

GUIDE

OIML G 1-GUM 1

Vydání 2023 (E)

**Příručka pro vyjadřování nejistoty měření —
Část 1: Úvod**



ORGANISATION INTERNATIONALE
DE MÉTROLOGIE LÉGALE

INTERNATIONAL ORGANIZATION
OF LEGAL METROLOGY

Obsah

Úvod OIML	4
Poznámka	5
JCGM GUM 1 Část 1.....	7

Úvod OIML

Mezinárodní organizace pro legální metrologii (International Organisation of Legal Metrology, OIML) je světová mezivládní organizace, jejímž hlavním cílem je harmonizovat předpisy a metrologický dozor vykonávaný národními metrologickými službami nebo obdobnými institucemi členských států.

Hlavní kategorie publikací vydávaných OIML jsou následující:

- **Mezinárodní doporučení (International Recommendations, OIML R)**, které představují vzorové předpisy stanovující požadované metrologické charakteristiky příslušných měřidel a které specifikují metody a vybavení pro zkoušení jejich shody. Tato doporučení mají být členskými státy OIML implementována v maximálním možném rozsahu.
- **Mezinárodní dokumenty (International Documents, OIML D)**, které jsou informativní povahy a jsou určeny k harmonizaci a zkvalitnění činností v oblasti legální metrologie).
- **Mezinárodní příručky (International Guides, OIML G)**, které jsou také informativní povahy a jejich cílem je poskytnout pokyny pro aplikaci určitých požadavků v legální metrologii.
- **Mezinárodní základní publikace (International Basic Publications, OIML B)**, které definují pravidla fungování různých struktur a systémů OIML.

Návrhy doporučení, dokumentů a příruček OIML vypracovávají projektové skupiny propojené s technickými výbory nebo podvýbory, které jsou složeny ze zástupců členských států. Formou konzultací se rovněž účastní mezinárodní a regionální instituce. Mezi OIML a některými z institucí, jako jsou ISO a IEC, byly uzavřeny dohody o spolupráci s cílem vyhnout se protichůdným požadavkům. Díky tomu mohou výrobci a uživatelé měřidel, zkušební laboratoře atd. používat současně publikace OIML i jiných institucí.

Mezinárodní doporučení, dokumenty, příručky a základní publikace jsou vydávány v angličtině (E) a překládány do francouzštiny (F) a procházejí pravidelně revizemi.

Kromě toho se OIML podílí spolu s dalšími institucemi ve Společných výborech (Joint Committees) na vývoji **Slovníků (Vocabularies, OIML V)** a **Společných příruček (Joint Guides, G)** a pravidelně pověřuje odborníky v legální metrologii zpracováním **Expertních zpráv (Expert Reports, OIML E)**. Tyto Expertní zprávy jsou určeny k poskytování informací a sdělení a jsou psány výhradně z pohledu jejich autora, bez zapojení technické komise, podvýboru nebo CIML. Nemusí tedy nutně reprezentovat názory OIML.

Tato publikace s označením OIML G 1-GUM 1:2023 (E) obsahuje dílo JCGM GUM 1:2023, které bylo vypracováno Společným výborem pro metrologické příručky (JCGM, jehož je OIML členskou organizací), a je vydáno jako Příručka OIML v souladu s podmínkami Charty JCGM.

Publikace OIML je možné stahovat z webových stránek OIML ve formátu PDF. Další informace o publikacích OIML je možné získat v sídle organizace:

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris – France
Telephone: 33 (0)1 48 78 12 82
Fax: 33 (0)1 42 82 17 27
E-mail: biml@oiml.org
Internet: www.oiml.org

Poznámka

Dosud OIML vydala následující dokumenty JCGM:

- OIML G 1-100:2008 *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement* (JCGM 100:2008) (v češtině vydal ÚNMZ r. 2012 jako Sborník technické harmonizace)
- OIML G 1-101:2008 *Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement – Propagation of distributions using a Monte Carlo method”* (JCGM 101:2008)
- OIML G 1-102:2011 *Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” - Extension to any number of output quantities* (JCGM 102:2011)
- OIML G 1-104:2009 *Evaluation of measurement data – An introduction to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” and related documents* (JCGM 102:2009)
- OIML G 1-106:2012 *Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment* (JCGM 102:2009)
- OIML V 2-200:2012 *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)*. 3rd Edition (Bilingual E/F) – (Edition 2010 with minor corrections) (JCGM 200:2012)
- OIML G 1-GUM 6:2020 *Guide to the expression of uncertainty in measurement – Part 6: Developing and using measurement models*

Příručka pro vyjadřování nejistoty měření
— Část 1: Úvod

JCGM GUM-1:2023

© JCGM 2023

Autorská práva k této příručce JCGM jsou sdílena společně členskými organizacemi JCGM (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML).

Copyright

I když jsou elektronické verze k dispozici zdarma na webových stránkách jedné nebo více členských organizací JCGM, ekonomická a morální autorská práva vztahující se ke všem publikacím JCGM jsou mezinárodně chráněna. JCGM nepovoluje bez svého písemného souhlasu třetím stranám přepisovat nebo měnit značku, prodávat kopie veřejnosti nebo vysílat nebo používat on-line své publikace. Stejně tak se JCGM ohrazuje proti zkreslování, rozšiřování nebo parodování svých publikací, včetně názvů, sloganů a log svých i svých členských organizací.

