



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ



FAKULTA  
STAVEBNÍ ústav  
stavebního zkušebnictví

## ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA O VÝSLEDČÍCH EXPERIMENTU SHODNOSTI

PROGRAM ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

Zkoušení čerstvého betonu

ZČB 2018/1

---

Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST

Veveří 95, 602 00 Brno

Czech Republic

[www.szk.fce.vutbr.cz](http://www.szk.fce.vutbr.cz), [ptprovider.cz](http://ptprovider.cz)

**Datum vydání: 17. 5. 2018**

Vedoucí PoZZ, koordinátor PrZZ

Koordinátor hodnocení výsledků PrZZ

  
doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.



  
Ing. Petr Misák, Ph.D.



# Obsah

<b>1 Úvod a důležité kontakty</b>	<b>3</b>
<b>2 Postupy statistické analýzy experimentu shodnosti</b>	<b>5</b>
2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot	5
2.1.1 Cochranův test	6
2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování	6
2.2 Mandelovy statistiky	6
2.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence $h$	6
2.2.2 Vnitrolaboratorní statistika konzistence $k$	6
2.3 Výpočet odhadů rozptylů	7
2.3.1 Rozptyl opakovatelnosti	7
2.3.2 Mezilaboratorní rozptyl	7
2.3.3 Rozptyl reprodukovatelnosti	7
2.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost	7
2.5 Vztažná hodnota	8
2.6 Výpočet statistik výkonnosti	9
<b>3 Závěry statistické analýzy</b>	<b>10</b>
3.1 ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)	10
3.2 ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)	10
3.3 ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)	10
3.4 ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)	10
3.5 ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)	11
<b>Normativní dokumenty a odkazy</b>	<b>12</b>
<b>Příloha</b>	<b>13</b>
<b>1 Příloha – ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)</b>	<b>13</b>
1.1 Výsledky zkoušek	13
1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	14
1.3 Mandelovy statistiky konzistence	15
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	16
<b>2 Příloha – ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)</b>	<b>19</b>
2.1 Výsledky zkoušek	19
2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	19
2.3 Mandelovy statistiky konzistence	20
2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	21
<b>3 Příloha – ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)</b>	<b>24</b>
3.1 Výsledky zkoušek	24
3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	24
3.3 Mandelovy statistiky konzistence	25
3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	26
<b>4 Příloha – ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)</b>	<b>29</b>
4.1 Výsledky zkoušek	29
4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	30
4.3 Mandelovy statistiky konzistence	31
4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	32

<b>5 Příloha – ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)</b>	<b>35</b>
5.1 Výsledky zkoušek	35
5.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	36
5.3 Mandelovy statistiky konzistence	37
5.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	38

# 1 Úvod a důležité kontakty

Dne 26. 4. 2018 byl Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ) a firmou BETOTECH s. r. o. uspořádán program zkoušení způsobilosti (PrZZ) s označením ZČB 2018/1, jehož cílem bylo ověřit a posoudit shodnost výsledků zkoušek čerstvého betonu.

Posouzení výsledků programu zkoušení způsobilosti měla na starost komise složená z následujících pracovníků Poskytovatele zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ).

Vedoucí PoZZ, koordinátor PrZZ

**doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.**

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

Ústav stavebního zkušebnictví

Veveří 95, Brno 602 00

Tel.: +420 603 313 337

Email: Tomas.Vymazal@vutbr.cz

Koordinátor hodnocení výsledků PrZZ

**Ing. Petr Misák, Ph.D.**

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

Ústav stavebního zkušebnictví

Veveří 95, Brno 602 00

Tel.: +420 774 980 255

Email: Petr.Misak@vutbr.cz

Předmětem zkoušení způsobilosti byly následující zkušební postupy:

1. **ČSN EN 12350-2:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím, 2009. [1]
2. **ČSN EN 12350-4:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 4: Stupeň zhutnitelnosti, 2009. [2]
3. **ČSN EN 12350-5:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitím, 2009. [3]
4. **ČSN EN 12350-6:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost, 2009. [4]
5. **ČSN EN 12350-7:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody, 2009. [5]

Všechny zkušební postupy byly v rámci PrZZ otevřeny.

Zkoušky byly jednotlivými účastníky prováděny dne 26. 4. 2018 na stejném místě vždy v jeden čas za účelem dodržení stejných podmínek pro všechny účastníky. PoZZ zajistil homogenitu a stabilitu zkoušeného materiálu (čerstvý beton) nejlepší dostupnou technikou odběru. Čerstvý beton byl pro všechny účastníky PrZZ odebrán z jedné výrobní dávky, která byla vyrobena při dodržení postupů uvedených v ČSN EN 206 [6] a dále rozdělování čerstvého betonu jednotlivým účastníkům PrZZ bylo prováděno rovnoměrně, aby nemohlo dojít k segregaci.

Výsledky zkoušek jednotlivých účastníků PrZZ jsou vzájemně porovnány metodou statistické analýzy experimentu shodnosti podle ČSN ISO 5725-2 [7] a podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [8]. Výsledkem řešení je tato závěrečná zpráva, která shrnuje výsledky experimentu shodnosti, včetně statistického vyhodnocení.

Programu se zúčastnilo celkem 18 pracovišť. Pro zachování anonymity účastníků PrZZ je každému pracovišti přiděleno identifikační číslo, které je dále v tomto dokumentu používáno. Nedílnou součástí této závěrečné zprávy je osvědčení o účasti v programu zkoušení způsobilosti, které je pro každého účastníka jedinečné a je zde uvedeno ID účastníka, pod kterým vystupuje v této zprávě. V následující tabulce je znázorněna účast pracovišť v jednotlivých částech PrZZ.

Tabulka 1: Účast jednotlivých pracovišť v PrZZ (označení zkoušek dle části 1)

ID/zkouška	1	2	3	4	5
d663a4	X	-	-	-	X
267878	X	X	X	X	X
785ad9	X	X	X	X	X
152637	X	X	X	-	X
b156a4	X	X	-	-	X
174171	X	X	X	-	X
1662e1	X	X	X	-	X
90eca8	X	X	-	X	X
460237	X	X	X	X	X
d06ee9	X	X	X	X	X
91a1c2	X	X	X	X	X
c60578	X	X	X	X	X
149ac9	X	X	X	X	X
5d24bd	X	X	X	X	X
4ebc35	X	X	X	X	X
f20fc0	X	X	X	X	X
0600c8	X	X	X	X	X
4040c9	X	X	X	-	X

Tabulka 2: Seznam účastníků – pořadí v tabulce neodpovídá identifikačnímu číslu v tabulce 1

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
Skanska Transbeton, s.r.o. - zkušební laboratoř Letňany	Skanska a.s., Křižíkova 682/34a, Praha 8 - Karlín, 186 00, Česká republika	1122
STACHEMA CZ s.r.o., Zkušební laboratoř, Pracoviště 1	Hasičská 1, Zibohlavy, Kolín, 280 02, Česká republika	1433
STACHEMA CZ s.r.o., Zkušební laboratoř, Pracoviště 2	Hasičská 1, Zibohlavy, Kolín, 280 02, Česká republika	1433
BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. - ZLB Praha	K májovu 1244, Chrudim, 53701, Česká republika	1495
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. Centrální laboratoř - zkušebna Plzeň	Zahradní 15, Plzeň, 326 00, Česká republika	1018.3
QUALIFORM SLOVAKIA s.r.o. - org. složka	Lesní 693, Bílovice nad Svitavou, 66401, Česká republika	S-301
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.	Tolstého 447, Teplice, 415 03, Česká republika	1018.3
BETOTECH, s.r.o. - pracoviště Beroun	Beroun 660, Beroun, 26601, Česká republika	1195
BETOTECH, s.r.o. - pracoviště Cheb	Beroun 660, Beroun, 26601, Česká republika	1195
BETOTECH, s.r.o. - pracoviště Jindřichův Hradec	Beroun 660, Beroun, 26601, Česká republika	1195
BETOTECH, s.r.o. - Klatovy	Beroun 660, Beroun, 26601, Česká republika	1195
BETOTECH, s.r.o. - pracoviště Trutnov	Beroun 660, Beroun, 26601, Česká republika	1195

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
BETOTECH, s.r.o. - pracoviště Most	Beroun 660, Beroun, 26601, Česká republika	1195
TPA spoločnosť pre zabezpečenie kvality a inovácie s.r.o. - pracovisko Zvolen	Neresnícka cesta 3, ZVOLEN, 960 01, SLOVENSKO	211/S-176
TPA spoločnosť pre zabezpečenie kvality a inovácie s.r.o. - pracovisko Podunajské Biskupice	Neresnícka cesta 3, ZVOLEN, 960 01, SLOVENSKO	211/S-176
TPA spoločnosť pre zabezpečenie kvality a inovácie s.r.o. - pracovisko Geča	Neresnícka cesta 3, ZVOLEN, 960 01, SLOVENSKO	211/S-176
TPA spoločnosť pre zabezpečenie kvality a inovácie s.r.o. - pracovisko prenosný kontajner K2	Neresnícka cesta 3, ZVOLEN, 960 01, SLOVENSKO	211/S-176
Lafarge Cement, a.s.	Čížkovice čp. 27, Čížkovice, 411 12, Česká republika	1426

## 2 Postupy statistické analýzy experimentu shodnosti

K popisu přesnosti metod měření se využívá termínů správnost a shodnost. Správnost se týká těsnosti shody mezi aritmetickým průměrem velkého počtu výsledků zkoušek a pravou nebo přijatou referenční hodnotou. Shodnost se týká těsnosti shody mezi výsledky zkoušek. Nutnost uvažování shodnosti vzniká ze skutečnosti, že zkoušky, o nichž se předpokládá, že jsou provedeny na stejném materiálu za stejných podmínek, neposkytují obecně stejné výsledky. Příčinou jsou náhodné chyby, kterým se nelze vyhnout. Tyto chyby jsou nedílnou součástí každého zkušební postupu a nelze je nikdy v plném rozsahu ovládat. Analýza experimentu shodnosti není zaměřena na zkoumání správnosti výsledků zkoušek, ale především na jejich shodnost. Výsledky se tedy posuzují vzájemně mezi sebou a nikoli vzhledem k nějaké referenční nebo pravdivé hodnotě.

Základem statistické analýzy je kritické zhodnocení údajů podle ČSN EN 5725-2 [7], tedy zjištění a ošetření podezřelých a odlehlých hodnot a dalších nepravidelností. Toto zhodnocení se provádí prostřednictvím Mandelových statistik (grafické zhodnocení) a především pomocí Grubbsových a Cochranových testů (numerické zhodnocení). Dalšími sledovanými statistickými parametry jsou mezilaboratorní rozptyl, rozptyl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti a na ně navazující charakteristiky opakovatelnost a reprodukovatelnost. Výsledkem programu MPZ je vyhodnocení výkonnosti zúčastněných laboratoří (účastníků) podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [8], které se skládá z určení vztažných hodnot a jejich nejistot a následného porovnání s výsledky zkoušek účastníků MPZ.

Předpokladem pro použití těchto metod je jednovrcholové rozdělení pravděpodobnosti naměřených dat. Dále označme  $p$  počet účastníků se laboratoří označených indexem  $i = 1, \dots, p$ , z nichž každá provedla  $n$  zkoušek.

### 2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot

Ke zjišťování odlehlých hodnot se používají dva základní statistické testy. Prvním z nich je Cochranův test, který je testem vnitrolaboratorních variabilit (je-li počet měření jedné veličiny v jedné laboratoři  $> 2$ ) a používá se jako první. Pokud tento test označí výsledky jedné z laboratoří jako odlehlé, musí se laboratoř vyřadit a test zopakovat. Druhý test (Grubbsův) je předně testem mezilaboratorní variability a lze ho rovněž použít, když Cochranův test vzbudí podezření, zda vysoké vnitrolaboratorní rozptýlení lze připsat na vrub pouze jednoho z výsledků zkoušek. Oba tyto testy předpokládají vyváženost experimentu, tedy mělo by platit, že počet zkoušek v jedné laboratoři pro stanovení jedné veličiny je konstantní.

Při zjišťování vybočujících nebo odlehlých hodnot mohou nastat tři případy:

- Je-li testová statistika menší než 5% kritická hodnota nebo je-li této hodnotě rovna, považuje se testovaná entita za správnou;
- Je-li testová statistika větší než 5% kritická hodnota a menší než 1% kritická hodnota nebo je-li této hodnotě rovna, nazve se testovaná entita **vybočující**;
- Je-li testová statistika větší než 1% kritická hodnota, nazve se testovaná entita **odlehlou** hodnotou.

### 2.1.1 Cochranův test

Cochranova statistika  $C$  je dána vztahem

$$C = \frac{s_{max}^2}{\sum_{i=1}^p s_i^2} \quad (1)$$

kde  $s_{max}$  je největší výběrová směrodatná odchylka,  $s_i$  jsou výběrové směrodatné odchylky stanovené na základě výsledků ve všech laboratořích a  $p$  je počet účastníků se laboratoří v experimentu.

Výběrová směrodatná odchylka se stanovuje ze vztahu

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{k=1}^{n_i} (y_k - \bar{y})^2}, \quad (2)$$

kde  $n_i$  je počet výsledků zkoušek stanovení jedné veličiny v  $i$ -té laboratoři,  $y_k$  je  $k$ -tá hodnota a  $\bar{y}_i$  je aritmetický průměr hodnot změřených v  $i$ -té laboratoři. Jsou-li pro sledovanou veličinu naměřeny pouze dva výsledky, je možné použít zjednodušeného vztahu

$$s_i = \frac{|y_1 - y_2|}{\sqrt{2}}. \quad (3)$$

### 2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování

Z dané množiny údajů  $x_i$  pro  $i = 1, 2, \dots, p$ , uspořádané vzestupně podle velikosti, se pro určení použitím Grubbsova testu, zda je největší pozorování odlehlou hodnotou, vypočte Grubbsova statistika  $G_p$

$$G_p = \frac{x_p - \bar{x}}{s}, \quad (4)$$

přičemž  $\bar{x}$  je aritmetický průměr sledovaného znaku. Sledováním znakem může být průměrná hodnota určované veličiny v rámci laboratoře. Dále je  $s$  výběrová směrodatná odchylka sledovaného znaku, tedy v tomto případě směrodatná odchylka počítána přes všechny laboratoře.

Pro test významnosti nejmenšího pozorování se vypočte testová statistika

$$G_p = \frac{\bar{x} - x_p}{s}. \quad (5)$$

## 2.2 Mandelovy statistiky

Pro zjišťování konzistence dat se použily dvě míry, nazývané Mandelovy statistiky  $h$  a  $k$ . Běžně se tyto míry používají pro grafické hodnocení laboratoří podobně jako popis variability.

### 2.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence $h$

Pro každou laboratoř se vyhodnotila mezilaboratorní statistika konzistence  $h$  podle vzorce

$$h_i = \frac{\bar{y}_i - \bar{\bar{y}}}{\sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2}}. \quad (6)$$

### 2.2.2 Vnitrolaboratorní statistika konzistence $k$

Vnitrolaboratorní statistika konzistence  $k$  se vypočítá podle vztahu

$$k_i = \frac{s_i \sqrt{p}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p s_i^2}}. \quad (7)$$

kde  $s_i$  je výběrová směrodatná odchylka hodnot naměřených v  $i$ -té laboratoři. Stejně jako statistika  $h$  se hodnoty  $k$  vynášejí do grafů. Prohlídka grafů hodnot  $h$  a  $k$  může naznačovat, že u určitých laboratoří se ukazuje podstatně odlišné uspořádání výsledků než u ostatních studovaných laboratoří. Je to důsledkem trvale velkého a/nebo malého rozptylu výsledků nebo extrémních průměrů výsledků napříč úrovněmi.



## 2.3 Výpočet odhadů rozptylů

Po vyřazení odlehlých hodnot (laboratoří) je možné přikročit k výpočtu základních charakteristik variability, a to rozptylu opakovatelnosti, mezilaboratorního rozptylu a rozptylu reprodukovatelnosti. Tyto charakteristiky se uvádějí ve formě směrodatných odchylek, tedy po odmocnění. Výhodou je stejný fyzikální rozměr charakteristiky variability a sledované veličiny.

