



**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**

Uncertainty Analysis

Monte Carlo simulation

uživatelská příručka

česká verze

Iva Nachtigalová
Miloslav Suchánek

Metrologická a zkušební laboratoř VŠCHT Praha
přidružená laboratoř ČMI

Obsah

Úvod	3
1 Požadavky aplikace.....	3
2 Způsob práce s aplikací.....	3
3 Ovládání.....	4
4 Zadávání vstupních dat.....	5
4.1 Měření.....	5
4.2 Kalibrace.....	6
5 Spuštění analýzy a interpretace výsledků	7
5.1 Měření.....	7
5.2 Kalibrace.....	9
6 Přepočtení analýzy	9
7 Zprávy listů	12
8 Tisk.....	12
9 Ukládání.....	12

Úvod

Uncertainty Analysis je tabulková aplikace, která provádí analýzu nejistot při měření a kalibraci vycházející ze šíření (propagace) pravděpodobnostního rozdělení. Aplikace v souladu s dokumenty

- *ISO/IEC 98-3:2008 Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995)* vydaným v ČR jako *TNI 01 4109-3:2011 Nejistota měření – Část 3 Pokyn k vyjádření nejistoty měření*
- *ISO/IEC Guide 98-3/Suppl.1:2008 Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995), Supplement 1: Propagation of distribution using Monte Carlo method* vydaným v ČR jako *TNI 01 4109-3.1:2011 Nejistota měření – Část 3 Pokyn k vyjádření nejistoty měření, Doplněk 1: Šíření rozdělení užitím metod Monte Carlo*

vyhodnocuje

- **v případě měření** hodnotu, standardní nejistotou a pravděpodobnostní rozdělení výsledku měření, a to z rovnice modelu měření a z odhadů vstupních veličin simulovaných metodou Monte Carlo na základě jejich předpokládaného rozdělení
- **v případě kalibrace**
 1. hodnoty a standardní nejistoty koeficientů lineárního kalibračního vztahu mezi odhady měření a odpovídajícími odhady indikací z etalonu simulovanými metodou Monte Carlo na základě normálního rozdělení, a to pomocí bilineární regrese s nejistotami na obou osách
 2. hodnotu a standardní nejistotu výsledku měření neznámého vzorku korigovanou na výtěžnost, a to z rovnice lineárního kalibračního vztahu a z odhadu indikace ze vzorku simulované metodou Monte Carlo na základě normálního rozdělení

Aplikaci tvoří soubor *UncertaintyAnalysis.xlsm* programu MS Excel, kterou doplňuje tato uživatelská příručka.

Pozn.: Model měření předpokládá libovolnou rovnici s jednou výstupní – měřenou veličinou a max. deseti vstupními veličinami s normálním, rovnoměrným nebo symetrickým trojúhelníkovým pravděpodobnostním rozdělením. Kalibrační tabulka předpokládá max. deset kalibračních párů měření a odpovídajících indikací poskytovaných etalonem.

Pozn.: Jak v případě měření, tak v případě kalibrace aplikace generuje vždy 5000 odhadů veličin.

1 Požadavky aplikace

Soubor *UncertaintyAnalysis.xlsm* je šablona sešitu programu MS Excel 2007 a 2010, která obsahuje makra (kódy programovacího jazyka *Visual Basic for Application*). Aplikace proto vyžaduje instalaci programu MS Excel některé z uvedených verzí a povolené vykonávání maker (trvale v Centru zabezpečení anebo dočasně při spouštění aplikace v panelu zpráv – více viz odkazy Povolení nebo zákaz maker v souborech systému [Office 2007](#) a [Office 2010](#)).

2 Způsob práce s aplikací

Šablona *UncertaintyAnalysis.xlsm* slouží jako vzor pro uživatelem vytvářené sešity a není určena k editaci. Chce-li uživatel vkládat vstupní data a provádět analýzy nejistot, musí založit ze šablony nový sešit (soubor s příponou XLSM) a dále pracovat jen s ním.

Pozn.: Nový sešit lze založit poklepáním na šablonu v libovolném manažeru souborů OS Windows (např. Průzkumník, Total Commander apod.) nebo v dialogovém okně pod příkazem *Nový > Nový*

z existujícího uvnitř programu MS Excel. Nový sešit převezme ze šablony přeformátované listy, kódy VBA i prvky uživatelského rozhraní, šablona však zůstane zachována pro další použití.

