Report on Key Comparison COOMET.AUV.A-K5: Pressure calibration of laboratory standard microphones in the frequency range 2 Hz to 10 kHz

June 2016

Author: Danuta Dobrowolska (GUM, pilot)
Co-author: Alexander Kosterov (DP NDI Systema)

ABSTRACT

This is the final report for regional key comparison COOMET.AUV.A-K5 on the pressure calibration of laboratory standard microphones in the frequency range from 2 Hz to 10 kHz. Two laboratories – Central Office of Measures (GUM) – national metrology institute for Poland and the State Enterprise Scientific-Research Institute for Metrology of Measurement and Control Systems (DP NDI Systema) – designated institute for acoustics in Ukraine took part in this comparison with the GUM as a pilot. One travelling type LS1P microphone was circulated to the participants and results in the form of regular calibration certificates were collected. The results of the DP NDI Systema obtained in this comparison were linked to the CCAUV.A-K5 key comparison through the joint participation of the GUM. The degrees of equivalence were computed for DP NDI Systema with respect to the CCAUV.A-K5 Key Comparison Reference Value.

CONTENTS

1. INTRODUCTION

The State Enterprise Scientific-Research Institute for Metrology of Measurement and Control Systems (DP NDI Systema) - designated institute for acoustics in Ukraine has forwarded to the Central Office of Measures (GUM) the request for bilateral comparison concerning the pressure calibration of laboratory standard microphones type LS1P to be piloted by the GUM.

The DP NDI Systema took part in the COOMET.AUV.A-K1.1 comparison with the results linked to the first CIPM comparison CCAUV.A-K1 concerning pressure calibration of LS1P microphones. In 2013 the second key comparison CCAUV.A-K5 was completed. The scope of this comparison was expanded significantly compared with the CCAUV.A-K1. The GUM participated in the CCAUV.A-K5 and is hence in the position to provide linking to other institutes.

The comparison between the GUM and DP NDI Systema has been registered as COOMET subsequent key comparison and denoted COOMET.AUV.A-K5. It is intended to disseminate the key comparison reference value (KCRV) determined in CCAUV.A-K5 comparison to the DP NDI Systema.

This report contains information relating to the measurement results of the participants, the measurement methods used, the linking procedure and the calculated degrees of equivalence (DoEs) for DP NDI Systema.

2. TECHNICAL PROTOCOL

The COOMET.AUV.A-K5 comparison was performed in accordance with the technical protocol [1] approved by the CCAUV Key Comparison Working Group and published on the BIPM Key Comparison Database. The comparison was concerned with primary method of calibration of microphones, e.g. the reciprocity method according to IEC 61094-2:2009 [2]. Its scope comprised determination of the open-circuit pressure sensitivity level and the open-circuit pressure sensitivity phase of type LS1P microphone, at 1/3-octave frequencies in the range from 2 Hz to 10 kHz and at the reference environmental conditions specified in [2]. One LS1P microphone Brüel & Kjær type 4160 serial number 2545015 was selected for this comparison. This microphone is referred to as the reference microphone in the remainder of this document.

The pilot laboratory carried out the measurements in October 2015, at the start of the circulation period and the results were lodged with the CCAUV secretariat before sending the reference microphone to the DP NDI Systema. The DP NDI Systema completed the measurements in November 2015 and submitted the measurement results both to the GUM and to the CCAUV secretariat. Finally the reference microphone was re-calibrated at the GUM in January 2016 so that its stability could be monitored. The timetable established in the technical protocol was slightly exceeded because of procedural problems at the customs office.

Both participants calibrated the reference microphone by the method normally offered to a customer and reported the results in their usual calibration certificates, supplemented by the information concerning the microphone parameters used to determine the sensitivity and by the uncertainty budgets.

3. PARTICIPANTS

The following two laboratories participated in the comparison:

Central Office of Measures (GUM) - pilot
Danuta Dobrowolska
00-139 Warsaw, Elektoralna 2, Poland
Phone: + 48 22 581 91 36
Fax: + 48 22 581 93 88
E-mail: d.dobrowolska@gum.gov.pl

The State Enterprise Scientific-Research Institute for Metrology of Measurement and Control Systems (DP NDI Systema)
Alexander Kosterov
79008 Lviv, Kryvonosa 6, Ukraine
Phone: +38 0322 39 92 23
Eax: +38 0322 35 84 49
E-mail: Kosterov@dndi-systema.lviv.ua

4. DESCRIPTIONS OF PARTICIPANTS' MEASUREMENT SYSTEMS

4.1. GUM

Method

GUM uses a customised version of NPL's reciprocity measurement system and software.

Traceability for the electrical transfer impedance in the GUM system comes from a set of calibrated resistors and one calibrated capacitor, which was used for measurements at frequencies below 19.95 Hz. A single acoustic coupler of diameter 18.5939 mm and length 5.7642 mm, without capillary tubes, was used for the measurements.

The effective volume of the microphone's front cavity was measured using an acoustical technique and the cavity depth was measured using a depth measuring microscope.

Deviations from standard

None declared.

Declared parameters

The acoustic impedance parameters were determined for each microphone individually. The method is based on the optimization of the results of four sensitivity magnitude and phase determinations obtained for four couplers of different length.

Calculations

Sensitivity level and phase values at frequencies close to power line frequency and its harmonics (50.1 Hz, 100 Hz, 199.5 Hz and 251 Hz), have been calculated by interpolation.

The effect of heat conduction in the coupler on sensitivity level and phase has been accounted for by using the "Broad-band" model of IEC 61094-2:2009 clause A.3.

No radial corrections were applied.

The models for the temperature and pressure coefficients given in IEC 61094-2:2009 were used to correct the results to reference environment conditions. The required microphone diaphragm resonance frequency was calculated from the acoustical compliance and mass parameters.

4.2. DP NDI Systema

Method

Calibration was performed according to IEC 61094-2:2009. Two plane wave couplers (Bruel & Kjaer type UA1429 and 1413) filled with air were used with nominal lengths of 7.5 mm (in the frequency range from 2 Hz to 10 kHz) and 15 mm (in the frequency range from 20 Hz to 2 kHz). During the measurements the venting tubes of the couplers were closed with a needle.

The electrical transfer impedance was measured with DP NDI "Systema"- made Measurement System – UE-2PU and associated measurement program. The transmitter microphone was connected to B&K transmitter unit ZE 0796 and the receiver microphone to a preamplifier B&K type 2673. The current in the transmitter microphone is determined by measuring the voltage across a series capacitor built into the transmitter unit and directly coupled to the preamplifier. The outputs from the two channels are measured simultaneously using two channels in UE-2PU system so that the complex ratio between the output signals are determined first with current in the transmitter and subsequently with the same signal applied for reference measurement in both channels.

The level and phase of the sensitivity were determined by software developed in DP NDI "Systema" accordingly to models represented in the IEC 61094-2:2009. In the calculations has been used the broadband solution for heat conduction and viscous losses of IEC 61094-2:2009 clause A.3.

Deviation from standard

None declared.

Declared parameters

The front cavity depth was measured by an optical method. The total of front cavity volume and the equivalent volume was determined by data fitting from the results of both couplers in the frequency range from 20 Hz to 2 kHz. The resonance frequency was determined by the phase response at the 90°shift relative to low frequency. Nominal value of loss factor was used. Values of coefficients of static pressure and temperature and additional surface area, due to the thread, were taken accordingly to "Technical review No.1, 2001. Bruel & Kjaer".

5. UNCERTAINTIES

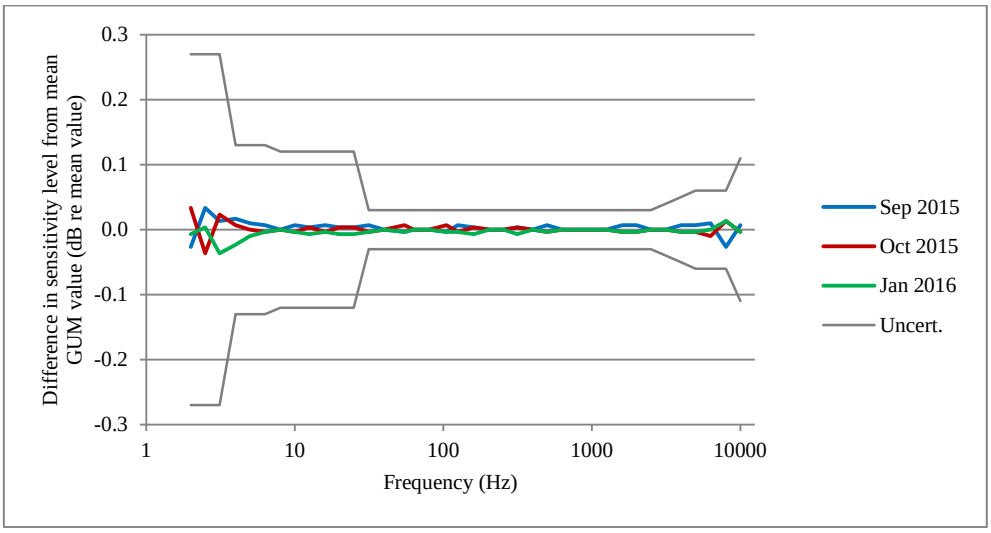
The uncertainty budgets submitted by the participants are presented in Annex A to this report.