Oficiální verze a překlady

Jedinými oficiálními verzemi dokumentů jsou verze uveřejněné JCGM v původních jazykových zněních.

Publikace JCGM mohou být přeloženy do jiných jazyků než těch, v nichž je původně vydal JCGM. Povolení musí JCGM vydat před zpracováním překladu. Všechny překlady musí zachovat původní a oficiální formát vzorců a jednotek (bez jakéhokoli převodu na jiné vzorce a jednotky) a obsahovat následující prohlášení (přeložené do příslušného jazyka):

Všechny produkty JCGM jsou mezinárodně chráněny autorským právem. Tento překlad původního dokumentu JCGM byl zpracován se svolením JCGM. JCGM si ponechává plná mezinárodně chráněná autorská práva na design a obsah tohoto dokumentu, na názvy, slogany a loga JCGM. Také členské organizace JCGM si ponechávají plné mezinárodně chráněné právo na své názvy, slogany a loga obsažená v publikacích JCGM. Jedinou oficiální verzí je dokument vydaný JCGM v původních jazycích.

JCGM nepřebírá žádnou odpovědnost za relevanci, přesnost, úplnost nebo kvalitu informací a materiálů uvedených v jakémkoli překladu. Kopie překladu musí být poskytnuta JCGM v okamžiku zveřejnění.

Kopírování

Publikace JCGM mohou být kopírovány za předpokladu, že JCGM udělila písemné povolení. Vzor každého reprodukováného dokumentu musí být poskytnut JCGM v době reprodukce a musí obsahovat toto prohlášení:

Tento dokument je reprodukován se svolením JCGM, který si ponechává plná mezinárodně chráněná autorská práva na design a obsah tohoto dokumentu, na názvy, slogany a loga JCGM. Také členské organizace JCGM si ponechávají plné mezinárodně chráněné právo na své názvy, slogany a loga obsažená v publikacích JCGM. Jedinými oficiálními verzemi jsou dokumenty vydané JCGM.

Vyloučení odpovědnosti

JCGM a jeho členské organizace zveřejnily tento dokument, aby zlepšily přístup k informacím z oblasti metrologie. Snaží se jej pravidelně aktualizovat, ale nemohou zaručit jejich přesnost za všech okolností a nenesou odpovědnost za žádné přímé nebo nepřímé škody, které mohou vyplynout z jeho používání. Jakýkoli odkaz na produkty jakéhokoli druhu (mimo jiné včetně softwaru, dat nebo hardwaru) nebo odkazy na webové stránky, nad nimiž JCGM a jeho členské organizace nemají žádnou kontrolu a za které nepřebírají žádnou odpovědnost, neznamená žádné schválení, podporu nebo doporučení ze strany JCGM a jeho členských organizací.

Obsah

Předmluva	iv
1 Rozsah působnosti	1
2 Odůvodnění	1
3 Měření	2
4 Návod pro hodnocení nejistoty měření	3
5 Části GUM	5
5.1 Použití zákona šíření nejistoty (JCGM 100:2008).....	5
5.2 Posouzení shody (JCGM 106:2012)	6
5.3 Modely měření (JCGM GUM-6)	6
5.4 Šíření rozdělení (JCGM 101:2008).....	7
5.5 Rozšíření na libovolný počet výstupních veličin (JCGM 102:2011).....	7
Příloha A Přehled částí GUM	9
Odkazy	10

Předmluva

V roce 1997 byl sedmi mezinárodními organizacemi vytvořen Společný výbor pro metrologické příručky (JCGM), jemuž předsedá ředitel Mezinárodního úřadu pro váhy a míry (BIPM), který původně v roce 1993 vypracoval „Příručku pro vyjadřování nejistoty měření“ a „Mezinárodní slovník základních a obecných pojmů v metrologii“. JCGM převzal odpovědnost za tyto dva dokumenty od Technické poradní skupiny 4 Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO/TAG4).

Společný výbor tvoří BIPM a následující mezinárodní organizace: International Electrotechnical Commission (IEC), International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), International Organization for Standardization (ISO), International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) a International Organization of Legal Metrology (OIML).

JCGM má dvě pracovní skupiny. Pracovní skupina 1 „Vyjádření nejistoty měření“ má za úkol podporovat používání „Příručky pro vyjadřování nejistoty měření“ a připravovat dokumenty pro její široké uplatnění. Pracovní skupina 2 „Pracovní skupina pro mezinárodní slovník základních a obecných pojmů v metrologii“ má za úkol revidovat a podporovat používání „Mezinárodního slovníku základních a obecných pojmů v metrologii“ (dále jen „VIM“).

V roce 2008 JCGM zpřístupnil mírně upravenou verzi (zejména opravující drobné chyby) „Příručky pro vyjádření nejistoty měření“ s označením „JCGM 100:2008“.

