one.

Two reverberation time values are calculated for each decay in each frequency band. The T_{30} is calculated from 5 dB below the excitation signal down to 35 dB, but the Nor140 will additionally calculate the T_{20} value. All values are normalised to the required 60 dB decay time.

On-board noise generator

The Nor140 is equipped with an on-board noise generator supplying both white and pink noise. During the level and reverberation time measurements, the generator is turned on and off in synchronization with the actual measurements.

The generator contains a unique spectrum shaper feature allowing the adjustment of source room noise in accordance with the requirements in ISO 140 part 3 and 4. This requirement set a maximum value of 6 dB between all neighbour frequency bands. Simply run a short test measurement and the source room spectrum will be modified as close as possible to this requirement.





Complete reports

The Nor140 building acoustics measurements are seamlessly transferred to a PC for further post-processing. The full sound insulation report is generated by use of the NorBuild software package, and the final report sheets are calculated in accordance with ISO 140/717, ASTM or other national standards.

Wireless measurement system

By connecting the Nor520 Bluetooth transceiver, one Nor140 may be used as one wireless measuring channel in the Nor1516B wireless sound insulation system. By using two separate Nor140 instruments in such a system, the operator gets a unique wireless measurement system that performs complete sound insulation measurements in the field without all the hassle and problems of long microphone extension cables.

Swept-Sine measurement technique

The recent ISO 18233 Standard opens up for use of alternative measurement techniques for sound insulation testing. Hence, the Nor140 together with the CtrlBuild control software is optionally available with the new SweptSine measurement method. This new technique is useful when measurements have to be performed in background noise conditions where traditional technique will not enable any measurements to be made at all.

SweptSine technique may also be used for the measurement of extremely short reverberation times.

Remote measurement control, single dual or multichannel

Norsonic offers two solutions for full PC control of the actual Building Acoustic measurement process. The reporting program NorBuild software may be extended with the CtrlBuild module. By use of this module, the user may perform dual channel sound insulation measurement controlling two Nor140, either using cables or wireless using the Nor520 long range Bluetooth system. The software allows the user to retake measurements by serial scanning through the frequency range using 1/3-octave band filtered noise. This feature is handy when background noise is high compared to the measured receiving room levels. Norsonic also offers the state of the art building acoustic analyser system, Nor850, where the Nor140 may be used as a front end. The Nor850 takes the user interface to another level of user friendliness and its sophistications supports all needed functionality both for field and laboratory use. Both systems support the SweptSine measurement technique offered by the Nor140.

Other applications

Speech intelligibility – STIPA

The speech transmission index, STI, has shown to be a valuable tool for objective assessment of the speech intelligibility. The basis for the STI-index is that speech intelligibility is to a large extent based on the slow amplitude modulation of octave band sound levels due to the acoustic environment in the test area.

A simplified version of the STI-metric, known as STIPA, is an option in the Nor140 instrument. Adding the STIPA option to Nor140 turns the analyser into a powerful tool for analysing the Speech Transmission quality in public areas. The method can be used to compare the speech transmission quality at various positions and under various conditions within the same listening space. STIPA replaces the former used RASTI method as a more accurate method compared to RASTI.

A measurement in one listening position takes about 13 sec. Unlike many other STIPA measurement systems, the Nor140 can also correct the results for the background noise. In addition all calculated indexes are displayed, not only the single STIPA value. This feature is valuable for engineers optimising the room acoustics in public spaces or other areas where the speech quality is important.

The method is made according to the requirements in IEC 60268-16 (2003-05): Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.

The option includes an audio-CD with the required excitation signal. The STIPA-method is suitable for assessing speech intelligibility in rooms or auditoria as well as for public address systems. It may in general be used as a replacement for RASTI which normally should be applied only for room acoustic measurements. The result is presented as a STI-value and a CIS-value. The latter is normally used for assessing the quality of sound systems for emergency purposes (IEC 60849).

Vibration measurements

Thanks to its broad frequency response the Nor140 is suitable for both sound and vibration applications. The low frequency response extends down to 0,4 Hz in 1/3 octave band mode and FFT mode. The results can be displayed in dB or in Engineering Units.

IEPE® powered accelerometers can be directly connected to the instrument without use of any external power supply. Norsonic supplies a carefully selected range of accelerometers, all IEPE® powered, well suited for use with the Nor140.





Sound power

Sound power level may be calculated from sound pressure level measurements using almost any type of sound level meter. However, the methods described in the different standards involve quite a lot of calculation before the final sound power figure can be reported.

The Nor140 supports on board measurements and calculations according to ISO 3746. You simply specify measurement surface, its dimensions, the location of your measurement object (on the floor, against a hard reflecting wall or in a corner), apply the correction factors and start your measurement. The sound power will then be calculated and displayed in a tabular form.

Norsonic offers two solutions for full PC control of measurement and calculation of Sound Power according to various standards, such as ISO 374x. The simple solution is NorPower. The program guides you through the measurement process and reports the data as described in the standard. NorPower is a valuable tool for engineers working with product development, product control or certification. The program allows you to use single channel measurements using Nor140 as a frontend.

For multichannel Sound Power measurements, Norsonic offer a state of the art solution with the Nor850 analyser, where the Nor140 may be used as a front end. The Nor850 takes the user interface to another level of user friendliness and its sophistications supports all needed functionality both for field and laboratory use.

Audiometer calibration

Audiometry is the testing of hearing ability. Audiometric tests determine a subject's hearing levels with the help of an audiometer. For reliable test results, it is essential that audiometers are regularly calibrated in accordance with the relevant standards.

Nor140 can be equipped with the option for audiometer calibration which provides the ability for acoustical measurement of frequency and level of the test signal as well as harmonic distortion.

Measurement take only 2 seconds and is performed in an intuitive way presenting the 1/3 octave band spectrum together with a result table containing values for frequency of the test tone, level of the test tone, $L_{Z,eq}$ and harmonic distortion.

Optional extensions

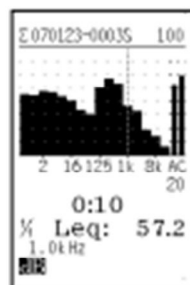
The Nor140 may be extended with a large selection of optional features, thereby allowing you to tailor the instrument to your specific requirements. Optional features may be ordered and installed at any time by just adding a new set of option codes.

Norsonic is continuously improving the features in the No140. New firmware adding new features to the instrument is frequently released. This ensures the user that a Norsonic instrument is kept up to date years after the initial purchase. We therefore reserve the rights to amend any of the information given in this leaflet in order to take advantage of new development.

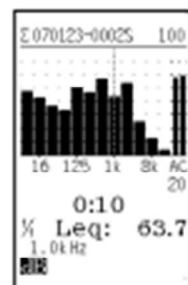
Option 1: 1/1-octave real-time filters

- Parallel 1/1-octave real-time filters covering the 0.5 Hz - 16 kHz frequency with full dynamic range.
- All filters fulfil the IEC 61260 class 1 digital IIR base 10 requirements and ANSI S1.11-2004 Class 1.
- 120 dB "one-range" even in the filter band.
- Results are displayed both graphically and numerically.
- A-weighting (pre-weighting) feature available on displayed results.

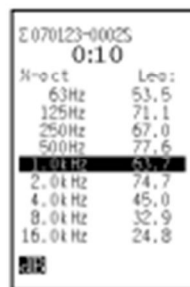
When fitted with option 1, the Nor140 can perform real time frequency analysis in octaves covering the frequency bands 0.5 Hz to 16 kHz in one range. A limited frequency range 8 Hz - 16 kHz can be set in order to avoid low frequency noise. A 3 Hz 3rd order high pass filter is then enabled in the analogue input stage to prevent overload due to low frequency noise. The wide frequency range with full dynamic range of more than 120 dB makes the instrument well suited for both vibration and noise measurements.



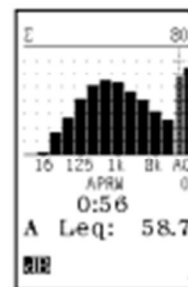
1/1-octave spectrum
0.5 Hz - 16 kHz



1/1-octave spectrum
8 Hz - 16 kHz



1/1-octave
numeric table



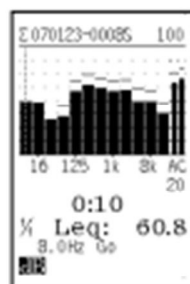
1/1-octave spectrum
A-weighted

Option 2: Reference spectrum with "Go/NoGo" comparison

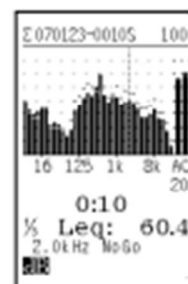
- Compare any measured frequency spectrum with a pre-selected reference spectrum.
- Both upper and lower reference spectrum available.
- "Go/NoGo" warning for quality control applications.
- TTL output signal for automated systems.

The reference spectra feature is used for comparison of any measured frequency spectrum with a pre-selected user defined spectrum. It functions for 1/1-octave, 1/3 octave and the spectral weighting networks. The measured spectrum may be compared to an upper limit, a lower limit or both. If the measured signal exceeds the boundaries, a "NoGo" warning is given on the screen, and a digital signal is set on the I/O port. The "NoGo" flag is also stored as a part of the measurement. The "Go/NoGo" comparison is selectable between instantaneous during a running measurement or after a measurement is elapsed. The duration of digital output signal may be set between 0 and 99 sec. Option 2 requires that minimum option 1 be installed!

An alarm lamp kit, Nor268 with opt.1, is available as accessories.



1/1-octave
reference spectrum



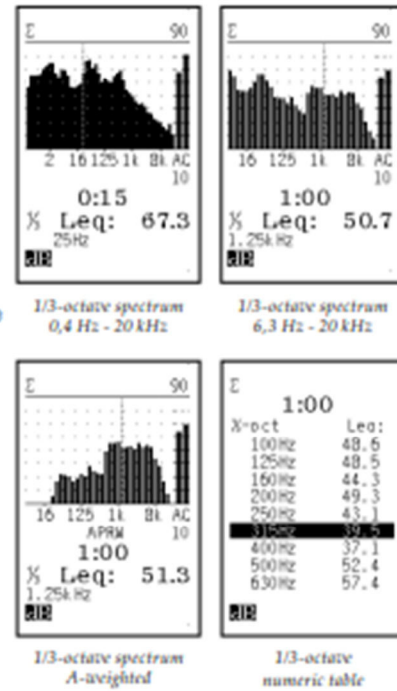
1/3-octave
reference spectrum

Option 3: 1/3-octave real-time filters

- Parallel 1/3-octave real-time filters covering the 0.4 Hz - 20 kHz frequency range in one span.
- All filters fulfil the IEC 61260 class 1 digital IIR base 10 and ANSI S1.11-2004 Class 1 requirements 120 dB "one-range" even in the filter bands.
- Results are displayed both graphically and numerically.
- A-weighting (pre-weighting) feature available on displayed results.