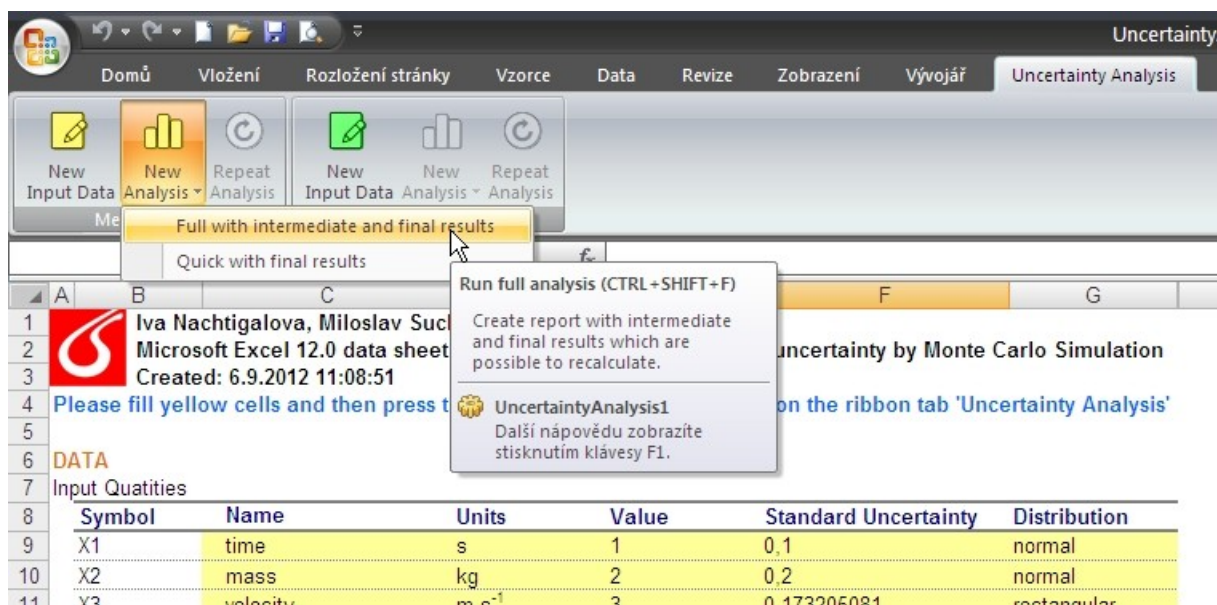
Pozn.: Dojde-li omylem ke změně šablony, nelze zajistit plnou funkčnost aplikace. V takovém případě je nutné šablonu stáhnout znovu.

Způsob práce s aplikací – sešitem je jednoduchý: v prvním kroku je nutné zadat vstupní data (viz kap. 3 a 4), v druhém kroku se poté spouští vybraná analýza, kterou je v případě potřeby možné i přepočítat (viz kap. 3 a 0). S generovanými listy a sešitem lze nakládat standardním způsobem (více o tisku a ukládání v kap. 0 a 9).

3 Ovládání

Každý sešit založený ze šablony obsahuje novou kartu pásu karet (jako poslední v pořadí) s názvem *Uncertainty Analysis*, která obsahuje prvky pro ovládání aplikace (viz obr. 1). Prvky jsou rozděleny do dvou skupin – skupiny *Measurement* určené pro provádění analýz nejistot při měření a skupiny *Calibration* určené pro provádění analýz nejistot při kalibraci. Funkce tlačítek v obou skupinách jsou následující:

- *New Input Data*
Tlačítko, které otevře nový list pojmenovaný *MData #* nebo *CData #* pro zadávání vstupních dat.
- *New Analysis*
Menu s nabídkou dvou tlačítek: tlačítkem *Full with intermediate and final results*, které provede analýzu nejistot a vygeneruje nový list pojmenovaný *MReport #* nebo *CReport #* s dílčími výpočty a konečnými výsledky, a dále tlačítkem *Quick with final results*, které provede tutéž analýzu, ale vygeneruje list jen s konečnými výsledky. Menu je dostupné tehdy, je-li aktivní některý list se vstupními daty.
- *Repeat Analysis*
Tlačítko, které přepočítá analýzu nejistot. Je dostupné tehdy, je-li aktivní některý list s dílčími výpočty a konečnými výsledky, které byly vygenerovány tlačítkem *Full with intermediate and final results*.



Obr. 1 Karta *Uncertainty Analysis* a příslušná tlačítka

Pozn.: Makra provádějící akce spojené s tlačítky lze spouštět také klávesovými zkratkami, které se zobrazují v bublinkové nápovědě tlačítek, anebo výběrem ze seznamu maker v dialogovém okně pod tlačítkem *Makra* na kartě *Vývojář*.

