

## Závěrečná zpráva o výsledcích experimentu shodnosti

### Program zkoušení způsobilosti Zkoušení čerstvého betonu

ZČB 2016/2

---

Vysoké učení technické v Brně  
Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST  
Veveří 95, Brno 602 00

szk.fce.vutbr.cz

Datum vydání: 4. 11. 2016

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>4</b>
2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot	5
2.1.1 Cochranův test	5
2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování	5
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	6
2.3.1 Rozptyl opakovatelnosti	6
2.3.2 Mezilaboratorní rozptyl	6
2.3.3 Rozptyl reprodukovatelnosti	6
2.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost	7
2.5 Vztažná hodnota	7
2.6 Výpočet statistik výkonnosti	8
<b>3 Závěry statistické analýzy</b>	<b>9</b>
3.1 ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)	9
3.2 ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)	9
3.3 ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)	9
3.4 ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)	9
3.5 ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)	9
3.6 ČSN EN 12350-8 (Zkouška sednutí-rozlitím)	10
3.7 ČSN EN 12350-9 (Zkouška V-nálevkou)	10
3.8 ČSN EN 12350-10 (Zkouška L-truhlíkem)	10
3.9 ČSN EN 12350-11 (Zkouška segregace při prosévání)	10
3.10 ČSN EN 12350-12 (Zkouška J-kroužkem)	10
<b>Normativní dokumenty a odkazy</b>	<b>11</b>
<b>Příloha</b>	<b>12</b>
<b>1 Příloha – ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)</b>	<b>12</b>
1.1 Výsledky zkoušek	12
1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	12
1.3 Mandelovy statistiky konzistence	13
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	14
<b>2 Příloha – ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)</b>	<b>16</b>
<b>3 Příloha – ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)</b>	<b>16</b>
3.1 Výsledky zkoušek	16
3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	17
3.3 Mandelovy statistiky konzistence	18
3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	19
<b>4 Příloha – ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)</b>	<b>21</b>
4.1 Výsledky zkoušek	21
4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	21
4.3 Mandelovy statistiky konzistence	22
4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	23

<b>5 Příloha – ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)</b>	<b>25</b>
5.1 Výsledky zkoušek . . . . .	25
5.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot . . . . .	26
5.3 Mandelovy statistiky konzistence . . . . .	27
5.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků . . . . .	28
<b>6 Příloha – ČSN EN 12350-8 (Zkouška sednutí-rozlitím)</b>	<b>30</b>
<b>7 Příloha – ČSN EN 12350-9 (Zkouška V-nálevkou)</b>	<b>30</b>
<b>8 Příloha – ČSN EN 12350-10 (Zkouška L-truhlíkem)</b>	<b>30</b>
<b>9 Příloha – ČSN EN 12350-11 (Zkouška segregace při prosévání)</b>	<b>30</b>
<b>10 Příloha – ČSN EN 12350-12 (Zkouška J-kroužkem)</b>	<b>30</b>

# 1 Úvod a důležité kontakty

Dne 13. 10. 2016 byl Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ) a firmou BETOTECH s. r. o. uspořádán program zkoušení způsobilosti (PrZZ) s označením ZČB 2016/2, 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.: 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.: 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]
6. **ČSN EN 12350-8:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 8: Samozhutnitelný beton - Zkouška sednutí-rozlitím, 2010. [6]
7. **ČSN EN 12350-9:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 9: Samozhutnitelný beton - Zkouška V-nálevkou, 2010. [7]
8. **ČSN EN 12350-10:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 10: Samozhutnitelný beton - Zkouška L-truhlíkem, 2010. [8]
9. **ČSN EN 12350-11:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 11: Samozhutnitelný beton - Zkouška segregace při prosévání, 2010. [9]
10. **ČSN EN 12350-12:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 12: Samozhutnitelný beton - Zkouška J-kroužkem, 2010. [10]

Zkušební postupy číslo 2, 6, 7, 8, 9 a 10 nebyly otevřeny s ohledem na nízký počet účastníků.

Zkoušky byly jednotlivými účastníky prováděny dne 13. 10. 2016 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 [11] 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 [12] a podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [13]. Výsledkem řešení je tato závěrečná zpráva, která shrnuje výsledky experimentu shodnosti, včetně statistického vyhodnocení.

Programu se zúčastnilo celkem 10 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
1099	X	-	X	X	X
1113	X	-	X	X	X
1174	X	-	-	-	X
1264	-	-	-	X	X
1299	X	-	X	X	X
1310	X	-	X	X	X
1314	X	-	-	X	X
1320	X	-	-	X	X
1321	X	-	-	X	X
1323	X	-	X	X	X

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

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
BETOTECH, s.r.o., pracoviště Brno	Beroun 660, 266 01 Beroun	1195.3
BETOTECH, s.r.o., Ostrava	Místecká 1121, Ostrava Vítkovice, 703 83	1195.2
CEMEX Czech Republic, s.r.o., zkušební laboratoř	Semtín 102, 533 54 Pardubice	1302
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.	Líšeňská 33a, 636 00 Brno	1506
GEOSTAR, spol. s r. o. - pracoviště Brno	Tuřanka 111, 627 00 Brno	1373
JKV TEST s.r.o.	Suhrady č.p.148/4, Vřesina, 747 20	1294
SQZ, s.r.o. - organizační složka Bratislava	Mlynské nivy 68, 821 05 Bratislava, Slovensko	-
STACHEMA Bratislava a.s.,	Rovinka 411, 900 41 ROVINKA	291/S-275
Teststav spol s r.o.	Františka Lýska 1599/6	1290
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Akreditovaná zkušební laboratoř při ÚTHD FAST VUT v Brně	Veveří 331/95, 602 00 Brno	1396

## 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 zkušebního 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 [12], 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 PrZZ je vyhodnocení výkonnosti zúčastněných laboratoří (účastníků) podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [13], které se skládá z určení vztažných hodnot a jejich nejistot a následného porovnání s výsledky zkoušek účastníků PrZZ.

Předpokladem pro použití těchto metod je jednovrcholové rozdělení pravděpodobnosti naměřených dat. Dále

označme  $p$  počet účastnících 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 účastnících 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  $\bar{y}$  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. Sledovaným 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

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

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

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

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

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

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

## 2.5 Vztažná hodnota

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

Vztažné hodnoty PoZZ stanovuje jako konsenzuální hodnotu účastníků podle přílohy B normy ČSN EN ISO/IEC 17043 [13] za použití statistických metod popsanych v ISO 13528 [14] a ČSN ISO 5725-5 [15]. Vztažná hodnota  $X$  je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru  $x^*$  (**Algoritmus A** uvedený v [14] a [15]).

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 PrZZ stanovuje PoZZ 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 PoZZ 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 [13] se výkonnost účastnících 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 [16].

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 2016/2 pořádaného Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST. PrZZ se zúčastnilo celkem 10 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 kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým a 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 [14]). Na základě této analýzy lze 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)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

#### 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 neukázalo překročení žádné kritické hodnoty. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [14]). Na základě této analýzy lze 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 ani grafické zhodnocení výsledků neukázalo překročení žádné kritické hodnoty. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena podle Hornova postupu (viz 2.5). Na základě této analýzy lze prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu z-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 kritické zhodnocení výsledků zkoušek ukázalo překročení 5% kritické hodnoty v případě účastníka č. 1321 (viz obr. 25). Bližší analýza však ukázala, že toto překročení způsobuje pouze jeden výsledek zkoušky. Po vyřazení tohoto výsledku již k překročení kritických hodnot nedošlo (viz obr. 26). Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [14]). Na základě této analýzy lze prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu z-score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

### **3.6 ČSN EN 12350-8 (Zkouška sednutí-rozlitím)**

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### **3.7 ČSN EN 12350-9 (Zkouška V-nálevkou)**

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### **3.8 ČSN EN 12350-10 (Zkouška L-truhlíkem)**

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### **3.9 ČSN EN 12350-11 (Zkouška segregace při prosévání)**

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### **3.10 ČSN EN 12350-12 (Zkouška J-kroužkem)**

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 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 12350-8. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 8: Samozhutnitelný beton - Zkouška sednutí-rozlitím*. 2010.
- [7] ČSN EN 12350-9. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 9: Samozhutnitelný beton - Zkouška V-nálevkou*. 2010.
- [8] ČSN EN 12350-10. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 10: Samozhutnitelný beton - Zkouška L-truhlíkem*. 2010.
- [9] ČSN EN 12350-11. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 11: Samozhutnitelný beton - Zkouška segregace při prosévání*. 2010.
- [10] ČSN EN 12350-12. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 12: Samozhutnitelný beton - Zkouška J-kroužkem*. 2010.
- [11] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 2014.
- [12] 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.
- [13] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti*. 2010.
- [14] ISO 13 528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*. 2005.
- [15] ČSN ISO 5725-5. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření*. 1999.
- [16] EA 4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. 2000.