When fitted with option 3, the Nor140 can perform real time frequency analysis in 1/3 octave covering the frequency bands 0.4 Hz to 20 kHz in one range. A limited frequency range covering 6.3 Hz - 20 kHz can be set to avoid low frequency noise. A 3 Hz 3rd order high pass filter is then enabled in the analogue input stage to prevent overload due to low frequency noise. The wide frequency range with full dynamic range of more than 120 dB makes the instrument well suited for both vibration and noise measurements.

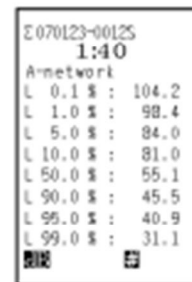
Option 3 requires that minimum option 1 be installed



Option 4: Statistical calculation of L_N values

- Calculate 7 fixed LN values ($L_{1\%}$, $L_{5\%}$, $L_{10\%}$, $L_{50\%}$, $L_{90\%}$, $L_{95\%}$ and $L_{99\%}$).
- Parallel calculation of 1 editable LN value selectable within the range 0.1 – 99.9 %.
- Statistical calculations based on 0.2 dB class widths covering a total range 130 dB.
- Parallel statistical calculation on both A- and C-/Z-weighted networks.
- If real-time filters are installed (option 1 or 3), statistical calculations are available for the individual filter bands as well.

The back-erase feature, which deletes up to the ten most recent seconds of acquired global data prior to a pause upon resuming, updates the statistics buffers as well to maintain consistency.

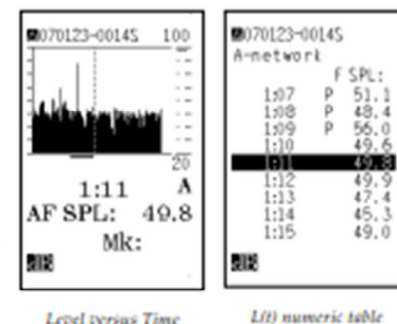


Option 5: Parallel F, S and I time weightings

- Simultaneous measurement of F, S and I time weightings.
- Parallel measurement of three different SPL, L_{min} and L_{max} functions based on F, S and I time weightings.
- Parallel calculation of L_{eq} , L_{eqI} , L_E and L_{EI} functions using no time constant and I time weighting simultaneously.
- The parallel measurement using three time weightings is available on both A- and C-/Z-weighted networks and the real time 1/1 and 1/3 octave filter.

Option 6: Level versus time measurements

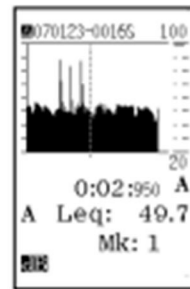
- Measures the time "Profile" (level vs. time) of the noise signal with preset time resolution simultaneously with the overall "Global" measurement.
- Selection of preset intervals within the 1 second to 199 hours interval range.
- Automatic level versus time storage of L_{Aeq} , L_{Amax} and L_{Cpeak} (or L_{Zpeak}).
- Automatic multispectrum storage of L_{eq} and L_{max} if option 1 is installed
- Level versus time measurement continues during a paused Global measurement.
- Automatic markers identify any pause, stop or continue of the measurement as well as recording and overload.
- Real-time graphical and numerical display of the level versus time results.



Option 7: Advanced Level versus time measurements

- Selection of preset intervals within the 25 msec to 199 hours interval range.
- Free selection of any A- and C-/Z-weighted functions to be stored at each pre-set interval.
- Possible operator marker settings during the measurement.
- Selection of 3 different single markers and 1 toggle marker.

The enhanced time profile mode allows logging of L_{eq} , L_{max} , L_{min} , L_{peak} , L_{p} and SPL for all weighting networks and frequency bands for time constant F, S and I in parallel if option 5 parallel time constant is enabled. The user may select from one to all available parameters to log. The time resolution is from 25 ms logging to memory. If the frequency analysis option is installed, these values may be measured too, both as time profile multi spectrum values and as global values.



L(t) with markers

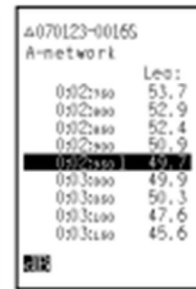


Table with markers

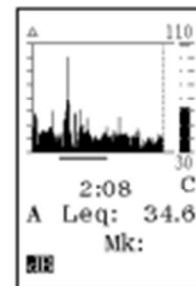
User controlled source coding

With option 7, the instrument gets eight marker functions, where as four are user defined. Three of these are single markers and one is a toggle marker.

Option 7 requires that minimum option 6 be installed.

Option 8: Sound recording

- Storage of the sound signal itself synchronised with the acquired noise data onto the SD-card or the internal memory.
- Triggered by an external hand-switch, by a level trigger or by a manual key push.
- 8, 16 or 24 bit accuracy.
- 12 or 48 kHz sampling.
- 0 - 96 dB digital gain.
- Reference calibration tone can be added at the beginning of the first recording in a measurement.



L(t) with recording marker

This option is especially useful for source identification. The sound recording can be triggered by an external hand switch, by a level trigger (requires option 16) or by a manual key push. An adjustable pretrigger records events up to 99sec before the trigger point.

Several recording formats are supported, ranging from 8, 16 or 24 bit and with sampling rates of 12 or 48 kHz. Using 48 kHz sampling and the stored sound signal may be used for further processing. The Nor140 has a large dynamic range – exceeding 120 dB. This means that if you try to play back the signal on your PC you will – in most cases - hear nothing! To overcome this problem a special digital gain, 0 – 96 dB can be added to the sound recorded signal without affecting the calibration or measured values.

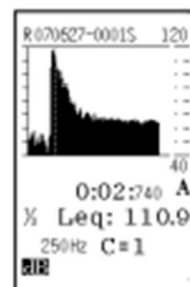
Another useful feature is that you may play a 10 sec reference tone - sine wave, pink or white noise in the beginning of a measurement to set a reference level when later replaying recorded data.

Option 8 requires that minimum option 6 be installed.

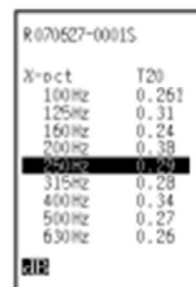
Option 9: Reverberation time measurement

- Reverberation time based on impulse or noise (option 10) excitation.
- Calculates both T20 and T30; backward integrated decay for impulse.
- Displays the graphical reverberation decay for each frequency band.
- Covers the 63 – 8000 Hz frequency bands for the 1/1-octave filters.
- Covers the 50 – 10000 Hz frequency bands for the 1/3-octave filter.
- Possible to store the reverberation time measurement as a wave-file.

Option 9 requires that minimum option 1 be installed.



Reverberation decay



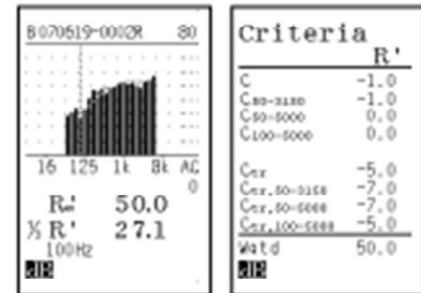
Numerical RT table

Option 10: Noise Generator

- Produces white or pink noise excitation signals with adjustable output level.
- Synchronization of noise signal with measurement start and stop.
- Allows noise excitation of reverberation time measurements if used with option 9 Reverberation time.
- Automated spectrum shaper feature to reduce neighbour frequency band differences as required in ISO 140 part 3 and 4.
- Impulse and continuous noise.

Option 11: Building Acoustic measurement

- Extends the Nor140 instrument into a complete single channel building acoustic analyser.
- Synchronises excitation in the source room with the measurement operation.
- Makes room averaging of multiple microphone positions for sound level and reverberation time measurements for ISO 140/717 users.
- Calculates the survey and engineering grade airborne sound insulation ratings R_w , $D_{n,w}$, and $D_{nT,w}$
- Calculates the survey and engineering grade impact sound insulation ratings $L_{n,w}$ and $L_{nT,w}$
- Calculates the correction terms C, Ctr and Ci including the extended frequency versions.
- In conjunction with NorBuild, can easily calculate rating per ASTM and other National Standards.
- Allows remote use in combination with the Nor1028/3 CtrBuild software package.
- Can be used for cable-free measurements using the Nor520 Bluetooth transceiver.
- Fulfils the requirements of the survey grade ISO 10052 Standard.



Results

Corrections

Option 11 turns your Nor140 into a powerful single channel building acoustic analyser. All the required parameters for performing both airborne and impact sound insulation are calculated. Using the Nor140 for measuring building acoustic, both airborne and impact noise has never been easier. With the Nor1028 NorBuild or Nor850 sound insulation reporting program, Norsonic offers a powerful and user-friendly building acoustic solution.

Option 11 requires that minimum option 1, 3, 9 and 10 be installed.

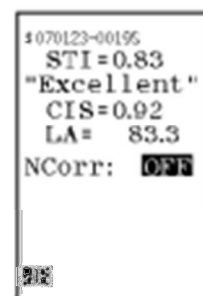
Option 12 Swept-Sine measurements

- Used in combination with the CtrBuild remote control feature of the NorBuild or the Nor850, the Nor140 may perform advanced sound insulation measurement using the innovative Swept-Sine technique.
- Building acoustics measurements using impulse response measurement technique as described in ISO 18233 enables the measurement of sound insulation and reverberation time under severe background conditions.
- Performs tests of dividing walls with extreme sound insulation indices.
- Measures extreme short reverberation times.

Option 13: STIPA (Speech Transmission Index) measurement

- Calculates the STIPA speech transmission index.
- Fulfils the requirements of the IEC 60268-16 Standard for STIPA.
- Includes signal excitation CD (Nor1034) for use through separate public address loudspeaker system or portable CD-player.
- Background noise correction.

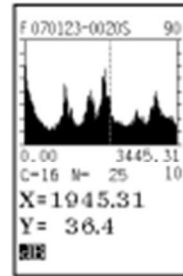
Option 13 requires that minimum option 1 be installed.



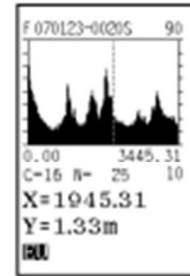
STIPA results

Option 14: FFT measurement

- 8000 line FFT analysis with 1.46Hz line resolution.
- Covers the 1.46 – 9.6 kHz frequency range.
- Both engineering units and dB.
- Pre-selection of 1 - 1028571 averages.
- Useful when searching on problems with rotating machinery.
- Fulfil the requirements for FFT analysis when searching for tonality according to the ISO/DIS 1996-2 Annex C (2005) standard.
- Display compression in binary sequence 1 – 64.



FFT spectrum with dB

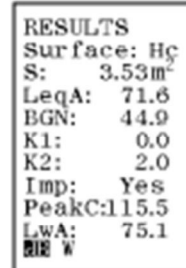


FFT spectrum with Engineering Units

Option 15: Survey Sound Power measurement

- Calculates the survey grade LWA sound power level based on multiple measurement positions on a theoretical hemisphere above a noise source placed on a reflective floor.
- Automatic correction of background noise level.
- Fulfils the requirements of the ISO 3746 Standard.