V roce 2017 JCGM změnil název dokumentů ve svém portfoliu, které vypracovala nebo má vypracovat Pracovní skupina 1. Celý soubor dokumentů je nyní znám jako „Návod pro vyjadřování nejistoty měření“ nebo „GUM“ a zabývá se hodnocením a vyjadřováním nejistoty měření, jakož i jeho aplikací ve vědě, obchodu, zdraví, bezpečnosti a dalších oblastech fungování společnosti.

Tato část souboru dokumentů představuje příslušné procesy a další části souboru poskytují konkrétní návody k těmto procesům. Tento dokument nahrazuje JCGM 104:2009.

Tento dokument byl připraven Pracovní skupinou 1 JCGM a čerpal z podrobných přezkumů provedených členskými organizacemi JCGM a národními metrologickými instituty.

Příručka pro vyjadřování nejistoty měření —

Část 1: Úvod

1 Rozsah působnosti

„Příručka pro vyjadřování nejistoty měření“ (GUM) stanoví obecná pravidla pro hodnocení a vyjadřování nejistoty měření užívaných ve výrobě až po fundamentální výzkum. Principy tohoto souboru dokumentů jsou proto určeny k tomu, aby byly použitelné v širokém spektru měření a jeho aplikací. Přehled jednotlivých částí příručky GUM je uveden v tabulce A.1 přílohy A.

POZNÁMKA: Zkratka GUM je v tomto dokumentu používána pro celý soubor dokumentů. Jednotlivé části GUM jsou označovány příslušným číslem podle JCGM (např. část 6 GUM je JCGM GUM-6:2020).

Tento dokument poskytuje základy pro hodnocení, vyjadřování a používání nejistoty měření (kapitola 2). Uvádí stručný úvod do měření (kapitola 3) a do rozhodování při hodnocení nejistoty měření (kapitola 4). V kapitole 5 je uveden stručný popis obsahu částí GUM. Pro další orientaci jsou v jednotlivých položkách uvedeny příslušné části GUM.

2 Odůvodnění

2.1 Měření [12, definice 2.1] je jedním z nejběžnějších procesů v lidské činnosti. Naměřené hodnoty veličin [12, definice 2.10] jsou vyžadovány v širokém rozsahu aplikací a pro každou z těchto hodnot je třeba uvést prohlášení o její věrohodnosti. Takový výrok je obvykle vyjádřen nejistotou měření [12, definice 2.26]. Tyto dvě složky, naměřená hodnota a související nejistota, společně tvoří nejběžnější způsob vykazování výsledku měření [12, definice 2.9]. V případech, kdy jsou výsledkem měření hodnoty pro více než jednu veličinu, je mnohdy vyžadováno podrobnější vyjádření nejistoty (odstavec 5.5; viz také odstavec 3.1).

2.2 Měření se provádějí v mnoha odvětvích společenského života pro velmi rozličné účely. Mnohá z každodenně prováděných měření, často realizovaných v automatizovaných procesech, se týkají obchodu a obchodního styku. Spolehlivé výsledky měření jsou potřebné i pro přijímání informovaných rozhodnutí například v oblasti zdraví, bezpečnosti, předpovídání počasí, vymáhání práva a ve vědě. Měření provádějí například zelináři, technici, inženýři, laboratorní personál, zdravotníci, vědci a jednotlivci v domácnostech, a to ve velmi odlišných kontextech.

2.3 Mnohá měření jsou prováděna pro účely porovnání výsledků se specifikacemi. Takové porovnání může být prováděno pro široké spektrum účelů. Tato činnost je obecně známá jako posuzování shody, [3, definice 4.1] [10, definice 3.3.1]; viz také kapitola 5.2.

2.4 Porovnávání výsledků měření je základní činností ve vědě, kalibraci a zkoušení. Kompatibilita výsledků měření [12, definice 2.47] je základem pro schopnost reprodukovat vědecké poznatky, provádět zabezpečování a kontrolu kvality a poskytovat interpretaci výsledků měření a pro informované rozhodování. Mnohé z norem, které stanovují požadavky na prokázání způsobilosti v měření, vyžadují vyhodnocení nejistoty měření a identifikaci hlavních zdrojů nejistoty, například ISO/IEC 17025 (kalibrační a zkušební laboratoře) [4], ISO 17034 (výrobci referenčních materiálů) [5], ISO/IEC 17043 (zkoušení způsobilosti) [6] a ISO 15189 (lékařské laboratoře) [2].

2.5 Nejistota měření je důležitá v různých situacích, mimo jiné, pokud jde o:

- porovnávání výsledků měření,
- porovnávání naměřených hodnot se stanovenými limity (posuzování shody),
- stanovení metrologické návaznosti [12, definice 2.41],
- aplikace rozhodovacího pravidla [10, definice 3.3.12],
- výpočet rizik a hodnocení rizik,
- porovnání výstupů modelů a experimentů,
- hodnocení validity modelů,
- stanovení limitů pro hodnoty fyzikálních veličin,
- ověřování nebo vývoj vědeckých teorií a
- šíření nejistoty z jednoho měření do druhého.