### 2.3.1 Rozptyl opakovatelnosti

$$s_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^p (n_i - 1)} \quad (8)$$

### 2.3.2 Mezilaboratorní rozptyl

$$s_L^2 = \frac{s_d^2 - s_r^2}{\bar{n}}, \quad (9)$$

kde

$$s_d^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \quad (10)$$

a

$$\bar{n} = \frac{1}{p-1} \left[ \sum_{i=1}^p n_i - \frac{\sum_{i=1}^p n_i^2}{\sum_{i=1}^p n_i} \right]. \quad (11)$$

### 2.3.3 Rozptyl reprodukovatelnosti

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2, \quad (12)$$

kde  $s_r^2$  je rozptyl opakovatelnosti a  $s_L^2$  je mezilaboratorní rozptyl.

## 2.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost

**Opakovatelnost** vyjadřuje, že rozdíl mezi dvěma výsledky zkoušek z téhož vzorku, provedených stejným pracovníkem, na tomtéž zařízení, v nejkratším možném časovém intervalu nebude překračovat hodnotu opakovatelnosti  $r$  v průměru ne více než jednou ve 20 případech při běžném a správném provádění metody.

Hodnota opakovatelnosti je vyjádřena vztahem

$$r = 2,8 s_r, \quad (13)$$

kde  $s_r = \sqrt{s_r^2}$  je směrodatná odchylka opakovatelnosti.

**Reprodukovatelnost** vyjadřuje, že výsledky zkoušek na tomtéž vzorku, získané v nejkratším možném časovém intervalu dvěma pracovníky, kteří použili každý své zařízení, se nebudou lišit hodnotou reprodukovatelnosti  $R$  v průměru ne více než jednou ve 20 případech při běžném a správném provádění metody.

Hodnota reprodukovatelnosti je vyjádřena vztahem

$$R = 2,8 s_R, \quad (14)$$

kde  $s_R = \sqrt{s_R^2}$  je směrodatná odchylka reprodukovatelnosti.

## 2.5 Vztažná hodnota

Organizátor MPZ zajistí stanovení vztažné hodnoty  $X$  a její nejistoty pro každý program MPZ. Vztažné hodnoty jsou vždy účastníkům MPZ sdělovány až po dodání výsledků MPZ a to tak, aby účastníci nemohli získat žádnou výhodu z jejich předčasného zveřejnění.

Vztažné hodnoty organizátor stanovuje jako konsenzuální hodnotu účastníků podle přílohy B normy ČSN EN ISO/IEC 17043 [8] za použití statistických metod popsanych v ISO 13528 [9] a ČSN ISO 5725-5 [10]. Vztažná hodnota  $X$  je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru  $x^*$  (**Algoritmus A** uvedený v [9] a [10]).

Vypočtou se počáteční hodnoty  $x^*$  a  $s^*$  (robustní směrodatná odchylka) jako

$$x^* = \text{medián } x_i, \quad (15)$$

$$s^* = 1,483 \cdot \text{medián } |x_i - x^*|, \quad (16)$$

kde  $i = 1, \dots, p$ . Hodnoty  $x^*$  a  $s^*$  se upraví následovně. Vypočte se  $\varphi = 1,5 \cdot s^*$ . Pro každou hodnotu  $x_i$  se vypočte

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \varphi & \text{jestliže } x_i < x^* - \varphi, \\ x^* + \varphi & \text{jestliže } x_i > x^* + \varphi, \\ x_i & \text{v ostatních případech.} \end{cases} \quad (17)$$

Vypočtou se nové hodnoty  $x^*$  a  $s^*$  ze vztahu

$$x^* = \sum_{i=1}^p \frac{x_i^*}{p}, \quad (18)$$

a

$$s^* = 1,134 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^p \frac{(x_i^* - x^*)^2}{p-1}}. \quad (19)$$

Robustní odhady se odvozují iterací, dokud nejsou změny odhadů od jednoho výpočtu k dalšímu malé. Standardní nejistota  $u_X$  takto stanovené vztažné hodnoty se určuje podle vztahu

$$u_X = 1,25 \frac{s^*}{\sqrt{p}}. \quad (20)$$

V případě malého počtu účastníků MPZ stanovuje organizátor vztažné hodnoty jako konsenzuální hodnoty získané od expertních účastníků, kteří prokázali kompetenci ke stanovení měřené veličiny, která je předmětem zkoušky.

Při nízkém počtu účastníků ( $4 \leq p \leq 20$ ) může organizátor dále zvážit využití tzv. **Hornova postupu** pro stanovení vztažných hodnot. Tento postup spočívá ve stanovení tzv. pivotů, na jejichž základě se určí odhad polohy a variability. Nejdříve se provede vzestupné seřazení posuzovaných dat. Dolní pivot se poté určí ze vztahu

$$x_D = x_{(H)}, \quad (21)$$

kde  $H$  je pořadový index daný rovnicí  $H = \frac{\text{int}(\frac{p+1}{2})}{2}$  nebo  $H = \frac{\text{int}(\frac{p+1}{2} + 1)}{2}$ .

Horní pivot se poté určí ze vztahu

$$x_H = x_{p+1-H}. \quad (22)$$

Vztažná hodnota je prostřednictvím Hornova postupu určena jako odhad polohy, tedy tzv. pivotová polosuma

$$x^* = \frac{x_D + x_H}{2}. \quad (23)$$

Odhad variability se stanovuje jako tzv. pivotové rozpětí

$$R_L = x_H - x_D \quad (24)$$

a nejistota takto určené vztažné hodnoty jako 95% intervalový odhad střední hodnoty

$$u_X = R_L t_{L;0,95}(p), \quad (25)$$

kde  $t_{L;0,95}(p)$  je  $(1 - \alpha)$  kvantil rozdělení  $T_L$  s  $p$  stupni volnosti.

## 2.6 Výpočet statistik výkonnosti

Výsledky zkoušek se musí pro interpretaci a porovnání se stanovenými cíli převést na tzv. výkonnostní statistiky. Účelem je vyjádřit odchylku od vztažné hodnoty takovým způsobem, který umožňuje porovnání s kritérii výkonnosti. Podle normy ČSN EN ISO/IEC 17043 [8] se výkonnost účastníků se pracovišť hodnotí podle tzv. z-score a  $\zeta$ -score (zeta-score).

Pro každou neodlehlou laboratoř se z-score vypočte podle vztahu

$$z_i = \frac{|\bar{x}_i - x^*|}{s^*}. \quad (26)$$

$\zeta$ -score (zeta-score) se vypočítá pomocí rovnice

$$\zeta_i = \frac{|\bar{x}_i - x^*|}{\sqrt{u_i^2 + u_X^2}}, \quad (27)$$

kde  $u_i$  je standardní kombinovaná nejistota  $i$ -té laboratoře. Standardní kombinované nejistoty měření lze získat podělením rozšířené nejistoty  $U$  koeficientem rozšíření  $k$ , který má pro normální rozdělení pravděpodobnosti hodnotu  $k = 2$ . Pokud účastník neuvedl rozšířenou nejistotu měření na záznamovém listu výsledků zkoušek, není možné  $\zeta$ -score určit. Více o nejistotách měření lze nalézt v dokumentu [11].

Pro z-score a  $\zeta$ -score (pro jednoduchost je uvedeno pouze z-score) platí následující stupnice:

$$z\text{-score} = \begin{cases} |z| \leq 2 & \text{ukazuje, že výkonnost laboratoře je } \mathbf{vyhovující}, \\ 2 \leq |z| \leq 3 & \text{ukazuje, že výkonnost laboratoře je } \mathbf{problematická} \text{ a vytváří varovný podnět,} \\ 3 \leq |z| & \text{ukazuje, že výkonnost laboratoře je } \mathbf{nevyhovující} \text{ a vytváří podnět k akci.} \end{cases} \quad (28)$$

### 3 Závěry statistické analýzy

Předložená zpráva shrnuje výsledky programu zkoušení způsobilosti ZČB 2018/1 pořádaného Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST. PrZZ se zúčastnilo celkem 18 pracovišť. Program byl zaměřen na běžné normalizované zkoušky čerstvého betonu. Výsledky zkoušek byly hodnoceny samostatně pro každý sledovaný zkušební postup. Vyhodnocené statistické charakteristiky, výsledky testů a grafické znázornění jsou součástí přílohy této zprávy.

Nejdůležitějším výstupem PrZZ jsou tzv.  $z$ -score a  $\zeta$ -score (zeta-score). Tyto charakteristiky hodnotí výkonnost jednotlivých účastníků porovnáním se vztažnou hodnotou a nejistotami měření. Vztažná hodnota a její nejistota byla určena podle postupů uvedených v 2.6.  $z$ -score a  $\zeta$ -score jsou porovnány s limitními hodnotami (viz část 2.6). Výsledné hodnoty  $\zeta$ -score nejsou brány v potaz při výsledném vyhodnocení výkonnosti účastníků, neboť jsou do značné míry závislé na hodnotách nejistot měření.

#### 3.1 ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 1 přílohy.

Numerické posouzení údajů Cochranovým testem ukázalo překročení 5% kritické hodnoty v případě účastníka 267878. Bližší analýza ukázala, že toto překročení způsobuje pouze jeden odlehlý výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již 5% kritická hodnota překonána nebyla. Kritické posouzení Grubbsovým testem neukázalo překročení žádné kritické hodnoty. Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) ukázalo několik překročení kritických hodnot statistik konzistence (viz příloha). Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné. Pouze poukazuje na drobné nesrovnalosti. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [9]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu  $z$ -score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

#### 3.2 ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 2 přílohy. Numerické ani grafické zhodnocení výsledků zkoušek neukázalo překročení kritických hodnoty. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [9]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu  $z$ -score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

#### 3.3 ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 3 přílohy. Numerické ani grafické zhodnocení výsledků zkoušek neukázalo překročení kritických hodnoty. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [9]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu  $z$ -score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

#### 3.4 ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 4 přílohy. Numerické zhodnocení údajů Grubbsovým testem ukázalo překročení 1% kritické hodnoty v případě účastníka **1662e1**. Výsledky tohoto účastníka byly označeny jako **odlehlé** a z experimentu vyřazeny. Další provedení Grubbsova testu již překročení kritických hodnot neukázalo.

Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) ukázalo několik překročení kritických hodnot statistik konzistence (viz příloha). Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné. Pouze poukazuje na drobné nesrovnalosti.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [9]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu  $z\text{-score} = 2$  a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

### 3.5 ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 5 přílohy. Numerické ani grafické zhodnocení výsledků zkoušek neukázalo překročení kritických hodnoty. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [9]). K překročení kritické hodnoty  $z\text{-score} = 2$  došlo v případě účastníků **91a1c2** a **d06ee9**. Výkonnost těchto účastníků je tedy označena jako **problematická**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročili limitní hodnotu limitní hodnotu  $z\text{-score} = 2$  a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

## Odkazy

- [1] ČSN EN 12350-2. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím*. 2009.
- [2] ČSN EN 12350-4. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 4: Stupeň zhutnitelnosti*. 2009.
- [3] ČSN EN 12350-5. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitím*. 2009.
- [4] ČSN EN 12350-6. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost*. 2009.
- [5] ČSN EN 12350-7. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody*. 2009.
- [6] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 2014.
- [7] ČSN ISO 5725-2. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 1: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření*. 1997.
- [8] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti*. 2010.
- [9] ISO 13 528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*. 2005.
- [10] ČSN ISO 5725-5. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření*. 1999.
- [11] EA 4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. 2000.

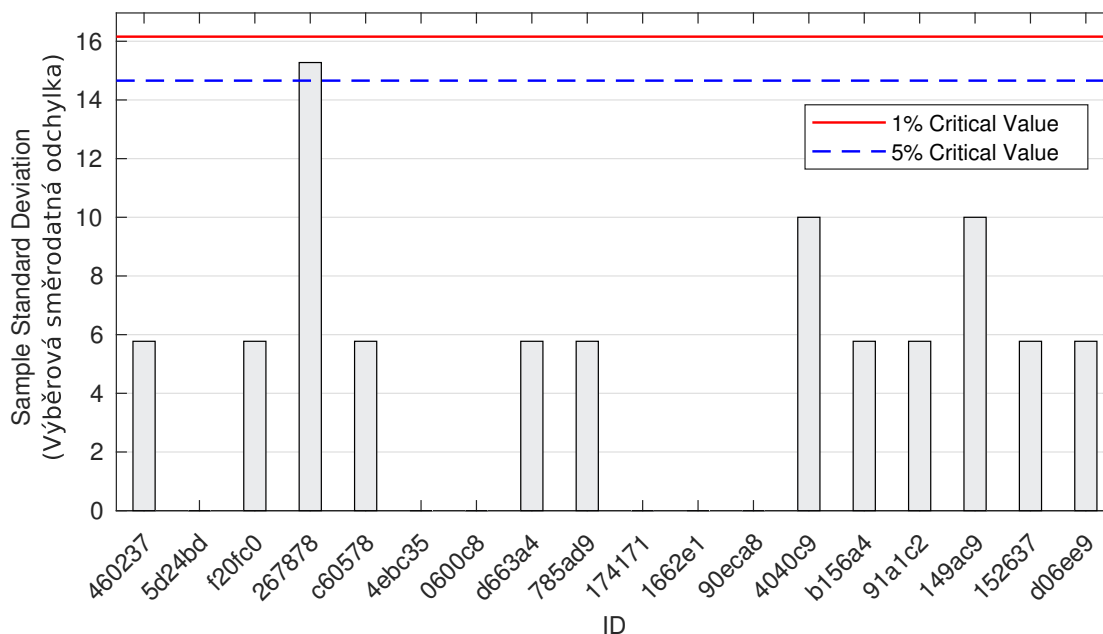
# 1 Příloha – ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)

## 1.1 Výsledky zkoušek

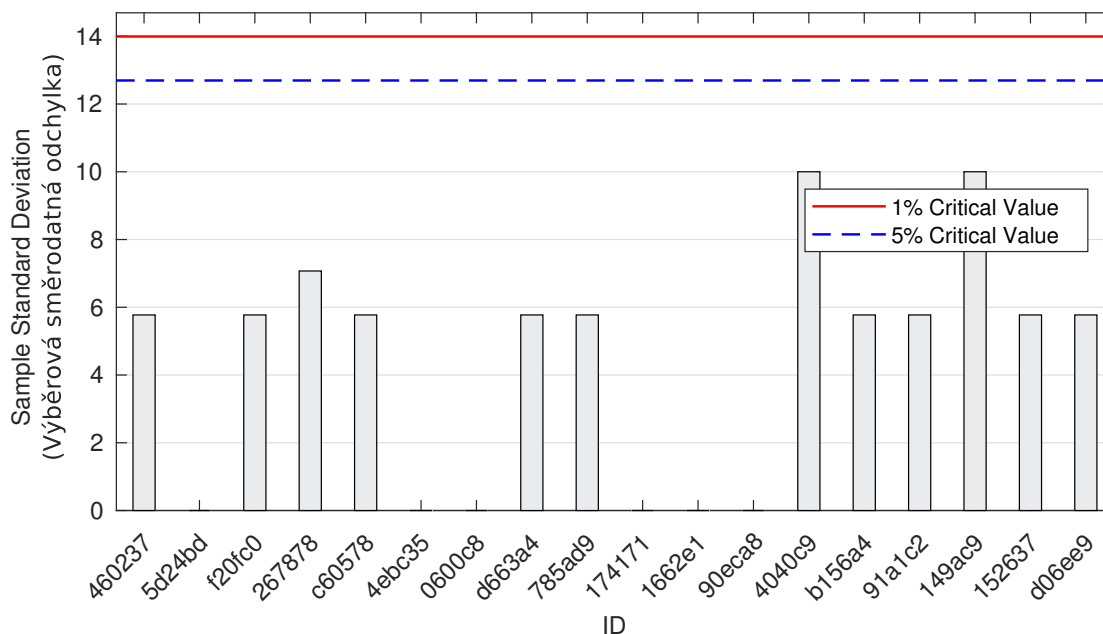
Tabulka 3: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
	[mm]	[mm]	[mm]				
460237	100	90	100	6	97	6	5.97
5d24bd	100	100	100	6	100	0	0.00
f20fc0	100	100	110	6	103	6	5.59
267878	120	110	90	6	107	15	14.32
c60578	100	110	110	6	107	6	5.41
4ebc35	110	110	110	6	110	0	0.00
0600c8	110	110	110	6	110	0	0.00
d663a4	120	110	110	5	113	6	5.09
785ad9	120	110	120	6	117	6	4.95
174171	120	120	120	-	120	0	0.00
1662e1	120	120	120	4	120	0	0.00
90eca8	120	120	120	15	120	0	0.00
4040c9	130	120	110	6	120	10	8.33
b156a4	120	130	120	5	123	6	4.68
91a1c2	130	130	120	5	127	6	4.56
149ac9	130	140	120	6	130	10	7.69
152637	140	140	130	11	137	6	4.22
d06ee9	140	130	140	5	137	6	4.22