Pozn.: Dojde-li k pádu sešitu nebo programu MS Excel, karta *Uncertainty Analysis* nebo její ovládací prvky nemusí být přístupné. V takovém případě je nutné program MS Excel restartovat a sešit znovu otevřít.

4 Zadávání vstupních dat

Vstupní data pro analýzu nejistot se zadávají do podbarvených buněk listu, který byl vygenerován tlačítkem *New Input Data* (viz kap. 3).

Pozn.: Buňky určené k zadávání vstupních dat jsou pro snadnou orientaci podbarveny stejně jako tlačítka, které generují listy a tlačítka, které spouští nebo přepočítávají analýzu nejistot. Stejně jsou podbarveny i buňky s konečnými výsledky analýz nejistot a záložky všech generovaných listů.

Pozn.: Aplikace je ošetřena tak, aby uživatel nemohl vkládat údaje jiných hodnot nebo datových typů než je požadováno. Z tohoto důvodu nelze vkládat data kopírováním z jiných listů, souborů nebo programů.

4.1 Měření

Analýza nejistot při měření vyžaduje vložení následujících dat:

- *Name*
Názvy nebo popisky vstupních veličin modelu měření (v tabulce *Input Quantities*) a výstupní veličiny modelu měření – měřené veličiny (v tabulce *Measurand*).
- *Units*
Jednotky vstupních veličin modelu měření (v tabulce *Input Quantities*) a výstupní veličiny modelu měření – měřené veličiny (v tabulce *Measurand*).
- *Value*
(Průměrné) hodnoty vstupních veličin modelu měření.
- *Distribution*
Přepokládané pravděpodobnostní rozdělení hodnot vstupních veličin rovnice měření.
- *Standard Uncertainty*
Standardní nejistoty vstupních veličin modelu měření. V případě předpokladu **normálního** rozdělení hodnot veličiny se vkládá směrodatná odchylka; v případě předpokladu **rovnoměrného** resp. **symetrického trojúhelníkového** rozdělení a znalosti poloviny šířky intervalu rozložení x , který má stanovenou pravděpodobnost pokrytí, lze místo směrodatné odchylky vložit excelovský vzorec $=x/3^{0,5}$ resp. $=x/6^{0,5}$ pro její výpočet (viz obr. 2).
- *Function*
Excelovský vzorec funkce měření (pro výpočet výstupní – měřené veličiny), jehož argumenty musí být adresy buněk ze sloupce *Name* tabulky *Input Quantities*. Zadává se přes dialogové okno a v buňce se po zadání zobrazuje v symbolickém tvaru (viz obr. 3).

Kromě uvedených povinných dat může uživatel do buněk pod popiskem *Your Notices* vkládat i nepovinné poznámky.

Pozn.: Excelovský vzorec funkce měření musí začínat znakem = a může obsahovat pouze povolené znaky, tj. čísla, symboly matematických operátorů, kulaté závorky a adresy buněk s názvy vstupních proměnných ze sloupce *Name*. Adresy však není třeba vkládat z klávesnice – pokud během psaní vzorce uživatel klepne myší na buňku ze sloupce *Name*, MS Excel vloží do vzorce v místě kurzoru odpovídající adresu buňky.

DATA

Input Quantities

Symbol	Name	Units	Value	Standard Uncertainty	Distribution
X1	a	mol	1	0,1	normal
X2	c	g	2	0,2	normal
X3	b	mol	3	=0,3/3^0,5	rectangular
X4	d	g	4	0,163299316	
X5	e	g	5	0,5	
X6	DUMMY				
X7	DUMMY				
X8	DUMMY				
X9	DUMMY				
X10	DUMMY				

Input Quantities
 In case of NORMAL distribution insert the standard deviation of the input quantity.
 In case of RECTANGULAR and TRIANGULAR distribution insert the formula $=x/3^{0,5}$ and $=x/6^{0,5}$ respectively, where x is the value of the half-width.

Measurand

Symbol	Name	Units	Function
Y	cB	mol l-1	=(a+c+b)/(d+e)

Your notices:

Obr. 2 List MData – vkládání excelovského vzorce pro výpočet standardní nejistoty vstupní veličiny b s rovnoměrným rozdělením hodnot

DATA

Input Quantities

Symbol	Name	Units	Value	Standard Uncertainty	Distribution
X1	a	mol	1	0,1	normal
X2	c	g			
X3	b	mol			
X4	d	g			
X5	e	g			
X6	DUMMY				
X7	DUMMY				
X8	DUMMY				
X9	DUMMY				
X10	DUMMY				

Uncertainty Analysis

Insert the formula for the measurement function of measurand with cell addresses of names of input quantities.