This option allows the user to perform survey grade LWA sound power level measurements in the field without any other external device. A perfect tool for verifying the sound power level of equipment after installation. A graphical wizard guides the user through the measurement – easy and intuitive to use!

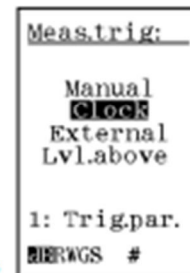


Sound Power results

Option 16: Measurement trigger

- Trigger the start of a measurement based on the internal clock, level threshold or external TTL signal such as hand switch Nor263A.
- Level threshold trigger used in combination with Repeat storage makes an automatic event measurement device.
- The audio recording is triggered based on the clock, level threshold or external TTL signal such as hand switch Nor263A.

The measurement and audio recording trigger can be set independently of each other. A special pre-trigger feature on the audio recording can be set up to capture up to 99 seconds of the audio signal prior to the trigger point.



Measurement Trigger

Option 17 Audiometer calibration

- Calculates frequency of the pure tone, Level of the pure tone, $L_{z,eq}$ and Harmonic distortion based on the 1/3 octave frequency spectrum
- Frequency range: 20 Hz – 17766 Hz
- Frequency accuracy: 0.3%
- Frequency resolution: 0.1 Hz
- Harmonic distortion resolution: 0.1%

Option 17 requires that minimum option 3 is installed

Option 18: Extended measurement range

- Microphone self-noise compensation at the lower-levels
- Compensate all measured function of the A- and C-/Z-weighting networks
- Adjustable microphone self-noise levels for use of other microphones
- Improves the lower measurement range by typically 7 - 10 dB
- Shifts the measurement range 10 dB upwards (i.e. 25 - 147 dBA)
- Possible to detect L_{peak} levels up to 150 dB without changing microphone

Accessories and software

Below is a list of carefully selected accessories for the Nor140. This is just a view of the most popular accessories. Please contact your local Norsonic sales office or the factory if you need other accessories than listed.

Nor340	Mains Adaptor, 90-230 Vac Input with standard EU mains plug. 12 Vdc output.
Nor342/SLM	Portable battery pack with fuse protection, 7Ah, 12V, including charger and cable for connecting battery to Nor140.
Nor263A	Remote hand switch with 5m cable for external triggering of start or audio recording (if applicable) on Nor140 (require option 16).
Nor1251	Precision Microphone Calibrator with 114dB pressure level. Supplied with accredited calibration certificate.
Nor1216	Outdoor microphone for community and aircraft noise for both permanent and temporary applications. With SysCheck facility. Fulfills IEC60651, IEC61672 type 1 and ANSI S1.4 type 1. Protection class IP55 against dust and water. Complete with microphone type Nor1227 or Nor1225, preamplifier Nor1209A with heater to minimize condensation problems.
Nor1217	Outdoor microphone for community and aircraft noise for temporary applications. Uses the preamplifier and microphones supplied with the Nor140. Fulfills IEC60651, IEC61672 type 1 and ANSI S1.4 type 1. Protection class IP55 against dust and water.
Nor268	Relay interface unit for connection to digital output on Nor140. Requires 24 - 240 Vac.
Nor268/01	Rotating signal alarm lamp for connection to Nor268, relay interface unit. 220V connection.
Nor520A	Wireless Bluetooth module for Nor140. More than 100 meter transmission in free field if used together with Nor520A/PC, PC Bluetooth adapter.
Nor518A	Rugged case with space for 2 x Nor140, PC and cables. For dual channel building acoustic applications.
Nor1506B	Portable environmental "Pelican" case with sun screen, room for measuring instrument Nor140, Outdoor Microphone, Nor4610 Moxa 3G-modem, Nor1251 Calibrator, and two batteries Nor344. One battery supplies the Nor140 and the other the Nor4610 allowing more than one week of operation.
Cables:	<p>Nor1408A Microphone cable. Specify length</p> <p>Nor4525 USB Data cable for interfacing Nor140 and Nor13x Instruments to PC via USB port. (Included in delivery)</p> <p>Nor4549 Trigger cable (2m) for nested triggering of Nor140</p> <p>Nor1441B RS232 Cable (2m) for connection of to PC with 9-pin connector.</p> <p>Nor4513B Cable for simultaneous connection to RS-232 interface and AC(Flat) output.</p> <p>Nor4514A Cable (2m) for AC output (BNC)</p>

A large range of various application software for evaluation controlling and reporting is available. The most used packages are listed below:

Nor850	A new measurement concept, mainly designed for multichannel use (2 or more channels) This product offer unique user friendliness and support Nor140 as a standalone measurement channel. Support Building acoustics, sound power and general analyser applications.
Nor1028	NorBuild 3.0. PC-software for calculating and presenting graphically the Sound Insulation Indices according to the field measurement Standards ISO-140/4, /5 and /7 as well as ISO 717/1 and /2. Results are based on measurement files from Nor140 which are stored on the PC itself. Alternatively results are imported by using the Instrument remote control module Nor1028/3 CtriBuild feature.
Nor1026	NorReview 5.x. Postprocessing software for graphically and numerically review of the Level vs. time profile and frequency spectrum. Advanced calculation module, event and recording handling. Generates Word-reports of basic measurement functions/graphs for further editing by operator. Perform Quick-Calc analysis as well as Insert markers at selected time intervals. Runs user defined Excel macro functions and enables the user to prepare user-defined reports with the NorReport feature. Audio recordings may be replayed on PC installed media-player or Norsonic player with "running cursor".
Nor1035	NorPower. PC-software for calculating and presenting graphically the Sound Power indices according to the measurement Standards in the ISO374x series. Results are based on measurement files which are stored on the PC itself. Alternatively results are Imported by using the Instrument remote control module Nor1035/3 CtriPower feature.
Option packages:	<p>Standard package containing the basic Nor140 with the options 1, 3, 4 and 5.</p> <p>Environmental package containing the basic Nor140 with the options 4, 5, 6, 7, 8 and 16.</p> <p>Building Acoustic package containing the basic Nor140 with the options 1, 3, 9, 10 and 11.</p> <p>Consultant package containing the basic Nor140 with the options 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 16.</p>

Technical specifications

ANALOGUE INPUTS

Number of channels: 1
Input connector:

7 pin LEMO connector for Norsonic microphone systems.

Microphone: Nor1225, 1/2", free-field, 50 mV/Pa.

Preamplifier: Nor1209 (Normal) or IEPE-type by menu selection.

Preamplifier supply voltage:
±15 volt, max 3 mA

Polarisation voltage:
0 V and 200 V, selectable.

Maximum input signal: ±11 V peak
Preamplifier IEPE®:

Supply current: 4mA
Supply voltage: 24V

Input impedance:
>100 kΩ, <650 pF

Measurement range: 0,3 µV - 7Vrms (10 Vpeak) in one range corresponding to -10 dB to 137 dB (140 dB peak) with a microphone sensitivity of 50mV/Pa. Option 18 shifts the measurement range to 147 dB (150 dB peak) by reducing the microphone sensitivity.

Highpass filter

The input section is equipped with an analogue highpass filter to reduce noise from wind or other sources with frequencies below the frequency range for measurements. The filter is switched on if the limited frequency range is selected (>6,3 Hz).

Filter type: 3rd order HP filter (-3 dB at 3,4 Hz, Butterworth response).

Analogue to digital conversion

The analogue input signal is converted to a digital signal by a multi-range sigma-delta converter with an effective sampling frequency of 48 kHz. The anti-aliasing filter is a combination of an analogue and a digital filter.

Frequency weightings

Simultaneous measurement of A- and C-weighting or A- and Z-weighting. 1/1 octave band or 1/3 octave band levels may be measured simultaneously if options providing these weightings are installed.

1/1 octave filters: 0,5 - 16000 Hz, class 1, digital IIR filters, base 10 system (IEC 61260) and ANSI S1.11-2004 Class 1.

1/3 octave filters: 0,4 - 20000 Hz, class 1, digital IIR filters, base 10 system (IEC 61260) and ANSI S1.11-2004 Class 1.

Level detector

Detector type: Digital true root-mean-square (RMS) detection, resolution 0.1 dB which may optionally be increased to 0.01 dB for indicated levels in the range -9.99 to 99.99 dB.

Crest factor capability: The crest factor is only limited by the peak-value of the signal.

Simultaneous measurement of the following functions: SPL, L_{max} ; L_{min} ; L_{eq} ; L_z ; L_{peak} ; L_N ; L_{eq} ; L_{z} ; L_{TMax} .

Indication range

The calibration of the instrument allows microphones with sensitivity in the range -84 dB to +15.9 dB relative to 1V/Pa to be applied. The corresponding display range for the indicated sound level is -50 dB to +180 dB.

Self-noise levels

The self-noise is measured with the calibration set to -26.0 dB corresponding to a microphone sensitivity of 50mV/Pa. For voltage input, the level 0 dB then corresponds to 1µV. Typical values for the self-noise are 5 dB lower than the values stated.

Noise measured with 18 pF microphone dummy and microphone preamplifier Nor1209, averaged over 30 s of measurement time:

A-weighted: 13 dB

C-weighted: 15 dB

Z-weighted: 25 dB

1/3 oct: 6.3 Hz to 250 Hz: 10 dB

1/3 oct: 315 Hz to 20 kHz: 5 dB

Noise measured with Nor1225 microphone and preamplifier Nor1209, averaged over 30 s of measurement time:

A-weighted: 18 dB

C-weighted: 22 dB

Z-weighted: 30 dB

1/3 oct: 6.3 Hz to 250 Hz: 15 dB

1/3 oct: 315 Hz to 20 kHz: 10 dB

Power supply

Batteries: 4 cells, IEC LR6, AA-sized

Typical battery life time: up to 14 hours

Overall Performance

The Nor140 fulfil the following standards set for sound level meters, 1/1-octave and 1/3 octave filters: IEC61672-1:2002 class 1, IEC60651 class 1, IEC60804 class 1, IEC61260 class 1, ANSI S1.4-1983 (R2001) with amendment S1.4-1985 class 1, ANSI S1.43-1997 (R2002) class 1, ANSI S1.11-2004 class 1.

External DC: 11 - 16V. Power consumption approximately 1.2W depending on selected modes of operation. The mains adapter Nor340 is recommended for use with the instrument. If the external supply falls below 9V, the instrument will use the internal batteries if available. If the instrument switched itself off due to loss of power, it will automatically switch on and resume normal operation after reapplying the external DC supply.

Display

The display is a monochrome, trans-reflective LCD graphical display with 160x240 pixels (WxH) with automatic temperature compensation for contrast and viewing angle. Pressing the light key illuminates the display. The light switches off automatically two minutes after the last operation of any key. The bargraph display covers 80dB which may be scrolled in 10dB steps to cover the total range.