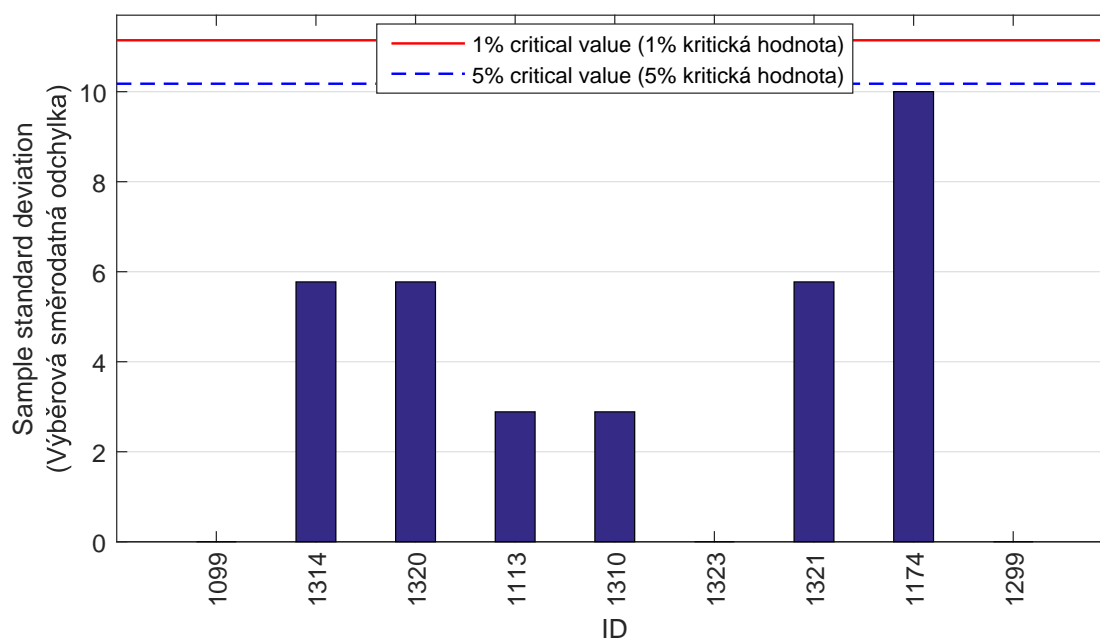
# 1 Příloha – ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)

## 1.1 Výsledky zkoušek

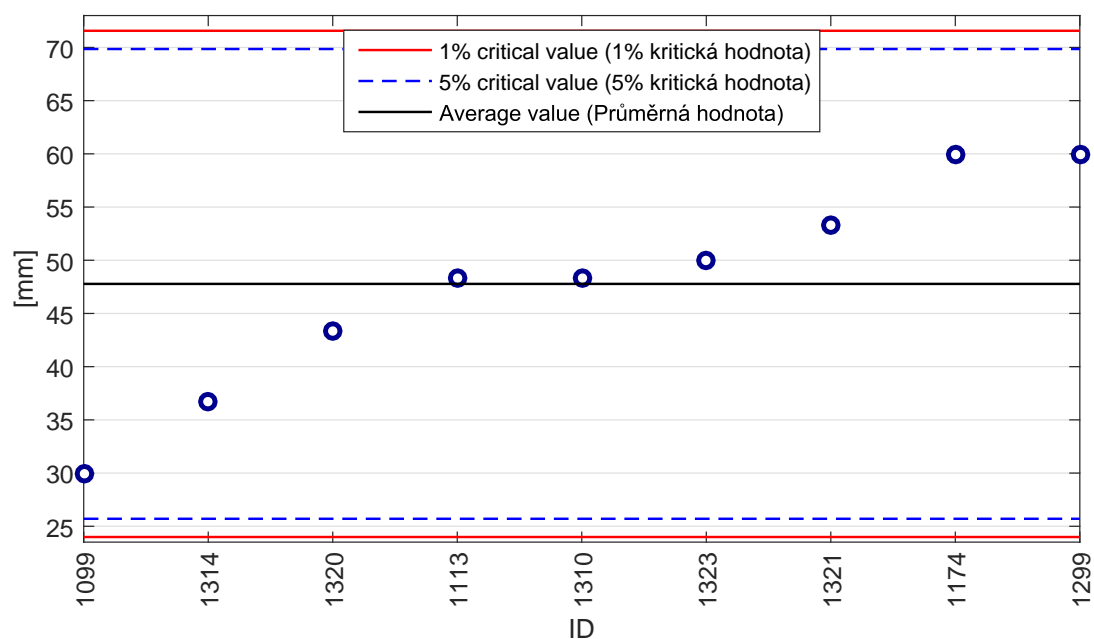
Tabulka 3: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [mm]			$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
1099	30	30	30	1.0	30.0	0.0	0.00
1314	30	40	40	5.0	36.7	5.8	15.75
1320	40	40	50	10.0	43.3	5.8	13.32
1113	45	50	50	2.0	48.3	2.9	5.97
1310	45	50	50	10.0	48.3	2.9	5.97
1323	50	50	50	10.0	50.0	0.0	0.00
1321	50	50	60	10.0	53.3	5.8	10.83
1174	70	60	50	-	60.0	10.0	16.67
1299	60	60	60	5.0	60.0	0.0	0.00