Note: After inserting the formula will be displayed in the symbolic form.

=C\$9+C\$11

OK Storno

Measurand

Symbol	Name	Units	Function
Y	cB	mol l-1	=(a+c+b)/(d+e)

Your notices:

Obr. 3 List MData – vkládání excelovského vzorce funkce měření

4.2 Kalibrace

Analýza nejistot při kalibraci vyžaduje vložení následujících dat:

- *Name*
Název nebo popis měřené veličiny.
- *Units*
Jednotka měřené veličiny a jednotka odpovídajícího signálu poskytnutého etalonem – měřícím standardem.
- *Value*
Hodnoty měřené veličiny a odpovídajících indikací poskytnutých etalonem – měřícím standardem (v tabulce *Calibration Table*) a hodnota měřené veličiny ve vzorku (v tabulce *Measurement*).
- *Recovery*
Výtěžnost měřené veličiny ze vzorku.

- *Standard Uncertainty*

Standardní nejistoty měřené veličiny a standardní nejistoty přidružené indikacím poskytnuté etalonem – měřicím standardem (v tabulce *Calibration Table*), standardní nejistota výtěžnosti měřené veličiny ze vzorku a standardní nejistota přidružená indikaci ze vzorku (v tabulce *Measurement*).

Kromě uvedených povinných dat může uživatel do buněk pod popiskem *Your Notices* vkládat i nepovinné poznámky (viz obr. 4).

DATA

Calibration Table

Symbol	X cal		Y cal	
Name	mA		Signal from Measurement Standard	
Units	mol		V	
Point No.	Value	Standard Uncertainty	Value	Standard Uncertainty
1	1	0,05	20123	312
2	2	0,09	41100	315
3	3	0,11	60090	712
4	4	0,23	80400	716
5	5	0,3	100230	
6				
7				
8				
9				
10				

Measurement

Symbol	X sample		Y sample	
Name	mA		Signal from Sample	
	Recovery	Standard Uncertainty	Value	Standard Uncertainty
	0,8	0,1	50230	500

Your notices:

Obr. 4 List CData – vkládání hodnoty indikace z etalonu

5 Spuštění analýzy a interpretace výsledků

Analýza nejistot se spouští jedním ze dvou tlačítek pod menu *New Analysis* (viz kap. 3) z aktivního listu se vstupními daty, o stavu analýzy je uživatel informován na stavové liště programu MS Excel. Obě tlačítka generují listy s totožnými konečnými výsledky, pouze listy generované tlačítkem *Full with intermediate and final results* obsahují dílčí mezivýsledky a také vzorce, díky kterým lze analýzu nejistot přepočítat (viz kap. 0).

5.1 Měření

Listy s analýzou nejistot při měření (viz obr. 5) obsahují pod popiskem *DATA* zadávaná vstupní data, pod ostatními popisky pak konečné, příp. dílčí výsledky. Jejich význam je následující:

- *ESTIMATION OF INPUT QUANTITIES*

Tabulka *Input Quantities* s názvy, jednotkami, rozděleními, odhadovanými hodnotami a odhadovanými standardními nejistotami vstupních veličin modelu měření. V případě analýzy generované tlačítkem *Full with intermediate and final results* obsahuje navíc jednotlivé hodnoty veličin, které byly simulovány metodou Monte Carlo na základě předpokládaného rozdělení a použity k výpočtu odhadů.

DATA

Input quantities										
Name	a	c	b	d	e	DUMMY	DUMMY	DUMMY	DUMMY	DUMMY
Units	mol	g	mol	g	g					
Value	1	2	3	4	5					
Standard Uncertainty	0,1	0,2	0,17320508	0,16329932	0,5					
Distribution	normal	normal	rectangular	triangular	normal					