## 1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

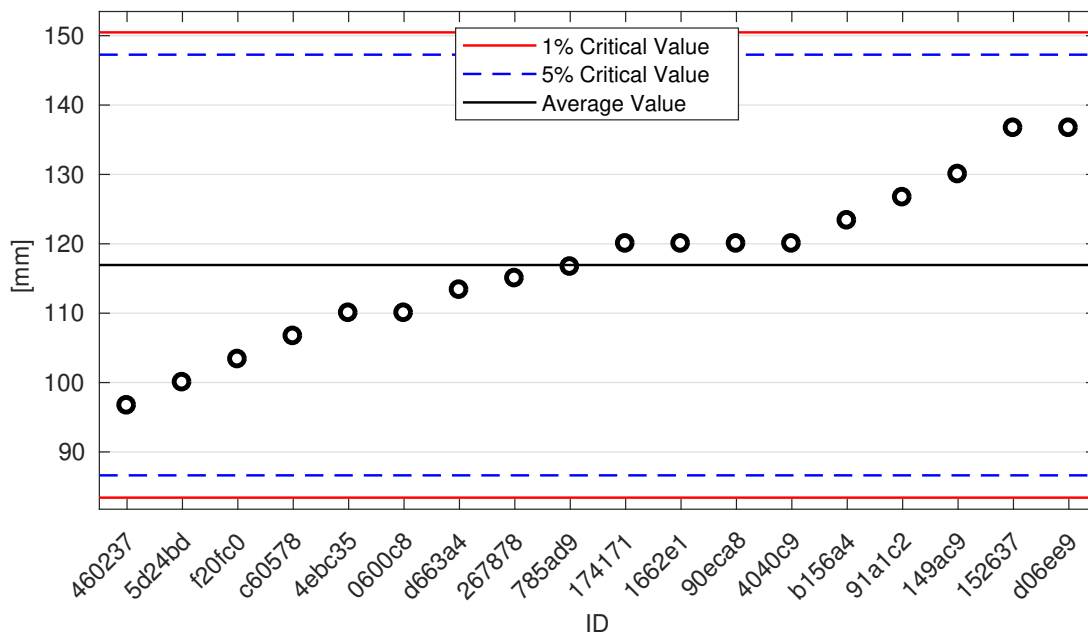


Obrázek 1: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



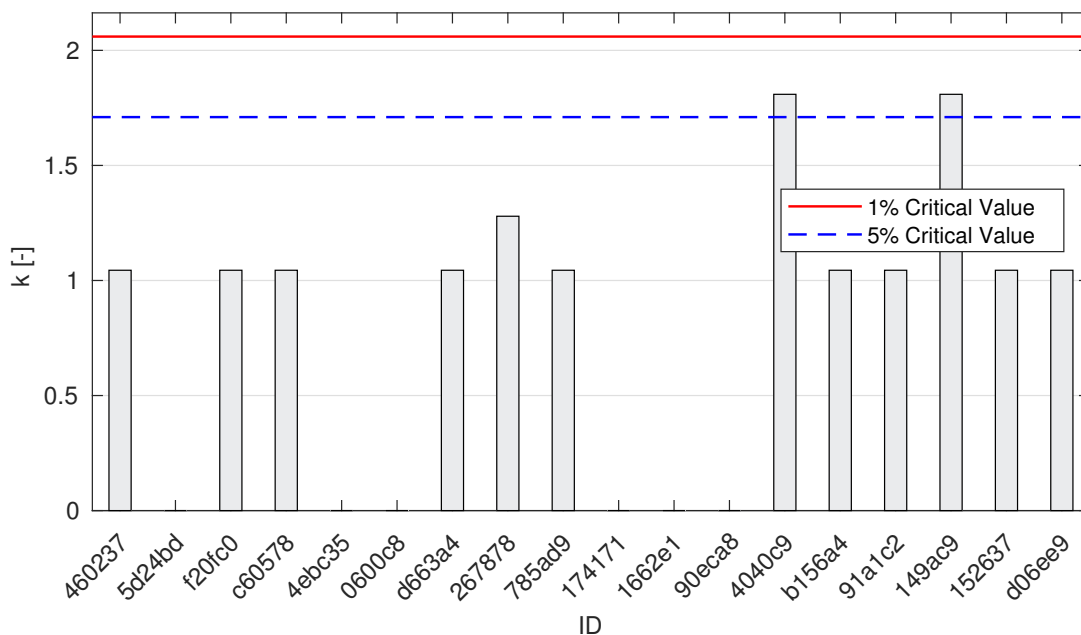
Obrázek 2: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



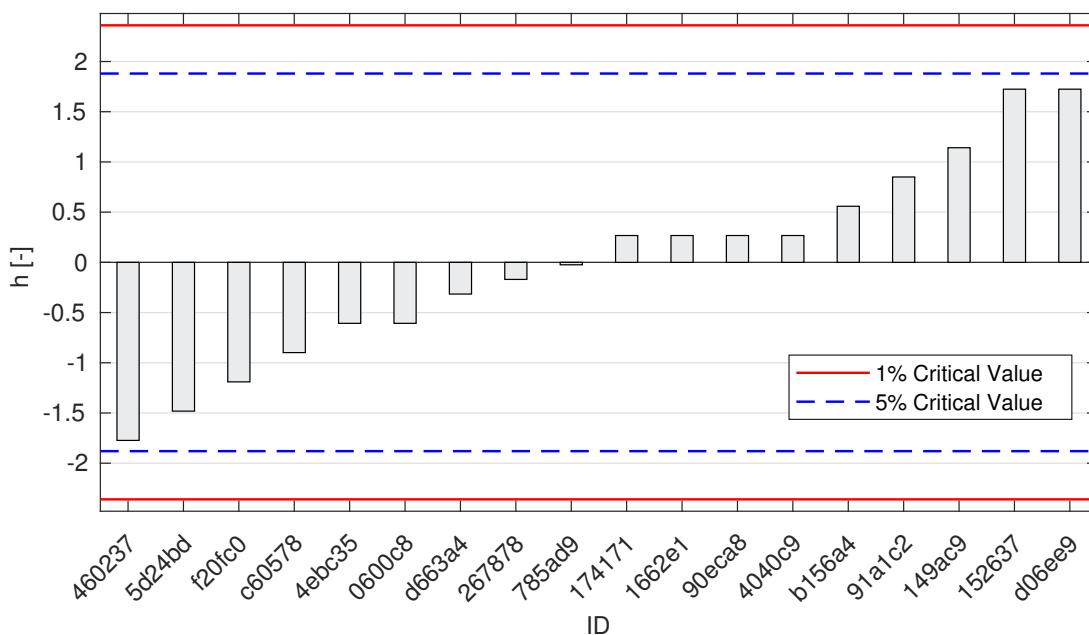


Obrázek 3: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 1.3 Mandelovy statistiky konzistence

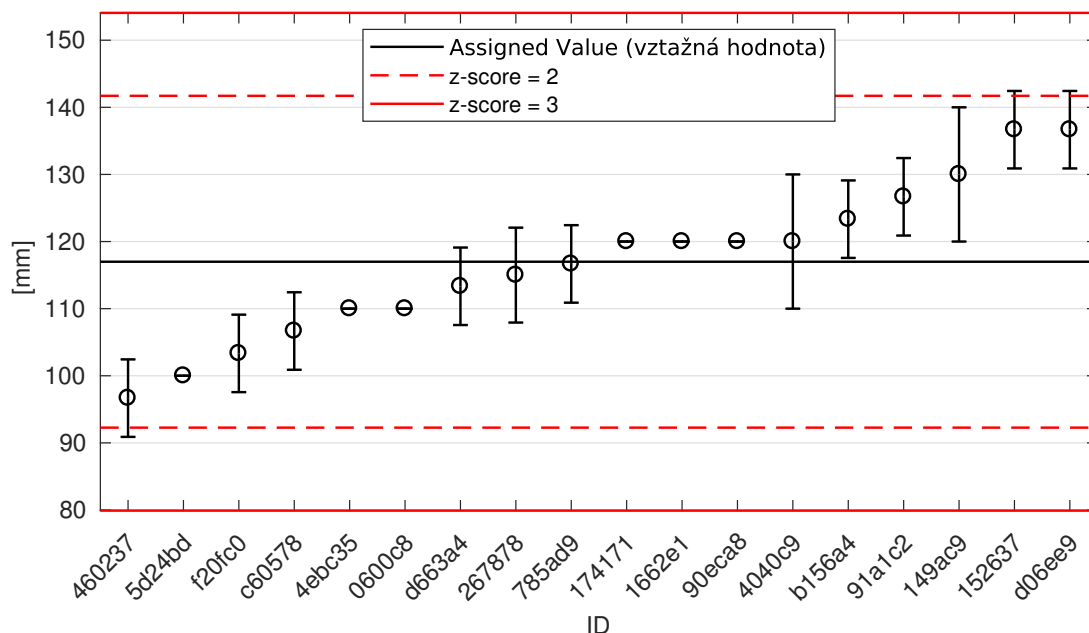


Obrázek 4: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

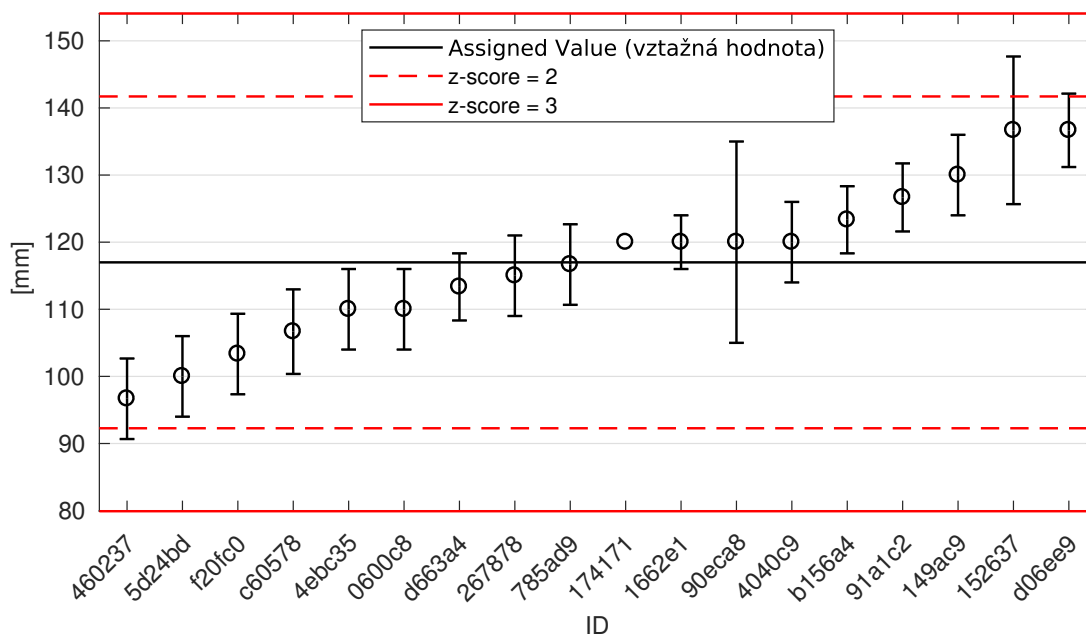


Obrázek 5: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

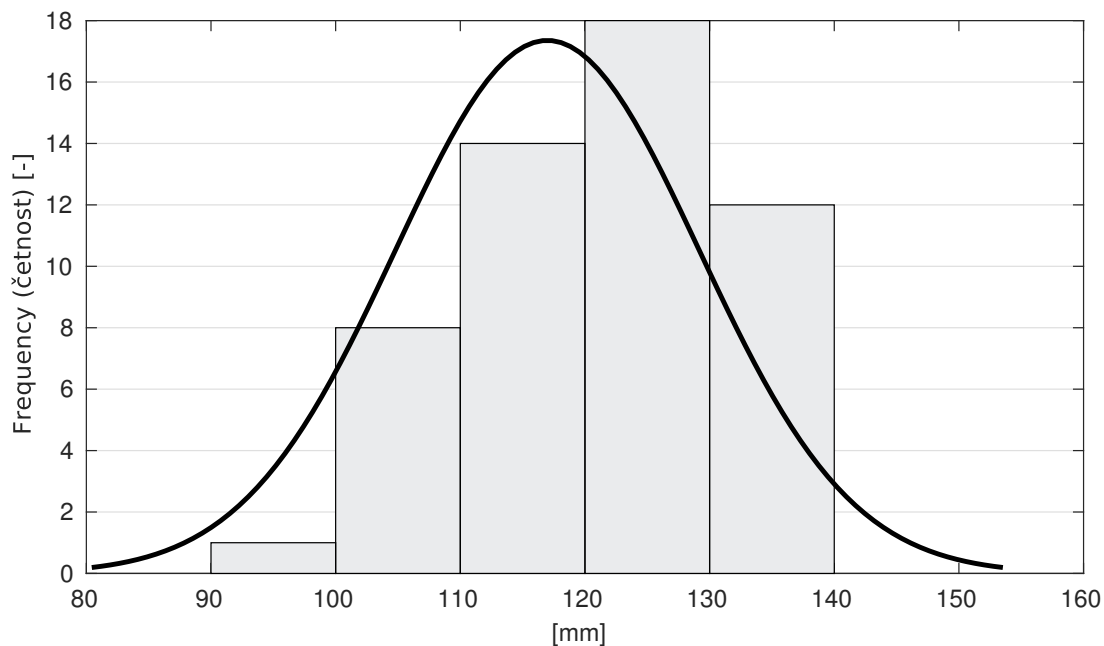
### 1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



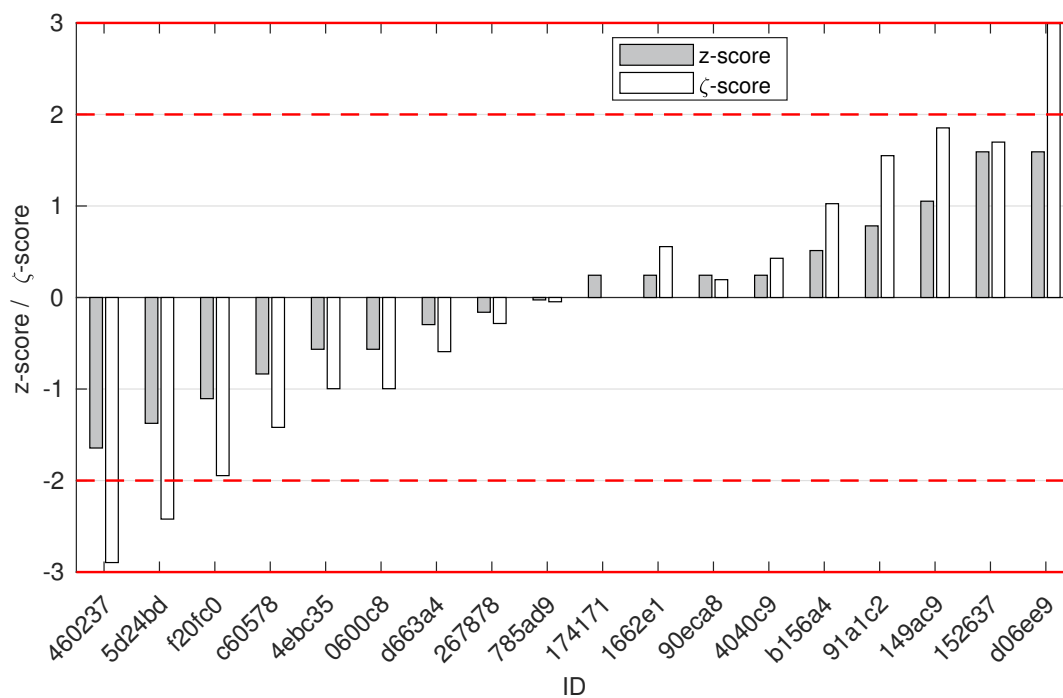
Obrázek 6: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 7: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 8: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 9: z-score a ζ-score

Tabulka 4: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
460237	-1.64	-2.90
5d24bd	-1.37	-2.42
f20fc0	-1.11	-1.95
c60578	-0.84	-1.42
4ebc35	-0.57	-1.00
0600c8	-0.57	-1.00
d663a4	-0.30	-0.59
267878	-0.16	-0.28
785ad9	-0.03	-0.05
174171	0.24	-
1662e1	0.24	0.56
90eca8	0.24	0.19
4040c9	0.24	0.43
b156a4	0.51	1.03
91a1c2	0.78	1.55
149ac9	1.05	1.85
152637	1.59	1.70
d06ee9	1.59	2.99