2.6 GUM významně přispívá k harmonizaci metod hodnocení, vyjadřování a používání nejistot měření. Podporuje vzájemné uznávání kalibračních listů a akreditací laboratoří. Principy a metody GUM byly převzaty mnoha normativními dokumenty ISO, IEC a dalších normalizačních organizací. Velká část softwaru používaného laboratořemi po celém světě je založena na ustanoveních GUM.

3 Měření

3.1 Předmětem měření je měřená veličina [12, definice 2.3]. Cílem měření může být stanovení hodnot a souvisejících nejistot spíše pro soubor výstupních veličin než pro jednu veličinu. Pak se říká, že měřená veličina je vícerozměrná – multivariantní. Výsledek měření je reprezentován naměřenými hodnotami a nejistotou měření.

3.2 Měření [12, definice 2.1] lze popsat jako experimentální nebo výpočetní proces, který na základě porovnání se standardem měření [12, definice 5.1] vede k odhadu pravé (skutečné) hodnoty [12, definice 2.11] vlastnosti spolu s prohlášením o nejistotě přidružené k tomuto odhadu, a je určen k použití při rozhodování. Tato vlastnost může náležet hmotnému nebo virtuálnímu objektu nebo souboru objektů, nebo procesu, události nebo sérii událostí [19].

POZNÁMKA GUM pohlíží na „měření“ v širokém smyslu tak, že uznává, že v některých případech příslušný proces probíhá především výpočtem a jindy je výsledek měření koncepční nebo teoretické povahy [7, odstavec 1.3].

3.3 V popisu „měření“ (viz odstavec 3.2) je odhad [1, definice 1.31] aproximací skutečné hodnoty [12, definice 2.11] příslušné vlastnosti. Dalším termínem, který se někdy používá pro odhad, je naměřená hodnota [12, definice 2.10]. Termínem „porovnání se standardem měření“ (viz odstavec 3.2) se rozumí, že někde během procesu se používá standard měření k získání odhadu, který je metrologicky navázaný na příslušnou jednotku měření [12, definice 1.9].

3.4 Nejistota měření je pochybnost o skutečné hodnotě měřené veličiny, která zůstává po uskutečnění měření. Nejistotu měření lze vyjádřit různými způsoby. Mezi běžně používané způsoby patří:

- standardní nejistota [12, definice 2.30],
- rozšířená nejistota [7, definice 2.3.5] s koeficientem rozšíření [7, definice 2.3.6],
- interval pokrytí [12, definice 2.36] se stanovenou pravděpodobností pokrytí [9, definice 3.25], nebo
- rozdělení pravděpodobnosti popisující znalost měřené veličiny [8, definice 3.1], často vyjadřované jako funkce hustoty pravděpodobnosti [8, definice 3.3].

3.5 Výsledek měření by měl být prezentován způsobem, který je pro příjemce srozumitelný a použitelný. Výsledek měření by proto měl obsahovat všechny informace potřebné pro zamýšlené použití [7, kapitola 7]. Dostupné informace závisí na tom, zda byl pro vyhodnocení nejistoty měření použit zákon šíření nejistot (odstavec 5.1), šíření rozdělení (odstavec 5.4) nebo jiná metoda [11, kapitola 11].

4 Návod pro hodnocení nejistoty měření

4.1 Vyhodnocení nejistoty měření není ani rutinní, ani čistě matematická úloha. Záleží na detailní znalosti povahy měřené veličiny a měření. Kvalita a užitečnost výsledku měření proto v konečném důsledku závisí na porozumění, kritické analýze a pečlivosti těch, kteří k tomuto výsledku přispívají [7, odstavec 3.4.8].

4.2 Při výběru metody hodnocení nejistoty, která vyhovuje aktuálním potřebám, by měl uživatel zvážit následující:

1. dostupné informace,
2. předpoklady, které je třeba učinit,
3. povahu požadovaných výsledků (viz odstavec 4.3),
4. rozsah, v jakém mají být dostupné informace využity.

4.3 Vedle odhadu měřené veličiny zahrnují požadované výsledky šíření nejistoty také všechny nebo některé z níže uvedených:

1. standardní nejistota přidružená k odhadu,
2. interval pokrytí pro měřenou veličinu pro stanovenou pravděpodobnost pokrytí,
3. rozdělení pravděpodobnosti pro měřenou veličinu.

POZNÁMKA 1 Rozdělení pravděpodobnosti pro měřenou veličinu v odrážce 3 odstavce 4.3 je nejúplnějším popisem výstupní veličiny z hlediska použitých informací. Lze z něj získat odhad a položky 1 a 2.

POZNÁMKA 2 Šíření rozdělení (viz odstavec 5.5) udává rozdělení pravděpodobnosti pro měřenou veličinu [8, 9].

POZNÁMKA 3 V případě vícerozměrné měřené veličiny platí odrážky 1 a 2 v odstavci 4.3 obecně: viz také odstavec 5.5.