Measurand	
Name	cB
Units	mol l-1
Function	$=(a+c+b)/(d+e)$

ESTIMATION OF INPUT QUANTITIES

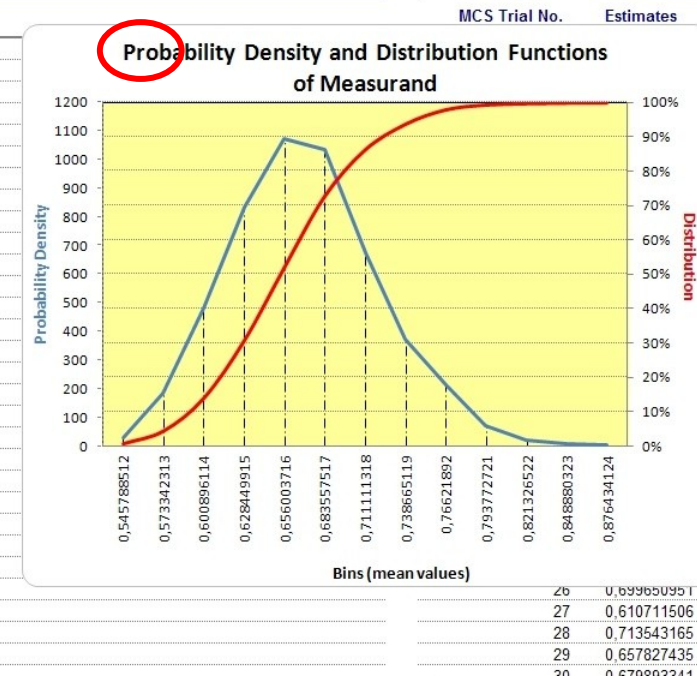
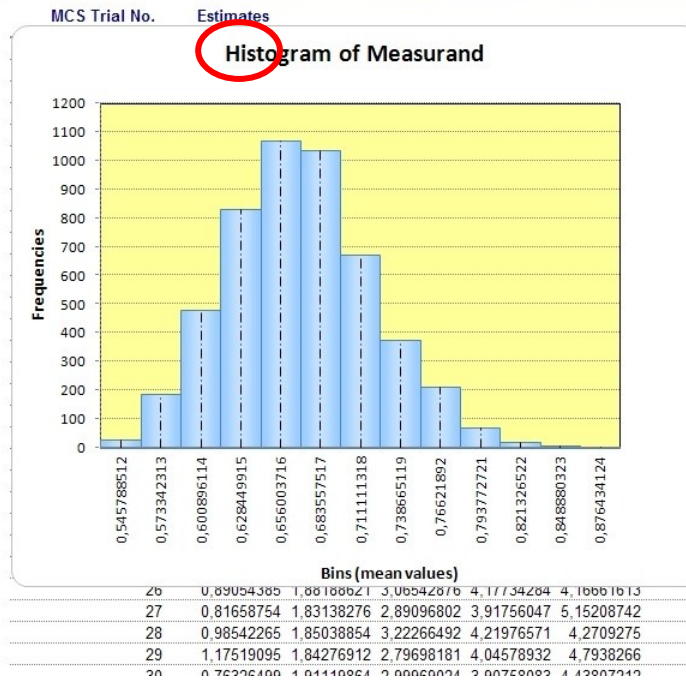
Input quantities										
Name	a	c	b	d	e	DUMMY	DUMMY	DUMMY	DUMMY	DUMMY
Units	mol	g	mol	g	g					
Value	0,99999757	2,00043099	3,00001625	4,00417977	4,99343517					
Standard Uncertainty	0,09880352	0,19793893	0,17317049	0,15905354	0,49852955					
Distribution	normal	normal	rectangular	triangular	normal					

ESTIMATION OF MEASURAND

Measurand	
Name	cB
Units	mol l-1
Value	0,669549854
Standard Uncertainty	0,050759966
Distribution	normal

ESTIMATED MEASURAND HISTOGRAM, PROBABILITY D

Parameters	
Num of values	5000
Min	0,532011612
Max	0,890211025
Num of bins	13
Bins width	0,027553801



Bins, frequencies and distribution function

Bins			
No.	Lower limit	Mean	Upper lin
1	0,532011612	0,545788512	0,5595654
2	0,559565413	0,573342313	0,5871192
3	0,587119214	0,600896114	0,6146730
4	0,614673015	0,628449915	0,6422266
5	0,642226616	0,656003716	0,6697806
6	0,669780617	0,683557517	0,6973344
7	0,697334418	0,711111318	0,7248882
8	0,724888219	0,738665119	0,752442
9	0,75244202	0,76621892	0,7799958
10	0,779995821	0,793772721	0,8075496
11	0,807549622	0,821326522	0,8351034
12	0,835103423	0,848880323	0,8626572
13	0,862657224	0,876434124	0,8902110

Obr. 5 List MReport - dílčí i konečné výsledky vygenerované tlačítkem Full with intermediate and final results

- **ESTIMATION OF MEASURAND**
Tabulka *Measurand* s názvem, jednotkou, odhadovanou hodnotou a odhadovanou standardní nejistotou výstupní – měřené veličiny modelu měření. V případě analýzy generované tlačítkem *Full with intermediate and final results* obsahuje navíc jednotlivé hodnoty výstupní – měřené veličiny, které byly získány z funkce modelu měření a použity k výpočtu odhadů.
- **ESTIMATED MEASURAND HISTOGRAM, PROBABILITY DENSITY FUNCTION AND DISTRIBUTION FUNCTION**
Tabulka *Parameters* a tabulka *Bins, frequencies and distribution function* s parametry, šířkami tříd a četnostmi, které jsou zdrojovými daty odhadovaného histogramu *Histogram of Measurand*, grafů odhadované hustoty rozdělení pravděpodobnosti a odhadované distribuční funkce výstupní - měřené veličiny *Probability Density and Distribution Functions of Measurand*.