Signal generator output

Max output voltage: ±10V

Output impedance: <100Ωohm. The output is short-circuit proof to GND and output current is in excess of 3 mA.

Gain accuracy at 1 kHz: ±0.2 dB

Frequency response re. 1 kHz: ±0.5 dB for 20 Hz < f < 20 kHz

AC-out: 3.5 mm stereo jack. Both channels have identical signals driven by two separate amplifiers. Load impedance shall be 16 ohm or more. Output voltage is generated by the 48 kHz DAC based on data from DSP. Full scale on the display bargraph corresponds to 100 mV.

Output impedance: Less than 10 ohm, AC-coupled 100 µF.

Gain accuracy 1 kHz: ±0.2 dB

Frequency response re. 1 kHz: ±0.5 dB for 20 Hz < f < 20 kHz.

USB interface: USB type 2.0

USB socket: B411

Serial I/O port:

RS232 port, 9600 - 115200 baud.

Digital inputs: 3
Digital outputs: 4

SD Memory Card

The instrument may use SD memory card for storing of setup information, sound recordings and measurement results. SD memory card included in the delivery.

Data storage

Measured data is stored in the internal memory of the sound level meter or on the SD memory card. The internal memory is of the "flash" type retaining the information without battery supply. Approximately 25 Mbyte is available for the data storage.

Environmental condition for operation

Temperature: -10°C to +50°C

Humidity: 5% to 90% RH, dewpoint less than 40°C.

Atmospheric pressure: 85 kPa to 108 kPa.

Environmental condition for storage

Temperature: -30°C to +60°C

Humidity: 5% to 90% RH, dewpoint less than 40°C.

Atmospheric pressure: 50 kPa to 108 kPa.

Dimensions:

Depth: 30 mm Width: 75 mm

Weight incl. batteries: 410 g

Length, excl. microphone/

preamplifier: 210 mm

Length, incl. microphone/

preamplifier: 292 mm

Some of the features listed in this leaflet may be optional in certain markets. Contact your local representative or the factory for details.

Norsonic is continuously improving the features in the Nor140. New firmware adding new features to the instrument is frequently released. This ensures the user that a Norsonic instrument is kept up to date years after the initial purchase. We therefore reserve the rights to amend any of the information given in this leaflet in order to take advantage of new development.

Distributor:



P.O.Box 24, N-3421 Lierskogen, Norway
Tel: +47 3285 8900 Fax: +47 3285 2208
info@norsonic.com www.norsonic.com

09 2013

Copyright © Norsonic AS 2013 - All rights reserved

Tarve:

Tiheydeltään 45 kg/m3 eriste käytettäessä 20 mm:n kerroksia									
lyhenemä	kerroksen pituus	ainevahvuus		ulkohalk.	neutraalitason halk.	kerroksen pinta-ala	tarve m2	tarve m3	
l	L	s	2s	D	d	A	yht	yht	
	2820 mm	20 mm	40 mm	317 mm	337 mm	2,99 m2	20,83 m2	0,42 m3	
240 mm	2580 mm			357 mm	377 mm	3,06 m2			
320 mm	2260 mm			397 mm	417 mm	2,96 m2			
240 mm	2020 mm			437 mm	457 mm	2,90 m2			
320 mm	1700 mm			477 mm	497 mm	2,65 m2			
240 mm	1460 mm			517 mm	537 mm	2,46 m2			
320 mm	1140 mm			557 mm	577 mm	2,07 m2			
240 mm	900 mm			597 mm	617 mm	1,74 m2			
				637 mm					

Kompensoituna 30kg/m3:n tiheydelle (30 mm:n kerrokset 20 mm:n sijaan)									
lyhenemä	kerroksen pituus	ainevahvuus		ulkohalk.	neutraalitason halk.	kerroksen pinta-ala	tarve m2	tarve m3	
l	L	s	2s	D	d	A	yht	yht	
	2820 mm	30 mm	60 mm	317 mm	347 mm	3,07 m2	23,84 m2	0,72 m3	
240 mm	2580 mm			377 mm	407 mm	3,30 m2			
320 mm	2260 mm			437 mm	467 mm	3,32 m2			
240 mm	2020 mm			497 mm	527 mm	3,34 m2			
320 mm	1700 mm			557 mm	587 mm	3,13 m2			
240 mm	1460 mm			617 mm	647 mm	2,97 m2			
320 mm	1140 mm			677 mm	707 mm	2,53 m2			
240 mm	900 mm			737 mm	767 mm	2,17 m2			
				797 mm					

PAROC	levyn paksuus [mm]	m2/pkt	€/m2	€/m3	kg/m3	hinta m2 tarpeen mukaan	hinta m3 tarpeen mukaan	pkt paino kg	pkt tarve	pkt €	Saanti	Lähde nro
InVent 45 G5/N1	30	9	24,47	815,67	45	254,86 €	339,82 €		1,54	220,23	valmistaja	1
	50	5,4	29,5	590,00	45	204,83 €	245,80 €		1,54	159,30	valmistaja	1
	100	2,7	34,44	344,40	45	143,48 €	143,48 €		1,54	92,99	valmistaja	1
eXtra	50	6,61	4,83	96,60	32*	50,31 €	56,57 €	10,58	1,77	31,93	K-rauta	2
	70	5,29	6,03	86,14	29*	62,80 €	55,68 €	10,74	1,75	31,90	K-rauta	3
	100	6,4	7,64	76,40	29*	53,05 €	49,36 €	18,57	1,01	48,90	K-rauta	4
	125	3,97	9,55	76,40	29*	49,73 €	49,43 €	14,38	1,30	37,91	K-rauta	5
	150	3,31	11,45	76,33	29*	47,70 €	49,41 €	14,38	1,30	37,90	K-rauta	6
COS-5	50	5,04	9,38	187,60	65*	48,85 €	54,11 €	16,38	1,14	47,28	K-rauta	7
UNM 37 Kivivillamatto	50	8	5,36	107,20	34*	55,83 €	59,11 €	13,60	1,38	42,88	K-rauta	8
Isolina	mm	m2/pkt	€/m2	€/m3	kg/m3	hinta m2	hinta m3	pkt paino kg	pkt tarve	pkt €		
Pellavaeristenauha 15x150x15000 mm	15	2,25	8,2	546,67	42*	170,81 €	241,88 €	1,43	12,34	18,45	STARK	9
Isover	mm	m2/pkt	€/m2	€/m3	kg/m3	hinta m2	hinta m3	pkt paino kg	pkt tarve	pkt €		
KL-AKU	95	7,99	6,6	69,47	13 [lähde 15]	100,19 €	100,19 €		0,55	52,73	STARK	10
KL-37	100	4,92	7,25	72,50	15 [lähde 15]	90,61 €	90,61 €		0,85	35,67	STARK	11
KL-33	100	3,9	10,7	107,00	25 [lähde 15]	80,24 €	80,24 €		1,07	41,73	STARK	12
KT-37	50	14,24	6,55	131,00	15 [lähde 15]	163,73 €	163,73 €		0,59	93,27	STARK	13
CLIMCOVER CR2	50	8,4	12,70	254,00	30 [lähde 15]	158,73 €	158,73 €		0,99	106,68	STARK	14

* = tiheys laskettu jälleenmyyjän antamista pakkaustiedoista

LÄHTEET

1. Paroc Group Oy. Tekniset eristeet / Talotekniikka Hinnasto 1.3.2017. 24 s. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/-/media/Files/Brochures/Finland/Paroc-TI-HVAC-pricelist-2017-FI.ashx?la=fi-FI>.
2. Kesko Oyj. K-Raudan verkkokauppa. PAROC EXTRA 50 565X1170/6,61 M2. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/lasi--ja-kivivillat/paroc-extra-50-565x1170-6-61-m2>.
3. Kesko Oyj. K-Raudan verkkokauppa. PAROC EXTRA 70 565X1170/5,29 M2. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/lasi--ja-kivivillat/paroc-extra-70-565x1170-5-29-m2>.
4. Kesko Oyj. K-Raudan verkkokauppa. PAROC EXTRA 100 870X920/6,40 M2. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/lasi--ja-kivivillat/paroc-extra-100-870x920-6-40-m2>.
5. Kesko Oyj. K-Raudan verkkokauppa. PAROC EXTRA 125 565X1170/3,97 M2. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/lasi--ja-kivivillat/paroc-extra-125-565x1170-3-97-m2>.
6. Kesko Oyj. K-Raudan verkkokauppa. PAROC EXTRA 150 565X1170/3,31 M2. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/lasi--ja-kivivillat/paroc-extra-150-565x1170-3-31-m2>.
7. Kesko Oyj. K-Raudan verkkokauppa. PAROC COS 50 600X1200 P/L7 5,04 M2. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/lasi--ja-kivivillat/paroc-cos-5-50-600x1200-p-l7-5-04m2>.
8. Kesko Oyj. K-Raudan verkkokauppa. KIVIVILLAMATTO PAROC UNM 37 50 565X7080 R/L1. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/rakennustarvikkeet-ja-puutavara/rakennustarvikkeet/lasi--ja-kivivillat/kivivillamatto-paroc-unm-37-50-565x7080-r-l1-4870627>.
9. DT Finland Oy. Starkin verkkokauppa. Pellavaeristenauha Isolina 15x50x15000mm. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.stark-suomi.fi/fi/pellavaeristenauha-isolina-15x50x15000-mm>.
10. DT Finland Oy. Starkin verkkokauppa. Eriste Isover KL-AKU 95 mm 7,99 m². [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.stark-suomi.fi/fi/eriste-isover-kl-aku-95-mm-7-99-m%C2%B2>.
11. DT Finland Oy. Starkin verkkokauppa. Eriste Isover KL-37 100 mm 4,92 m². [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.stark-suomi.fi/fi/eriste-isover-kl-37-100-mm-4-92-m%C2%B2>.
12. DT Finland Oy. Starkin verkkokauppa. Eriste Isover KL-33 100 mm 3,90 m². [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.stark-suomi.fi/fi/eriste-isover-kl-33-100-mm-3-90-m%C2%B2>.
13. DT Finland Oy. Starkin verkkokauppa. Eriste Isover KT-37 50 mm 14,24 m². [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.stark-suomi.fi/fi/eriste-isover-kt-37-50-mm-14-24-m%C2%B2>.
14. DT Finland Oy. Starkin verkkokauppa. Eriste Climcover Roll CR ALU2 50 mm 8,40m². [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.stark-suomi.fi/fi/eriste-climcover-roll-cr-alu2-50-mm-8-40m%C2%B2>.
15. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy / ISOVER. ISOVER-VALINTATAULUKKO. 2014. 2 s. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: http://www.isover.fi/sites/isover.fi/files/assets/documents/rakennesuunnittelutiheydet_03_02_2014.pdf.