6. STABILITY OF THE REFERENCE MICROPHONE

The reference microphone was provided by the GUM for this project. It was the same type of microphone as used in CCAUV.A-K5. The microphone was a 9 years old microphone with a history of stability. It has a screw-thread inside the front cavity designed for attaching a protective grid. The microphone was calibrated regularly at the GUM for five months prior to circulation, to establish its suitability for the key comparison.

The stability of the microphone was monitored by observing the calibrations performed by the GUM just before and throughout the comparison. The results, referred to their mean value and to the GUM uncertainty limits, are presented on the Figure 1 for sensitivity level and sensitivity phase respectively.

a)



b)

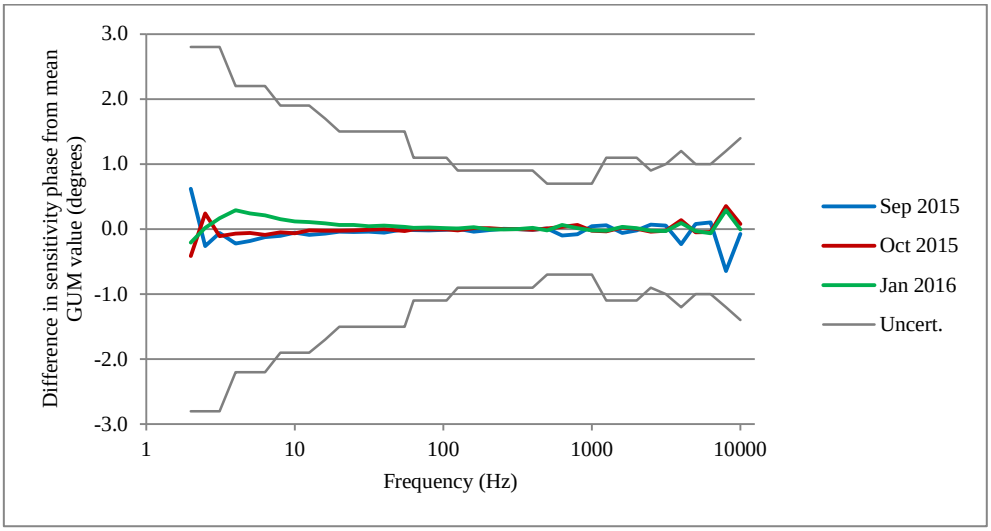


Figure 1. Stability of the reference microphone sensitivity level (a) and sensitivity phase (b) expressed as the difference from the mean value of the GUM results obtained just before and throughout the COOMET.AUV.A-K5 comparison

The absolute values of the difference both in sensitivity level and in sensitivity phase from their mean values do not exceed the short-term variation allowed for in the GUM uncertainty analysis. These results confirm that the microphone had an acceptable stability performance during comparison.

7. RESULTS

Each laboratory reported their results using the standard certificate that they would normally issue to a customer. The results were also reported in the pilot spreadsheet templates, circulated with the technical protocol and only this data was used for calculation and reporting purposes of this comparison. In addition the participants reported the parameters of the reference microphone used in calculations. The results obtained by the GUM and DP NDI Systema in the COOMET.AUV.A-K5 comparison, together with the associated expanded uncertainties with a coverage factor $k = 2$, are presented in the Table 1. The values of reference microphone parameters are presented in the Table 2.

Table 1. Results for reference microphone obtained in the COOMET.AUV.A-K5 comparison

Frequency	GUM				DP NDI Systema			
	Pressure sensitivity level	Pressure sensitivity uncertainty (k = 2)	Pressure sensitivity phase	Pressure sensitivity phase uncertainty (k = 2)	Pressure sensitivity level	Pressure sensitivity uncertainty (k = 2)	Pressure sensitivity phase	Pressure sensitivity phase uncertainty (k = 2)
(Hz)	(dB re 1V/Pa)		(degrees)		(dB re 1V/Pa)		(degrees)	
1,995	-26,18	0,27	176,08	2,8	-26,348	0,09	176,42	2,5
2,512	-26,47	0,27	176,68	2,8	-26,465	0,085	176,47	2,2
3,162	-26,50	0,27	176,39	2,8	-26,579	0,08	176,59	1,9
3,981	-26,61	0,13	176,55	2,2	-26,677	0,075	176,72	1,6
5,012	-26,71	0,13	176,71	2,2	-26,768	0,07	177,07	1,3
6,310	-26,81	0,13	176,85	2,2	-26,846	0,065	177,37	1,0
7,943	-26,88	0,12	177,10	1,9	-26,912	0,06	177,58	0,7
10,000	-26,95	0,12	177,38	1,9	-26,966	0,055	177,81	0,6
12,589	-27,00	0,12	177,66	1,9	-27,012	0,05	178,02	0,5
15,849	-27,05	0,12	177,89	1,7	-27,050	0,045	178,22	0,4
19,953	-27,07	0,12	178,15	1,5	-27,078	0,04	178,39	0,4
25,119	-27,10	0,12	178,31	1,5	-27,104	0,035	178,53	0,4
31,623	-27,13	0,03	178,46	1,5	-27,126	0,03	178,64	0,4
39,811	-27,15	0,03	178,55	1,5	-27,144	0,03	178,73	0,4
50,119	-27,17	0,03	178,62	1,5	-27,161	0,03	178,78	0,4
63,096	-27,19	0,03	178,68	1,1	-27,174	0,03	178,80	0,4
79,433	-27,20	0,03	178,67	1,1	-27,186	0,03	178,78	0,4
100,00	-27,21	0,03	178,62	1,1	-27,197	0,03	178,72	0,4
125,89	-27,23	0,03	178,54	0,9	-27,207	0,03	178,62	0,4
158,49	-27,23	0,03	178,41	0,9	-27,214	0,03	178,47	0,4
199,53	-27,24	0,03	178,20	0,9	-27,220	0,03	178,25	0,4
251,19	-27,25	0,03	177,91	0,9	-27,225	0,03	177,89	0,4
316,23	-27,25	0,03	177,55	0,9	-27,229	0,03	177,55	0,4
398,11	-27,26	0,03	177,03	0,9	-27,231	0,03	177,05	0,4
501,19	-27,26	0,03	176,43	0,7	-27,229	0,03	176,38	0,4
630,96	-27,25	0,03	175,64	0,7	-27,224	0,03	175,55	0,4
794,33	-27,24	0,03	174,66	0,7	-27,213	0,03	174,47	0,4
1000,0	-27,22	0,03	173,23	0,7	-27,193	0,03	173,09	0,4
1258,9	-27,19	0,03	171,50	1,1	-27,159	0,03	171,32	0,4
1584,9	-27,14	0,03	169,27	1,1	-27,107	0,03	169,04	0,4
1995,3	-27,05	0,03	166,35	1,1	-27,023	0,03	166,08	0,4
2511,9	-26,92	0,03	162,44	0,9	-26,892	0,04	162,14	0,4
3162,3	-26,72	0,04	157,17	1,0	-26,698	0,05	156,79	0,4
3981,1	-26,44	0,05	149,62	1,2	-26,427	0,06	149,21	0,4
5011,9	-26,13	0,06	138,25	1,0	-26,125	0,07	137,92	0,7
6309,6	-26,04	0,06	120,87	1,0	-26,051	0,08	120,79	1
7943,3	-26,99	0,06	96,21	1,2	-27,000	0,09	96,51	1,3
10000	-30,00	0,11	69,88	1,4	-29,992	0,1	70,66	1,6

Table 2. Parameters of reference microphone reported by the participants in the COOMET.AUV.A-K5

Parameter	Unit	GUM	DP NDI Systema
Total volume	mm^3	671,9	
Front volume	mm^3	552,7	541
Front cavity depth	mm	1,963	1,975
Acoustic mass	$kg\ m^{-4}$	433	
Acoustic compliance	$kg^{-1}\ m^4\ s^2$	8,4E-13	
Acoustic resistance	$kg\ m^{-4}\ s^{-1}$	19900000	
Loss factor		0,89	1,05
Resonance frequency	Hz	8369	8450
Equivalent volume	mm^3	119,2	139,9
Temperature coefficient at 250 Hz	dB/K	-0,0155	-0,0153
Static pressure coefficient at 250 Hz	dB/kPa	-0,0027	-0,002
Front cavity excessive surface/added thread area	mm^2	671,9	80,5

8. LINKING

The main goal of the RMO comparison is to establish the degrees of equivalence for the participating laboratories through the linking laboratory taking part both in CIPM and in RMO comparison [3]. The GUM, taking part in the CCAUV.A-K5 comparison, was the linking laboratory in the COOMET.AUV.A-K5 bilateral comparison.