5.2 Kalibrace

Listy s analýzou nejistot při kalibraci (viz obr. 6 a 7) obsahují pod popiskem *DATA* zadávaná vstupní data, pod ostatními popisky pak konečné, příp. dílčí výsledky. Jejich význam je následující:

- **ESTIMATION OF MEASURAND AND SIGNAL PROVIDED BY MEASUREMENT STANDARD**
Tabulka *Calibration Table* s názvy, jednotkami, odhadovanými hodnotami a odhadovanými standardními nejistotami měřené veličiny a odpovídajících indikací poskytovaných etalonem – měřícím standardem. Tabulka vygenerovaná tlačítkem *Full with intermediate and final results* obsahuje navíc jednotlivé hodnoty měřené veličiny a indikací, které byly simulovány metodou Monte Carlo na základě normálního rozdělení.
- **ESTIMATION OF COEFFICIENTS OF CALIBRATION FUNCTION**
Tabulka *Calibration Function* s hodnotami a standardními nejistotami koeficientů b_2 a b_1 kalibrační křivky $Y = b_2X + b_1$, které byly vypočteny z odhadovaných údajů kalibrační tabulky metodou bilineární regrese s nejistotami na obou osách. List vygenerovaný tlačítkem *Full with intermediate and final results* obsahuje navíc tabulku *Bilinear Least Squares Regression*, která kromě koeficientů b_2 a b_1 a jejich standardních nejistot $su(b_1)$ a $su(b_2)$ počítá i další statistické údaje – korelační koeficient $ro(b_1, b_2)$, kovarianci $covar(b_1, b_2)$, součet čtverců odchylek S a počet stupňů volnosti df .
- **ESTIMATION OF MEASURAND AND SIGNAL PROVIDED BY SAMPLE**
Tabulka *Measurement* s názvem, jednotkou, odhadovanou hodnotou a odhadovanou standardní nejistotou měřené veličiny (po korekci na výtěžnost) a odpovídající indikace ze vzorku. Tabulka vygenerovaná tlačítkem *Full with intermediate and final results* obsahuje navíc jednotlivé hodnoty indikace ze vzorku, které byly simulovány metodou Monte Carlo na základě normálního rozdělení.

6 Přepočtení analýzy

Listy s dílčími výpočty a konečnými výsledky analýz nejistot, které byly vygenerovány tlačítkem *Full with intermediate and final results*, lze díky obsaženým vzorcům přepočítat. Přepočet analýzy nejistot se spouští tlačítkem *Repeat Analysis* (viz kap. 3) z aktivního listu s dílčími výpočty a konečnými výsledky analýz nejistot, o stavu přepočtu je uživatel informován na stavové liště programu MS Excel.

Pozn.: Analýza nejistot při měření a kalibracích je založena na odhadech veličin simulovaných metodou Monte Carlo, která využívá vestavěné excelovské funkce NÁHČÍSLO pro generování náhodných čísel z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Při každém přepočtu vzorců jsou proto odhady veličin a tedy výsledky analýz nepatrně jiné.

Pozn.: Listy s konečnými výsledky analýz nejistot, které byly vygenerovány tlačítkem *Quick with final results*, vzorce neobsahují a nelze je přepočítat.

DATA
Calibration Table

Name	Units	Point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mA	mol	Value	1	2	3	4	5					
		Standard Uncertainty	0,05	0,09	0,11	0,23	0,3					
Signal from	V	Value	20123	41100	60090	80400	100230					
Measurement Standard		Standard Uncertainty	312	315	712	716	295					

ESTIMATION OF MEASURAND AND SIGNAL PROVIDED BY MEASUREMENT STANDARD
Calibration Table

Name	Units	Point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mA	mol	Value	1,00072099	2,00005184	2,99877728	4,00312269	5,00497975					
		Standard Uncertainty	0,05031928	0,08965392	0,10924113	0,23403363	0,29863374					
Signal from	V	Value	20117,9213	41102,8935	60086,9113	80402,653	100232,31					
Measurement Standard		Standard Uncertainty	315,812765	318,368953	709,514314	728,139146	292,30318					