4.4 Pro šíření nejistoty jsou vyžadovány následující informace:

- Model měření (matematický nebo algoritmickeý) vhodný pro danou aplikaci, obsahující vstupní veličiny [12, definice 2.50], o kterých má uživatel znalosti, a výstupní veličinu (měřenou), pro kterou jsou požadovány výsledky [11],
- Buď
 - * odhad každé vstupní veličiny – na základě statistické analýzy pozorování nebo poskytnutý jinými prostředky a
 - * standardní nejistota přidružená každému odhadu a , kde lze použít, stupně volnosti [1, definice 2.54] a korelace [1, definice 2.44] mezi odhady, nebo
- společné rozdělení pravděpodobnosti pro vstupní veličiny.

POZNÁMKA 1 Návod pro kvantifikaci korelace je dán v [7, odstavec 5.2] a [11, odstavec 10.5].

POZNÁMKA 2 Rozdělení pravděpodobnosti pro vstupní veličiny jsou často specifikována v rozpočtech nejistot [12, definice 2.33].

POZNÁMKA 3 Návod pro získání rozdělení pravděpodobnosti pro vstupní veličiny je uveden v [8, kapitola 6].

POZNÁMKA 4 Návod ke stupňům volnosti v nejjednodušším případě nekorelovaných opakovaných pozorování vstupní veličiny je uveden v [7, Příloha G] a v [9, odstavec 6.5.3] pro soubor veličin.

4.5 Co se týká šíření nejistoty měření pomocí modelu měření (viz také odstavec 5.3) je důležité zvážit, jaké informace jsou k dispozici a jaké jsou požadovány [11, odstavce 5.1, 5.3, 5.8 a 5.9]. Důležité jsou také zdroje informací, které je nezbytné vzít v úvahu. Mezi takové zdroje patří například lidské úsilí, matematické nebo podobné dovednosti a výpočetní schopnosti. Nakonec je třeba zvážit, jak bude vyhodnocená nejistota použita [11, kapitoly 12 a 13].

4.6 Zohlednění všech dostupných znalostí může vyžadovat služby profesionálního statistika, datového vědce nebo použití sofistikovaného softwaru. Naproti tomu adekvátní popis informací může vyžadovat i pouhou tabulku a relativně jednoduché výpočty. Hodnocení nejistoty by mělo být dostatečně přísné, aby bylo zajištěno, že výsledky měření budou předány příjemci k jeho spokojenosti. Některé z pokynů uvedených v tomto dokumentu jsou dále rozpracovány v dalších částech GUM [7, odstavec 3.4] [11, kapitoly 6-10], aby bylo dosaženo vhodného rovnováhy mezi úsilím a výsledkem.

4.7 Při hodnocení nejistoty je třeba dát pozor, aby nebyly vynechány zdroje, které významně přispívají k nejistotě měření [11, kapitoly 5.6, 7, 9 a 10] [7, odstavec 3.4], protože to může poškodit kompatibilitu výsledků měření, narušit řetězec metrologické návaznosti nebo vést k nesprávným rozhodnutím při posuzování shody. Podobné úvahy platí pro použití zjednodušujících předpokladů, které nejsou odůvodněné, jako je vynechání vyhodnocení závislosti mezi vstupními veličinami v modelu měření. Model měření by proto měl zahrnovat všechny zdroje, které významně přispívají k nejistotě měření, a eventuálně by měl být doplněn o případné závislosti mezi nimi.

4.8 GUM nabízí dva druhy metod vyhodnocení nejistot hodnot vstupních veličin v modelu měření. Volba metody pro získání odhadu a související nejistoty by měla vycházet z dostupných informací [7, odstavec 4.1]. Návod pro použití statistické analýzy série údajů je uveden v [7, odstavce 4.2, 5, F.1, H.1, H.2, H.3 a H.5] [8, odstavec 6.4] [11, kapitola 11], návod pro použití ostatních informací v [7, odstavce 4.3, 5.2 a F.2] [8, kapitola 6]. Statistické metody jsou známy jako metody typu A pro hodnocení standardní nejistoty [7, definice 2.3.2] a ostatní metody jako metody typu B [7, definice 2.3.3].

4.9 GUM uvádí metody pro šíření nejistoty měření. Toto šíření zahrnuje model měření [12, definice 2.48] (viz také [7, odstavec 4.1.1]), který se vztahuje ke vstupním veličinám, o nichž jsou k dispozici znalosti, a výstupním veličinám, o kterých se člověk chce dozvědět. Šíření nejistoty spojené s hodnotami vstupních veličin na výstupní veličinu či veličiny závisí na jejich vztazích, vyjádřených ve formě modelu měření [7–9, 11]. I v případě, že uvažované měření spočívá pouze v odečtu z přístroje, je třeba vzít v úvahu další faktory ovlivňující výsledek měření.

4.10 Dvěma hlavními metodami šíření nejistoty měření uvedené v GUM jsou zákon šíření nejistoty (viz kapitola 5.1) [7, 9, 14–17] a šíření rozdělení pomocí metody Monte Carlo popsané v JCGM 101:2008 a JCGM 102:2011 (viz článek 5.4) [8, 9, 18]. Volba metody závisí mimo jiné na modelu měření a nejistotách vstupních veličin [7, příloha G.1] [8, čl. 8.1] [9, kapitola 8].