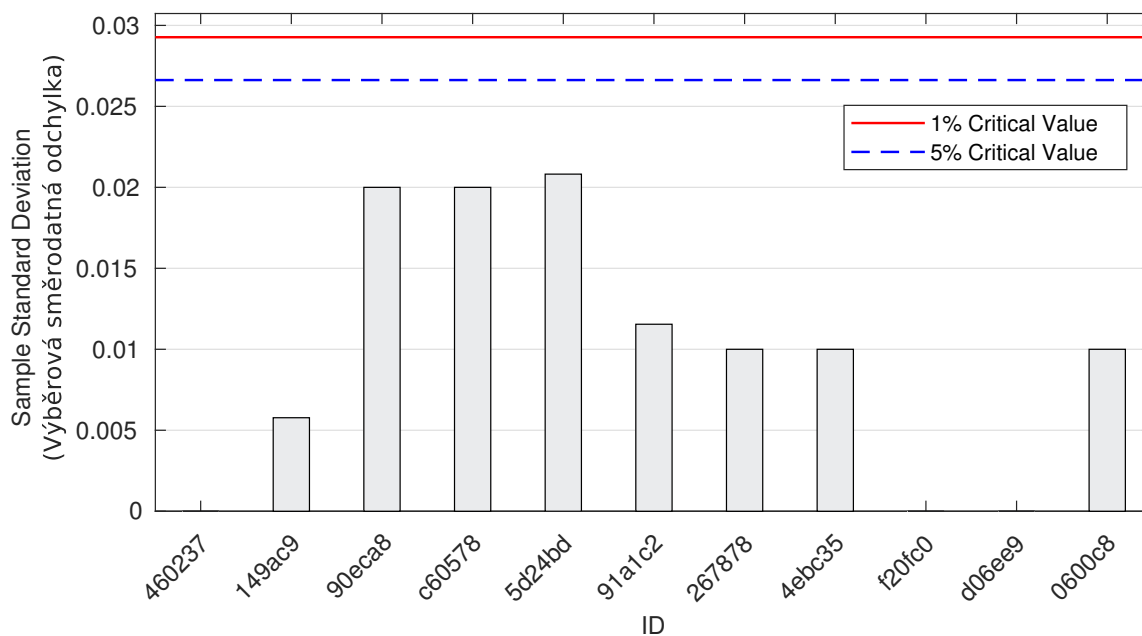
## 2 Příloha – ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)

### 2.1 Výsledky zkoušek

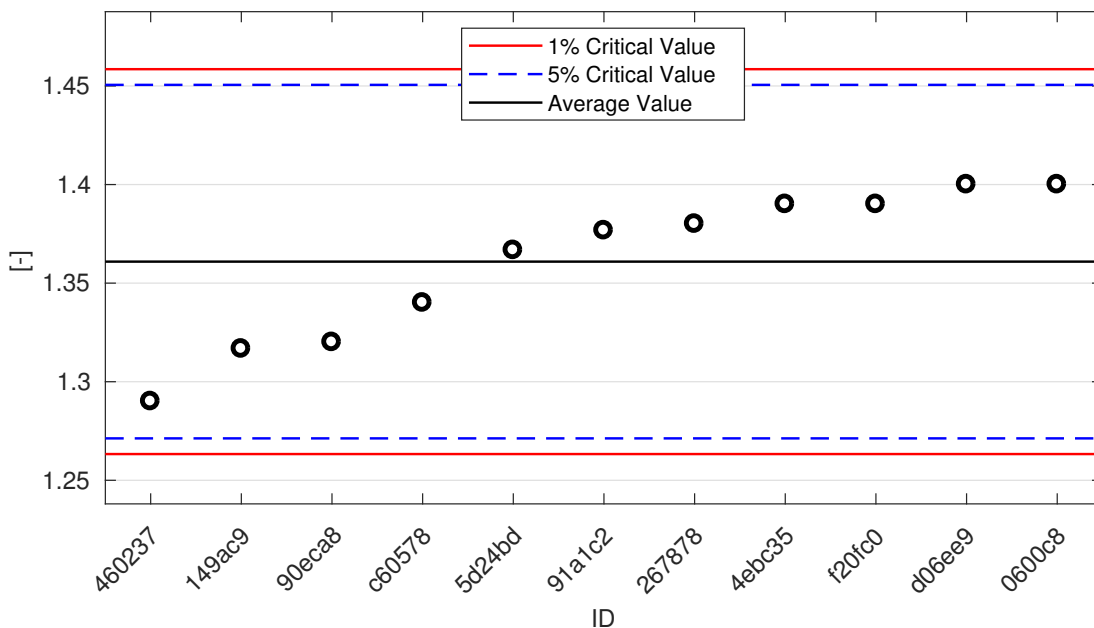
Tabulka 5: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [mm]			$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
460237	1.29	1.29	1.29	0.01	1.29	0.00	0.00
149ac9	1.32	1.32	1.31	0.01	1.32	0.01	0.44
90eca8	1.30	1.32	1.34	0.20	1.32	0.02	1.52
c60578	1.32	1.34	1.36	-	1.34	0.02	1.49
5d24bd	1.36	1.35	1.39	0.85	1.37	0.02	1.52
91a1c2	1.39	1.37	1.37	0.14	1.38	0.01	0.84
267878	1.37	1.38	1.39	0.07	1.38	0.01	0.72
4ebc35	1.39	1.38	1.40	0.85	1.39	0.01	0.72
f20fc0	1.39	1.39	1.39	0.85	1.39	0.00	0.00
d06ee9	1.40	1.40	1.40	0.14	1.40	0.00	0.00
0600c8	1.39	1.40	1.41	0.85	1.40	0.01	0.71

### 2.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot

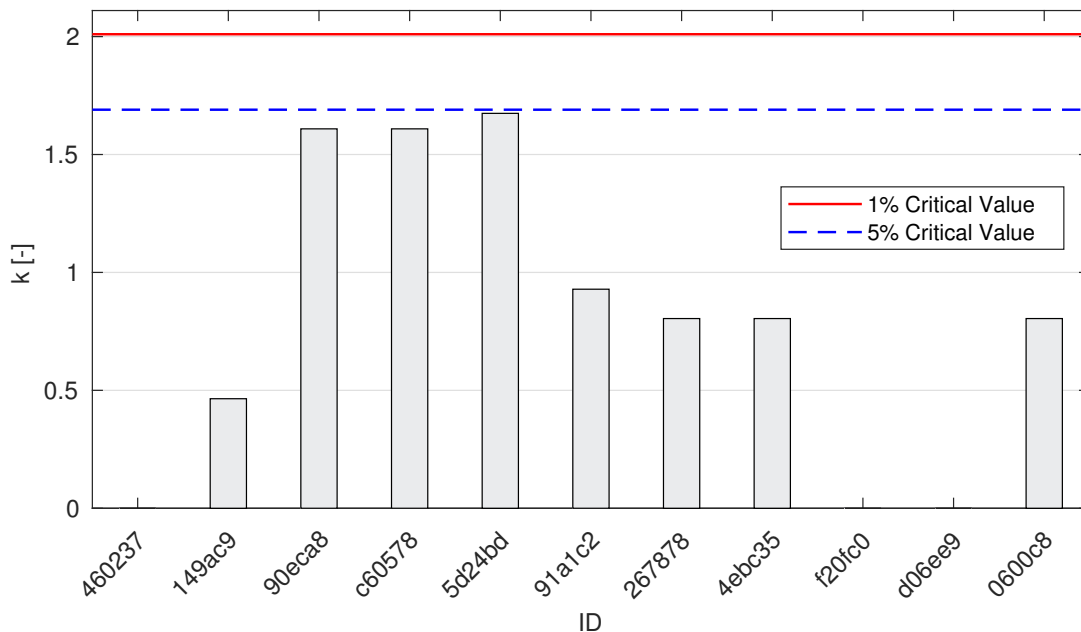


Obrázek 10: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

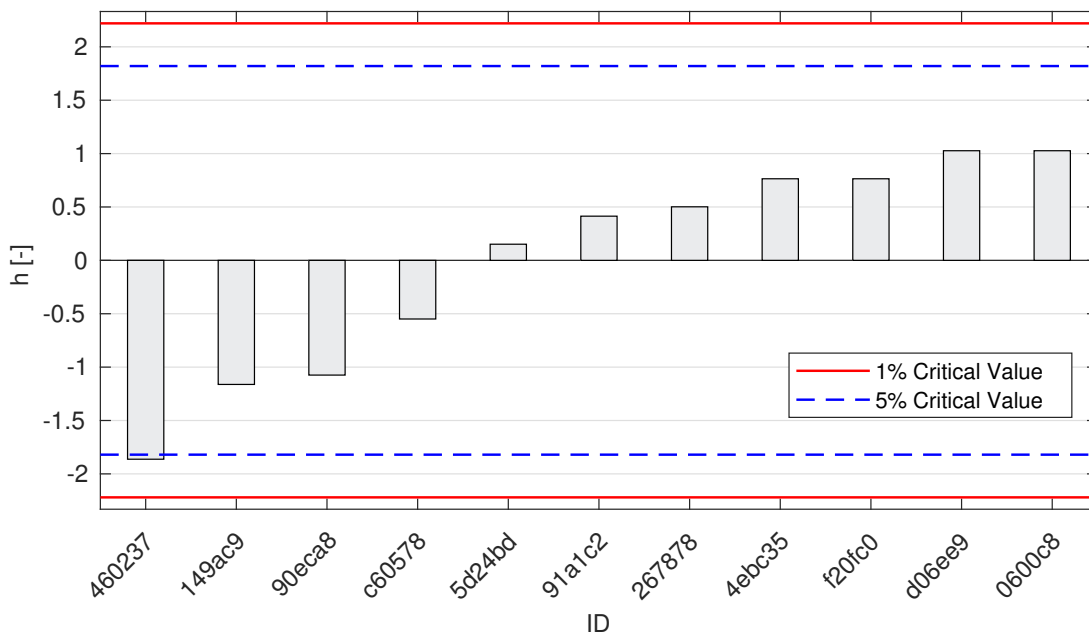


Obrázek 11: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 2.3 Mandelovy statistiky konzistence

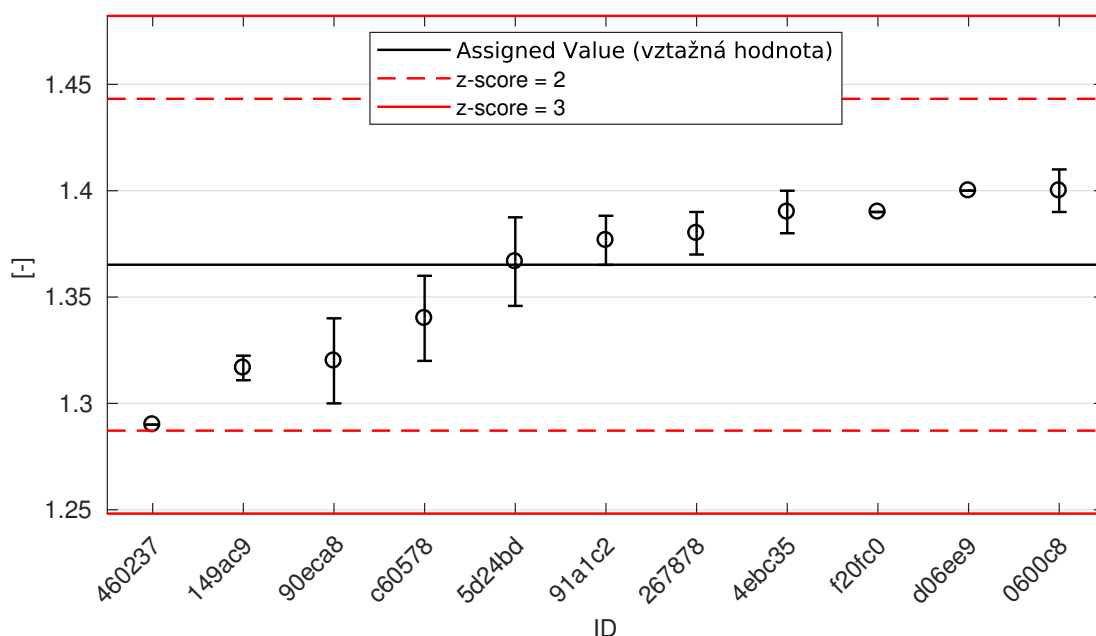


Obrázek 12: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

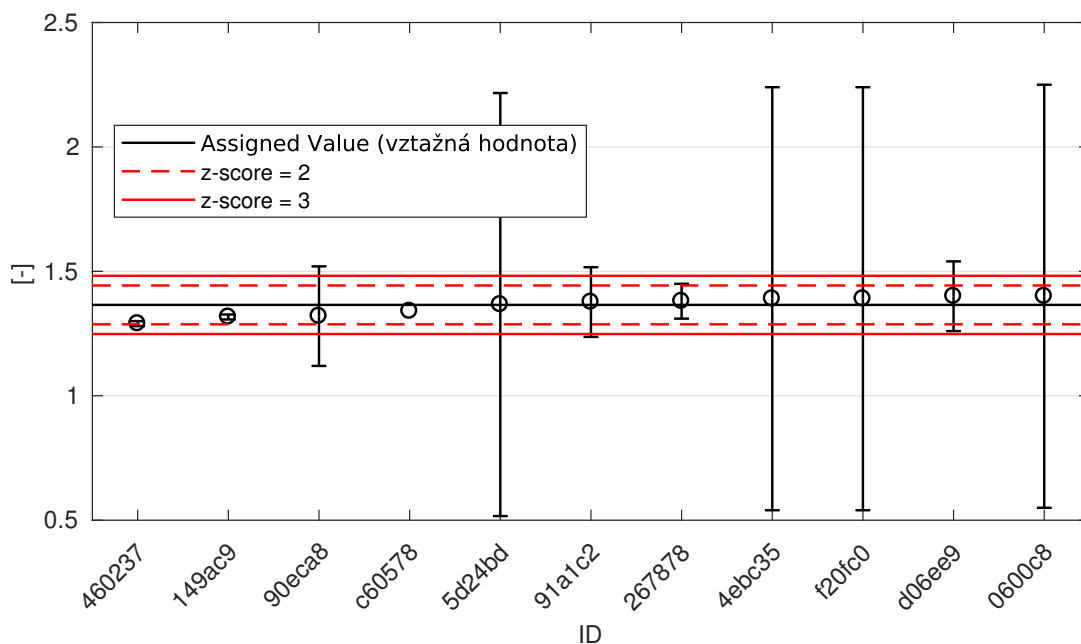


Obrázek 13: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

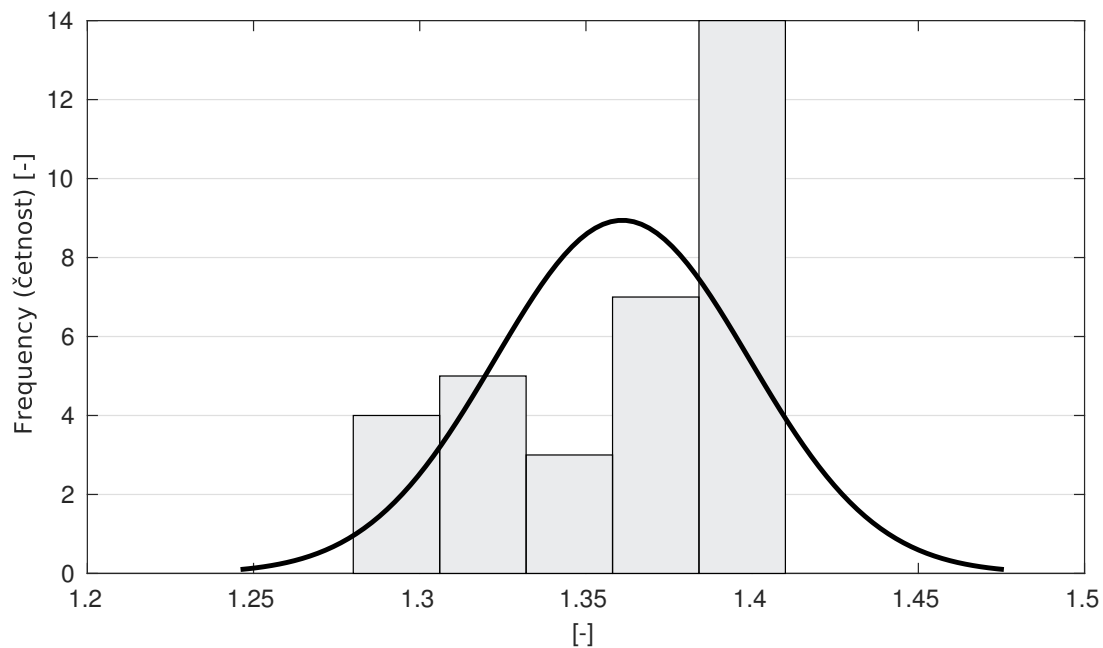
## 2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