Swegon **CASA**® Äänenvaimennin

Ilmanvaihtolaitteiden äänenvaimennukseen



Kompakti äänenvaimennin, jonka suorakaiteinen muoto takaa hyvän vaimennustehon ja tilansäästön.

www.swegonhomesolutions.fi

Swegon
Home Solutions

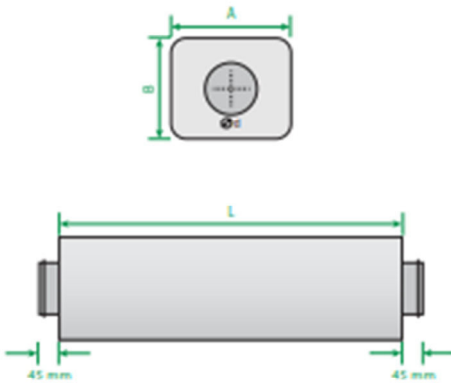
LÄHDE: Oy Swegon Ab. SWEGON CASA CAV. Ilmanvaihtolaitteiden äänenvaimennukseen. [Viitattu 19.4.2017]. Saatavissa:
http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Acoustics/_fi/CAV_b.pdf.

CASA-äänenvaimentimien tekniset tiedot

- Helppo asentaa
- Sopii pyöreisiin ilmanvaihtohormeihin
- Suorakaiteinen muoto antaa hyvän vaimennustehon
- Vaimennus mitattu standardin ISO 7235 mukaisesti
- Tiiveysluokka D
- Voidaan liittää tuloilmakanavaan, koska suojahuopa erottaa vaimennusmateriaalin ilmavirrasta

Swegon CASA -äänenvaimentimet on tehty kestävästä kuumasinkitystä teräslevystä. Kanavaliitososan päällä on asennusta helpottava muovikaulus ja liittimissä on kumi-rengastiivisteet, joten lisätiivistystä ei tarvita. Vaimennusaineena on käytetty lasivillaa, joka on erotettu ilmavirrasta erikoispolysterikankaalla.

Mitat

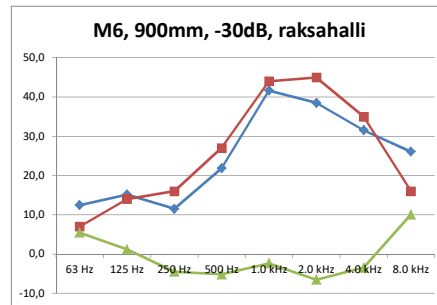
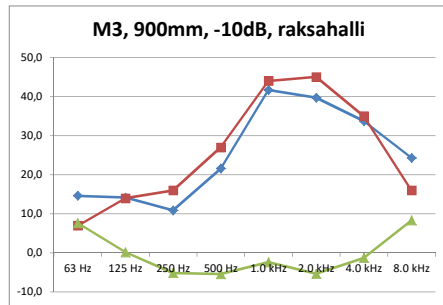
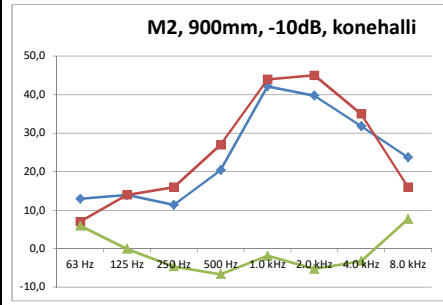


Tuotekoodi LVI-nro	Koko (liitosmitta) ∅ d (mm)	Vaimenninosan mitat (mm)		
		L	A	B
CAV1005 7907040	100	600	208	152
CAV1206 7907046	125	600	236	177
CAV1209 7907048	125	900	236	177
CAV1212 7907056	125	1200	236	177
CAV1606 7907060	160	600	274	212
CAV1610 7907061	160	900	274	212
CAV1612 7907063	160	1200	274	212
CAV2010 7907064	200	900	321	252
CAV2012 7907065	200	1200	321	252

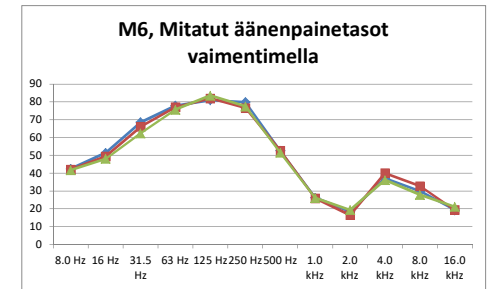
Äänitiedot

Tuotekoodi LVI-nro	Vaimennus (dB), f(Hz)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
CAV1005 7907040	5	10	17	24	38	46	40	31
CAV1206 7907046	4	10	12	22	39	39	26	18
CAV1209 7907048	7	14	16	29	50	50	39	24
CAV1212 7907056	7	21	24	41	50	50	50	32
CAV1606 7907060	3	10	11	20	33	30	23	13
CAV1610 7907061	7	14	16	27	44	45	35	16
CAV1612 7907063	9	19	21	39	50	50	42	21
CAV2010 7907064	7	13	14	27	38	40	22	14
CAV2012 7907065	12	15	18	38	50	49	24	16

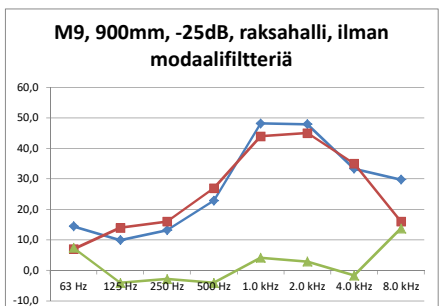
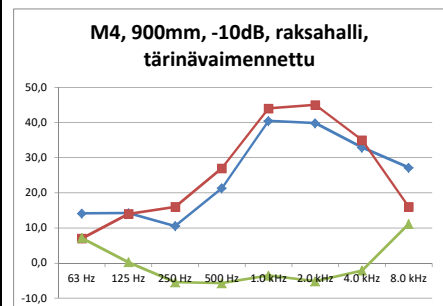
900 mm vaimentimen mittauksia eri olosuhteissa



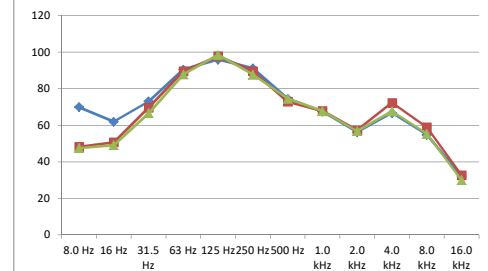
Kaistojen äänenpainetasojen jakauma mittapisteistä



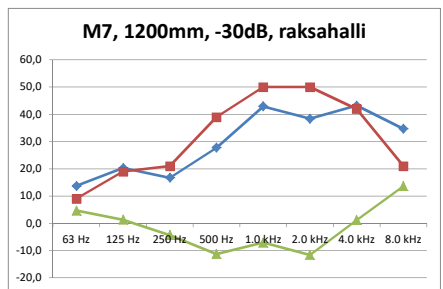
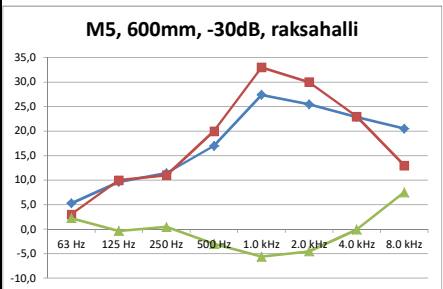
Tärinävaimennuksen ja modaalisuodattimen vaikutuksen kokeilu



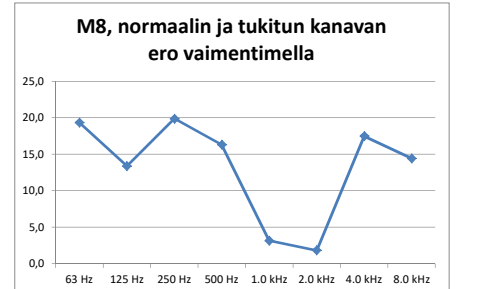
M6, Mitatut äänenpainetasot



600 ja 1200 mm vaimentimien kokeilumittaukset



Vaimentimen ohivuotavan melun selvitysmittaukset

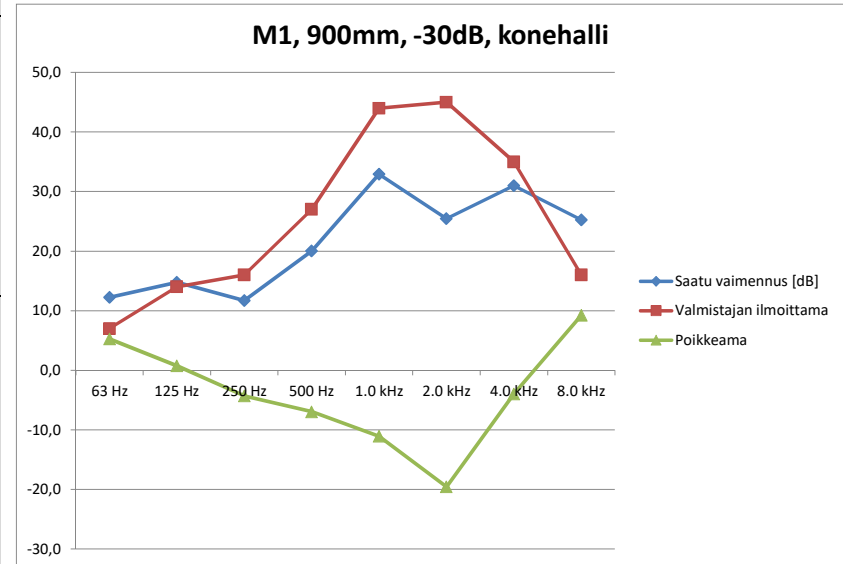


Tila: konehalli 001
 Kaiuttimen asetus: valkea, -30 dB
 Vaimennin: Sweg. CA1610|790761
 Pituus: 900 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

HUOM!!! Sallitut virhearvot ylittyvät useasti ja reippaasti (punaiset numerot), tulos hylätty.