## 1.2 Numerické zhodnocení odlehklých hodnot

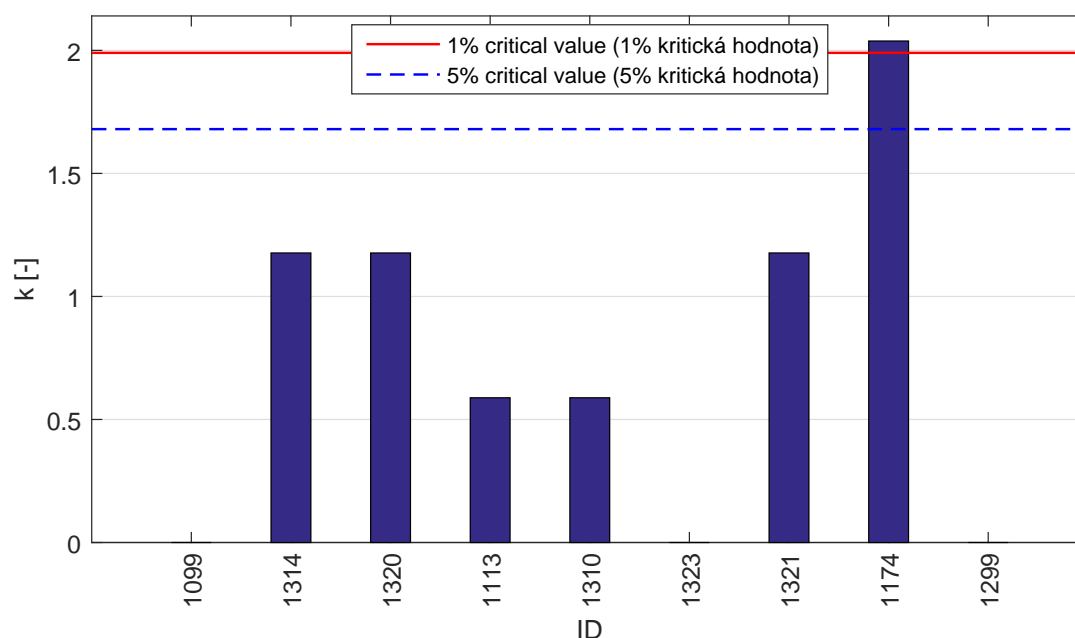


Obrázek 1: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

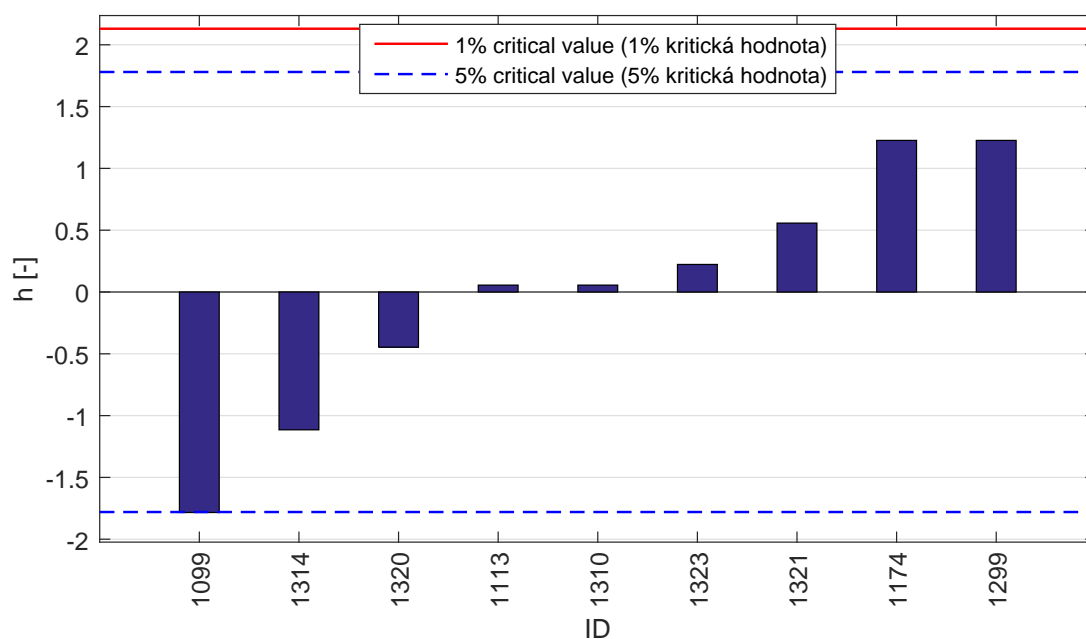


Obrázek 2: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 1.3 Mandelovy statistiky konzistence

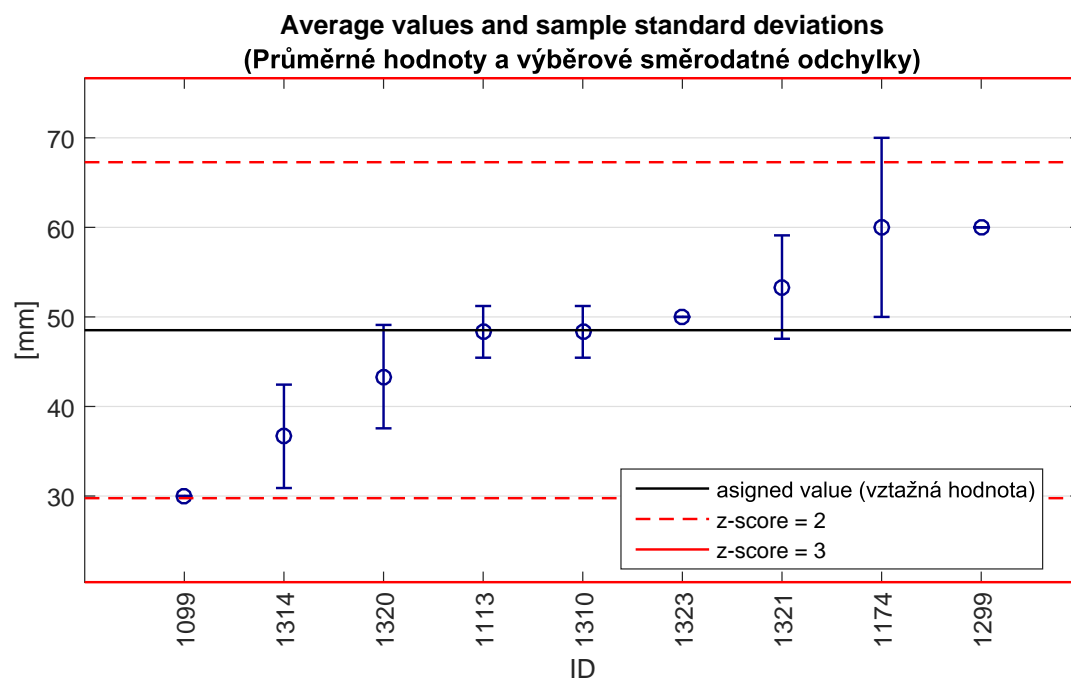


Obrázek 3: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



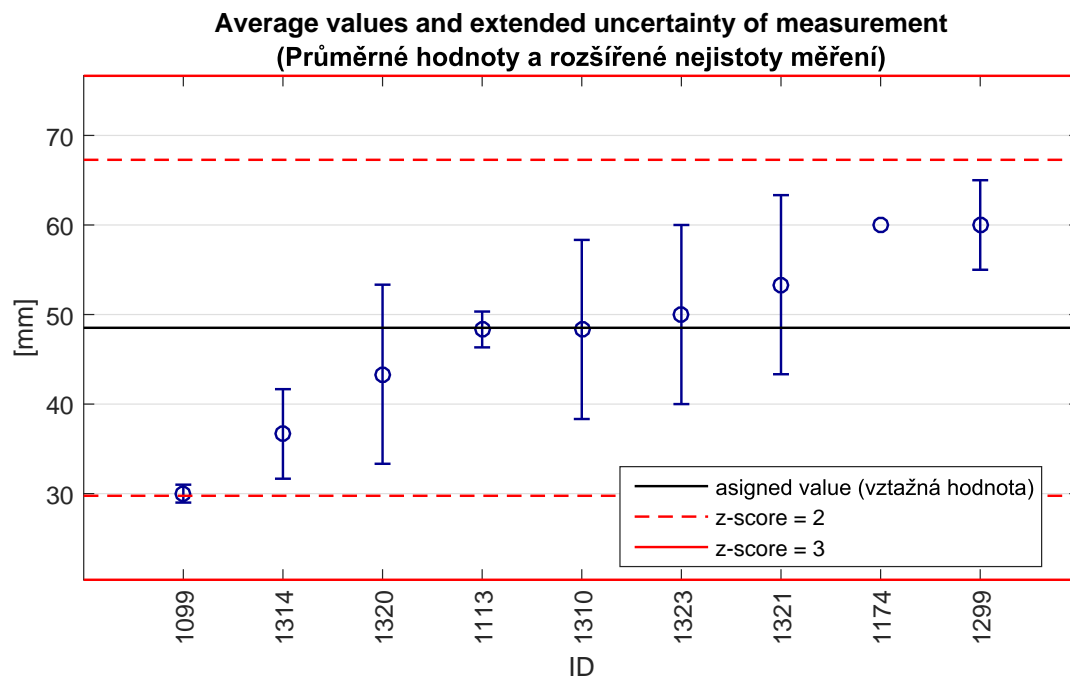
Obrázek 4: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