5 Části GUM

5.1 Použití zákona šíření nejistoty (JCGM 100:2008)

5.1.1 JCGM 100:2008 [7] popisuje hodnocení nejistoty měření pomocí zjednodušeného přístupu. Tato metoda využívá odhady a související standardní nejistoty vstupních veličin a linearizovanou formu modelu měření k získání odhadu a směrodatné nejistoty výstupní, měřené veličiny [7, kapitola 5]. Na základě předpokladu, že funkci hustoty pravděpodobnosti pro měřenou veličinu lze popsat normálním rozdělením nebo škálovaným a posunutým t-rozdělením, se získá interval pokrytí odpovídající specifikované pravděpodobnosti pokrytí [7, kapitola 6].

5.1.2 JCGM 100:2008 [7] stanoví obecná pravidla pro hodnocení a vyjádření nejistoty měření [7, kapitola 3] určená pro použití pro široké spektrum druhů měření. Návod uvedený v JCGM 100:2008 se týká především měřených veličin ve formě dobře charakterizované fyzikální veličiny. Metoda může být aplikována také při koncepčním návrhu a teoretické analýze experimentů, metod měření a komplexních komponent a systémů [7, kapitola 1].

5.1.3 JCGM 100:2008 [7] uvádí metody pro vyhodnocení nejistoty ohledně hodnot vstupních veličin v modelu měření. Je uveden návod pro použití statistické analýzy série dat [7, odstavce 4.2, 5.2, F.1, H.1, H.2, H.3 a H.5] nebo jiných informací [7, odstavce 4.3, 5.2 a F.2].

5.1.4 Na podporu použití JCGM 100:2008 [7] stanoví JCGM 101:2008 [8] (viz také odstavec 5.4) postup pro jeho validaci v každém jednotlivém případě. Tento postup je založen na numerickém srovnání výsledků získaných oběma přístupy, přičemž JCGM 101:2008 je pro tento účel považován za zlatý standard. Pokud se tyto výsledky shodují v požadované numerické přesnosti, lze použití JCGM 100:2008 považovat za přijatelné. V opačném případě by měl být pro hodnocení nejistoty [8, odstavce 5.7–5.11] zvážen alternativní přístup, jako je samotné šíření rozdělení (JCGM 101:2008).

5.2 Posouzení shody (JCGM 106:2012)

5.2.1 JCGM 106:2012 [10] poskytuje návod a postupy pro posuzování shody položky (entity, objektu nebo systému) se stanovenými požadavky. Předmětem může být například měrka, potravinová váha nebo vzorek krve. Postupy lze použít za následujících podmínek:

- položka je odlišena jedinou skalární veličinou [10, kapitola 1] dostatečně podrobně definovanou,
- interval přípustných hodnot vlastnosti je určen jednou nebo dvěma mezemi tolerance [10, definice 3.3.4], a
- vlastnost lze měřit a výsledek měření [10, odstavec 3.2.5] lze vyjádřit způsobem, který je v souladu s principy GUM.

5.2.2 Postupy uvedené v JCGM 106:2012 [10] lze použít k realizaci intervalu, nazývaného interval přijetí [10, definice 3.3.9 a kapitola 8], přípustných naměřených hodnot sledované vlastnosti. Meze přijetí lze zvolit tak, aby byla vyvážena rizika spojená s přijetím nevyhovujících položek (riziko spotřebitele [10, definice 3.3.13 a 3.3.15]) a odmítnutím vyhovujících položek (riziko výrobce [10, definice 3.3.14 a 3.3.16]) [10, kapitola 9]. Taková volba mezi přijetím bývá často součástí dohody mezi výrobcem a spotřebitelem.

5.2.3 JCGM 106:2012 [10] je věnován dvěma typům problémů posuzování shody. Prvním z nich je stanovení mezí přijetí [10, odstavec 8.1], které zajistí požadovanou pravděpodobnost shody pro jednu měřenou položku (vztaženou ke specifickému riziku). Druhým je stanovení mezí přijetí tak, aby byla zajištěna přijatelná úroveň spolehlivosti v průměru při měření počtu (nominálně identických) položek (vztažených k celkovému riziku). Je uveden návod na řešení obou problémů.

5.3 Modely měření (JCGM GUM-6)

5.3.1 Model měření popisuje vztah mezi vstupními veličinami a měřenou veličinou [7,

odstavec 4.1]. Používá se pro stanovení výsledku měření s ohledem na použité znalosti. Model by měl obsahovat každou veličinu, včetně všech oprav, která přispívá k odhadu měřené veličiny, nebo významně přispívá k nejistotě týkající se naměřené hodnoty [7, odstavec 8] [11, odstavec 5.6].

5.3.2 Komplexní návod pro vývoj modelů měření je uveden v JCGM GUM-6:2020 [11]. Tato část GUM rozděluje proces vývoje modelu měření následovně:

1. specifikace měřené veličiny [11, kapitola 6],
2. modelování principu měření [11, kapitola 7],
3. volba formy modelu měření [11, kapitola 8],
4. identifikace výsledků plynoucích z měření [11, kapitola 9],
5. přidání výsledků plynoucích z měření [11, kapitola 10].