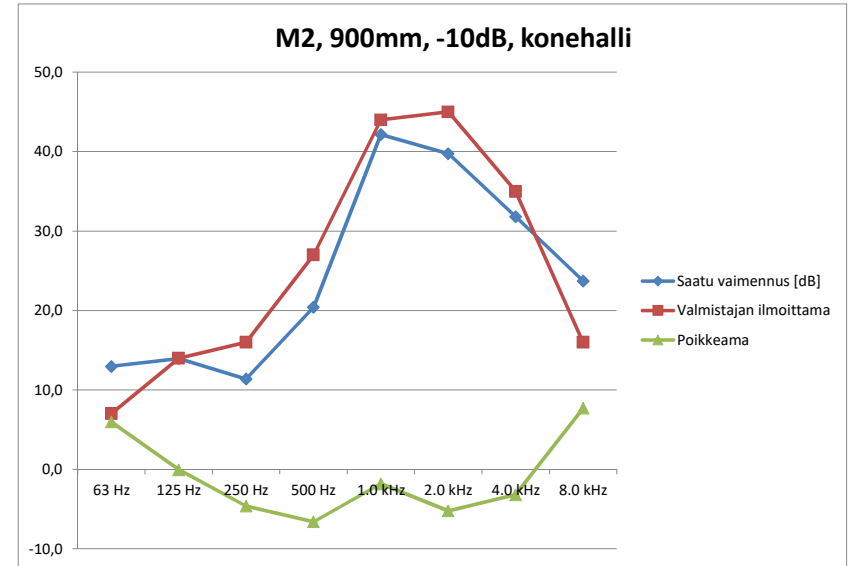
	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	57,7	62,5	64	62,2	59	50,6	42,1	32,8	29,2	22,3	20,6	11
Sijaisputkella												
1	58,6	61,8	72,6	92,5	96,2	91,6	73	67,2	56,4	64,4	53,1	29,1
2	58	62,5	71,3	92,1	97,6	90,5	72,6	67,8	57,3	70	57,6	32,1
3	58,2	62,4	69,6	90	98,2	88	73,1	67,5	56,1	61,3	50,5	28,3
max-min	0,6	0,7	3	2,5	2	3,6	0,5	0,6	1,2	8,7	7,1	3,8
k.a.	58,3	62,2	71,3	91,7	97,4	90,3	72,9	67,5	56,6	66,7	54,7	30,2
ylitys taustameluun	0,6	-0,3	7,3	29,5	38,4	39,7	30,8	34,7	27,4	44,4	34,1	19,2
Vaimentimella												
1	57	62,7	67,1	80,5	81,1	80,3	52,9	35,7	33	32	26,4	13,8
2	57,6	61,5	66	79,4	82,2	77,1	53,9	31,5	25,1	39,2	32,3	16,3
3	57,6	62,3	65,3	78	84,1	77,6	51,5	35,4	32,1	31,1	27,3	12,9
max-min	0,6	1,2	1,8	2,5	3	3,2	2,4	4,2	7,9	8,1	5,9	3,4
k.a.	57,4	62,2	66,2	79,4	82,6	78,6	52,9	34,6	31,2	35,7	29,5	14,6
ylitys taustameluun	-0,3	-0,3	2,2	17,2	23,6	28,0	10,8	1,8	2,0	13,4	8,9	3,6
Saatu vaimennus [dB]	0,9	0,0	5,1	12,2	14,8	11,7	20,0	32,9	25,4	31,0	25,2	15,6
Valmistajan ilmoittama				7	14	16	27	44	45	35	16	
Poikkeama				5,2	0,8	-4,3	-7,0	-11,1	-19,6	-4,0	9,2	



Tila: konehalli 001
 Kaiuttimen asetus: valkea, -10 dB
 Vaimennin: Sweg. CA1610|790761
 Pituus: 900 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

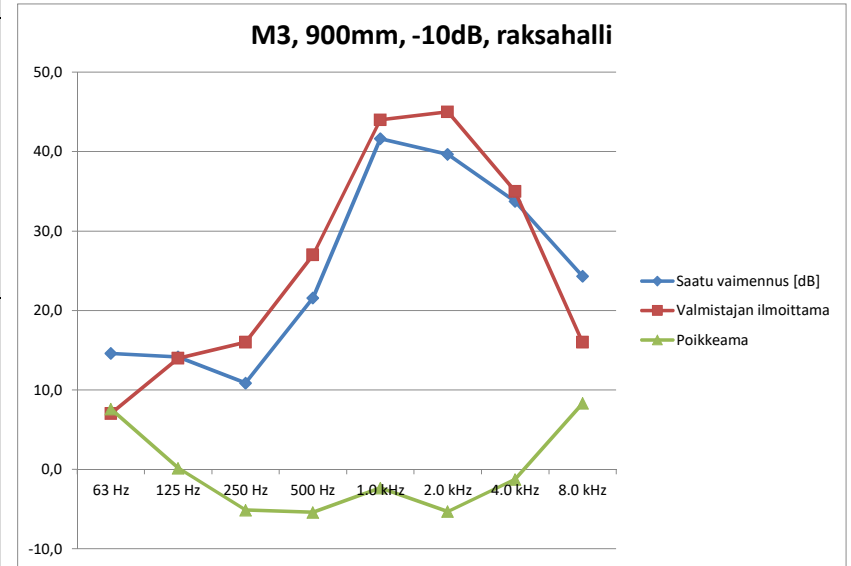
	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	57,7	62,5	64	62,2	59	50,6	42,1	32,8	29,2	22,3	20,6	11
Sijaisputkella												
1	66,5	71,4	90,5	114,1	123,1	112,8	97,2	91,7	80,1	86,6	75,2	48,8
2	67,4	72,4	93,1	115,3	122,4	115,1	97,2	92,2	81,4	93,7	81,1	54,5
3	68,4	74,1	95,3	115,7	120,2	116,4	97,4	91,6	80,5	88	76,3	49,7
max-min	1,9	2,7	4,8	1,6	2,9	3,6	0,2	0,6	1,3	7,1	5,9	5,7
k.a.	67,5	72,8	93,4	115,1	122,1	115,0	97,3	91,8	80,7	90,6	78,3	51,8
ylitys taustameluun	9,8	10,3	29,4	52,9	63,1	64,4	55,2	59,0	51,5	68,3	57,7	40,8
Vaimentimella												
1	62,9	70,4	90,6	103,3	106,3	105,3	76,9	50	41,4	57,4	53,5	34,6
2	60,9	68,2	88,1	102,4	107,7	102,2	78	49,8	37,6	61,4	56,6	40,3
3	59,7	65,7	84,6	100,1	109,7	102,8	75,3	49,2	42,5	55,3	52,8	35
max-min	3,2	4,7	6	3,2	3,4	3,1	2,7	0,8	4,9	6,1	3,8	5,7
k.a.	61,4	68,5	88,4	102,1	108,1	103,7	76,9	49,7	41,0	58,8	54,6	37,5
ylitys taustameluun	3,7	6,0	24,4	39,9	49,1	53,1	34,8	16,9	11,8	36,5	34,0	26,5
Saatu vaimennus [dB]	6,1	4,3	5,0	13,0	13,9	11,4	20,4	42,2	39,8	31,8	23,7	14,3
Valmistajan ilmoittama				7	14	16	27	44	45	35	16	
Poikkeama				6,0	-0,1	-4,6	-6,6	-1,8	-5,2	-3,2	7,7	



Tila: rakahalli
 Kaiuttimen asetus: valkea, -10dB
 Vaimennin: Sweg. CA1610|790761
 Pituus: 900 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47	49,9	46,5	45,5	40,8	32,6	21,6	13,5	9,6	10,3	10,7	19,8
Sijaisputkella												
1	62,3	68,8	91,3	111,6	116,6	110,9	94,3	87,3	76,8	86,4	74	47,5
2	60,8	67,4	89,6	111,2	118,1	109,3	92,7	87,7	76,8	91	77,6	50,5
3	60,2	65,2	86,3	109,5	118,8	107,8	94,7	87,6	77,2	86,4	73,3	46,3
max-min	2,1	3,6	5	2,1	2,2	3,1	2	0,4	0,4	4,6	4,3	4,2
k.a.	61,2	67,4	89,5	110,9	117,9	109,5	94,0	87,5	76,9	88,5	75,4	48,5
ylitys taustameluun	14,2	17,5	43,0	65,4	77,1	76,9	72,4	74,0	67,3	78,2	64,7	28,7
Vaimentimella												
1	54,2	65,2	86	97,2	102	100,7	73,1	46,5	38,3	51,9	49,5	32,8
2	52,2	62,4	83,6	96,7	103,7	96,1	72,1	45,4	33,3	57,4	53,6	35,8
3	49,2	59,1	80,2	94,4	105,1	97,9	71,9	45,7	38,5	53	48,4	31,1
max-min	5	6,1	5,8	2,8	3,1	4,6	1,2	1,1	5,2	5,5	5,2	4,7
k.a.	52,3	62,9	83,9	96,3	103,8	98,7	72,4	45,9	37,3	54,8	51,1	33,7
ylitys taustameluun	5,3	13,0	37,4	50,8	63,0	66,1	50,8	32,4	27,7	44,5	40,4	13,9
Saatu vaimennus [dB]	8,9	4,5	5,6	14,6	14,1	10,9	21,6	41,6	39,7	33,7	24,3	14,8
Valmistajan ilmoittama				7	14	16	27	44	45	35	16	
Poikkeama				7,6	0,1	-5,1	-5,4	-2,4	-5,3	-1,3	8,3	

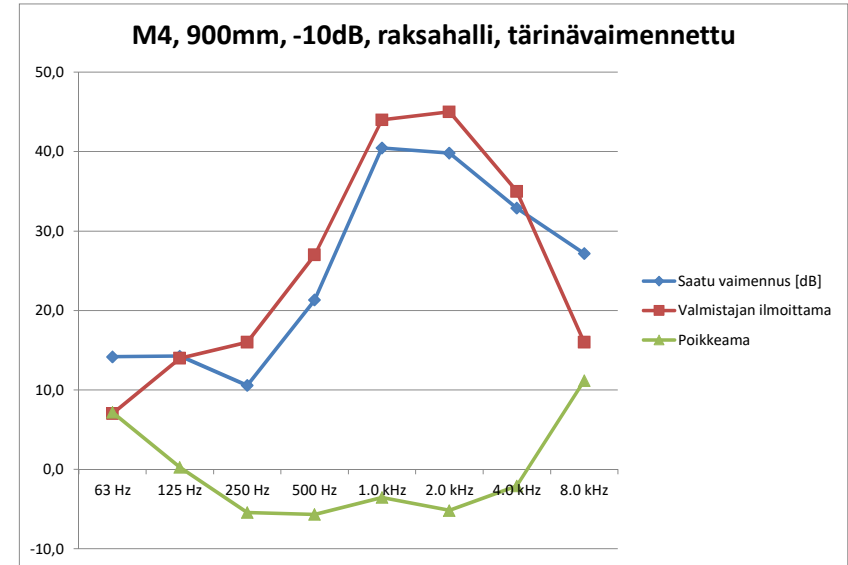


Tila: raksahalli
 Kaiuttimen asetus: valkea, -10dB
 Vaimennin: Sweg. CA1610|790761
 Pituus: 900 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