#### 1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků

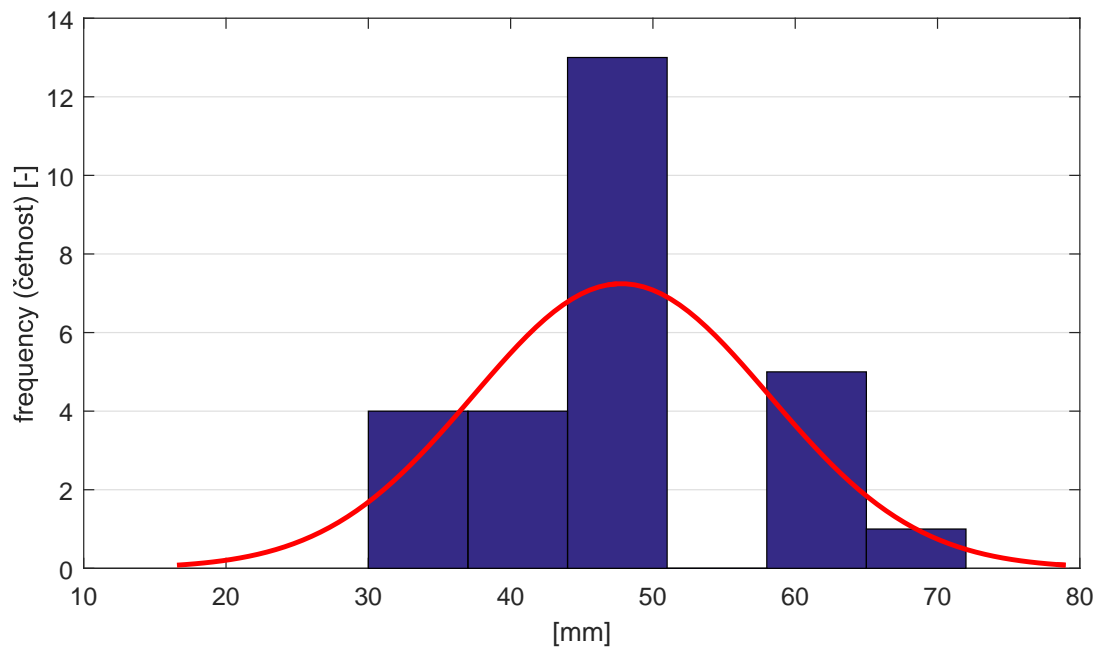


Obrázek 5: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

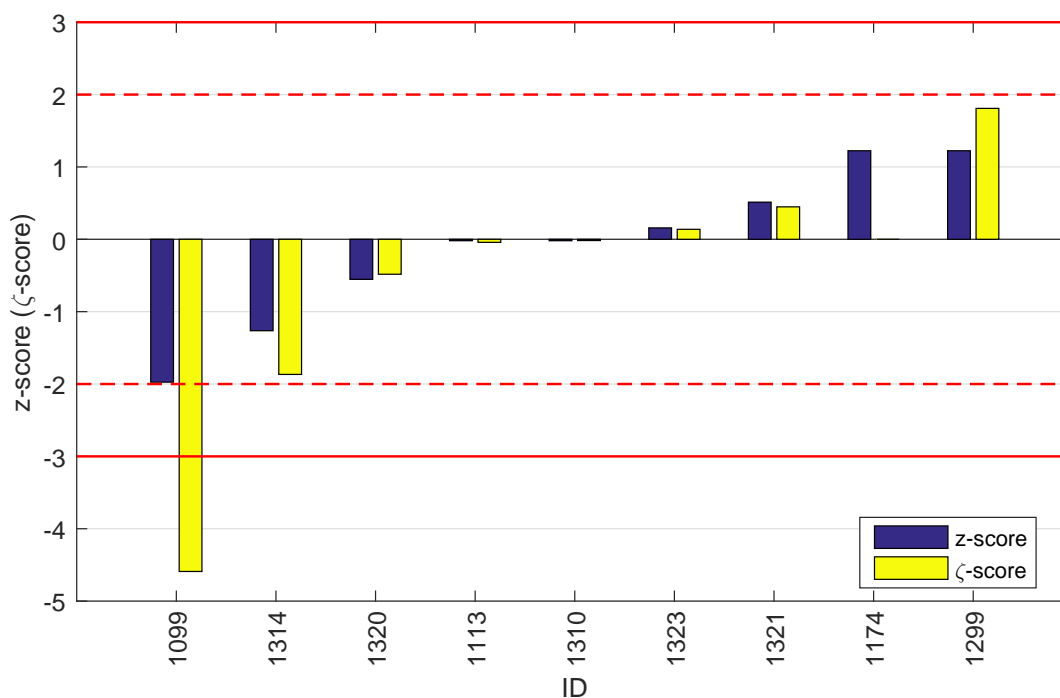




Obrázek 6: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 7: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 8: z-score a ζ-score

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

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

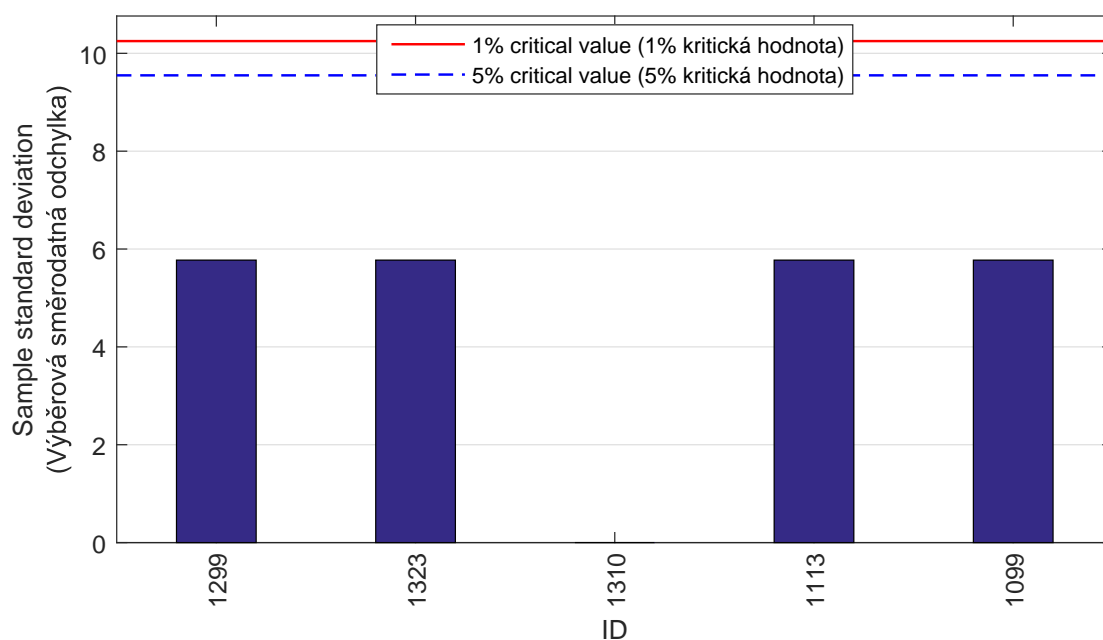
## 3 Příloha – ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)

### 3.1 Výsledky zkoušek

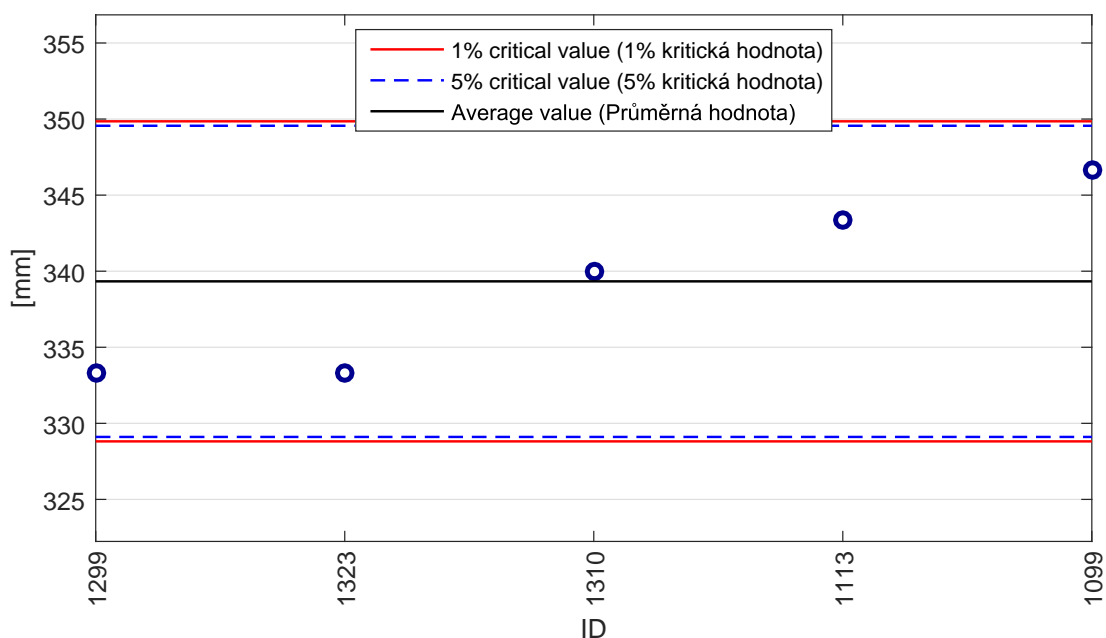
Tabulka 4: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [mm]	$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
1299	340 330 330	10	333.3	5.77	1.73
1323	330 340 330	20	333.3	5.77	1.73
1310	340 340 340	30	340.0	0.00	0.00
1113	340 340 350	11	343.3	5.77	1.68
1099	350 340 350	60	346.7	5.77	1.67