5.3.3 Jednou z výzev při vývoji modelů měření je identifikace všech veličin, které mají být zahrnuty. JCGM 100:2008 [7] obsahuje seznam obvyklých zdrojů nejistoty, které je třeba vzít v úvahu [7, odstavec 3.3.2]. Příručka Eurachem/CITAC o kvantifikaci nejistoty měření [13, Příloha C] obsahuje přizpůsobený seznam pro aplikace v analytické chemii. Návod, jak zahrnout veličiny do modelu, je uveden v JCGM GUM-6:2020 [11, kapitoly 9 a 10] a v příručce Eurachem/CITAC [13].

5.4 Šíření rozdělení (JCGM 101:2008)

5.4.1 Hodnotící metodou, která může být aplikována šířeji než zákon šíření nejistoty, je šíření rozdělení, které je často implementované metodou Monte Carlo, jak je popsáno v JCGM 101:2008 [8]. Namísto odhadů a standardních nejistot vstupních veličin používá tato metoda jako vstup funkce hustoty pravděpodobnosti [8, kapitola 6] přiřazené vstupním veličinám (viz odstavec 5.1). Jsou-li některé vstupní veličiny korelovány, je pro tyto veličiny vyžadována společná funkce hustoty pravděpodobnosti [1, definice 2.11 Poznámka 3]. Pomocí modelu měření se získá aproximace funkce hustoty pravděpodobnosti pro měřenou veličinu [8, kapitola 7], ze které lze vypočítat odhad, standardní nejistotu a interval pokrytí s požadovanou pravděpodobností pokrytí [8, odstavce 5.3 a 5.5] pro měřenou veličinu. Takto získanou funkci hustoty pravděpodobnosti lze také použít při následném vyhodnocení nejistoty.

5.4.2 Obecná numerická implementace šíření rozdělení metodou Monte Carlo je popsána v JCGM 101:2008 [8]. Touto metodou se získá vzorek [1, definice 1.3] výstupní funkce hustoty pravděpodobnosti. Počet pokusů, tj. velikost vzorku, zvolený pro metodu Monte Carlo řídí numerickou přesnost vzorku jako aproximaci výstupní funkce hustoty pravděpodobnosti. Je popsán postup, kterým lze určit vhodný počet pokusů [8, odstavec 7.9].

5.4.3 Pro předepsanou pravděpodobnost pokrytí lze použít JCGM 101:2008 [8] k získání intervalů pokrytí pro výstupní veličinu, včetně pravděpodobnostně symetrického a nejkratšího intervalu pokrytí.

5.5 Rozšíření na libovolný počet výstupních veličin (JCGM 102:2011)

5.5.1 JCGM 100:2008 [7] a JCGM 101:2008 [8] se zaměřují na modely měření s jednou

výstupní veličinou, tj. jednorozměrné (skalární) modely. Vznikají však problémy s měřením, pro které existuje více než jedna výstupní veličina v závislosti na společné sadě vstupních veličin. Modely měření, které se za takových okolností použijí, se označují jako vícerozměrné modely [9, definice 3.8].

5.5.2 Pro vyhodnocení nejistot spojených s odhady výstupních veličin pro vícerozměrné modely jsou zákon šíření nejistoty a metoda Monte Carlo aplikovaná na šíření rozdělení zobecněny. Použití zákona šíření nejistoty je také zobecněno na modely měření, které jsou implicitní, tj. ve kterých jsou vstupní a výstupní veličiny ve vzájemném vztahu tak, že výstupní veličiny nelze explicitně vyjádřit pomocí vstupních veličin vhodným nebo numericky stabilním způsobem.

5.5.3 JCGM 102:2011 aplikuje šíření rozdělení pomocí metody Monte Carlo uvedené v JCGM 101:2008 na vícerozměrné modely měření [9, kapitola 7]. Jsou uvedeny výrazy pro odhady výstupních veličin a rozptylů a kovariancí spojených s odhady z hlediska číselného výstupu metody Monte Carlo [9, odstavce 7.4 a 7.6]. Stejně jako v JCGM 101:2008 je pozornost věnována validaci výsledků poskytovaných (zobecněným) zákonem šíření nejistoty [9, odstavec 8] a počtu pokusů vyžadovaných metodou Monte Carlo [9, odstavec 7.8].

5.5.4 Pro předepsanou pravděpodobnost pokrytí lze JCGM 102:2011 použít k získání oblasti pokrytí pro výstupní veličiny vícerozměrného modelu, což je protějšek intervalu pokrytí pro jednu skalární výstupní veličinu. Dále je uveden postup pro stanovení aproximace k nejmenší oblasti pokrytí, obdrženy z výsledků získaných metodou Monte Carlo [9, odstavec 7.7].