HUOM!!! Mekaanisesti tärinävaimennettu modaalisuodatin kahdella liitoskallalla

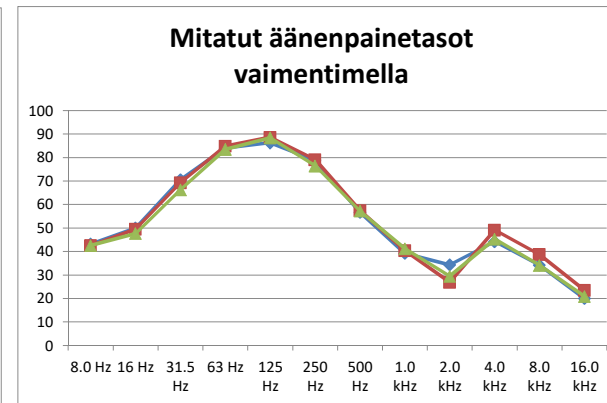
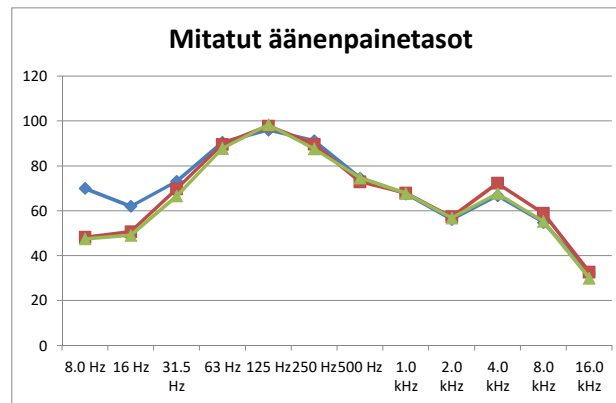
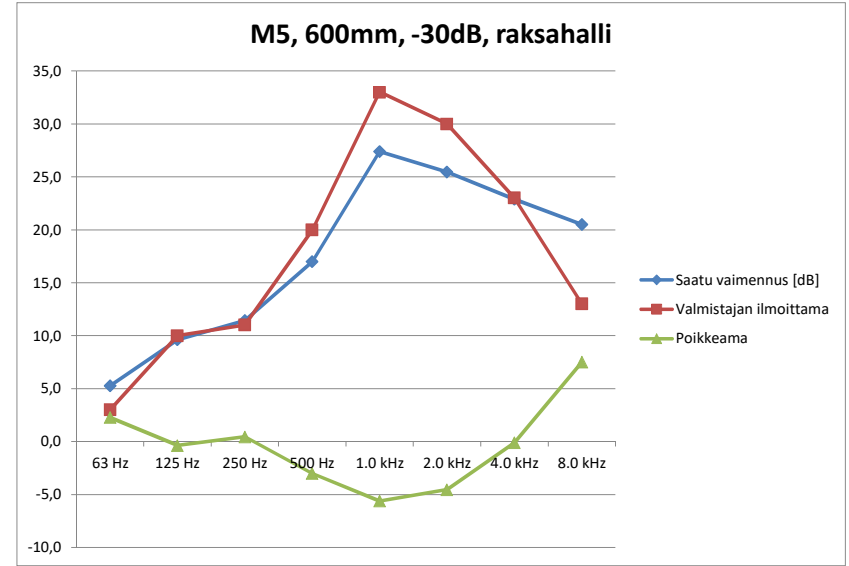
	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47	49,9	46,5	45,5	40,8	32,6	21,6	13,5	9,6	10,3	10,7	19,8
Sijaisputkella												
1	62,6	68,3	92	111,3	116,2	111,3	93,5	86,3	77,2	82,4	70,7	44
2	60	66,9	89,6	110,8	117,6	109,4	92,1	86,8	77,5	90,5	77,8	49,7
3	59,1	64,7	86,6	109	118,4	108	93,7	86,6	77	82,4	70,1	43,3
max-min	3,5	3,6	5,4	2,3	2,2	3,3	1,6	0,5	0,5	8,1	7,7	6,4
k.a.	60,8	66,9	89,9	110,5	117,5	109,8	93,2	86,6	77,2	86,9	74,4	46,7
ylitys taustameluun	13,8	17,0	43,4	65,0	76,7	77,2	71,6	73,1	67,6	76,6	63,7	26,9
Vaimentimella												
1	55,1	64,8	84,3	97,7	102,2	101,2	72,4	46,4	38,8	53,1	46,3	30,5
2	50,4	61,5	81,1	96,4	102,7	96,7	72	46,1	34,2	55,7	49,3	33,8
3	48,8	58,5	78,2	94,1	104,5	98,6	71	45,8	38	52,5	44,8	30,3
max-min	6,3	6,3	6,1	3,6	2,3	4,5	1,4	0,6	4,6	3,2	4,5	3,5
k.a.	52,3	62,3	81,9	96,3	103,2	99,2	71,8	46,1	37,4	54,0	47,2	31,8
ylitys taustameluun	5,3	12,4	35,4	50,8	62,4	66,6	50,2	32,6	27,8	43,7	36,5	12,0
Saatu vaimennus [dB]	8,5	4,5	8,0	14,2	14,2	10,6	21,3	40,5	39,8	32,9	27,2	14,8
Valmistajan ilmoittama				7	14	16	27	44	45	35	16	
Poikkeama				7,2	0,2	-5,4	-5,7	-3,5	-5,2	-2,1	11,2	



Tila: rakahalli
 Kaiuttimen asetus: valkea, -30dB
 Vaimennin: Sweg. CA1606|790760
 Pituus: 600 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

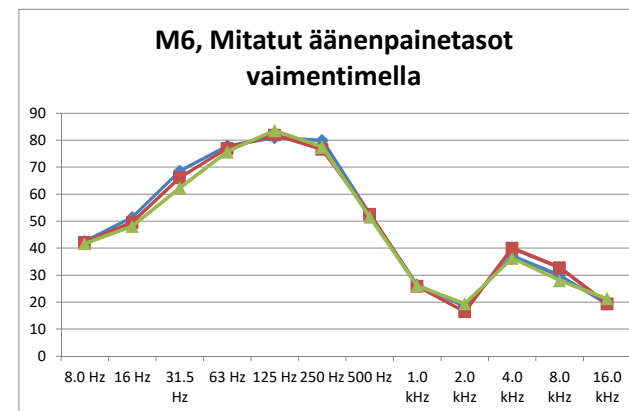
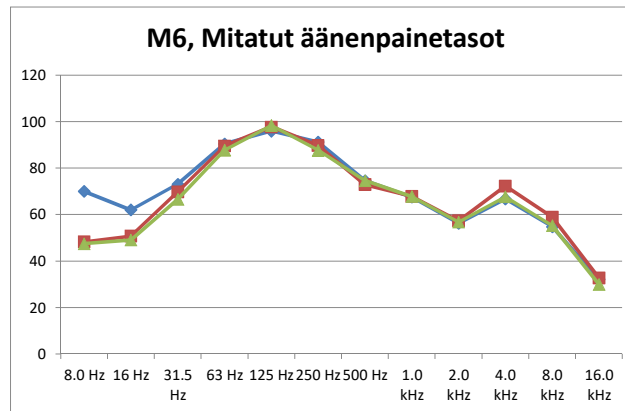
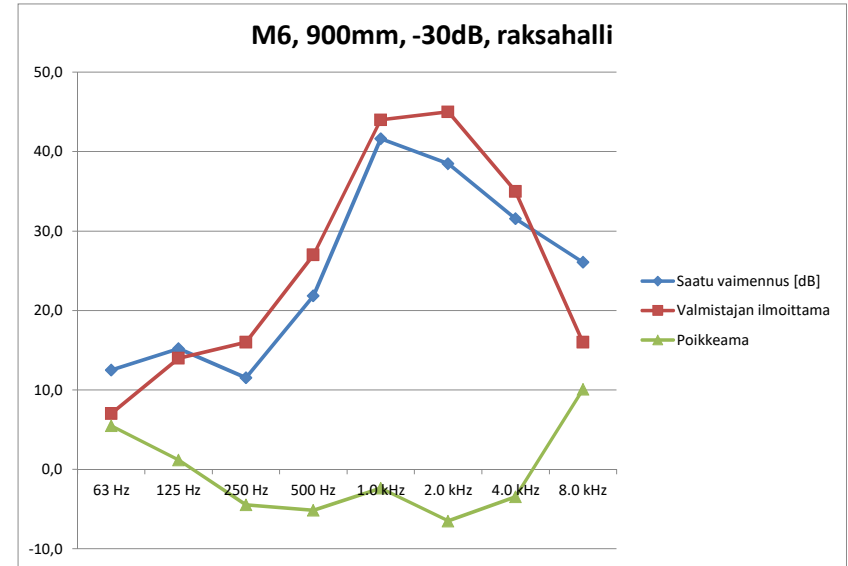
	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47	49,9	46,5	45,5	40,8	32,6	21,6	13,5	9,6	10,3	10,7	19,8
Sijaisputkella												
1	70	62	73,1	90,5	96	91,2	74,6	67,5	56,2	66,7	54,8	32,1
2	48,2	50,7	69,7	89,6	97,8	89,7	72,9	67,9	57,3	72,3	58,9	32,7
3	47,5	49,1	66,6	87,8	98,4	87,7	74,6	67,8	56,8	67,7	55,3	30
max-min	22,5	12,9	6,5	2,7	2,4	3,5	1,7	0,4	1,1	5,6	4,1	2,7
k.a.	65,3	57,7	70,6	89,4	97,5	89,8	74,1	67,7	56,8	69,6	56,7	31,7
ylitys taustameluun	18,3	7,8	24,1	43,9	56,7	57,2	52,5	54,2	47,2	59,3	46,0	11,9
Vaimentimella												
1	43,2	50	70,6	84	86,3	78,9	56,7	39,2	34,3	44,2	34,2	20
2	42,5	49,5	69,3	84,9	88,6	79,1	57,4	40,4	26,9	49,1	38,7	23,5
3	42,6	47,7	66,3	83,5	88,4	76,5	57,2	41,2	29,5	45,3	34,1	20,9
max-min	0,7	2,3	4,3	1,4	2,3	2,6	0,7	2	7,4	4,9	4,6	3,5
k.a.	42,8	49,2	69,1	84,2	87,9	78,3	57,1	40,3	31,3	46,7	36,2	21,7
ylitys taustameluun	-4,2	-0,7	22,6	38,7	47,1	45,7	35,5	26,8	21,7	36,4	25,5	1,9
Saatu vaimennus [dB]	22,5	8,6	1,5	5,3	9,6	11,4	17,0	27,4	25,5	22,9	20,5	10,0
Valmistajan ilmoittama				3	10	11	20	33	30	23	13	
Poikkeama				2,3	-0,4	0,4	-3,0	-5,6	-4,5	-0,1	7,5	



Tila: raksahalli
 Kaiuttimien asetus: valkea, -30dB
 Vaimennin: Sweg. CA1610|790761
 Pituus: 900 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