### 3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

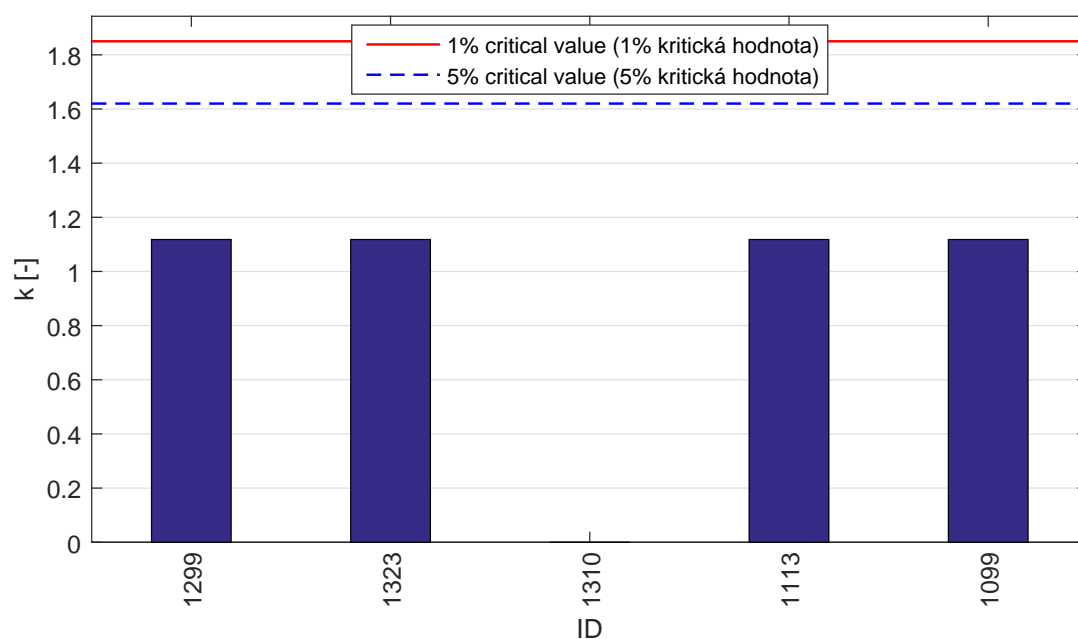


Obrázek 9: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

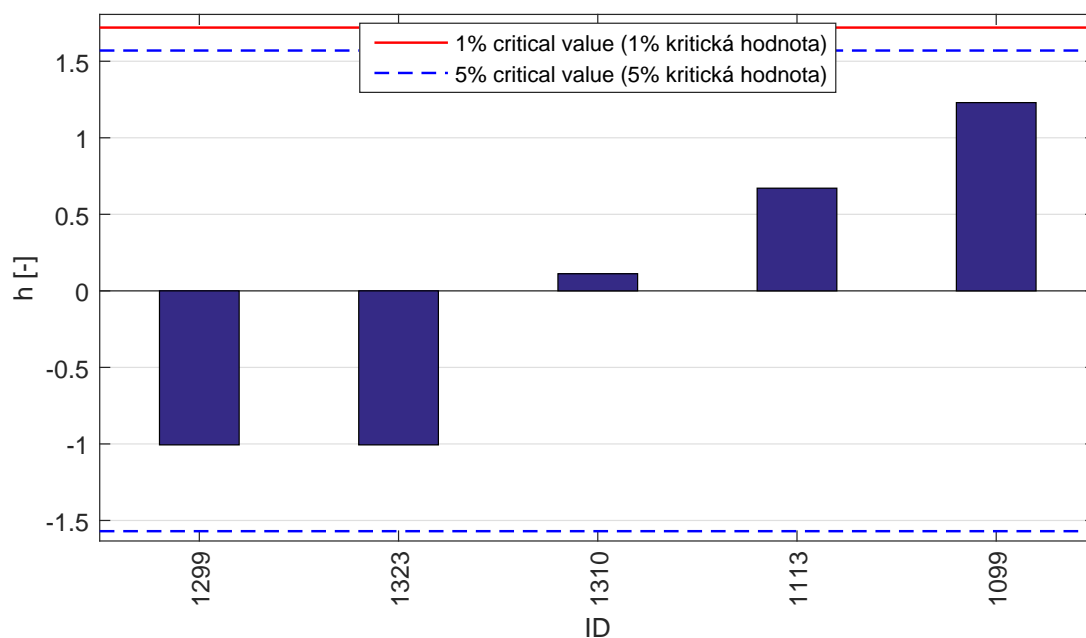


Obrázek 10: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 3.3 Mandelovy statistiky konzistence