Obrázek 14: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

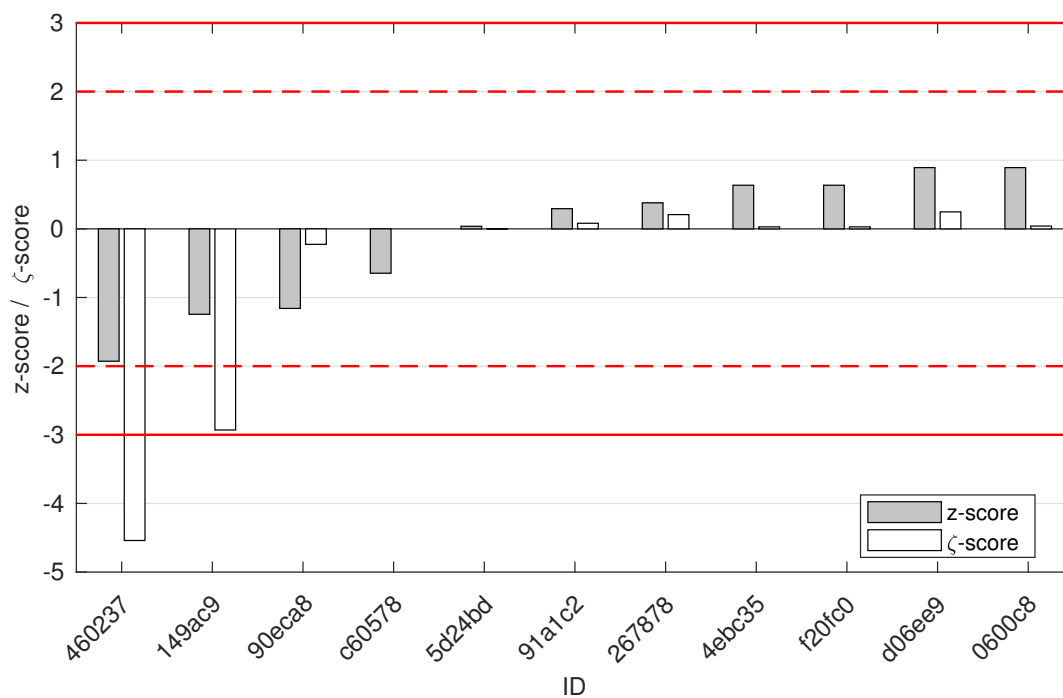


Obrázek 15: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 16: Histogram všech výsledků zkoušek





Obrázek 17: z-score a ζ-score

Tabulka 6: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
460237	-1.93	-4.54
149ac9	-1.24	-2.93
90eca8	-1.16	-0.23
c60578	-0.65	-
5d24bd	0.04	0.00
91a1c2	0.29	0.08
267878	0.38	0.21
4ebc35	0.64	0.03
f20fc0	0.64	0.03
d06ee9	0.89	0.25
0600c8	0.89	0.04

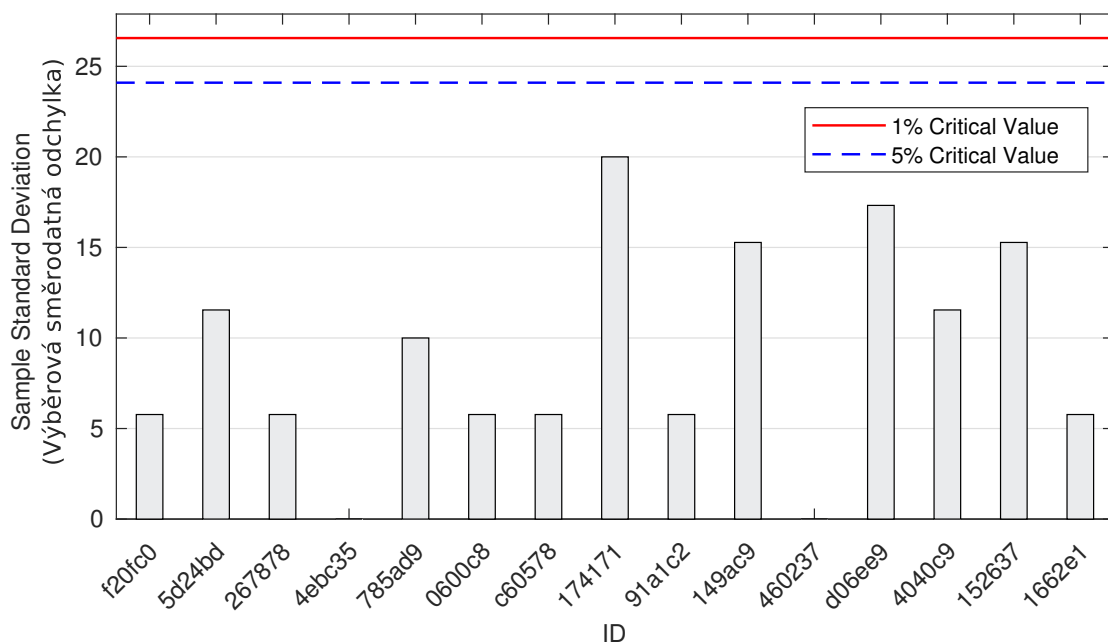
### 3 Příloha – ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)

#### 3.1 Výsledky zkoušek

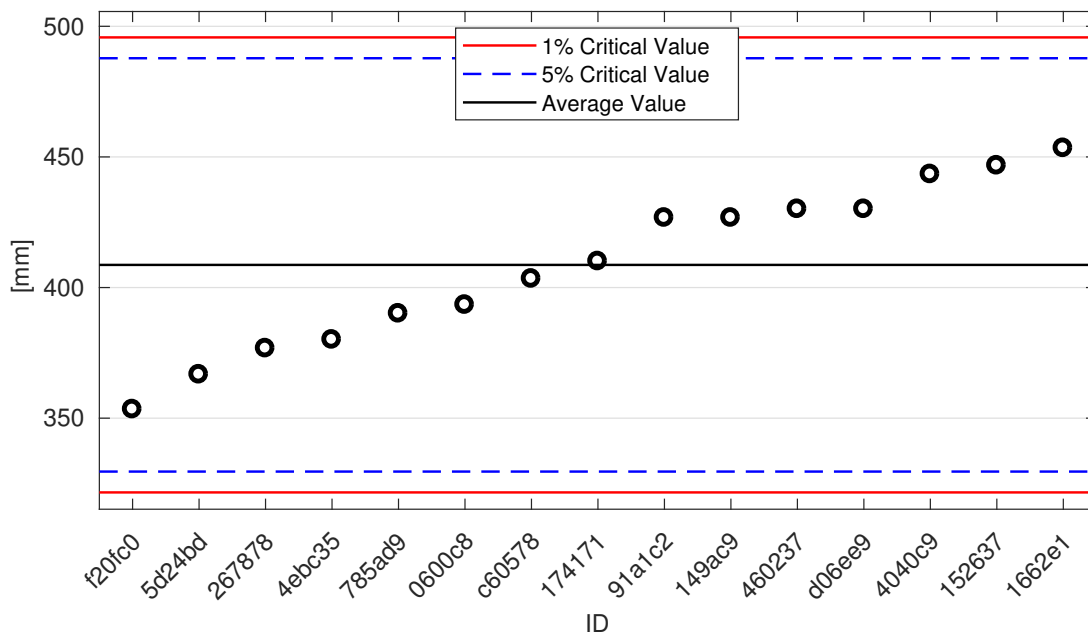
Tabulka 7: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [mm]			$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
f20fc0	350	360	350	6	353	6	1.63
5d24bd	360	360	380	6	367	12	3.15
267878	370	380	380	19	377	6	1.53
4ebc35	380	380	380	6	380	0	0.00
785ad9	390	400	380	20	390	10	2.56
0600c8	390	390	400	6	393	6	1.47
c60578	410	400	400	23	403	6	1.43
174171	430	410	390	-	410	20	4.88
91a1c2	430	420	430	17	427	6	1.35
149ac9	440	430	410	10	427	15	3.58
460237	430	430	430	10	430	0	0.00
d06ee9	450	420	420	17	430	17	4.03
4040c9	450	450	430	16	443	12	2.60
152637	450	460	430	13	447	15	3.42
1662e1	460	450	450	40	453	6	1.27

#### 3.2 Numerické zhodnocení odlehklých hodnot

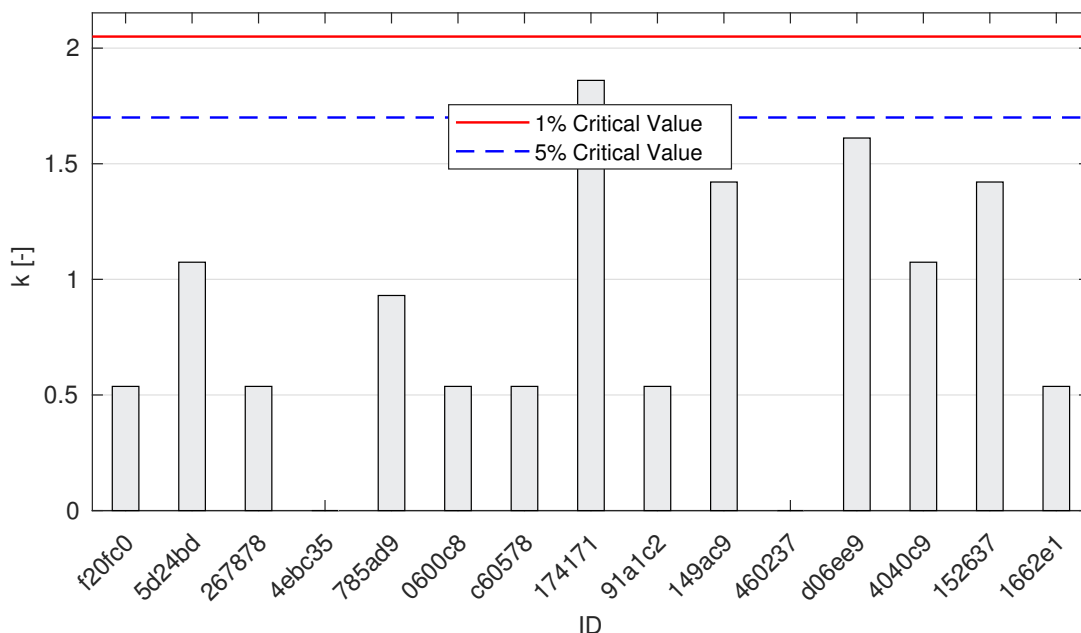


Obrázek 18: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

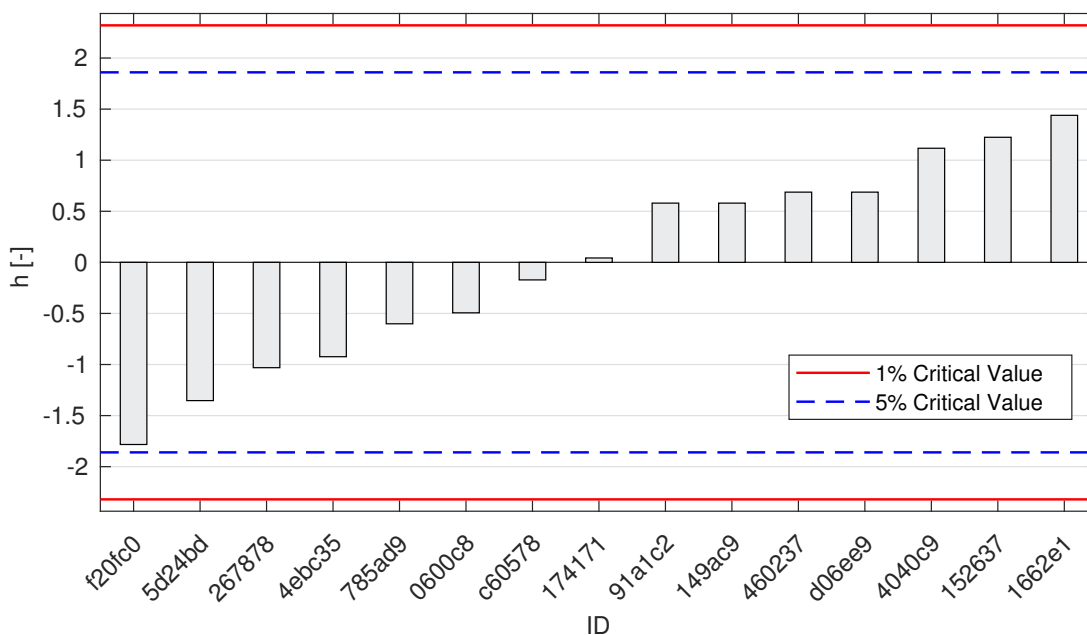


Obrázek 19: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 3.3 Mandelovy statistiky konzistence