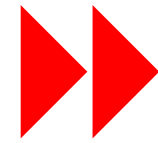
MCS Trial No.	Estimates									
1	1,03907897	1,9110412	3,12258785	4,15804587	5,50363457	20599,3328	41010,4976	60287,6293	78801,3672	100475,346
2	0,97558359	2,22289002	3,21066845	3,97473929	5,29533892	20281,7729	41180,6545	60729,5507	80872,24	100294,608
3	0,96314306	2,05654396	3,07988301	3,84411211	4,88802126	20381,0164	41207,3537	59920,2569	80442,9825	100748,368
4	0,89060212	2,09329658	3,08244414	3,7704896	4,86586074	20161,2954	41323,984	59895,2092	80112,7638	100452,468
5	1,01776502	2,18597535	3,23480753	4,17481681	4,6904533	20310,9673	40964,1797	59578,9294	81247,9801	100121,948
6	1,0404725	1,85756952	2,9805875	4,19316029	4,50686467	19687,9517	40937,7622	59313,4273	81210,2112	100240,936
7	1,01775423	1,95536754	2,95359563	3,94740647	4,89396906	20604,9046	40946,1544	59817,9161	79934,4208	100081,111
8	0,93976595	1,80142521	3,03978017	4,23858562	5,25872787	19587,3134	41267,1616	60478,569	80318,0547	100571,062
9	1,03481424	2,05130458	3,02859562	4,14171526	4,90665983	20077,4211	40471,4126	59853,533	81050,4384	100099,219
10	0,95828235	1,96769193	2,86104279	4,40008614	4,83587154	20301,9216	41115,4512	59226,1304	79785,1391	100163,692
11	0,98117659	2,10446943	2,92425187	3,61139973	5,03020866	19870,1725	41148,9519	59992,797	80561,0727	100598,533
12	0,97356792	2,04312231	2,95447992	4,08696637	4,73703907	19785,6522	40887,2936	60997,6597	79613,0465	99766,8961
13	1,06969096	1,98704748	3,0938619	3,76766324	4,73156143	20342,7844	40594,7522	60054,8823	81101,7128	99932,6901
14	1,02254571	1,93700914	3,09811642	3,97677941	4,96216362	20138,7263	41015,8141	61270,1302	80629,9143	100620,349
15	0,96516399	1,85727368	2,87106711	3,58046343	5,37103202	20020,5471	41067,1084	60332,9822	81028,9029	99500,1289

ESTIMATION OF COEFFICIENTS OF CALIBRATION FUNCTION
Calibration Function

Equation	Value	Standard Uncertainty
Y = b2 * X + b1	131,9197942	446,1046487
b1	20113,92707	236,0274757
b2		

Bilinear Least Squares Regression

	b1	b2	
	131,919794	20113,9271	
su	446,104649	236,027476	su
ro(b1,b2)	-0,8643148	-91006,261	covar(b1,b2)
S	0,21854654	5	df

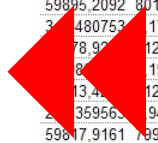


Obr. 6 List CReport – levá část se vstupními daty, odhady bodů kalibrační tabulky a koeficientů kalibrační křivky vygenerovanými tlačítkem Full with intermediate and final results

3	4	5	6	7	8	9	10
3	4	5					
0.11	0.23	0.3					
60090	80400	100230					
712	716	295					

3	4	5	6	7	8	9	10
2.99877728	4.00312269	5.00497975					
0.10924113	0.23403363	0.29863374					
60086.9113	80402.653	100232.31					
709.514314	728.139146	292.30318					

3.12258785	4.15804587	5.50363457					
60287.6293	78801.3672	100475.346					
3.21066845	3.97473929	5.29533892					
60729.5507	80872.24	100294.608					
3.07988301	3.84411211	4.88802126					
59920.2569	80442.9825	100748.368					
3.08244414	3.7704896	4.86586074					
59895.2092	80112.7638	100452.468					
3.4480753	4.17481681	4.6904533					
6078.90	81247.9801	100121.948					
3.80	3.19316029	4.50686467					
6013.4	81210.2112	100240.936					
2.35956	3.94740647	4.89396906					
59817.9161	79934.4208	100081.111					
3.03978017	4.23858562	5.25872787					
60478.569	80318.0547	100571.062					
3.02859562	4.14171526	4.90665983					
59853.533	81050.4384	100099.219					
2.86104279	4.40008614	4.83587154					
59226.1304	79785.1391	100163.692					
2.92425187	3.61139973	5.03020866					
59992.797	80561.0727	100598.533					
2.95447992	4.08696637	4.73703907					
60997.6597	79613.0465	99766.8961					
3.0938619	3.76766324	4.73156143					
60054.8823	81101.7128	99932.6901					
3.09811642	3.97677941	4.96216362					
61270.1302	80629.9143	100620.349					
2.87106711	3.58046343	5.37103202					