The key comparison reference values (KCRVs) for the CCAUV.A-K5 comparison and the corresponding degrees of equivalence (DoEs) of participating laboratories [4] were calculated for 1/3-octave frequencies in the range from 2 Hz to 20 Hz and for 1/12-octave frequencies in the range from 20 Hz to 10 kHz, both for sensitivity level and for sensitivity phase of the microphone presented in clause 2. The COOMET.AUV.A-K5 comparison concerned the measurements at 1/3-octave frequencies in the whole range from 2 Hz to 10 kHz, so the GUM results obtained for 1/3-octave frequencies only are used in the linking process.

The procedure used for linking the COOMET.AUV.A-K5 results to those of CCAUV.A-K5 comparison was the procedure proposed in [5, 6]. The correction Δ, calculated as the difference between the results obtained by the GUM in the CCAUV.A-K5 and COOMET.AUV.A-K5 comparisons respectively, was used to transform the results obtained by the DP NDI Systema in COOMET.AUV.A-K5 to enable a direct comparison with the CCAUV.A-K5 results. The values of this correction and the associated uncertainties were calculated for each frequency according to the formulas (1) to (3) and are presented in the Table 3.

$$\Delta = x_{\mathrm{PL}} - y_{\mathrm{PL}} \tag{1}$$

$$u^2(\Delta) = u^2(x_{\mathrm{PL}}) + u^2(y_{\mathrm{PL}}) - 2 \cdot \mathrm{cov}(x_{\mathrm{PL}}, y_{\mathrm{PL}}) \tag{2}$$

$$u^2(\Delta) = 2 \cdot u_{\mathrm{A}}^2(x_{\mathrm{PL}}), \text{ assuming that } u(x_{\mathrm{PL}}) = u(y_{\mathrm{PL}}) = \frac{U(x_{\mathrm{PL}})}{2} \tag{3}$$

where:

Δ	the correction calculated for each frequency as a difference between the results obtained by the GUM in CCAUV.A-K5 and COOMET.AUV.A-K5 respectively
x_{PL}, y_{PL}	the results obtained by the GUM in CCAUV.A-K5 and COOMET.AUV.A-K5 respectively
$u(x_{PL})$, $U(x_{PL})$	the standard / expanded uncertainties corresponding to coverage factor $k = 2$, declared by the GUM
$u_A(x_{PL})$	the type A standard uncertainties declared by the GUM
$u(\Delta)$	the standard uncertainties of the correction

Table 3 The corrections Δ used for linking the COOMET.AUV.A-K5 results to the results of CCAUV.A-K5 and the associated standard uncertainties $u(\Delta)$

Frequency	Pressure Sensitivity Level		Pressure Sensitivity Phase	
	Δ	$u(\Delta)$	Δ	$u(\Delta)$
(Hz)	(dB re 1V/Pa)	(dB re 1V/Pa)	(degrees)	(degrees)
1,995	0,450	0,170	-1,790	1,697
2,512	0,560	0,170	-1,870	1,697
3,162	0,470	0,170	-1,580	1,697
3,981	0,460	0,036	-1,270	1,414
5,012	0,460	0,036	-0,940	1,414
6,310	0,470	0,036	-0,800	1,414
7,943	0,460	0,022	-0,570	1,273
10,000	0,460	0,022	-0,500	1,273
12,589	0,450	0,022	-0,390	1,273
15,849	0,460	0,015	-0,340	1,131
19,953	0,440	0,015	-0,350	0,990
25,119	0,440	0,015	-0,310	0,990
31,623	0,450	0,015	-0,180	0,849
39,811	0,450	0,015	-0,170	0,849
50,119	0,440	0,015	-0,156	0,849
63,096	0,450	0,015	-0,150	0,707
79,433	0,440	0,015	-0,140	0,707
100,00	0,440	0,015	-0,130	0,707
125,89	0,440	0,015	-0,140	0,566
158,49	0,430	0,015	-0,150	0,566
199,53	0,430	0,015	-0,192	0,566
251,19	0,440	0,015	-0,198	0,424
316,23	0,430	0,015	-0,240	0,424
398,11	0,440	0,015	-0,310	0,424
501,19	0,440	0,015	-0,330	0,283
630,96	0,430	0,015	-0,490	0,283
794,33	0,430	0,015	-0,740	0,283
1000,0	0,430	0,015	-0,760	0,283
1258,9	0,430	0,015	-0,850	0,283
1584,9	0,440	0,015	-1,120	0,283
1995,3	0,430	0,015	-1,430	0,283
2511,9	0,440	0,015	-1,830	0,283
3162,3	0,430	0,015	-2,470	0,283
3981,1	0,420	0,015	-3,330	0,283
5011,9	0,370	0,018	-4,550	0,424
6309,6	0,210	0,021	-6,220	0,424
7943,3	-0,200	0,025	-7,520	0,566
10000	-0,830	0,025	-5,680	0,707

The unilateral degrees of equivalence (DoEs) determined as the differences between the transformed results ($y_{UA} + \Delta$) of the DP NDI Systema and the key comparison reference values (KCRVs), were calculated for each frequency, both for sensitivity level and sensitivity phase, according to the formula (4). The associated expanded uncertainties, corresponding to coverage factor $k = 2$, were calculated according to the formulas (5) to (7).

$$d_{UA} = y_{UA} + \Delta - x_{ref} \tag{4}$$

$$u^2(d_{UA}) = u^2(y_{UA}) + u^2(\Delta) + u^2(x_{ref}) - 2 \cdot \mathrm{cov}(\Delta, x_{ref}) \tag{5}$$

$$u^2(d_{UA}) = u^2(y_{UA}) + u^2(\Delta) + u^2(x_{ref}) - \frac{u^2(\Delta) \cdot u^2(x_{ref})}{u^2(x_{PL})} \tag{6}$$

$$U(d_{UA}) = 2 \cdot u(d_{UA}) \tag{7}$$

where:

x_{ref}	the KCRVs determined in CCAUV.A-K5
$u(x_{ref})$	the standard uncertainties of the KCRVs
y_{UA}	the results obtained by the DP NDI Systema in the COOMET.AUV.A-K5
$u(y_{UA})$	the standard uncertainties declared by the DP NDI Systema
d_{UA}	the unilateral DoEs of DP NDI Systema results with respect to the KCRVs
$u(d_{UA})$, $U(d_{UA})$	the standard / expanded uncertainties associated with the unilateral DoEs of DP NDI Systema

The bilateral DOEs determined as the differences between the transformed results ($y_{UA} + \Delta$) of the DP NDI Systema and the appropriate results obtained by the NMI j participated in the CCAUV.A-K5 comparison can be calculated for each frequency, both for sensitivity level and sensitivity phase, according to the formula (8). The associated expanded uncertainties, corresponding to coverage factor $k = 2$, can be calculated according to the formulas (9) and (10). The bilateral DOEs were not calculated in this report according to the decision CCAUV9/D1 taken during the 9th CCAUV meeting in 2013 except the bilateral DOEs between the DP NDI Systema and the GUM, calculated according to simplified formula s (11) and (12).

$$d_{UA,j} = y_{UA} + \Delta - x_j \tag{8}$$

$$u^2(d_{UA,j}) = u^2(y_{UA}) + u^2(\Delta) + u^2(x_j) \tag{9}$$

$$U(d_{UA,j}) = 2 \cdot u(d_{UA,j}) \tag{10}$$

$$d_{UA,PL} = y_{UA} - y_{PL} \tag{11}$$

$$U^2(d_{UA,PL}) = U^2(y_{UA}) + U^2(y_{PL}) \tag{12}$$

where:

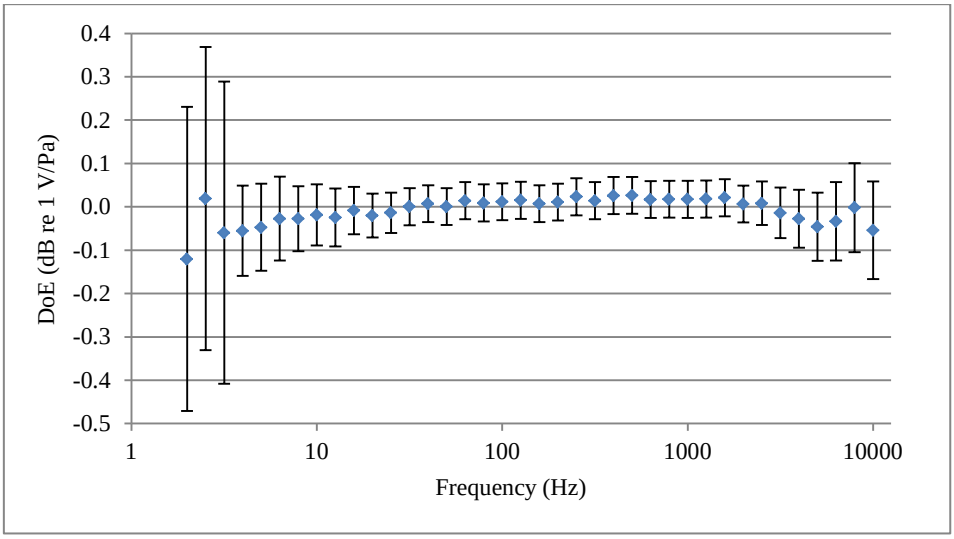
$d_{UA,j}$, $d_{UA,PL}$	the bilateral DoEs between the DP NDI Systema and the NMI j (or the GUM) participated in the CCAUV.A-K5
x_j	the results obtained by the NMI j in the CCAUV.A-K5
$U(d_{UA,j})$, $U(d_{UA,PL})$	the expanded uncertainties of bilateral DoEs
$U(y_{UA})$, $U(y_{PL})$	the expanded uncertainties corresponding to coverage factor $k = 2$, declared by the DP NDI Systema and the GUM, respectively

9. DEGREES OF EQUIVALENCE

The unilateral degrees of equivalence (DoEs) of the DP NDI Systema results with respect to the KCRVs determined in CCAUV.A-K5 together with the associated expanded uncertainties are presented in the Table 3 and graphically on the Figure 2.

The bilateral DOEs between the DP NDI Systema and the GUM, together with the associated expanded uncertainties, are presented in the Table 4.

a)



b)

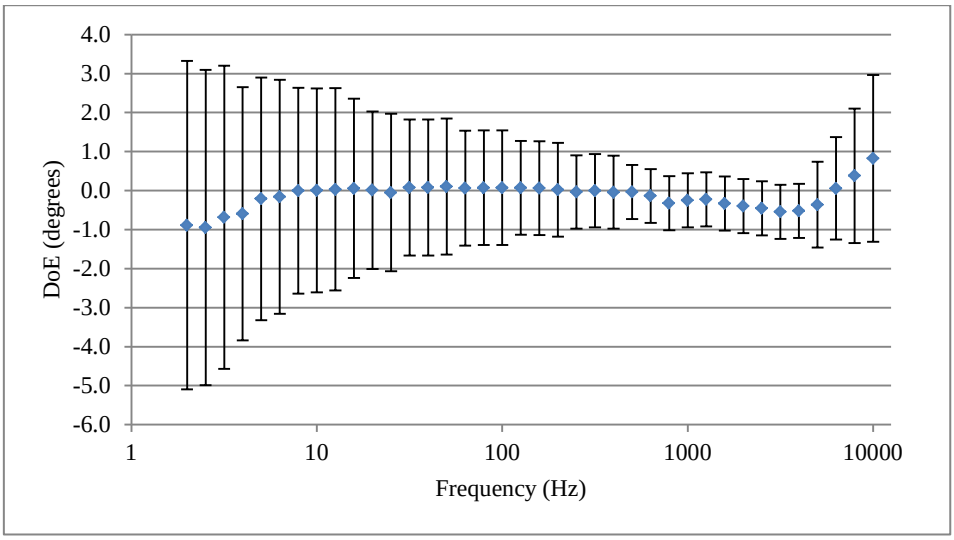


Figure 2. The unilateral degrees of equivalence for DP NDI Systema sensitivity level (a) and sensitivity phase (b) measurements with uncertainty bars corresponding to coverage factor k=2.

Table 4. The unilateral degrees of equivalence (DoE) of the DP NDI Systema results with respect to the KCRVs determined in the CCAUV.A-K5

Frequency (Hz)	DoE for Sensitivity level (dB)		DoE for Sensitivity phase (degrees)	
	d_{UA}	$U(d_{UA})$	d_{UA}	$U(d_{UA})$
1,995	-0,120	0,350	-0,888	4,192
2,512	0,019	0,349	-0,944	4,025
3,162	-0,060	0,348	-0,682	3,874
3,981	-0,055	0,105	-0,597	3,233
5,012	-0,047	0,102	-0,211	3,100
6,310	-0,027	0,098	-0,157	2,993
7,943	-0,027	0,076	-0,004	2,634
10,000	-0,019	0,072	0,007	2,611
12,589	-0,024	0,068	0,032	2,592
15,849	-0,008	0,056	0,057	2,295
19,953	-0,020	0,051	0,011	2,018
25,119	-0,014	0,047	-0,048	2,018
31,623	0,000	0,043	0,082	1,743
39,811	0,007	0,043	0,078	1,743
50,119	0,000	0,043	0,105	1,743
63,096	0,014	0,043	0,063	1,469
79,433	0,009	0,043	0,074	1,469
100,00	0,011	0,043	0,075	1,469
125,89	0,015	0,043	0,073	1,200
158,49	0,007	0,043	0,065	1,200
199,53	0,011	0,043	0,022	1,200
251,19	0,023	0,043	-0,036	0,938
316,23	0,014	0,043	-0,001	0,938
398,11	0,026	0,043	-0,041	0,938
501,19	0,026	0,043	-0,033	0,693
630,96	0,017	0,043	-0,138	0,693
794,33	0,018	0,043	-0,319	0,693
1000,0	0,017	0,043	-0,252	0,693
1258,9	0,018	0,043	-0,224	0,693
1584,9	0,021	0,043	-0,331	0,693
1995,3	0,007	0,042	-0,397	0,693
2511,9	0,008	0,050	-0,454	0,693
3162,3	-0,014	0,058	-0,544	0,694
3981,1	-0,027	0,067	-0,520	0,694
5011,9	-0,046	0,079	-0,360	1,100
6309,6	-0,034	0,091	0,057	1,312
7943,3	-0,002	0,103	0,379	1,724
10000	-0,054	0,114	0,826	2,135

Table 5. The bilateral degrees of equivalence (DoE) between the DP NDI Systema and the GUM

Frequency (Hz)	DoE for Sensitivity level (dB)		DoE for Sensitivity phase (degrees)	
	$d_{UA,PL}$	$U(d_{UA,PL})$	$d_{UA,PL}$	$U(d_{UA,PL})$
1,995	-0,168	0,285	0,341	3,754
2,512	0,005	0,283	-0,208	3,561
3,162	-0,079	0,282	0,196	3,384
3,981	-0,067	0,150	0,165	2,720
5,012	-0,058	0,148	0,364	2,555
6,310	-0,036	0,145	0,523	2,417
7,943	-0,032	0,134	0,484	2,025
10,000	-0,016	0,132	0,431	1,992
12,589	-0,012	0,130	0,362	1,965
15,849	0,000	0,128	0,330	1,746
19,953	-0,008	0,126	0,242	1,552
25,119	-0,004	0,125	0,221	1,552
31,623	0,004	0,042	0,183	1,552
39,811	0,006	0,042	0,177	1,552
50,119	0,009	0,042	0,162	1,552
63,096	0,016	0,042	0,116	1,170
79,433	0,014	0,042	0,113	1,170
100,00	0,013	0,042	0,101	1,170
125,89	0,023	0,042	0,082	0,985
158,49	0,016	0,042	0,061	0,985
199,53	0,020	0,042	0,043	0,985
251,19	0,025	0,042	-0,021	0,985
316,23	0,021	0,042	0,004	0,985
398,11	0,029	0,042	0,021	0,985
501,19	0,031	0,042	-0,045	0,806
630,96	0,026	0,042	-0,094	0,806
794,33	0,027	0,042	-0,188	0,806
1000,0	0,027	0,042	-0,136	0,806
1258,9	0,031	0,042	-0,176	1,170
1584,9	0,033	0,042	-0,229	1,170
1995,3	0,027	0,042	-0,274	1,170
2511,9	0,028	0,050	-0,302	0,985
3162,3	0,022	0,064	-0,385	1,077
3981,1	0,013	0,078	-0,415	1,265
5011,9	0,005	0,092	-0,333	1,221
6309,6	-0,011	0,100	-0,077	1,414
7943,3	-0,010	0,108	0,305	1,769
10000	0,008	0,149	0,781	2,126