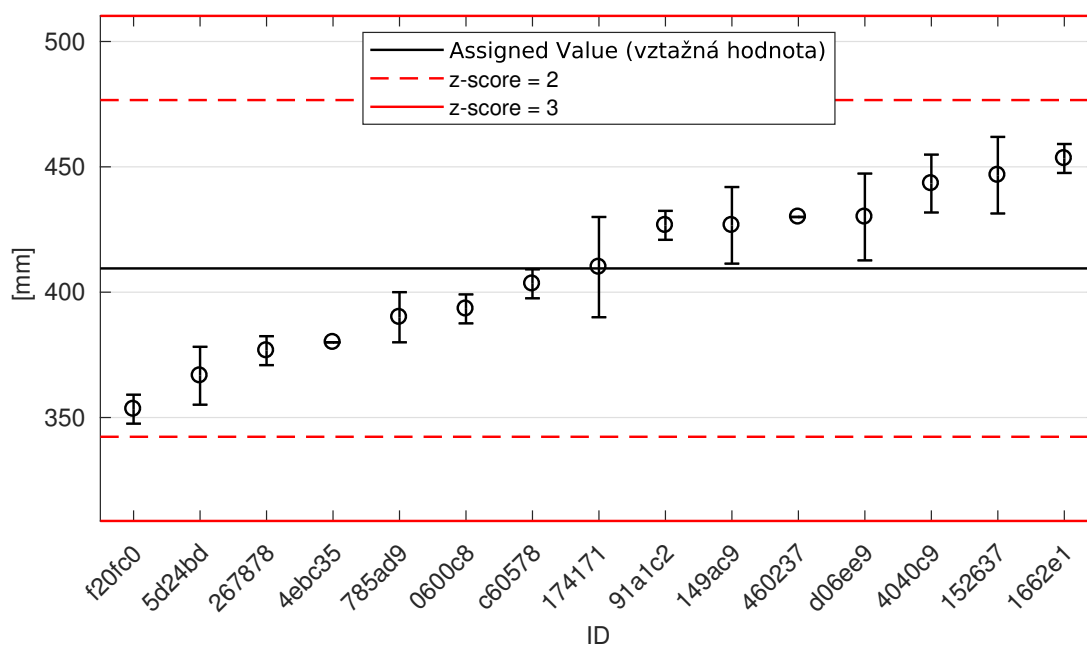


Obrázek 20: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

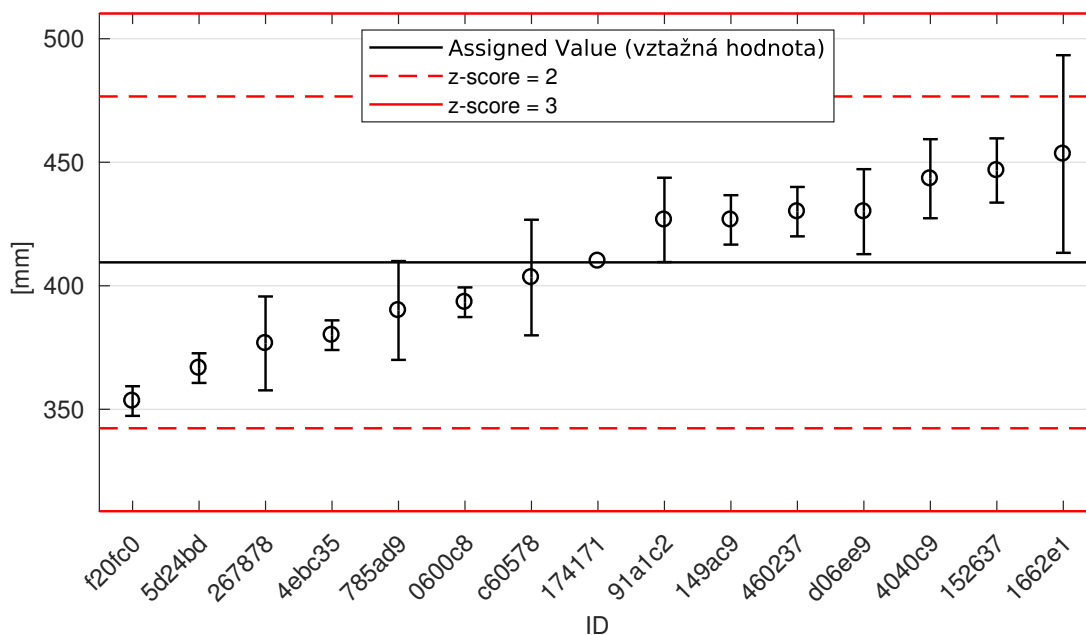


Obrázek 21: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

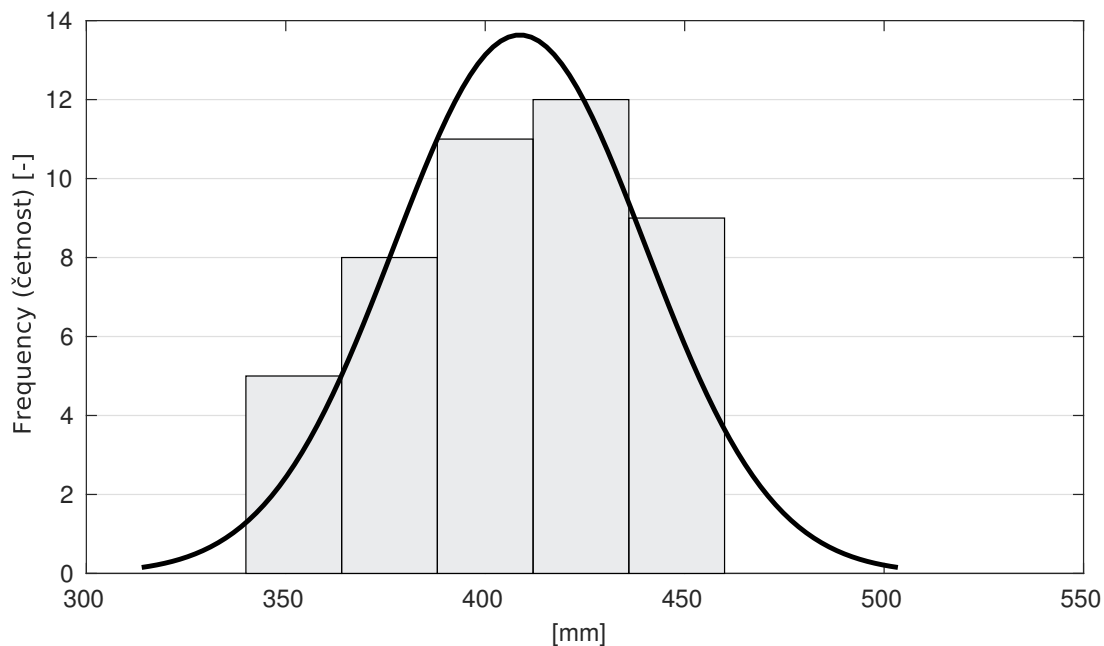
### 3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



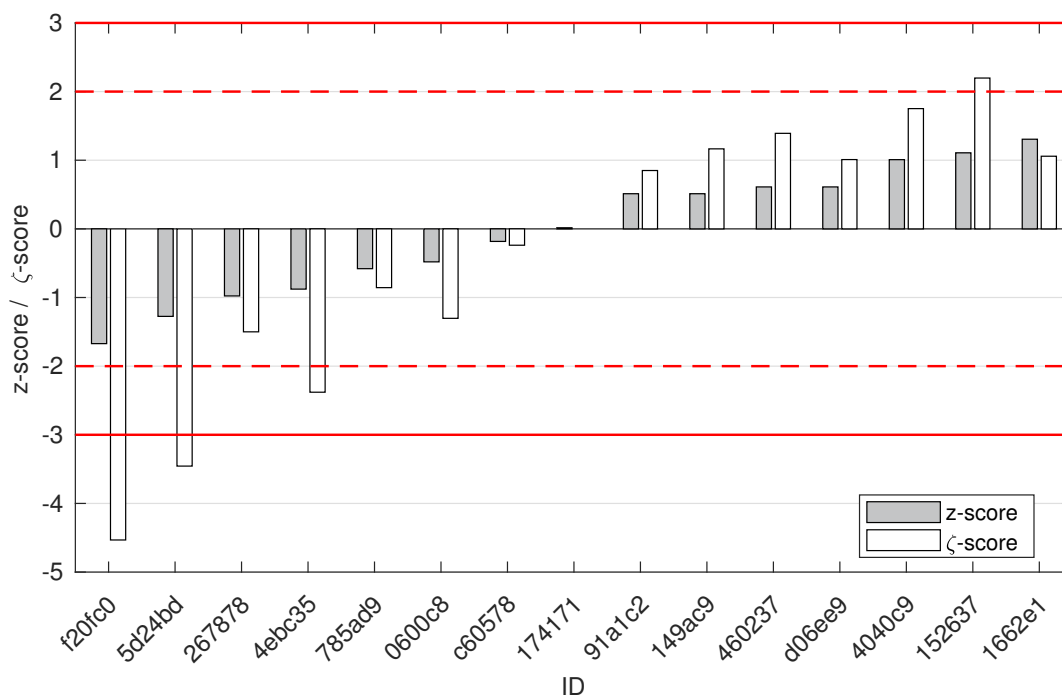
Obrázek 22: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 23: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 24: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 25: z-score a ζ-score

Tabulka 8: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
f20fc0	-1.67	-4.53
5d24bd	-1.27	-3.46
267878	-0.98	-1.50
4ebc35	-0.88	-2.38
785ad9	-0.58	-0.86
0600c8	-0.48	-1.30
c60578	-0.18	-0.24
174171	0.02	-
91a1c2	0.51	0.85
149ac9	0.51	1.17
460237	0.61	1.39
d06ee9	0.61	1.01
4040c9	1.01	1.75
152637	1.11	2.20
1662e1	1.31	1.06

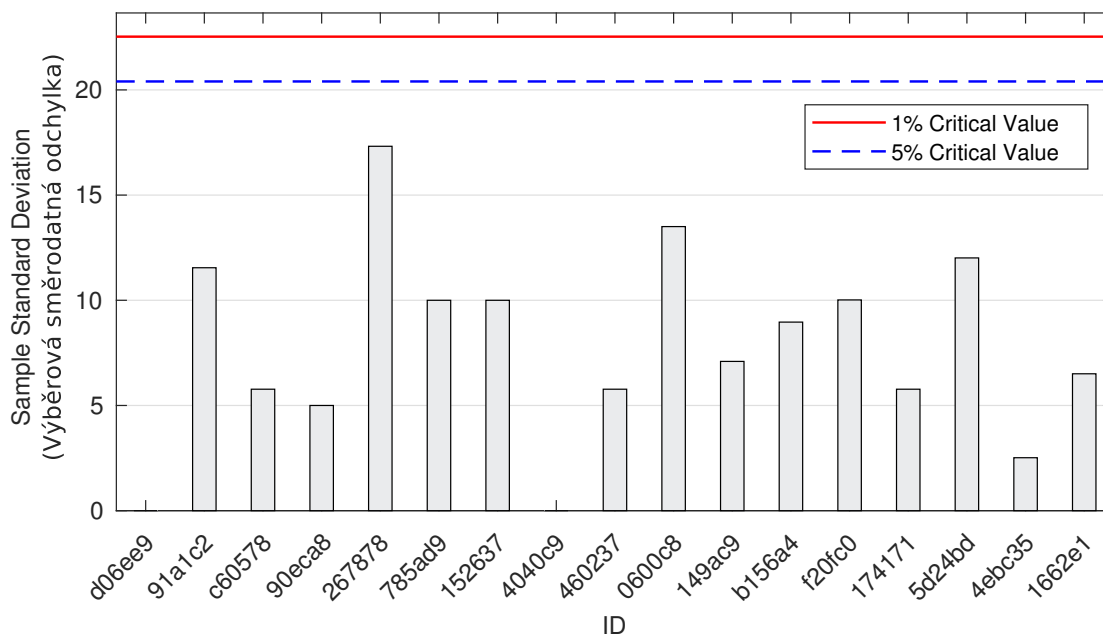
## 4 Příloha – ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)

### 4.1 Výsledky zkoušek

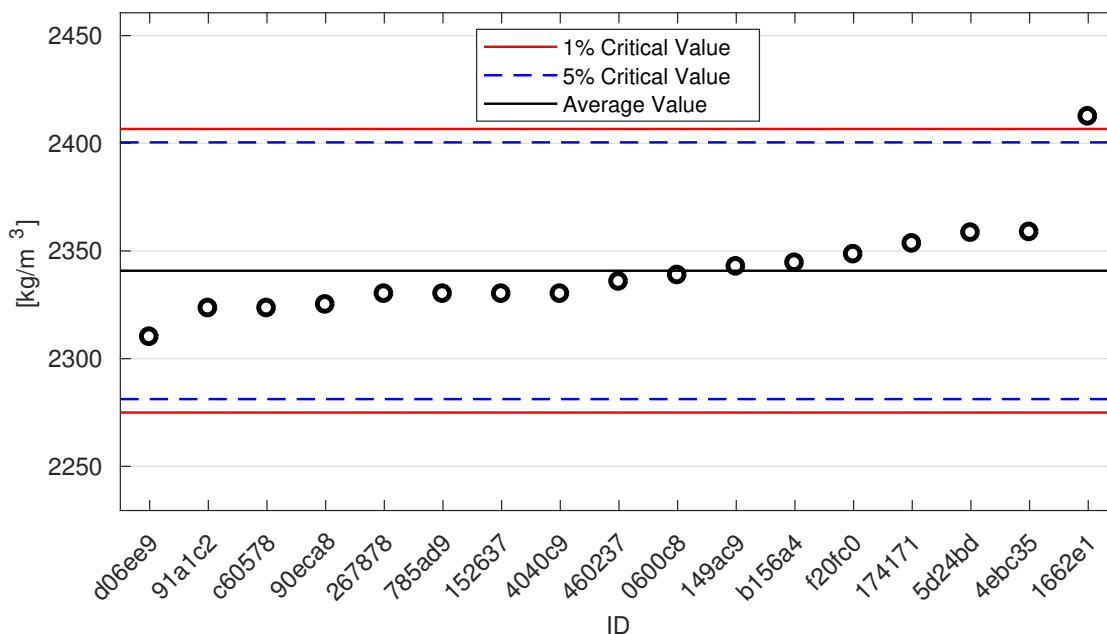
Tabulka 9: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
	[mm]	[mm]	[mm]				
d06ee9	2310	2310	2310	37	2310	0	0.00
91a1c2	2330	2310	2330	37	2323	12	0.50
c60578	2320	2330	2320	23	2323	6	0.25
90eca8	2330	2320	2325	30	2325	5	0.22
267878	2340	2340	2310	40	2330	17	0.74
785ad9	2330	2340	2320	40	2330	10	0.43
152637	2320	2330	2340	5	2330	10	0.43
4040c9	2330	2330	2330	20	2330	0	0.00
460237	2329	2339	2339	25	2336	6	0.25
0600c8	2339	2325	2352	-	2339	14	0.58
149ac9	2335	2349	2344	25	2343	7	0.30
b156a4	2349	2334	2350	6	2344	9	0.38
f20fc0	2349	2338	2358	-	2348	10	0.43
174171	2350	2350	2360	-	2353	6	0.25
5d24bd	2359	2370	2346	-	2358	12	0.51
4ebc35	2359	2361	2356	-	2359	3	0.11
1662e1	2406	2412	2419	37	2412	7	0.27

## 4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

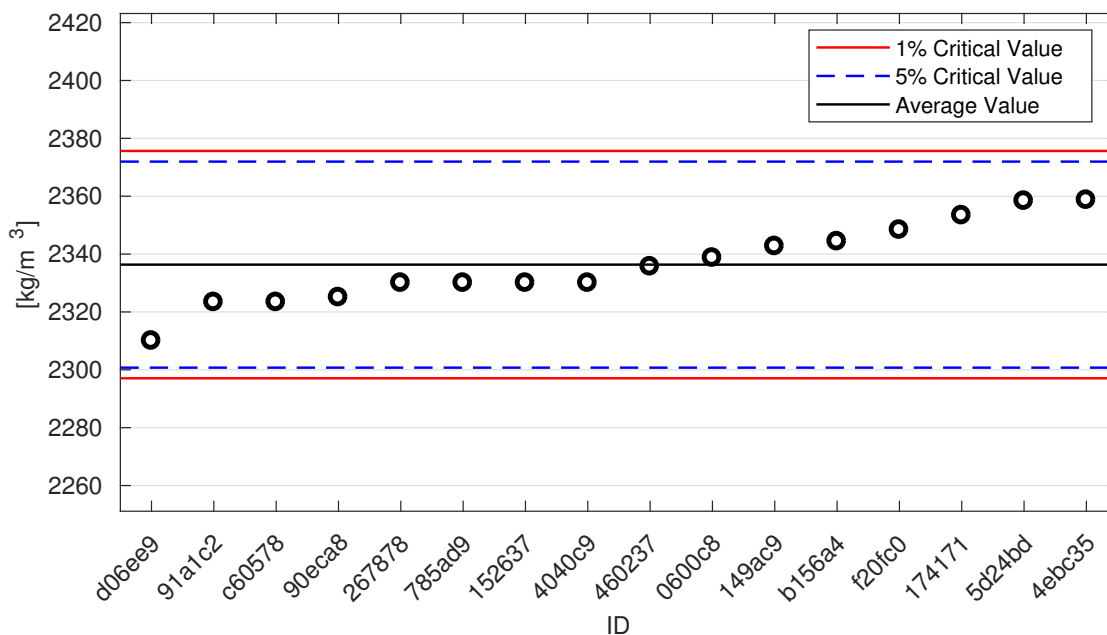


Obrázek 26: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



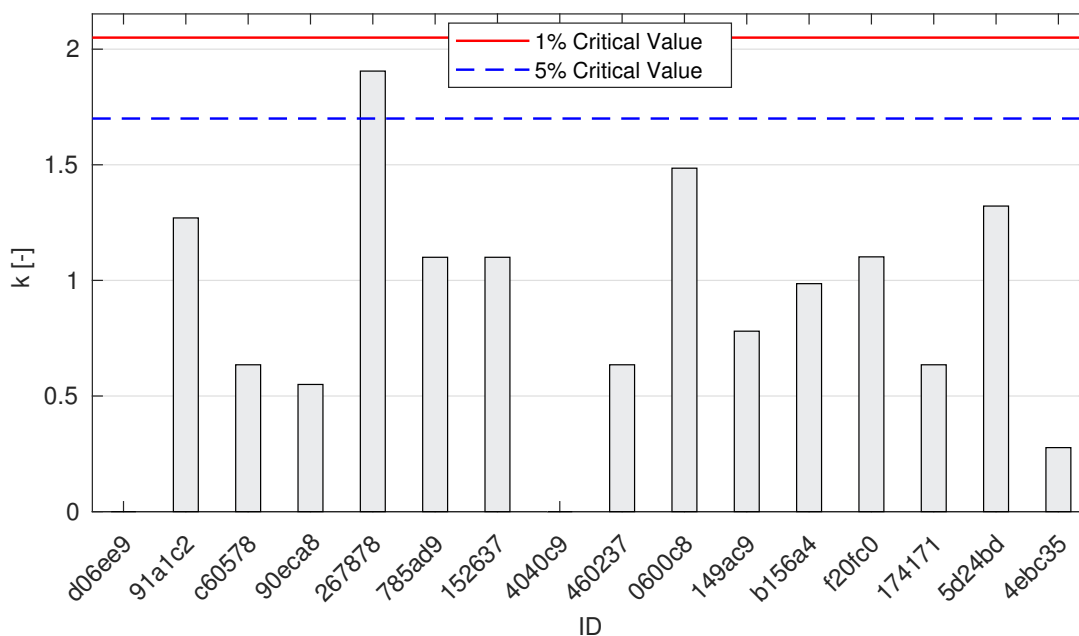
Obrázek 27: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