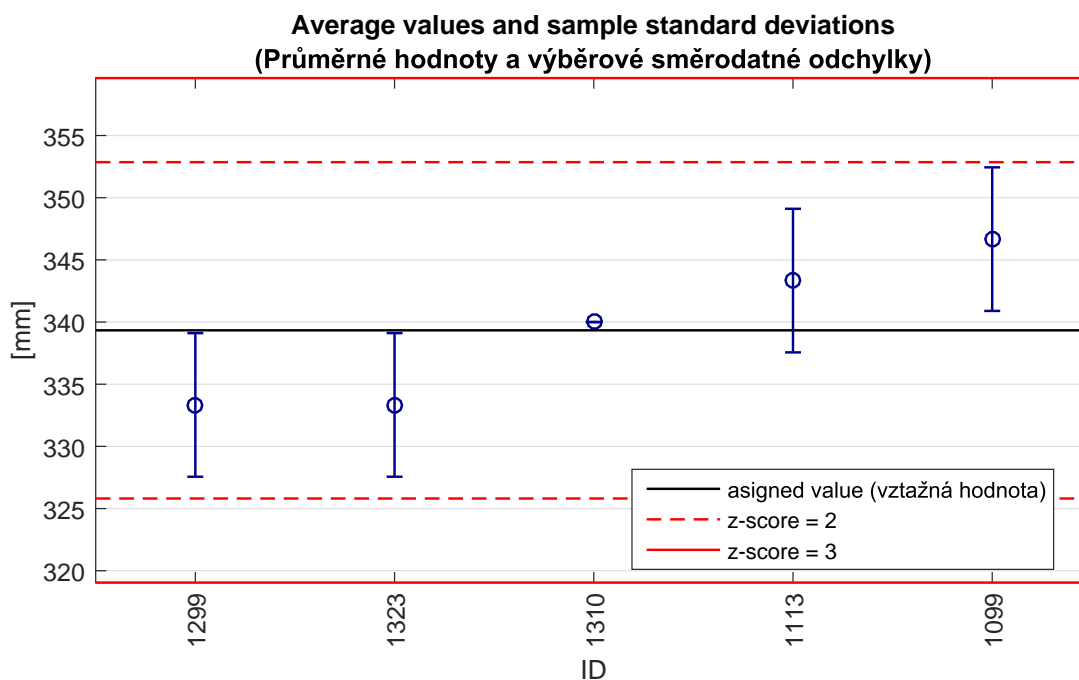


Obrázek 11: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

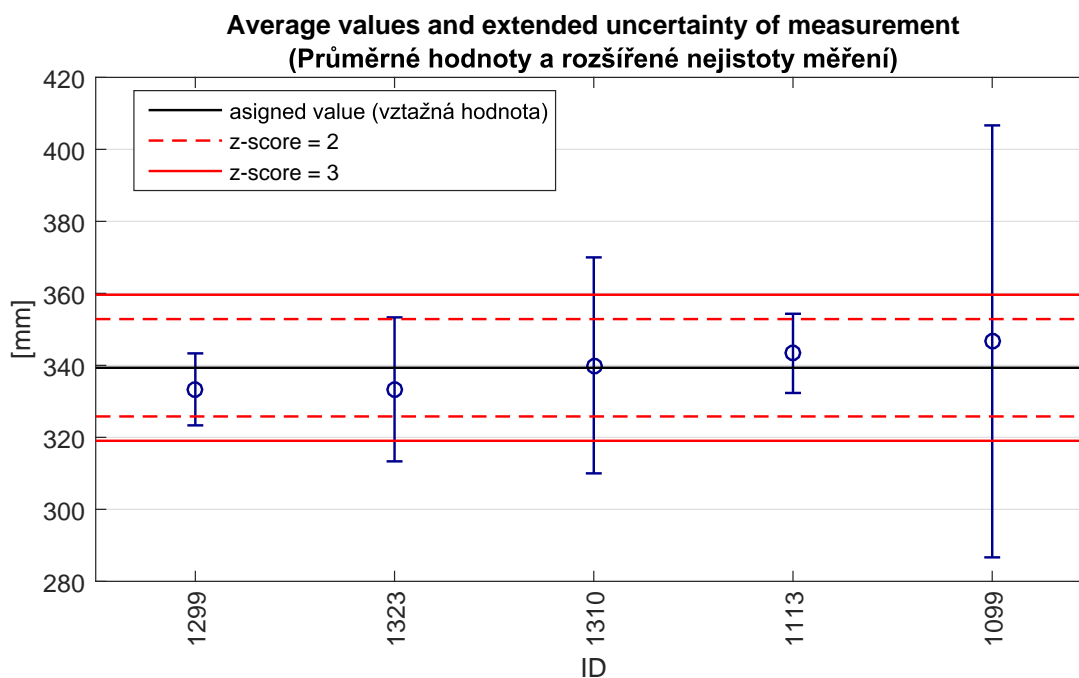


Obrázek 12: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

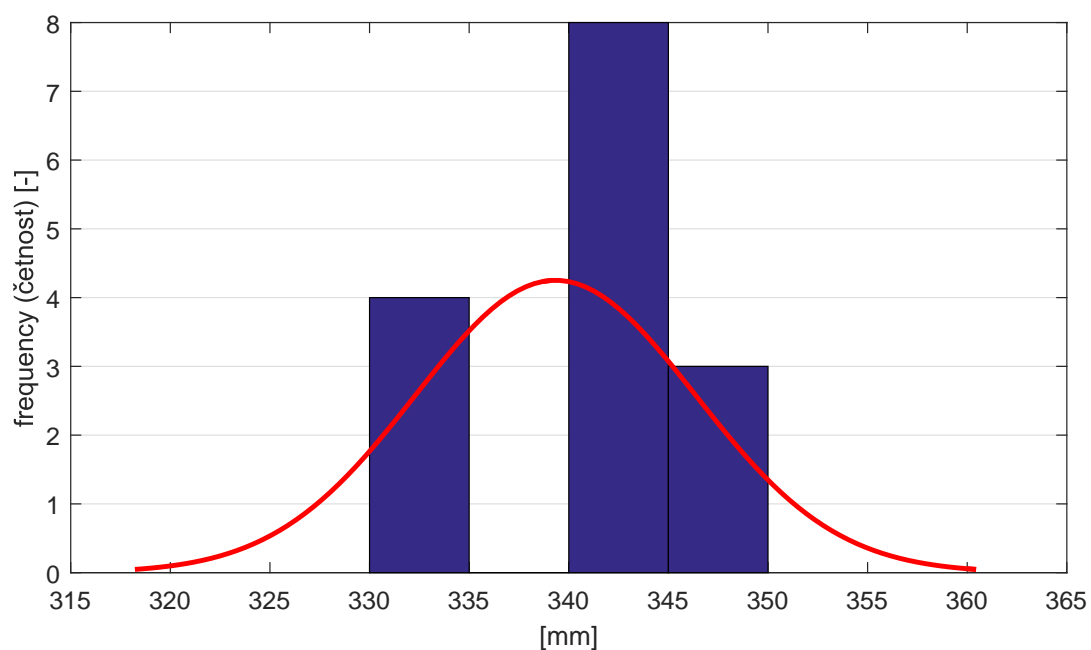
### 3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



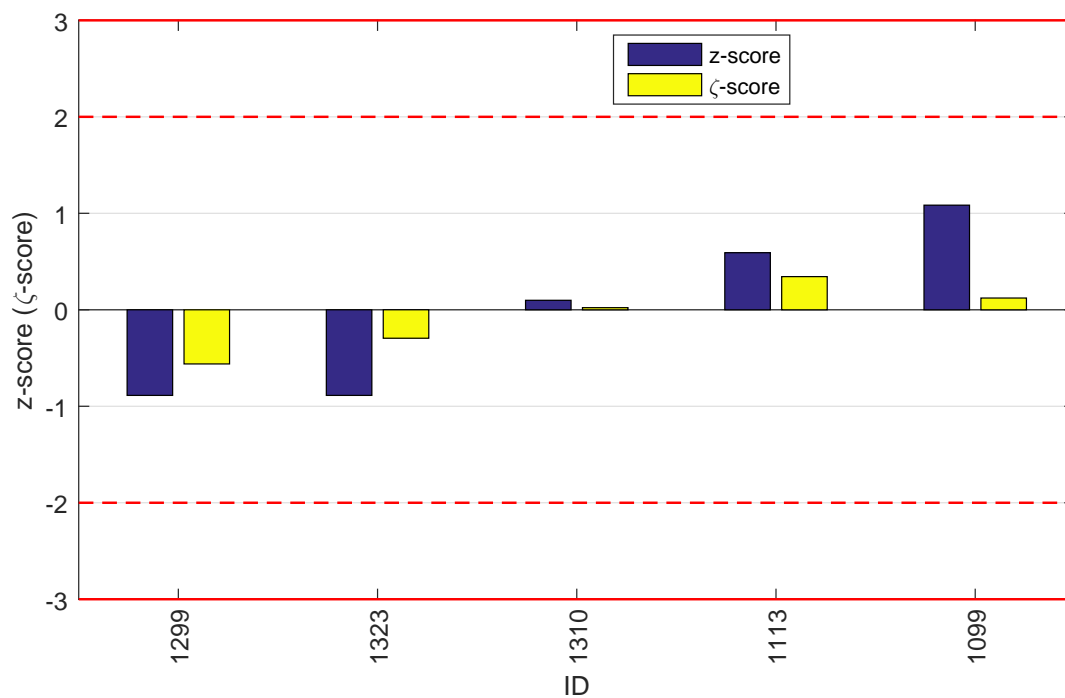
Obrázek 13: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 14: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 15: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 16: z-score a Z-score

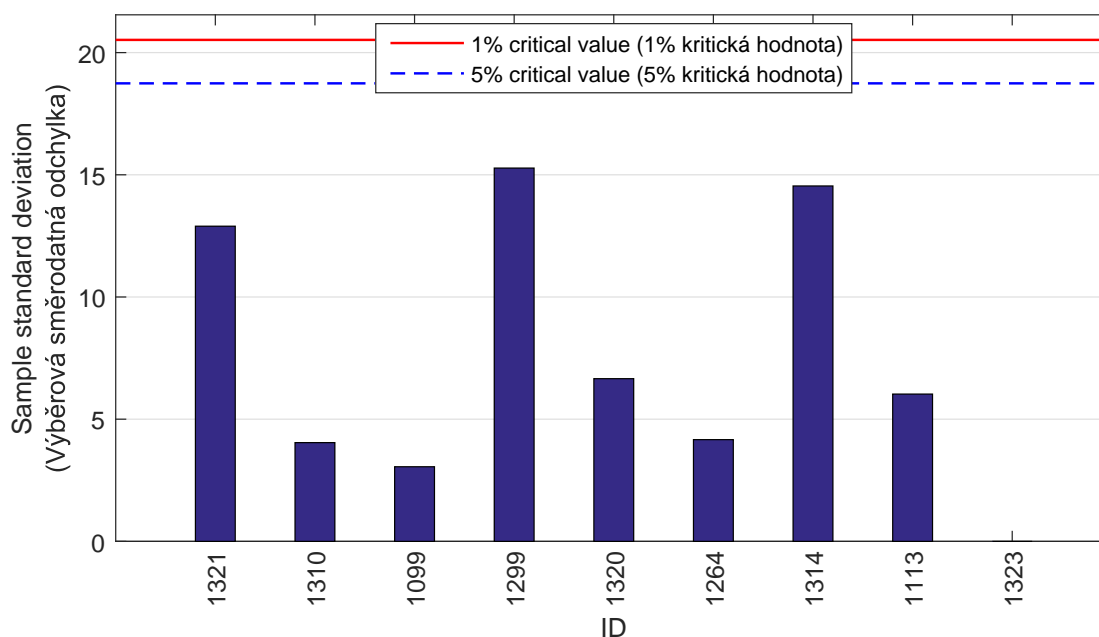
## 4 Příloha – ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)