10. CONCLUSIONS

This key comparison demonstrates that DP NDI Systema results are consistent with the KCRVs of CCAUV.A-K5 comparison within the uncertainty of the unilateral DoE of the linked COOMET.AUV.A-K5 results. However the consistency of the results is influenced by the uncertainties of the single linking laboratory, which are much larger than the DP NDI Systema uncertainties for sensitivity phase measurements in the whole frequency range and for sensitivity level at frequencies below 20 Hz. This may limit the support for future CMC submissions based on this key comparison and needs to be taken into account in the future CMC submission review.

REFERENCES

[1] D. Dobrowolska, Technical protocol for COOMET comparison, COOMET.AUV.A-K5, CCAUV, 2015, http://kcdb.bipm.org/

[2] IEC 61094-2:2009 Measurement microphones - Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

[3] CIPM MRA-D-05, Measurement Comparisons in the CIPM MRA, International Committee for Weights and Measures (CIPM), Version 1.5, 2014

[4] J. Avison and R. G. Barham, Final report on key comparison CCAUV.A-K5: pressure calibration of laboratory standard microphones in the frequency range 2 Hz to 10 kHz, Metrologia, 51, Technical Supplement, 2014

[5] I. A. Kharitonov and A. G. Chunovkina, Evaluation of regional key comparison data: two approchaches for data processing, Metrologia, 43, (2006), 470 - 476

[6] COOMET R/GM/14:2006 Recommendation, Guidelines for data evaluation of COOMET key comparison, http://www.coomet.org/

ANNEX A: UNCERTAINTY BUDGETS OF THE PARTICIPANTS

DP NDI Systema

Input quantities and theirs standard uncertainties

	Input quantities	Standard uncertainty		Probability distribution function
		absolute	relative	
1	Series impedance, capacitance (F)	1,175E-11		Rectangular
2	Voltage ratio	var		Normal
3	Coupler length (m)	1,20E-05		Rectangular
4	Coupler diameter (m^2)	1,20E-05		Rectangular
5	Frontal volume (m^3)		0,5	Normal
6	Equivalent volume (m^3)		3	Normal
7	Front cavity depth (m)	0,00001		Normal
8	Static pressure (Pa)	53		Rectangular
9	Ambient temperature (°C)	1		Rectangular
10	Relative humidity (%)	3,5		Rectangular
11	Loss factor	0,105		Rectangular
12	Resonance frequency (Hz)	520		Normal
13	Pressure corrections (dB/kPa)	0,0014		Rectangular
14	Temperature corrections (dB/K)	0,0016		Rectangular
15	Radial wave motion (dB)		0,2	Rectangular
16	Polarization voltage (V)		0,0022	Rectangular
17	Transmitter ground shield		0,0022	Rectangular
18	Receiver ground shield		0,0022	Rectangular
19	Undeterminable leakage (dB)	var		Rectangular
20	Cross talk and inherent noise (dB)	var		Normal
21	Velocity of sound (m/s)		0,0003	Rectangular
22	Ratio of specific heats		0,00032	Rectangular
23	Density of air (kg m^{-3})		0,000022	Rectangular
24	Viscosity of air (Pa s)		0,01	Rectangular
25	Rounding error (dB)	0,0005		Rectangular
26	Allowed repeatability (dB)	var		Rectangular

Budget of uncertainty of measurements of sensitivity level during calibration of LS1p microphone at the DP NDI “Systema”

Frequency, Hz	Uncertainty components, dB																												
	Series impedance, capacitance	Voltage ratio	Coupler length	Coupler diameter	Frontal volume	Equivalent volume	Front cavity depth	Static pressure	Ambient temperature	Relative humidity	Loss factor	Resonance frequency	Pressure corrections	Temperature corrections	Heat conduction	Radial wave motion	Polarization voltage	Transmitter ground shield	Receiver ground shield	Undeterminable leakage	Cross talk and inherent noise	Velocity of sound	Ratio of specific heats	Density of air	Viscosity of air	Rounding error	Allowed repeatability	Combined standard uncertainty, dB	Expanded uncertainty (k=2), dB	Stated expanded uncertainty , dB
2	0,0062	0,0024	0,0023	0,0020	0,0058	0,0048	0,0004	0,0014	0,0011	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0146	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0100	0,0162	0,0024	0,0005	0,0001	0,0000	0,0005	0,0300	0,040	0,080	0,090
2,5	0,0062	0,0013	0,0023	0,0020	0,0059	0,0048	0,0004	0,0013	0,0010	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0131	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0090	0,0110	0,0024	0,0005	0,0001	0,0000	0,0005	0,0250	0,034	0,067	0,085
3,15	0,0062	0,0013	0,0023	0,0020	0,0060	0,0049	0,0004	0,0013	0,0009	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0118	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0080	0,0097	0,0024	0,0004	0,0001	0,0000	0,0005	0,0200	0,029	0,058	0,080
4	0,0062	0,0005	0,0023	0,0020	0,0061	0,0050	0,0003	0,0013	0,0008	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0013	0,0105	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0070	0,0083	0,0024	0,0004	0,0001	0,0000	0,0005	0,0170	0,026	0,051	0,075
5	0,0062	0,0004	0,0023	0,0020	0,0061	0,0050	0,0003	0,0013	0,0008	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0094	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0060	0,0064	0,0024	0,0003	0,0001	0,0000	0,0005	0,0140	0,022	0,045	0,070
6,3	0,0062	0,0004	0,0023	0,0020	0,0062	0,0051	0,0003	0,0013	0,0007	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0084	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0050	0,0074	0,0024	0,0003	0,0001	0,0000	0,0005	0,0120	0,021	0,042	0,065
8	0,0062	0,0004	0,0024	0,0020	0,0063	0,0051	0,0003	0,0013	0,0007	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0075	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0040	0,0070	0,0024	0,0002	0,0001	0,0000	0,0005	0,0100	0,019	0,038	0,060
10	0,0062	0,0007	0,0024	0,0020	0,0063	0,0052	0,0003	0,0013	0,0006	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0067	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0030	0,0054	0,0024	0,0002	0,0001	0,0000	0,0005	0,0090	0,018	0,035	0,055
12,5	0,0062	0,0003	0,0024	0,0020	0,0063	0,0052	0,0002	0,0013	0,0006	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0060	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0020	0,0058	0,0024	0,0002	0,0001	0,0000	0,0005	0,0080	0,017	0,034	0,050
16	0,0062	0,0003	0,0024	0,0020	0,0064	0,0052	0,0002	0,0013	0,0005	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0054	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0010	0,0059	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0075	0,016	0,033	0,045
20	0,0062	0,0009	0,0024	0,0020	0,0064	0,0053	0,0002	0,0013	0,0005	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0048	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0058	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0070	0,016	0,032	0,040
25	0,0062	0,0005	0,0024	0,0020	0,0064	0,0053	0,0002	0,0013	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0043	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0067	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0065	0,016	0,032	0,035
31,5	0,0062	0,0009	0,0024	0,0020	0,0065	0,0053	0,0002	0,0013	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0038	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0059	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,031	0,030
40	0,0062	0,0005	0,0024	0,0020	0,0065	0,0053	0,0002	0,0013	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0034	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0055	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,030
50	0,0062	0,0003	0,0024	0,0020	0,0065	0,0053	0,0002	0,0013	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0030	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0056	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,030
63	0,0062	0,0005	0,0024	0,0020	0,0065	0,0054	0,0002	0,0013	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0027	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0053	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,030
80	0,0062	0,0006	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0002	0,0013	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0024	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0052	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,030
100	0,0062	0,0006	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0002	0,0013	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0021	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0053	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,030
125	0,0062	0,0004	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0002	0,0013	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0019	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0052	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,029	0,030
160	0,0062	0,0004	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0002	0,0013	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0017	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0056	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,030
200	0,0062	0,0005	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0002	0,0013	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0015	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0059	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,030
250	0,0062	0,0002	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0013	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0054	0,0024	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,029	0,030
315	0,0062	0,0004	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0024	0,0012	0,0012	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0052	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,029	0,030
400	0,0062	0,0005	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0001	0,0000	0,0024	0,0012	0,0011	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0049	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,029	0,030
500	0,0062	0,0006	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0024	0,0012	0,0010	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0048	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,029	0,030
630	0,0062	0,0002	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0024	0,0012	0,0008	0,0000	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0048	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,014	0,029	0,030
800	0,0062	0,0004	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0024	0,0013	0,0008	0,0001	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0047	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,014	0,029	0,030
1000	0,0062	0,0007	0,0024	0,0020	0,0066	0,0054	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0004	0,0002	0,0024	0,0013	0,0007	0,0001	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0048	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,014	0,029	0,030
1250	0,0062	0,0004	0,0023	0,0020	0,0065	0,0053	0,0001	0,0013	0,0003	0,0002	0,0007	0,0003	0,0024	0,0013	0,0006	0,0002	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0050	0,0024	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,014	0,029	0,030
1600	0,0062	0,0003	0,0023	0,0020	0,0064	0,0053	0,0001	0,0013	0,0004	0,0002	0,0011	0,0004	0,0024	0,0013	0,0005	0,0003	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0053	0,0023	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,029	0,030
2000	0,0062	0,0005	0,0022	0,0021	0,0063	0,0052	0,0001	0,0013	0,0005	0,0002	0,0017	0,0006	0,0024	0,0013	0,0005	0,0004	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0058	0,0023	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,029	0,030
2500	0,0062	0,0006	0,0021	0,0021	0,0060	0,0050	0,0001	0,0013	0,0007	0,0002	0,0028	0,0009	0,0024	0,0013	0,0004	0,0007	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0064	0,0023	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0060	0,015	0,030	0,040
3150	0,0062	0,0002	0,0020	0,0022	0,0056	0,0046	0,0000	0,0013	0,0010	0,0002	0,0043	0,0013	0,0024	0,0013	0,0003	0,0011	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0071	0,0022	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0075	0,016	0,032	0,050
4000	0,0062	0,0002	0,0017	0,0023	0,0050	0,0041	0,0000	0,0013	0,0015	0,0003	0,0064	0,0012	0,0024	0,0013	0,0003	0,0017	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0080	0,0021	0,0001	0,0001	0,0000	0,0005	0,0100	0,018	0,036	0,060
5000	0,0062	0,0005	0,0013	0,0025	0,0039	0,0030	0,0001	0,0013	0,0023	0,0004	0,0082	0,0007	0,0024	0,0013	0,0002	0,0026	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0089	0,0019	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0150	0,022	0,044	0,070
6300	0,0062	0,0024	0,0007	0,0028	0,0022	0,0015	0,0001	0,0013	0,0035	0,0005	0,0061	0,0047	0,0024	0,0013	0,0001	0,0036	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0095	0,0016	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0200	0,026	0,051	0,080
8000	0,0062	0,0004	0,0004	0,0033	0,0010	0,0007	0,0001	0,0013	0,0054	0,0007	0,0023	0,0048	0,0024	0,0013	0,0000	0,0044	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0094	0,0011	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0300	0,034	0,068	0,090
10000	0,0062	0,0010	0,0026	0,0042	0,0077	0,0028	0,0001	0,0013	0,0092	0,0011	0,0130	0,0093	0,0024	0,0013	0,0002	0,0054	0,0022	0,0022	0,0022	0,0000	0,0098	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0400	0,047	0,094	0,100