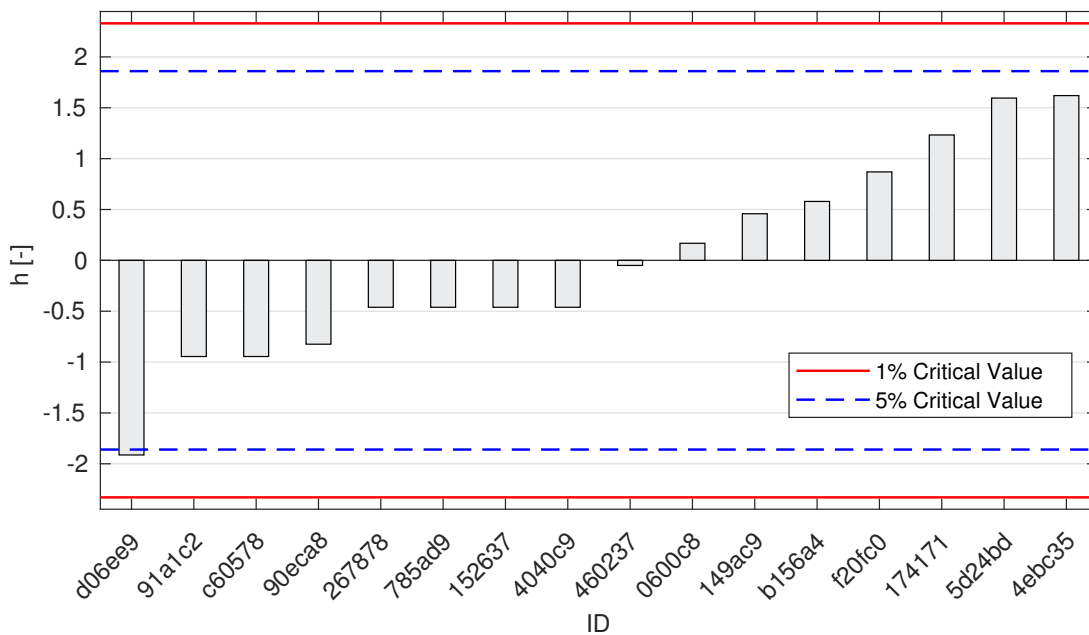


Obrázek 28: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot po vyřazení odlehklých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 4.3 Mandelovy statistiky konzistence

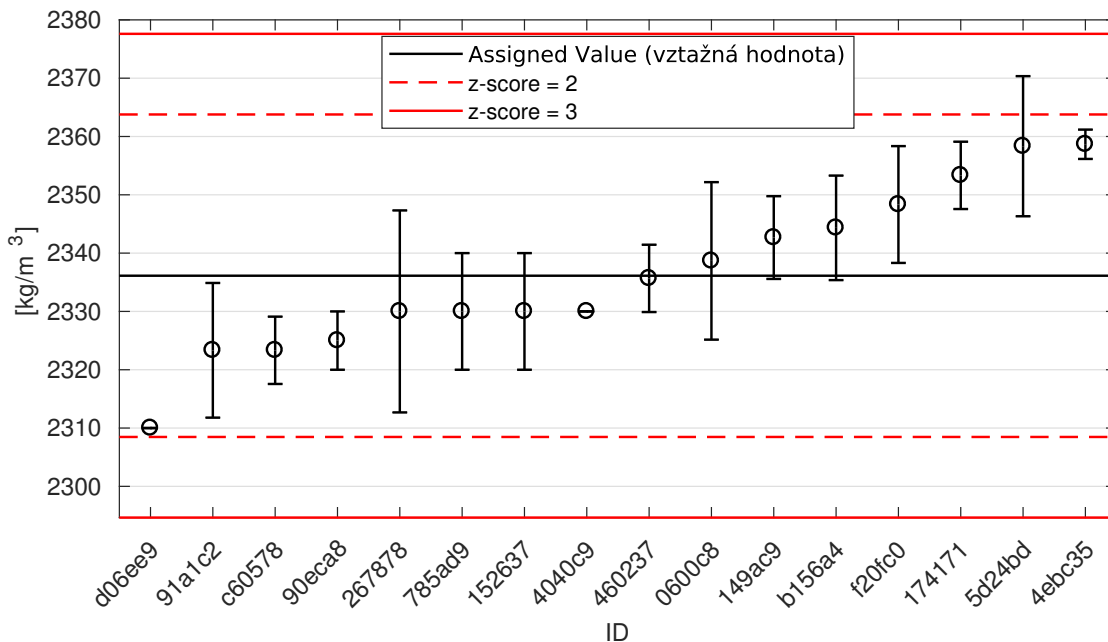


Obrázek 29: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

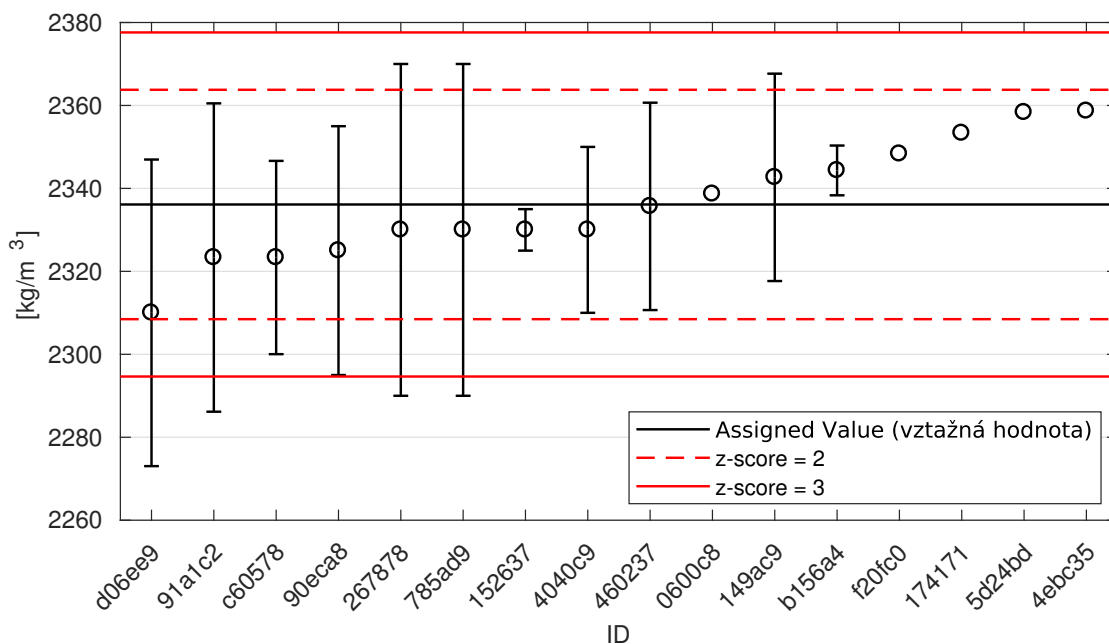


Obrázek 30: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

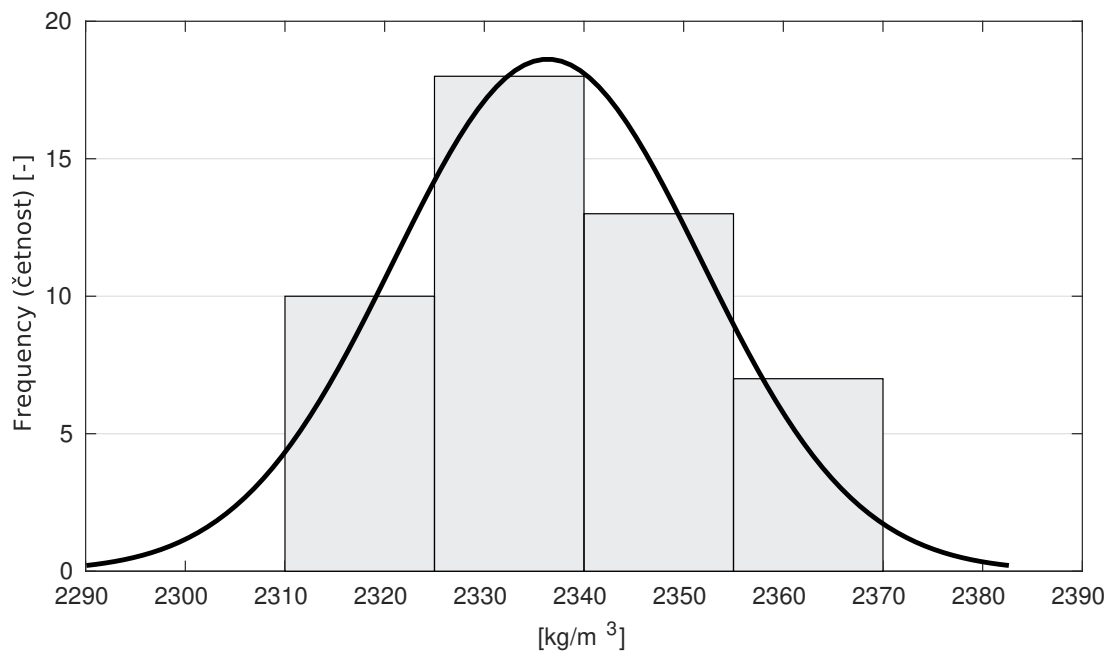
#### 4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



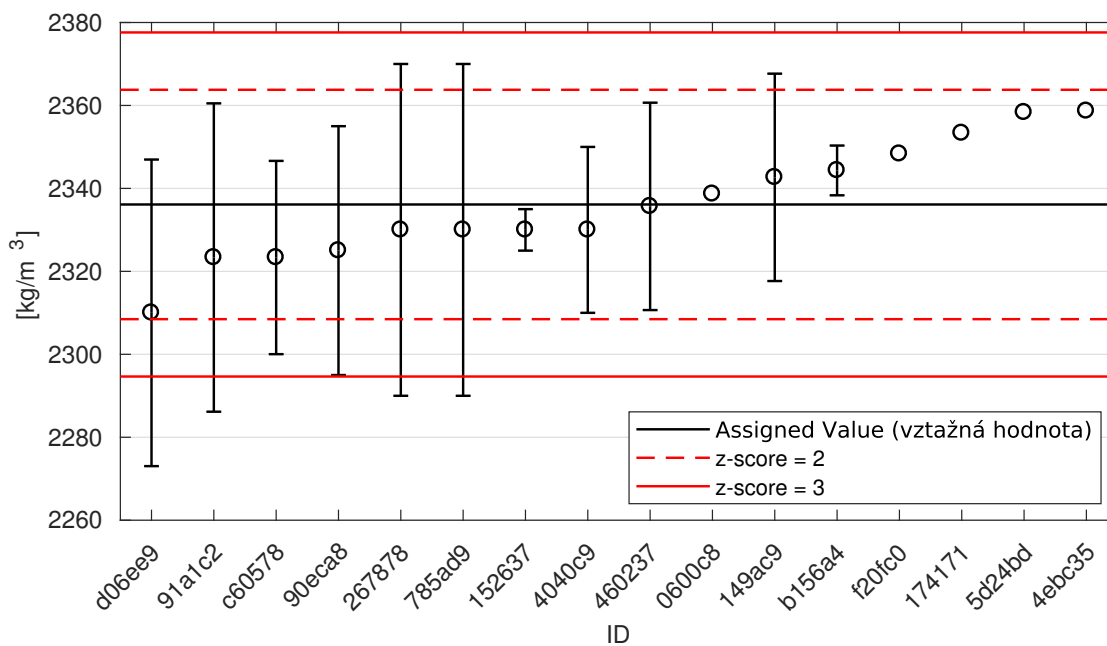
Obrázek 31: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 32: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 33: Histogram všech výsledků zkoušek

Obrázek 34: z-score a  $\zeta$ -scoreTabulka 10: Výsledné hodnoty z-score a  $\zeta$ -score

ID	z-score [-]	$\zeta$ -score [-]
d06ee9	-1.89	-0.70
91a1c2	-0.93	-0.34
c60578	-0.93	-0.54
90eca8	-0.80	-0.37
267878	-0.44	-0.15
785ad9	-0.44	-0.15
152637	-0.44	-0.93
4040c9	-0.44	-0.30
460237	-0.03	-0.02
0600c8	0.18	-
149ac9	0.47	0.26
b156a4	0.59	1.11
f20fc0	0.88	-
174171	1.24	-
5d24bd	1.61	-
4ebc35	1.63	-

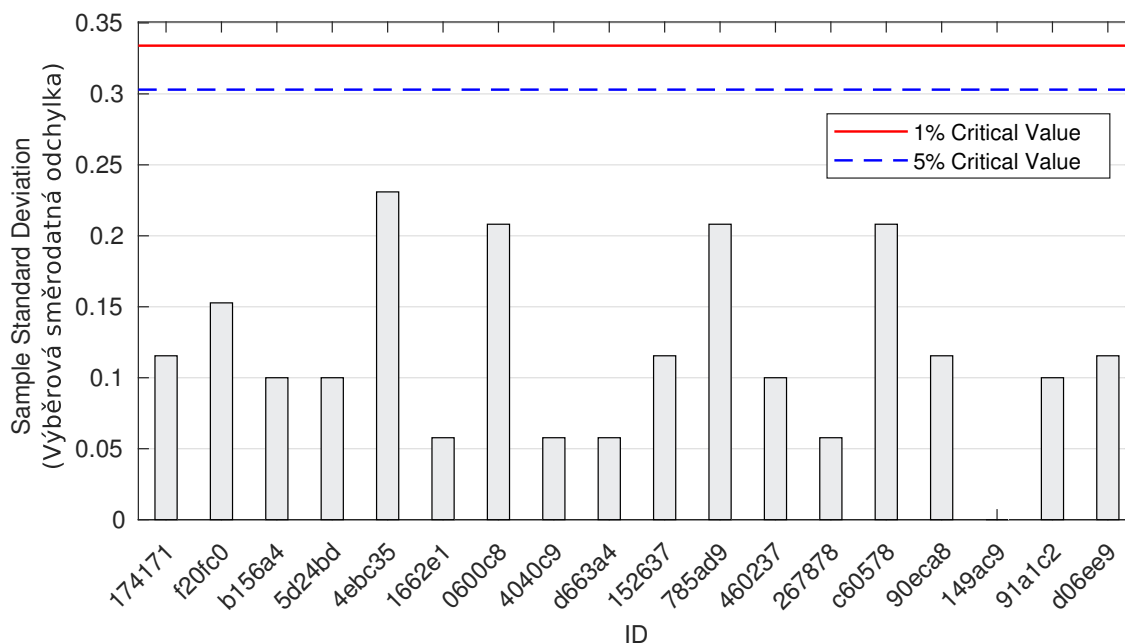
## 5 Příloha – ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)