### 4.1 Výsledky zkoušek

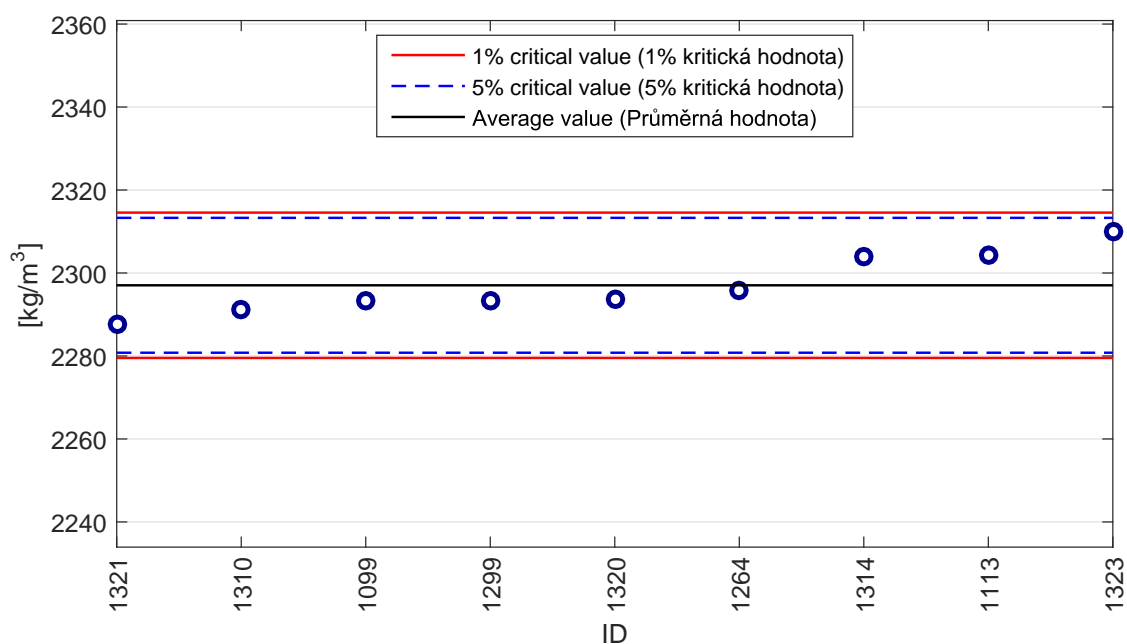
Tabulka 5: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_x$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_x$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [kg/m <sup>3</sup> ]			$u_x$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\bar{x}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$s_0$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$V_x$ [%]
<b>1099</b>	2290	2296	2294	80.0	2293	3.1	0.13
<b>1113</b>	2305	2298	2310	11.0	2304	6.0	0.26
<b>1264</b>	2291	2299	2297	18.0	2296	4.2	0.18
<b>1299</b>	2310	2280	2290	40.0	2293	15.3	0.67
<b>1310</b>	2289	2289	2296	9.2	2291	4.0	0.18
<b>1314</b>	2287	2310	2315	5.0	2304	14.5	0.63
<b>1320</b>	2286	2298	2297	20.0	2294	6.7	0.29
<b>1321</b>	2277	2284	2302	19.0	2288	12.9	0.56
<b>1323</b>	2310	2310	2310	20.0	2310	0.0	0.00

### 4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

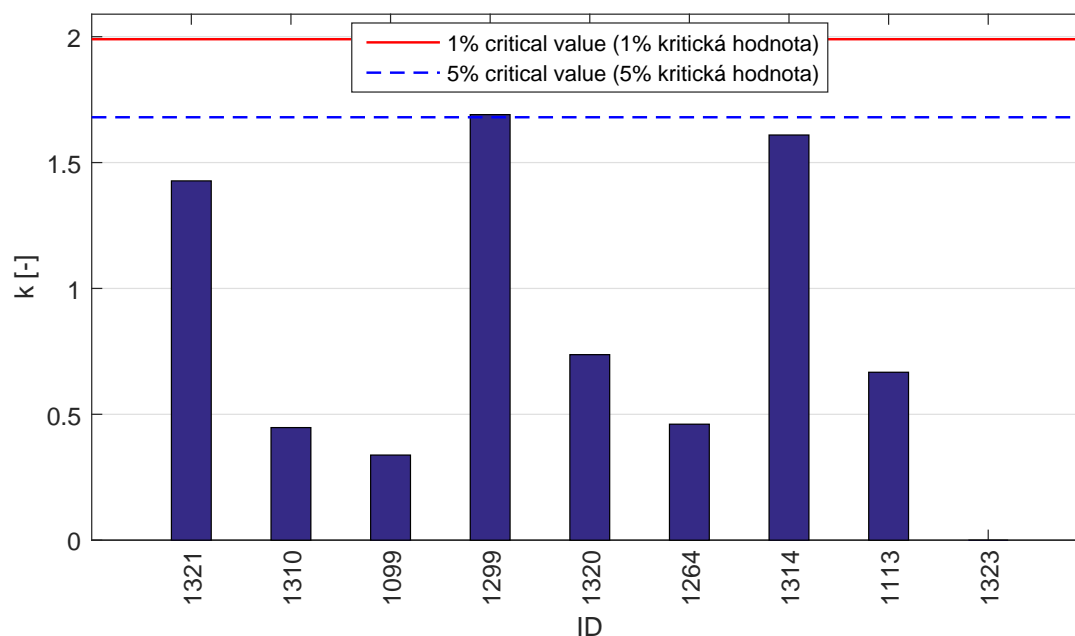


Obrázek 17: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



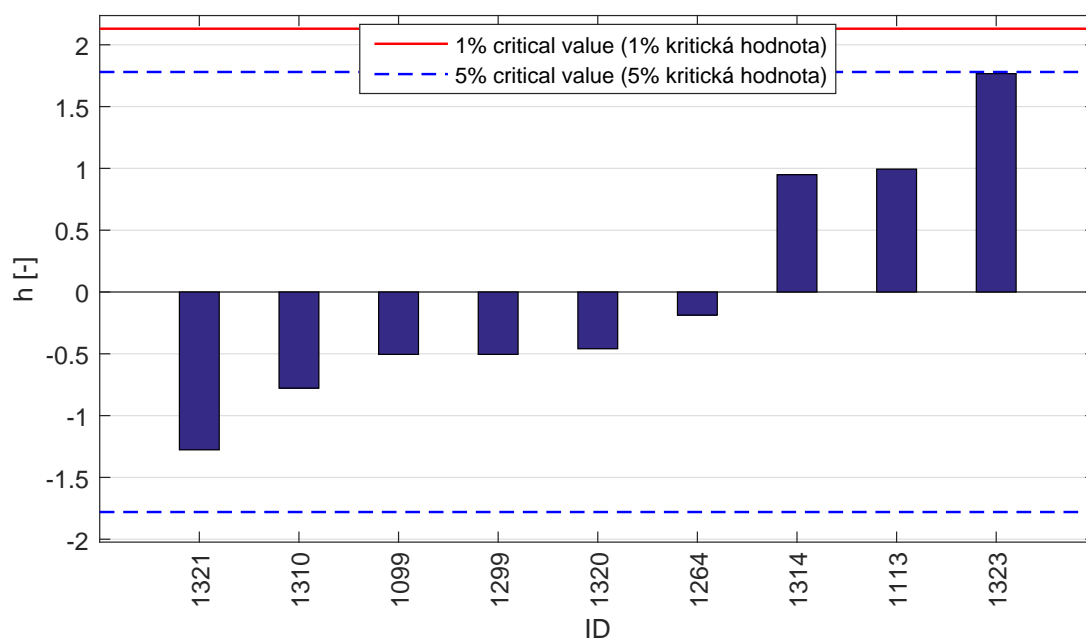
Obrázek 18: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 4.3 Mandelovy statistiky konzistence



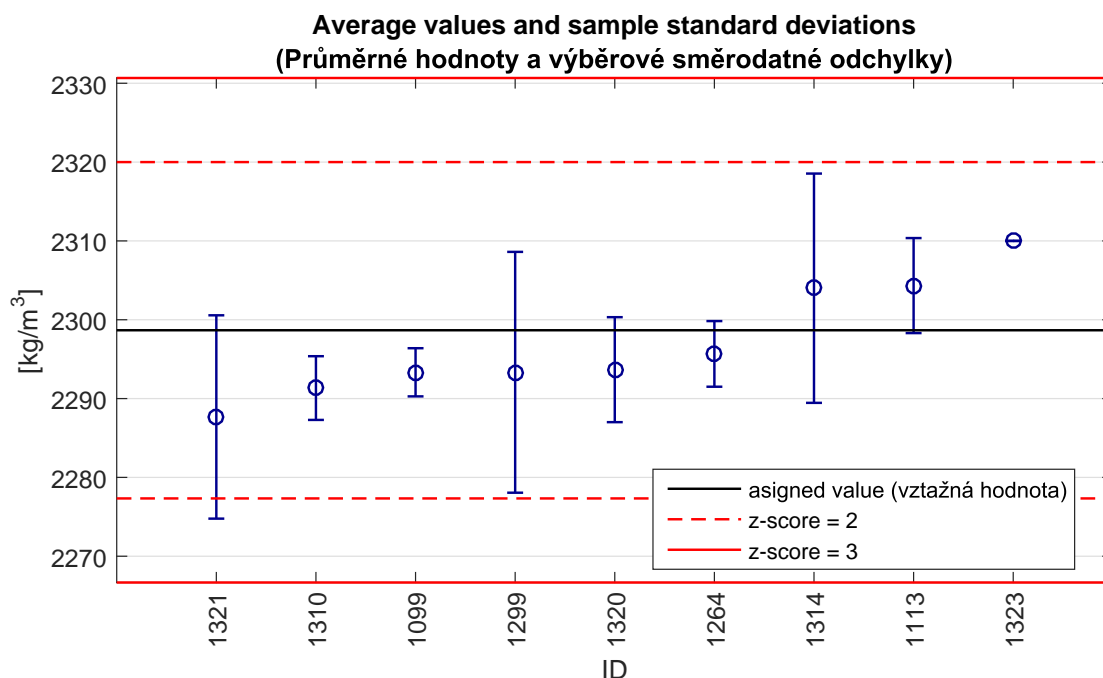
Obrázek 19: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