Budget of uncertainty of measurements of sensitivity phase during calibration of LS1p microphone at the DP NDI “Systema”

Frequency, Hz	Uncertainty components, deg																												
	Series impedance, capacitance	Voltage ratio	Coupler length	Coupler diameter	Frontal volume	Equivalent volume	Front cavity depth	Static pressure	Ambient temperature	Relative humidity	Loss factor	Resonance frequency	Pressure corrections	Temperature corrections	Heat conduction	Radial wave motion	Polarization voltage	Transmitter ground shield	Receiver ground shield	Undeterminable leakage	Cross talk and inherent noise	Velocity of sound	Ratio of specific heats	Density of air	Viscosity of air	Rounding error	Allowed repeatability	Combined standard uncertainty, deg	Expanded uncertainty (k=2), deg	Stated expanded uncertainty , deg
2	0,0000	0,0700	0,0005	0,0002	0,0039	0,0032	0,0015	0,0004	0,0037	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0562	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0031	0,0000	0,0015	0,0000	1,0400	1,044	2,088	2,5
2,5	0,0000	0,0400	0,0004	0,0002	0,0036	0,0029	0,0014	0,0004	0,0035	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0513	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0028	0,0000	0,0012	0,0000	0,7400	0,743	1,486	2,2
3,15	0,0000	0,0200	0,0004	0,0002	0,0033	0,0027	0,0013	0,0004	0,0032	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0467	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0025	0,0000	0,0010	0,0000	0,6300	0,632	1,264	1,9
4	0,0000	0,0200	0,0004	0,0001	0,0030	0,0025	0,0012	0,0003	0,0030	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0425	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0023	0,0000	0,0008	0,0000	0,4700	0,472	0,945	1,6
5	0,0000	0,0100	0,0003	0,0001	0,0027	0,0022	0,0011	0,0003	0,0027	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0385	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0021	0,0000	0,0006	0,0000	0,3800	0,382	0,764	1,3
6,3	0,0000	0,0100	0,0003	0,0001	0,0025	0,0020	0,0010	0,0003	0,0025	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0349	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0019	0,0000	0,0005	0,0000	0,3100	0,312	0,624	1,0
8	0,0000	0,0100	0,0003	0,0001	0,0023	0,0018	0,0009	0,0003	0,0023	0,0003	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0316	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0017	0,0000	0,0004	0,0000	0,2500	0,252	0,504	0,7
10	0,0000	0,0300	0,0002	0,0001	0,0021	0,0016	0,0008	0,0002	0,0021	0,0003	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0285	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0015	0,0000	0,0003	0,0000	0,2100	0,214	0,428	0,6
12,5	0,0000	0,0100	0,0002	0,0001	0,0019	0,0015	0,0007	0,0002	0,0019	0,0002	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0257	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0014	0,0000	0,0003	0,0000	0,1700	0,172	0,345	0,5
16	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0017	0,0013	0,0007	0,0002	0,0017	0,0002	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0231	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,0002	0,0000	0,1300	0,132	0,264	0,4
20	0,0000	0,0100	0,0002	0,0001	0,0015	0,0012	0,0006	0,0002	0,0015	0,0002	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0208	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0002	0,0000	0,1100	0,112	0,225	0,4
25	0,0000	0,0100	0,0002	0,0000	0,0014	0,0010	0,0005	0,0002	0,0014	0,0002	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0187	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0001	0,0000	0,0900	0,092	0,185	0,4
31,5	0,0000	0,0100	0,0001	0,0000	0,0012	0,0009	0,0005	0,0001	0,0012	0,0001	0,0004	0,0002	0,0000	0,0000	0,0168	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0001	0,0000	0,0700	0,073	0,145	0,4
40	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0011	0,0007	0,0004	0,0001	0,0011	0,0001	0,0005	0,0003	0,0000	0,0000	0,0150	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0001	0,0000	0,0600	0,062	0,124	0,4
50	0,0000	0,0100	0,0001	0,0000	0,0010	0,0006	0,0004	0,0001	0,0010	0,0001	0,0006	0,0004	0,0000	0,0000	0,0135	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0001	0,0000	0,0400	0,043	0,087	0,4
63	0,0000	0,0100	0,0001	0,0000	0,0009	0,0005	0,0003	0,0001	0,0009	0,0001	0,0008	0,0005	0,0000	0,0000	0,0121	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0001	0,0000	0,0400	0,043	0,086	0,4
80	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0008	0,0003	0,0003	0,0001	0,0008	0,0001	0,0010	0,0006	0,0000	0,0000	0,0108	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0300	0,032	0,064	0,4
100	0,0000	0,0600	0,0001	0,0000	0,0007	0,0002	0,0003	0,0001	0,0007	0,0001	0,0013	0,0007	0,0000	0,0000	0,0097	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0300	0,068	0,136	0,4
125	0,0000	0,0100	0,0001	0,0000	0,0007	0,0000	0,0002	0,0001	0,0007	0,0001	0,0016	0,0009	0,0000	0,0000	0,0086	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200	0,024	0,048	0,4
160	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0006	0,0001	0,0002	0,0001	0,0006	0,0001	0,0020	0,0011	0,0000	0,0000	0,0077	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200	0,022	0,043	0,4
200	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0006	0,0003	0,0002	0,0000	0,0005	0,0001	0,0026	0,0014	0,0000	0,0000	0,0069	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100	0,013	0,025	0,4
250	0,0000	0,0100	0,0001	0,0000	0,0005	0,0006	0,0002	0,0000	0,0005	0,0001	0,0033	0,0017	0,0000	0,0000	0,0062	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100	0,016	0,032	0,4
315	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0009	0,0002	0,0000	0,0004	0,0001	0,0041	0,0022	0,0000	0,0000	0,0055	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100	0,012	0,025	0,4
400	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0012	0,0001	0,0000	0,0004	0,0000	0,0052	0,0027	0,0000	0,0000	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100	0,013	0,025	0,4
500	0,0000	0,0100	0,0001	0,0000	0,0005	0,0016	0,0001	0,0000	0,0003	0,0000	0,0065	0,0034	0,0000	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200	0,024	0,048	0,4
630	0,0000	0,0100	0,0001	0,0001	0,0005	0,0022	0,0001	0,0000	0,0003	0,0000	0,0081	0,0043	0,0000	0,0000	0,0039	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0300	0,033	0,066	0,4
800	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0006	0,0028	0,0001	0,0000	0,0003	0,0000	0,0102	0,0055	0,0000	0,0000	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0300	0,032	0,065	0,4
1000	0,0000	0,0100	0,0002	0,0001	0,0006	0,0036	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0127	0,0071	0,0000	0,0000	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0400	0,044	0,088	0,4
1250	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0007	0,0046	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000	0,0158	0,0092	0,0000	0,0000	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0600	0,063	0,126	0,4
1600	0,0000	0,0000	0,0003	0,0002	0,0008	0,0059	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0195	0,0122	0,0000	0,0000	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0700	0,074	0,148	0,4
2000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0002	0,0009	0,0075	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0236	0,0165	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0900	0,095	0,190	0,4
2500	0,0000	0,0000	0,0004	0,0002	0,0012	0,0094	0,0001	0,0002	0,0003	0,0000	0,0276	0,0229	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,1100	0,116	0,232	0,4
3150	0,0000	0,0000	0,0006	0,0003	0,0015	0,0116	0,0002	0,0002	0,0004	0,0000	0,0301	0,0328	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,1400	0,147	0,295	0,4
4000	0,0000	0,0100	0,0009	0,0003	0,0019	0,0139	0,0004	0,0002	0,0008	0,0000	0,0273	0,0487	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,1500	0,161	0,322	0,4
5000	0,0000	0,0000	0,0015	0,0003	0,0026	0,0148	0,0010	0,0003	0,0017	0,0001	0,0128	0,0704	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,1200	0,141	0,281	0,7
6300	0,0000	0,0100	0,0026	0,0001	0,0039	0,0101	0,0021	0,0002	0,0038	0,0004	0,0083	0,0833	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0700	0,110	0,220	1,0
8000	0,0000	0,0100	0,0042	0,0012	0,0061	0,0066	0,0035	0,0001	0,0077	0,0008	0,0236	0,0919	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0020	0,0001	0,0000	0,0003	0,0000	0,3400	0,353	0,707	1,3
10000	0,0000	0,0100	0,0058	0,0028	0,0102	0,0293	0,0039	0,0005	0,0118	0,0013	0,0627	0,1641	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0024	0,0005	0,0000	0,0004	0,0000	0,5000	0,531	1,062	1,6