Measurement			
Name	Units		
mA	mol	Recovery	0.8
		Standard Uncertainty	0.1
Signal from Sample	V	Value	50230
		Standard Uncertainty	500

ESTIMATION OF COEFFICIENTS OF CALIBRATION FUNCTION
Calibration Function

Equation	Value	Y = b2*X + b1
b1	Standard Uncertainty	131.9197942 446.1046487
b2	Standard Uncertainty	20113.92707 236.0274757

ESTIMATION OF MEASURAND AND SIGNAL PROVIDED BY SAMPLE
Measurement

Name	Units	Value	
mA	mol	Value	3.11339501
		Standard Uncertainty	0.39086406
Signal from Sample	V	Value	50219.6745
		Standard Uncertainty	494.934723

Bilinear Least Squares Regression

	b1	b2	
	131.919794	20113.9271	
su	446.104649	236.027476	su
ro(b1,b2)	-0.8643148	-91006.261	covar(b1,b2)
S	0.21854654	5	df

MCS Trial No.	Estimates
1	50707.0154
2	49953.2021
3	50601.8535
4	50839.8977
5	49188.0509
6	50315.4141
7	49679.7066
8	50530.8918
9	49910.4739
10	50258.5044
11	49909.168
12	50251.5358
13	48975.3802
14	49921.6129
15	50669.5740

Obr. 7 List CReport – pravá část s hodnotami a standardními nejistotami měření a indikace ze vzorku vygenerovaná tlačítkem Full with intermediate and final results

7 Zprávy listů

Všechny generované listy potvrzují úspěšné vložení dat a provedení analýz nejistot, v opačném případě upozorňují uživatele na možné chyby. Zprávy listů se zobrazují vždy na řádku č. 4 pod identifikační hlavičkou listu a jsou barevně odlišeny (viz obr. 8)

	A	B	C	D	E		A	B	C	D
1		Iva Nachtigalova, Miloslav Suchanek, ICT Prague, 2012				1		Iva Nachtigalova, Miloslav Suchanek,		
2		Microsoft Excel 12.0 data sheet for evaluation of measur				2		Microsoft Excel 12.0 report for evalua		
3		Created: 6.11.2012 13:57:55				3		Created: 6.11.2012 14:01:05		
4		Data error: Check data in table(s) Input Quantities, Measurand				4		Report OK		
5						5				
6		DATA				6		DATA		
7		Input Quantities				7		Input Quantities		
8		Symbol	Name	Units	Value	8		Name	time	r
9		V1	DUMMY			9		Units		

Obr. 8 Zpráva listu upozorňující na chyby při vkládání dat (vlevo) a potvrzující úspěšné provedení analýzy (vpravo)

8 Tisk

Vstupní data lze tisknout z listu se vstupními daty a výsledky analýzy nejistot nejlépe – vzhledem k menšímu množství obsažených dat – z listu s konečnými výsledky, který byl vygenerován tlačítkem *Quick with final results*. Náhled tisku nebo tisk se vyvolávají standardními příkazy programu MS Excel.

Pozn.: Parametry tisku jsou nastaveny tak, aby vstupní data i výsledky analýz nejistot vždy obsahovaly identifikační hlavičku příslušného listu a pokryly jeden list A4. Po připojení tiskárny uživatele však může dojít k automatickému upravení okrajů tisku a rozdělení dat na více listů.

9 Ukládání

Každý sešit založený ze šablony obsahuje kódy VBA, které ošetřují zadávání vstupních dat, generují odhady veličin pomocí metody Monte Carlo, počítají koeficienty kalibrační přímky, vykreslují grafy a zajišťují funkce spojené s ovládacími tlačítky karty *Uncertainty Analysis*. Aby tak aplikace zůstala plně funkční, musí být sešit uložen s povolenými makry (s příponou XLSM).

Pozn.: Pokud bude sešit uložen bez povolených maker (s příponou XLSX), dojde k nevratné (!) ztrátě kódů VBA a funkčnosti aplikace.

Pozn.: Listy s dílčími výpočty a konečnými výsledky analýz nejistot, které byly vygenerovány tlačítkem *Full with intermediate and final results*, zpomalují díky velkému množství dat a vzorců otevírání a ukládání sešitu a výrazně zvětšují jeho velikost. V případě provádění většího počtu analýz nejistot je proto vhodnější pracovat s více sešity.