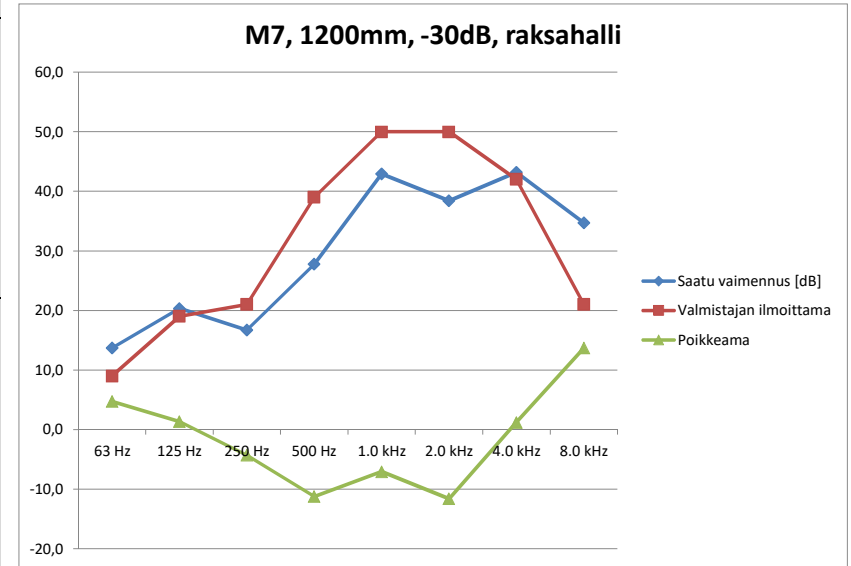
	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47	49,9	46,5	45,5	40,8	32,6	21,6	13,5	9,6	10,3	10,7	19,8
Sijaisputkella												
1	70	62	73,1	90,5	96	91,2	74,6	67,5	56,2	66,7	54,8	32,1
2	48,2	50,7	69,7	89,6	97,8	89,7	72,9	67,9	57,3	72,3	58,9	32,7
3	47,5	49,1	66,6	87,8	98,4	87,7	74,6	67,8	56,8	67,7	55,3	30
max-min	22,5	12,9	6,5	2,7	2,4	3,5	1,7	0,4	1,1	5,6	4,1	2,7
k.a.	65,3	57,7	70,6	89,4	97,5	89,8	74,1	67,7	56,8	69,6	56,7	31,7
ylitys taustameluun	18,3	7,8	24,1	43,9	56,7	57,2	52,5	54,2	47,2	59,3	46,0	11,9
Vaimentimella												
1	42,5	51,4	68,6	77,9	81	79,9	52,6	26,3	18,5	37,1	29,9	19,3
2	42,1	49,5	66,1	77	82	76,6	52,6	25,9	16,5	40	32,8	19,4
3	41,7	48,1	62,4	75,7	83,6	77,5	51,5	26,1	19,4	36,2	27,9	21,2
max-min	0,8	3,3	6,2	2,2	2,6	3,3	1,1	0,4	2,9	3,8	4,9	1,9
k.a.	42,1	49,9	66,4	77,0	82,3	78,2	52,3	26,1	18,3	38,1	30,7	20,1
ylitys taustameluun	-4,9	0,0	19,9	31,5	41,5	45,6	30,7	12,6	8,7	27,8	20,0	0,3
Saatu vaimennus [dB]	23,2	7,9	4,2	12,5	15,2	11,5	21,8	41,6	38,5	31,5	26,1	11,7
Valmistajan ilmoittama				7	14	16	27	44	45	35	16	
Poikkeama				5,5	1,2	-4,5	-5,2	-2,4	-6,5	-3,5	10,1	



Tila: raksahalli
 Kaiuttimen asetus: valkea, -30dB
 Vaimennin: Sweg. CA1612|7907063
 Pituus: 1200 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47	49,9	46,5	45,5	40,8	32,6	21,6	13,5	9,6	10,3	10,7	19,8
Sijaisputkella												
1	70	62	73,1	90,5	96	91,2	74,6	67,5	56,2	66,7	54,8	32,1
2	48,2	50,7	69,7	89,6	97,8	89,7	72,9	67,9	57,3	72,3	58,9	32,7
3	47,5	49,1	66,6	87,8	98,4	87,7	74,6	67,8	56,8	67,7	55,3	30
max-min	22,5	12,9	6,5	2,7	2,4	3,5	1,7	0,4	1,1	5,6	4,1	2,7
k.a.	65,3	57,7	70,6	89,4	97,5	89,8	74,1	67,7	56,8	69,6	56,7	31,7
ylitys taustameluun	18,3	7,8	24,1	43,9	56,7	57,2	52,5	54,2	47,2	59,3	46,0	11,9
Vaimentimella												
1	42,2	48,9	64,3	76,6	75,4	74,7	46,7	25,5	19,4	25,5	21,2	24,3
2	40,8	47,7	60,9	75,9	76,3	71	47	24	14,9	28	24,5	19,1
3	40,3	47,4	58,3	74,4	79	72,7	45,1	24,8	19,5	25,2	18,3	12,7
max-min	1,9	1,5	6	2,2	3,6	3,7	1,9	1,5	4,6	2,8	6,2	11,6
k.a.	41,2	48,0	61,9	75,7	77,2	73,1	46,3	24,8	18,4	26,4	22,1	20,9
ylitys taustameluun	-5,8	-1,9	15,4	30,2	36,4	40,5	24,7	11,3	8,8	16,1	11,4	1,1
Saatu vaimennus [dB]	24,1	9,7	8,7	13,7	20,3	16,7	27,8	42,9	38,4	43,2	34,7	10,8
Valmistajan ilmoittama				9	19	21	39	50	50	42	21	
Poikkeama				4,7	1,3	-4,3	-11,2	-7,1	-11,6	1,2	13,7	

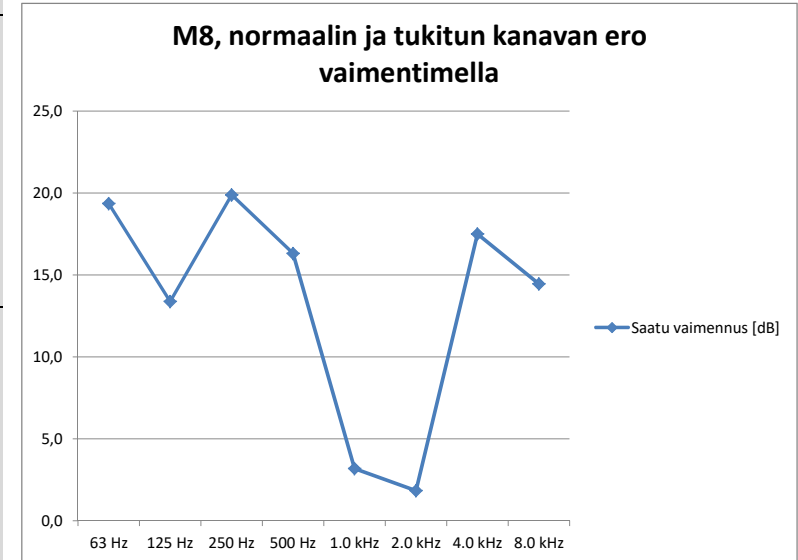


Tila: raksahalli
 Kaiuttimen asetus: valkea, -25dB
 Vaimennin: Sweg. CA1610|790761
 Pituus: 900 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

HUOM!!! Tukittu kanava ennen vaimenninta kanavan ohi kiertävän äänen määrittelemiseksi, matala taajuuden vaimennus ilmaisee vuotoa vaimentimen ohi.

	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47,1	51	42,6	45,1	41,7	37,8	28,6	16,4	12,4	15	17,9	13,4
Vaimentimella												
1	47,7	54,1	72,3	86,1	86,9	83,9	57,3	31,2	23,6	37,4	33,7	24,3
2	46,2	52,2	69,2	84,9	87,9	80,9	58,2	30,2	20	42,1	35,1	21,5
3	48	52,2	66,8	83,2	89,7	81,8	56,1	31,4	25,1	38,5	31,6	22,7
max-min	1,8	1,9	5,5	2,9	2,8	3	2,1	1,2	5,1	4,7	3,5	2,8
k.a.	47,4	52,9	70,0	84,9	88,3	82,4	57,3	31,0	23,4	39,8	33,7	23,0
ylitys taustameluun	0,3	1,9	27,4	39,8	46,6	44,6	28,7	14,6	11,0	24,8	15,8	9,6
Vaimentimella, tukittu												
1	47,2	50,8	47,5	66,7	70,7	60,1	41,1	27,7	21,3	22,8	19,8	20,3
2	47,3	50	46,7	65,6	74,3	60	41,1	26,9	18,7	20,9	18,3	19,3
3	48,5	48,5	45,9	63,9	77,4	65,2	40,7	28,6	23,4	23	19,5	24,7
max-min	1,3	2,3	1,6	2,8	6,7	5,2	0,4	1,7	4,7	2,1	1,5	5,4
k.a.	47,7	49,9	46,7	65,5	74,9	62,5	41,0	27,8	21,5	22,3	19,2	22,1
ylitys taustameluun	0,6	-1,1	4,1	20,4	33,2	24,7	12,4	11,4	9,1	7,3	1,3	8,7
Saatu vaimennus [dB]	-0,3	3,1	23,3	19,3	13,4	19,9	16,3	3,2	1,8	17,5	14,4	0,9



Tila: rakahalli
 Kaiuttimen asetus: valkea, -25dB
 Vaimennin: Sweg. CA1610|790761
 Pituus: 900 mm

$$L_{k.a.} = 10 \lg \left(\frac{10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}}{n} \right)$$

HUOM!!! mittaukset ilman modaalifilteriä

	8.0 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.0 kHz	2.0 kHz	4.0 kHz	8.0 kHz	16.0 kHz
Taustamelu	47,1	51	42,6	45,1	41,7	37,8	28,6	16,4	12,4	15	17,9	13,4
Sijaisputkella												
1	48	56,4	77,9	102,3	101,4	100,1	82	85,7	86,1	91,4	80,2	52
2	48,2	54,5	75,6	101,2	103,7	97,9	81,5	86,1	85,3	92	80,2	52,3
3	48,7	52,8	72,8	99,3	105,4	97,2	81,9	85,3	85,6	91,5	80	51,9
max-min	0,7	3,6	5,1	3	4	2,9	0,5	0,8	0,8	0,6	0,2	0,4
k.a.	48,3	54,8	75,9	101,1	103,8	98,6	81,8	85,7	85,7	91,6	80,1	52,1
ylitys taustameluun	1,2	3,8	33,3	56,0	62,1	60,8	53,2	69,3	73,3	76,6	62,2	38,7
Vaimentimella												
1	50,5	53,8	74,5	87,9	91,4	86,9	59,3	38,7	38,4	56,1	50,1	26,7
2	50,5	53,1	71,4	86,9	93,8	82,7	59	34,4	35,5	60,7	51,8	28,2
3	51,5	51,7	68,7	84,6	95,5	85,6	58,3	38,4	38,7	56,5	48,6	27,2
max-min	1	2,1	5,8	3,3	4,1	4,2	1	4,3	3,2	4,6	3,2	1,5
k.a.	50,9	53,0	72,2	86,7	93,9	85,4	58,9	37,6	37,8	58,3	50,4	27,4
ylitys taustameluun	3,8	2,0	29,6	41,6	52,2	47,6	30,3	21,2	25,4	43,3	32,5	14,0
Saatu vaimennus [dB]	-2,5	1,9	3,7	14,4	9,9	13,2	22,9	48,2	47,9	33,3	29,8	24,7
Valmistajan ilmoittama				7	14	16	27	44	45	35	16	
Poikkeama				7,4	-4,1	-2,8	-4,1	4,2	2,9	-1,7	13,8	