GUM Uncertainty budget of the determination of sensitivity magnitude level of LS1 microphones (beginning)

	Uncertainty source	Component of Type B uncertainty expressed as rectangular probability distribution halfwidth, in mB, at frequency																			
		2 – 3,15 Hz	4 – 6,3 Hz	8 – 12,5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 – 63 Hz	80 – 125 Hz	160 – 250 Hz	315 – 500 Hz	0,63 – 1 kHz	1,25 – 2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
1	Resistance box accuracy	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2	Calibrated capacitance accuracy	2,38	2,42	2,43	2,44	2,44	2,44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Stray capacitance	8,7	8,86	8,9	8,91	8,91	8,91	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
4	Non Linearity	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5	Radius of coupler	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,1	0,13
6	Velocity of sound (dry air)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,39	0,38	0,37	0,35	0,32	0,27	0,18	0,01
7	Ratio of specific heats	0,15	0,1	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Ambient pressure	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12
9	Density of air	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0,1
10	Length of coupler	0,2	0,2	0,2	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,15	0,11	0,06	0,04	0,24
11	Cavity depth	0,02	0,02	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
12	Front cavity volume	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,24	0,24	0,22	0,2	0,17	0,09	0,05	0,31
13	Theory of adding volume	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,06	0,09	0,14	0,23	0,365	0,6	1,05	1,935
14	Compliance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,09	0,4	0,66	1,11	1,87	2,68	2,32	1,18	5,93
15	Mass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,03	0,11	0,16	0,21	0,19	0,01	0,25	0,31	0,97
16	Resistance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,04	0,14	0,56	0,86	1,28	1,77	1,96	1,2	0,46	2,37
17	Heat conduction theory	3,09	2,76	2,17	1,63	1,47	1,33	1,2	0,86	0,62	0,44	0,31	0,19	0,03	0,05	0,16	0,31	0,49	0,76	1,21	2,08
18	Thermal diffusivity	1,54	1,04	0,73	0,52	0,46	0,41	0,37	0,26	0,18	0,13	0,09	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
19	Capillary radius	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Air viscosity	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Humidity determination	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,07
22	Polarising voltage	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
23	Temperature	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,1	0,17	0,29
24	Pressure radial non-uniformity	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,06	0,22	0,34	0,54	0,86	1,32	2,03	3,08	4,24
25	Microphone temperaturę dependence	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,28	0,29	0,25	0,38	0,84
26	Microphone pressure dependence	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,33	0,34	0,36	0,41	0,43	0,32	0,89	1,60
27	Transmitter ground shield	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
28	Receiver ground shield	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
29	Rounding error	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
30	Frequency	0,35	0,09	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0	0	0	0	0,1	0,13	0,15	0,14	0,05	0,19	0,61	1
Sum of squares		94,5	94,2	91,5	89,4	88,8	88,4	2,8	2,0	1,6	1,4	1,3	1,3	1,7	2,5	4,4	8,8	14,3	13,0	15,9	73,0
Combined B uncertainty (rect. distr. halfwidth)		9,72	9,70	9,56	9,45	9,42	9,40	1,67	1,42	1,27	1,19	1,14	1,13	1,32	1,59	2,11	2,96	3,79	3,61	3,99	8,55
Combined B uncertainty (standard deviation)		**5,61**	**5,60**	**5,52**	**5,46**	**5,44**	**5,43**	**0,96**	**0,82**	**0,73**	**0,69**	**0,66**	**0,65**	**0,76**	**0,92**	**1,22**	**1,71**	**2,19**	**2,08**	**2,30**	**4,93**

GUM Uncertainty budget of the determination of sensitivity magnitude level of LS1 microphones (completion)

Uncertainty source	Component of Type A uncertainty expressed as standard uncertainty (normal prob. distribution, n →∞), in mB, at frequency																			
	2 – 3,15 Hz	4 – 6,3 Hz	8 – 12,5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 – 63 Hz	80 – 125 Hz	160 – 250 Hz	315 – 500 Hz	0,63 – 1 kHz	1,25 – 2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
1 Allowed repeatability	12	2,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,25	1,5	1,75	1,75
2 Front cavity volume	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,34	0,32	0,28	0,24	0,12	0,06	0,44
					`															
Sum of squares	144,1	6,4	2,4	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,6	2,3	3,1	3,3
Type A standard uncertainty combined	**12,01**	**2,53**	**1,55**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	**1,06**	**1,06**	**1,05**	**1,04**	**1,27**	**1,50**	**1,75**	**1,80**