### 5.1 Výsledky zkoušek

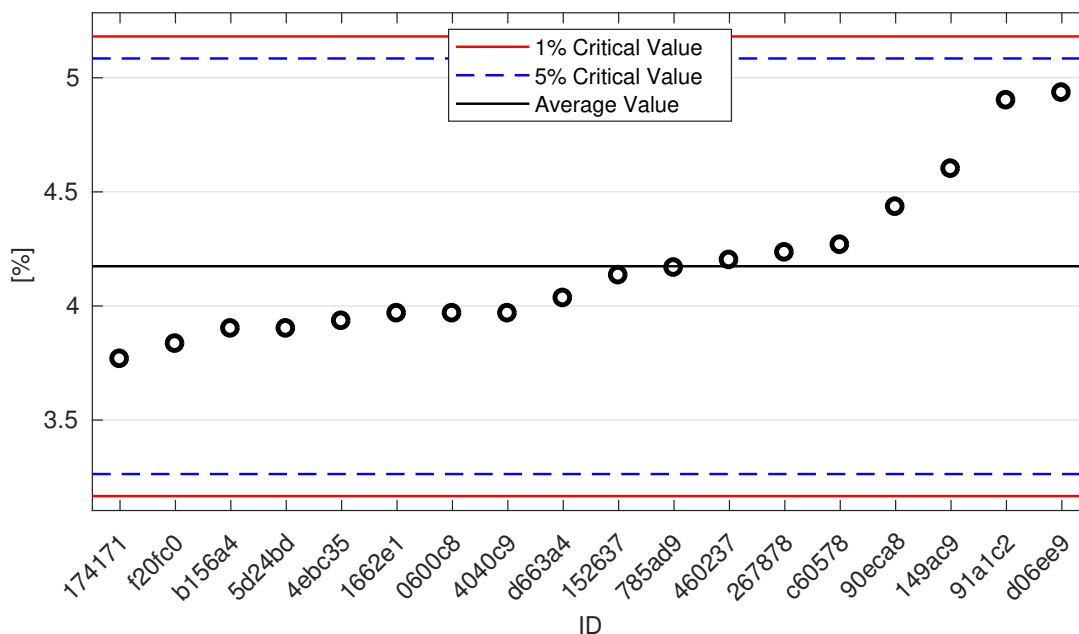
Tabulka 11: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [mm]			$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
174171	3.9	3.7	3.7	-	3.8	0.1	3.07
f20fc0	4.0	3.8	3.7	0.1	3.8	0.2	3.98
b156a4	3.8	4.0	3.9	0.2	3.9	0.1	2.56
5d24bd	3.9	4.0	3.8	1.4	3.9	0.1	2.56
4ebc35	3.8	3.8	4.2	0.1	3.9	0.2	5.87
1662e1	4.0	4.0	3.9	0.2	4.0	0.1	1.46
0600c8	3.8	4.2	3.9	0.1	4.0	0.2	5.25
4040c9	4.0	3.9	4.0	0.5	4.0	0.1	1.46
d663a4	4.0	4.1	4.0	0.3	4.0	0.1	1.43
152637	4.0	4.2	4.2	0.4	4.1	0.1	2.79
785ad9	4.4	4.1	4.0	0.2	4.2	0.2	5.00
460237	4.3	4.2	4.1	0.3	4.2	0.1	2.38
267878	4.2	4.2	4.3	0.2	4.2	0.1	1.36
c60578	4.5	4.1	4.2	0.2	4.3	0.2	4.88
90eca8	4.3	4.5	4.5	0.3	4.4	0.1	2.60
149ac9	4.6	4.6	4.6	0.3	4.6	0.0	0.00
91a1c2	4.9	5.0	4.8	0.1	4.9	0.1	2.04
d06ee9	5.0	4.8	5.0	0.1	4.9	0.1	2.34

## 5.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

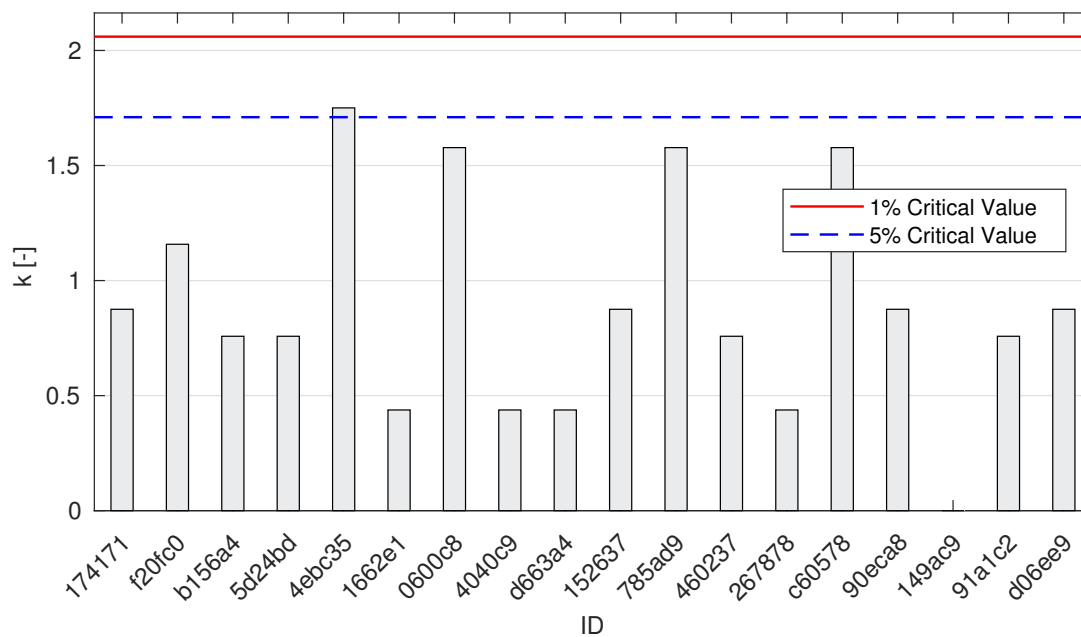


Obrázek 35: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

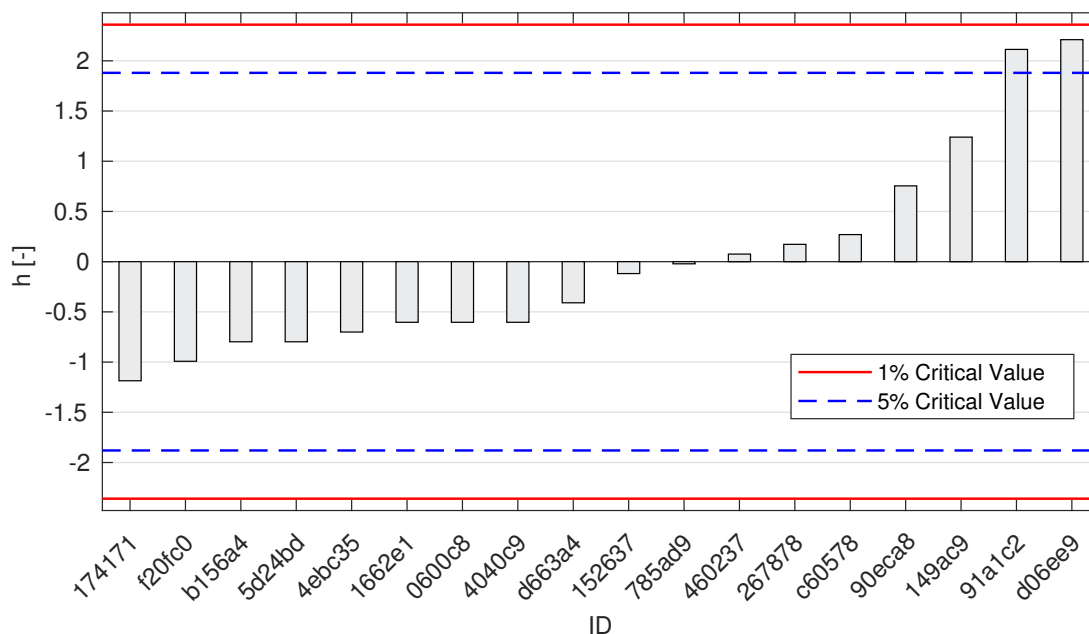


Obrázek 36: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 5.3 Mandelovy statistiky konzistence

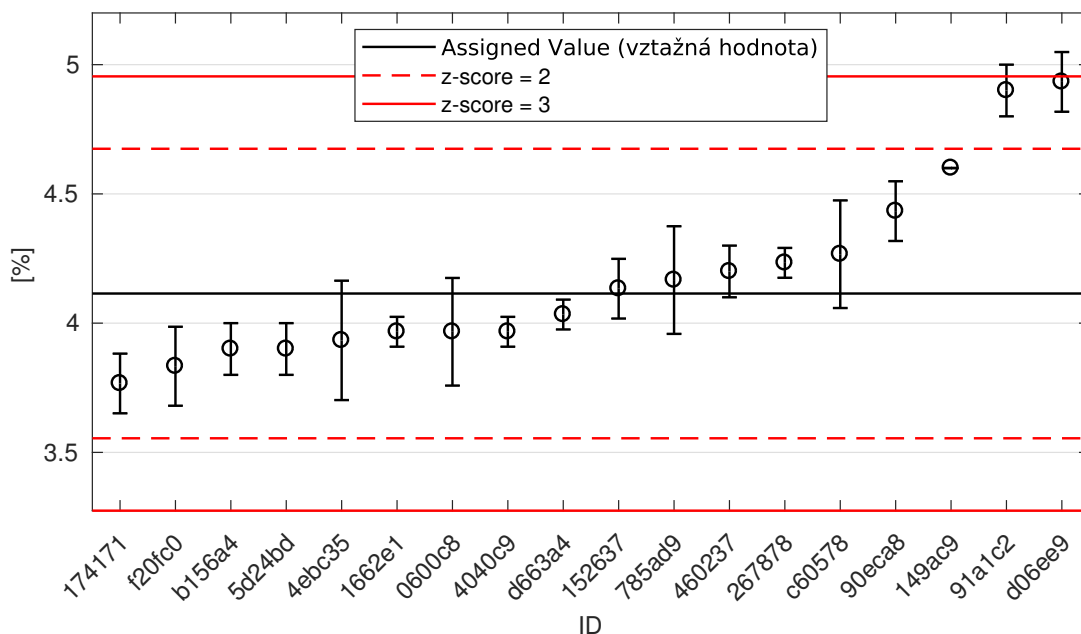


Obrázek 37: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

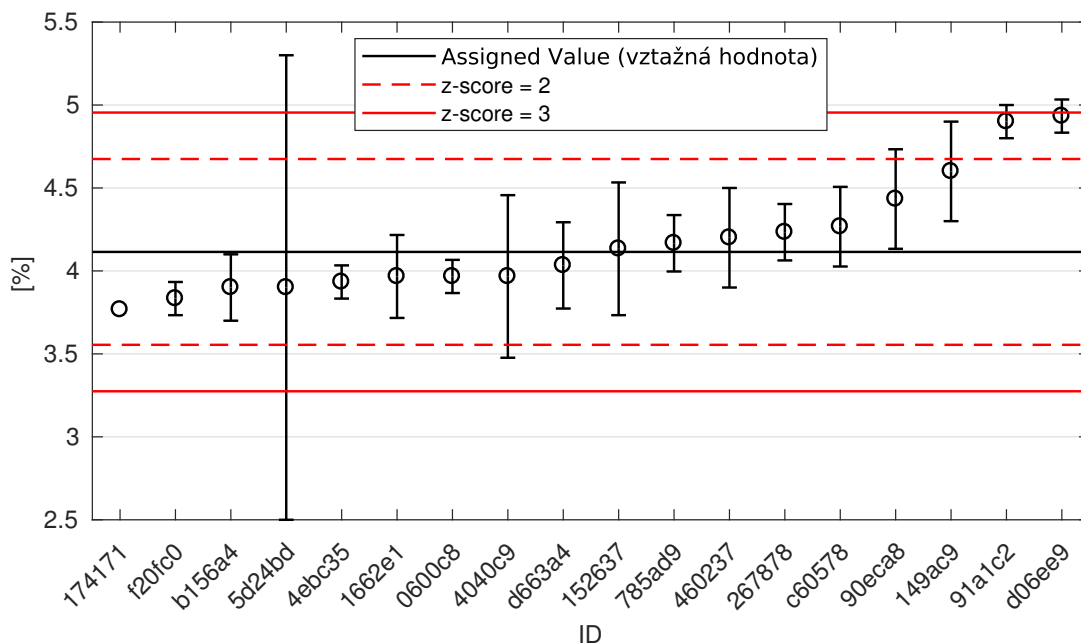


Obrázek 38: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 5.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků

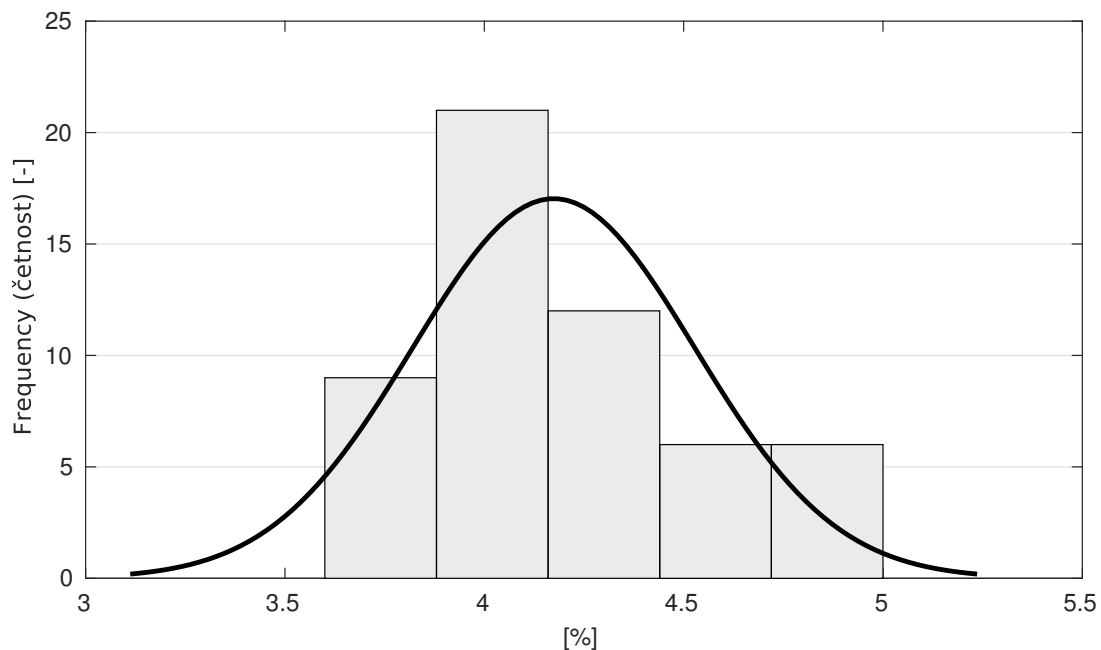


Obrázek 39: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

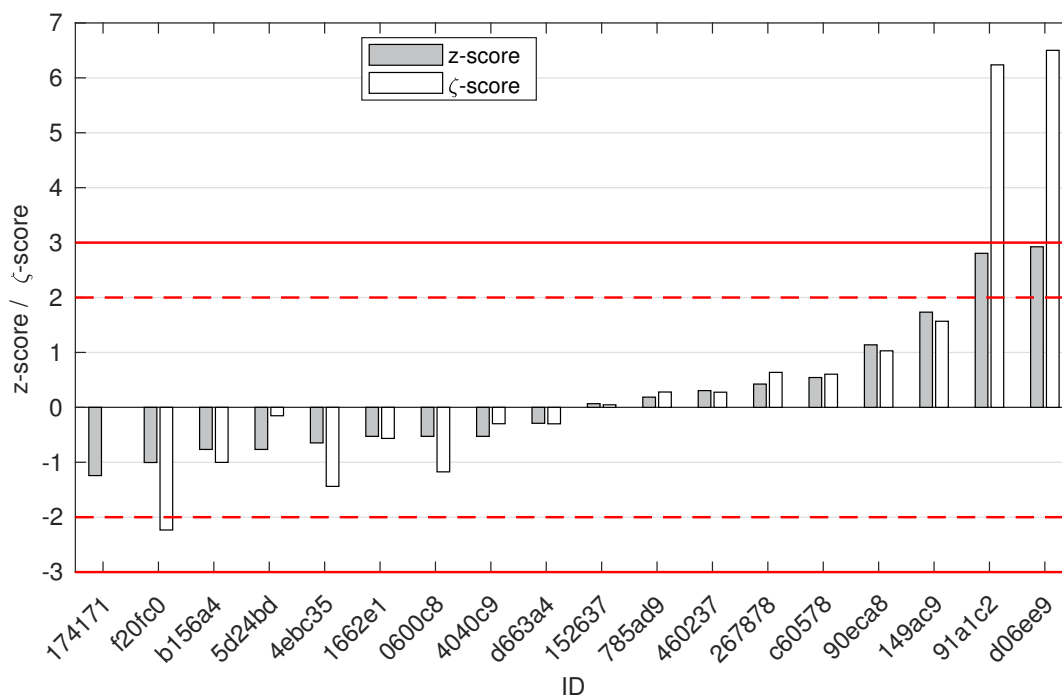


Obrázek 40: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření





Obrázek 41: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 42: z-score a ζ-score

Tabulka 12: Výsledné hodnoty z-score a  $\zeta$ -score

ID	z-score [-]	$\zeta$ -score [-]
174171	-1.24	-
f20fc0	-1.00	-2.23
b156a4	-0.77	-1.00
5d24bd	-0.77	-0.15
4ebc35	-0.65	-1.44
1662e1	-0.53	-0.57
0600c8	-0.53	-1.17
4040c9	-0.53	-0.30
d663a4	-0.29	-0.30
152637	0.07	0.05
785ad9	0.19	0.28
460237	0.30	0.28
267878	0.42	0.64
c60578	0.54	0.60
90eca8	1.14	1.03
149ac9	1.73	1.57
91a1c2	2.80	6.24
d06ee9	2.92	6.50