Příloha A Přehled částí GUM

Tabulka A.1: Přehled částí (publikovaných a plánovaných) Příručky pro vyjadřování nejistoty měření

Část GUM	Původní označení	Název
JCGM GUM-1 ^a	JCGM 104	Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 1: Introduction
JCGM GUM-2 ^b		Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 2: Concepts
JCGM GUM-3 ^c	JCGM 100	Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 3: GUM:1995 with minor corrections
JCGM GUM-4 ^d	JCGM 106	Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 4: The role of measurement uncertainty in conformity assessment
JCGM GUM-5 ^b	JCGM 110 ^h	Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 5: Examples
JCGM GUM-6 ^e	JCGM 103 ^h	Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models
JCGM GUM-7 ^f	JCGM 101	Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 7: Propagation of distributions using a Monte Carlo method
JCGM GUM-8 ^g	JCGM 102	Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 8: Extension to any number of output quantities
JCGM GUM-9 ^b		Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 9: Statistical models and data analysis for interlaboratory studies
JCGM GUM-10 ^b		Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 10: Applications of the least squares method
JCGM GUM-11 ^b		Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 11: Bayesian methods
JCGM GUM-12 ^b		Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 12: Basic methods for uncertainty propagation

^a JCGM 104:2009 byl nahrazen tímto dokumentem

^b Plánován

^c Dostupné pod označením JCGM 100:2008 [7]

^d Dostupné pod označením JCGM 106:2012 [10]

^e Dostupné pod označením JCGM GUM-6:2020 [11]

^f Dostupné pod označením JCGM 101:2008 [8]

^g Dostupné pod označením JCGM 102:2011 [9]

^h Označení pracovní verze výboru (committee draft)

Odkazy

- [1] ISO 3534-1 Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2006. Second edition.
(ČSN ISO 3534-1 Statistika – Slovník a značky – Část 1: Obecné statistické termíny a termíny používané v pravděpodobnosti)
- [2] ISO 15189 Medical laboratories — Requirements for quality and competence. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2022. Fourth edition.
(ČSN EN ISO 15189 Zdravotnické laboratoře – Požadavky na kvalitu a kompetenci)
- [3] ISO/IEC 17000 Conformity assessment — Vocabulary and general principles. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2020. Second edition.
(ČSN EN ISO/IEC 17000 Posuzování shody – Slovník a základní principy)
- [4] ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2017. Third edition.
(ČSN EN ISO/IEC 17025 Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří)
- [5] ISO 17034 General requirements for the competence of reference material producers. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2016. First edition.
(ČSN EN ISO 17034 Všeobecné požadavky na kompetenci výrobců referenčních materiálů)
- [6] ISO/IEC 17043 Conformity assessment — General requirements for the competence of proficiency testing providers. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2023. Second edition.
(ČSN EN ISO/IEC 17043 Posuzování shody – Obecné požadavky na kompetenci poskytovatelů zkoušení způsobilosti)
- [7] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 100:2008. URL: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf.
v českém překladu vydal ÚNMZ jako součást řady Sborníky technické harmonizace Pokyn pro vyjadřování nejistoty měření (GUM), 2012
- [8] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Propagation of distributions using a Monte Carlo method. Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 101:2008. URL: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_101_2008_E.pdf.

- [9] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. Evaluation of measurement data — Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Extension to any number of output quantities. Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 102:2011. URL: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_102_2011_E.pdf.
- [10] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. Evaluation of measurement data — The role of measurement uncertainty in conformity assessment. Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 106:2012. URL: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_106_2012_E.pdf.
- [11] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models. Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM GUM-6:2020. URL: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_GUM_6_2020.pdf.
- [12] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 200:2012. (3rd edition). URL: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_200_2012.pdf.
v českém překladu vydal ÚNMZ jako součást řady Sborníky technické harmonizace Terminologie z oblasti metrologie, 2. vydání, 2010
- [13] S. L. R. Ellison and A. Williams, editors. *Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement (3rd edition)*. Eurachem/CITAC, third edition, 2012. ISBN 978-0-948926-30-3. URL: <https://www.eurachem.org>.
- [14] C. Gauss and G. Stewart. *Theory of the Combination of Observations Least Subject to Errors, Part One, Part Two, Supplement*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1995. URL: <https://epubs.siam.org/doi/book/10.1137/1.9781611971248>, doi:10.1137/1.9781611971248.
- [15] C. F. Gauss. *Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae*. In *Werke, Band IV, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Geometrie*. Königliche Gesellschaft der Wissenschaften, Göttingen, 1823. URL: <https://gdz.sub.uni-goettingen.de/id/PPN236005081>.
- [16] S. J. Kline and F. A. McClintock. Describing uncertainties in single-sample experiments. *Mechanical Engineering*, 75(1):3–8, 1953.
- [17] H. H. Ku. Notes on the use of propagation of error formulas. *Journal of Research of the National Bureau of Standards — C. Engineering and Instrumentation*, 70C:263–273, October 1966. doi:10.6028/jres.070C.025.
- [18] M. G. Morgan and M. Henrion. *Uncertainty — A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge University Press, New York, NY, first paperback edition, 1992. 10th printing, 2007.
- [19] A. Possolo. Simple guide for evaluating and expressing the uncertainty of NIST measurement results. NIST Technical Note 1900, Oct 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.TN.1900>, doi:10.6028/nist.tn.1900.