Component name	Component of combined uncertainty, in mB, at frequency																			
	2 – 3,15 Hz	4 – 6,3 Hz	8 – 12,5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 – 63 Hz	80 – 125 Hz	160 – 250 Hz	315 – 500 Hz	0,63 – 1 kHz	1,25 – 2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
Combined expanded B uncertainty at *k*=2	11,23	11,21	11,04	10,92	10,88	10,86	1,92	1,64	1,47	1,37	1,32	1,30	1,52	1,83	2,44	3,42	4,37	4,17	4,61	9,87
Combined expanded A uncertainty at *k*=2	24,01	5,06	3,09	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,13	2,11	2,10	2,08	2,55	3,01	3,50	3,61
Sum of squares	702,6	151,1	131,5	123,7	123,0	122,4	8,3	7,3	6,7	6,5	6,3	6,3	6,8	7,8	10,3	16,0	25,6	26,4	33,5	110,4
Overall expanded uncertainty at *k*=2	26,51	12,29	11,47	11,12	11,09	11,06	2,88	2,69	2,59	2,54	2,51	2,50	2,61	2,80	3,22	4,00	5,06	5,14	5,79	10,51
Overall uncertainty declared, in dB	**0,27**	**0,13**	**0,12**	**0,12**	**0,12**	**0,12**	**0,03**	**0,03**	**0,03**	**0,03**	**0,03**	**0,03**	**0,03**	**0,03**	**0,04**	**0,05**	**0,06**	**0,06**	**0,06**	**0,11**

GUM Uncertainty budget of the determination of sensitivity phase angle of LS1 microphones (beginning)

	Uncertainty source	Component of Type B uncertainty expressed as rectangular probability distribution halfwidth, in hundredths of degree, at frequency																			
		2 – 3,15 Hz	4 – 6,3 Hz	8 – 12,5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 – 63 Hz	80 – 125 Hz	160 – 250 Hz	315 – 500 Hz	0,63 – 1 kHz	1,25 – 2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
1	Resistance box accuracy	0,09	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
2	Calibrated capacitance accuracy	4,91	2,5	1,25	0,63	0,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Stray capacitance	17,82	9,07	4,56	2,28	1,82	1,46	56,35	22,65	22,48	44,94	35,97	35,98	71,85	44,96	56,62	71,85	35,98	45,33	57,53	35,99
4	Non Linearity	25	25	25	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	Radius of coupler	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,07	0,16
6	Velocity of sound (dry air)	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,02	0,05	0,12	0,15	0,2	0,28	0,39	0,53	0,67	0,78
7	Ratio of specific heats	1,61	1,23	0,92	0,67	0,61	0,55	0,49	0,35	0,26	0,18	0,13	0,09	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0	0,02
8	Ambient pressure	0,09	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,04	0,02	0,1
9	Density of air	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03	0,02	0,08
10	Length of coupler	0,11	0,09	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,07	0,09	0,13	0,19	0,3	0,49	0,74	0,99
11	Cavity depth	0,26	0,2	0,16	0,12	0,1	0,1	0,08	0,06	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,04	0,08	0,18	0,38	0,6	0,64
12	Front cavity volume	0,32	0,26	0,18	0,14	0,12	0,12	0,1	0,08	0,06	0,04	0,04	0,06	0,08	0,1	0,14	0,18	0,24	0,32	0,46	0,74
13	Theory of adding volume	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,13	0,32	0,38	0,48	0,62	0,82	1,14	1,64	2,62
14	Compliance	0,02	0,06	0,12	0,24	0,3	0,38	0,46	0,94	1,9	3,8	7,64	15,28	30,08	36,84	44,14	49,18	44,66	24,60	14,74	38,28
15	Mass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,1	0,84	1,62	3,12	5,7	8,24	6,64	3,68	21,66
16	Resistance	0,02	0,02	0,06	0,12	0,14	0,18	0,22	0,44	0,9	1,8	3,58	6,96	12,2	13,5	13,32	9,28	0,12	7,56	8,36	23,3
17	Heat conduction theory	116,51	69,21	42,1	27,07	23,67	20,75	18,15	12,28	8,41	5,69	3,66	1,82	0,64	1,86	3,55	6,02	9,37	14,39	22,11	35,48
18	Thermal diffusivity	14,07	10,72	8	5,88	5,31	4,79	4,3	3,1	2,23	1,59	1,13	0,79	0,53	0,46	0,39	0,31	0,23	0,14	0,01	0,19
19	Capillary radius	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Air viscosity	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Humidity determination	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,06	0,13	0,2
22	Polarising voltage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Temperature	0,29	0,23	0,17	0,13	0,12	0,11	0,1	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	0,13	0,29	0,54	0,8
24	Microphone temperature dependence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,05	0,13	0,16	0,18	0,19	0,18	0,11	0,13	0,77
25	Microphone pressure dependence	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,07	0,13	0,14	0,06	0,17	0,88	2,48	5,15	5,85	1,92
26	Transmitter ground shield	0,2	0,1	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	Receiver ground shield	0,2	0,1	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Rounding error	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
29	Frequency	0	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,29	0,32	0,37	4,16	4,38	4,75	5,42	6,4	7,46	7,24	3,78
Sum of squares		14767	5645	2510	1199	1018	881	3949	1100	1011	2497	1805	2006	6660	4012	5802	8192	3918	3478	4615	5485
Combined B uncertainty (rect. distr. halfwidth)		121,52	75,13	50,10	34,62	31,90	29,69	62,84	33,16	31,79	49,97	42,48	44,78	81,61	63,34	76,17	90,51	62,59	58,97	67,94	74,06
Combined B uncertainty (standard deviation)		**70,16**	**43,38**	**28,92**	**19,99**	**18,42**	**17,14**	**36,28**	**19,15**	**18,35**	**28,85**	**24,53**	**25,86**	**47,12**	**36,57**	**43,98**	**52,26**	**36,14**	**34,05**	**39,22**	**42,76**

GUM Uncertainty budget of the determination of sensitivity phase angle of LS1 microphones (completion)

Uncertainty source	Component of Type A uncertainty expressed as standard uncertainty (normal prob. distribution, n→∞), in hundredths of degree, at frequency																			
	2 – 3,15 Hz	4 – 6,3 Hz	8 – 12,5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 – 63 Hz	80 – 125 Hz	160 – 250 Hz	315 – 500 Hz	0,63 – 1 kHz	1,25 – 2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
1 Allowed repeatability	120	100	90	80	70	70	60	50	40	30	20	20	20	20	20	20	30	30	40	50
2 Front cavity volume	0,48	0,39	0,28	0,22	0,2	0,19	0,16	0,12	0,08	0,08	0,06	0,08	0,14	0,16	0,2	0,26	0,34	0,48	0,7	1,12
					`															
Sum of squares	14400	10000	8100	6400	4900	4900	3600	2500	1600	900	400	400	400	400	400	400	900	900	1600	2501
Type A standard uncertainty combined	**120**	**100**	**90**	**80**	**70**	**70**	**60**	**50**	**40**	**30**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**30**	**30**	**40**	**50**

Component name	Component of combined uncertainty, in hundredths of degree, at frequency																			
	2 – 3,15 Hz	4 – 6,3 Hz	8 – 12,5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 – 63 Hz	80 – 125 Hz	160 – 250 Hz	315 – 500 Hz	0,63 – 1 kHz	1,25 – 2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
Combined expanded B uncertainty at *k*=2	140,3	86,8	57,8	40,0	36,8	34,3	72,6	38,3	36,7	57,7	49,1	51,7	94,2	73,1	88,0	104,5	72,3	68,1	78,4	85,5
Combined expanded A uncertainty at *k*=2	240	200	180	160	140	140	120	100	80	60	40	40	40	40	40	40	60	60	80	100
Sum of squares	77290	47528	35747	27198	20957	20775	19665	11466	7748	6930	4006	4274	10480	6949	9336	12523	8824	8238	12556	17319
Overall expanded uncertainty at *k*=2	278	218	189	165	145	144	140	107	88	83	63	65	102	83	97	112	94	91	112	132
Overall uncertainty declared, in degrees	**2,8**	**2,2**	**1,9**	**1,7**	**1,5**	**1,5**	**1,5**	**1,1**	**0,9**	**0,9**	**0,7**	**0,7**	**1,1**	**0,9**	**1,0**	**1,2**	**1,0**	**1,0**	**1,2**	**1,4**