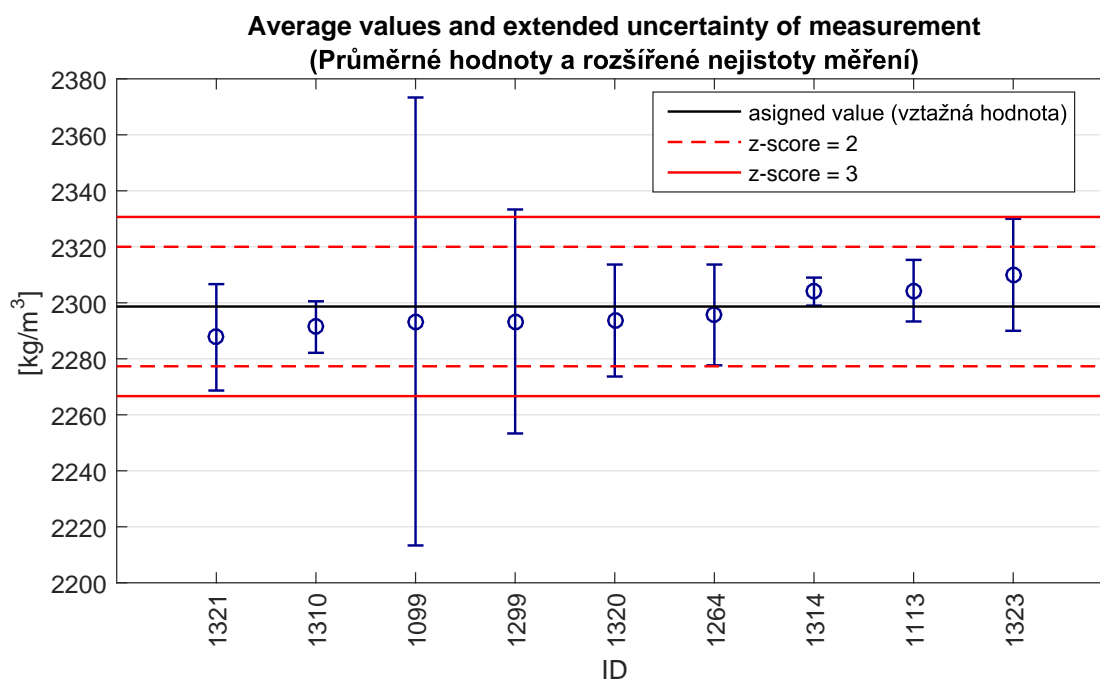


Obrázek 20: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

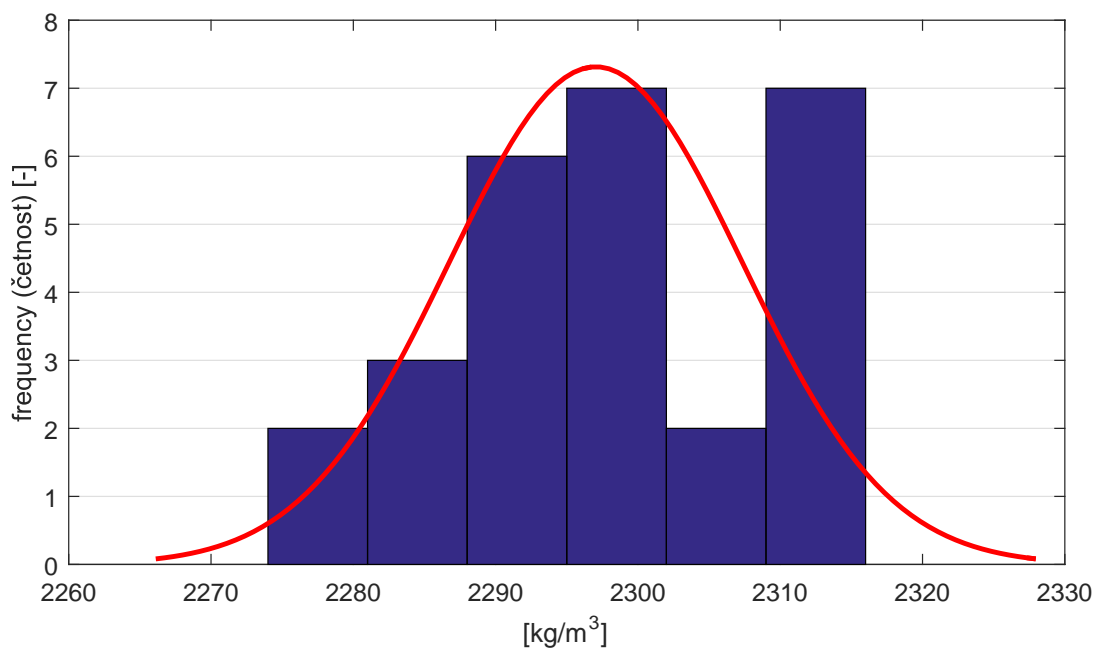
#### 4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



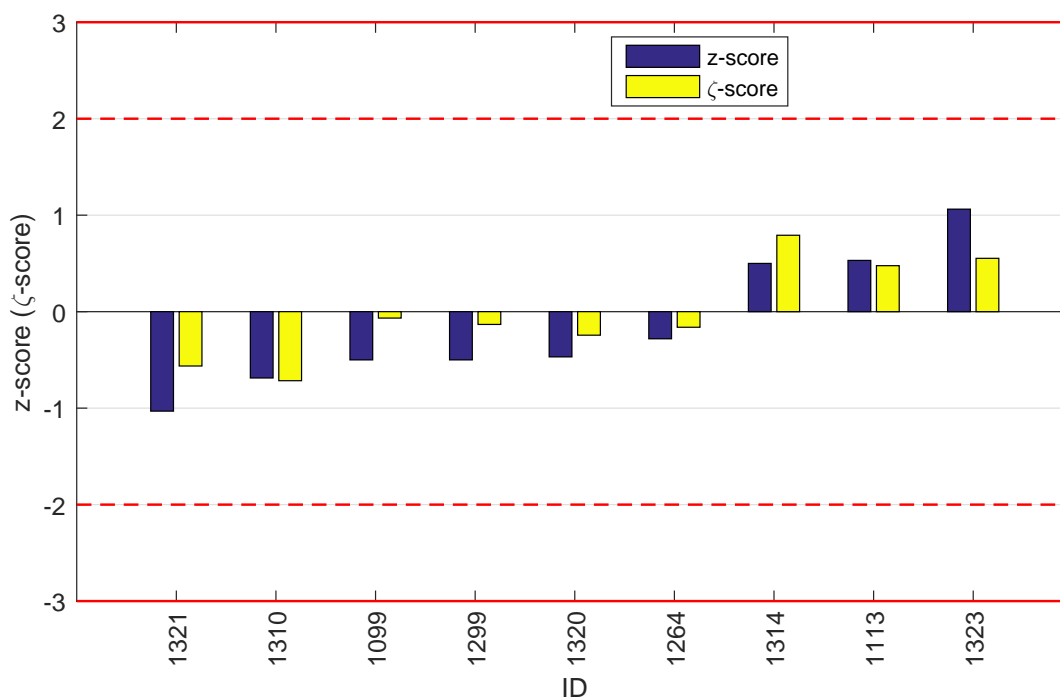
Obrázek 21: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 22: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 23: Histogram všech výsledků zkoušek

Obrázek 24: z-score a  $\zeta$ -score

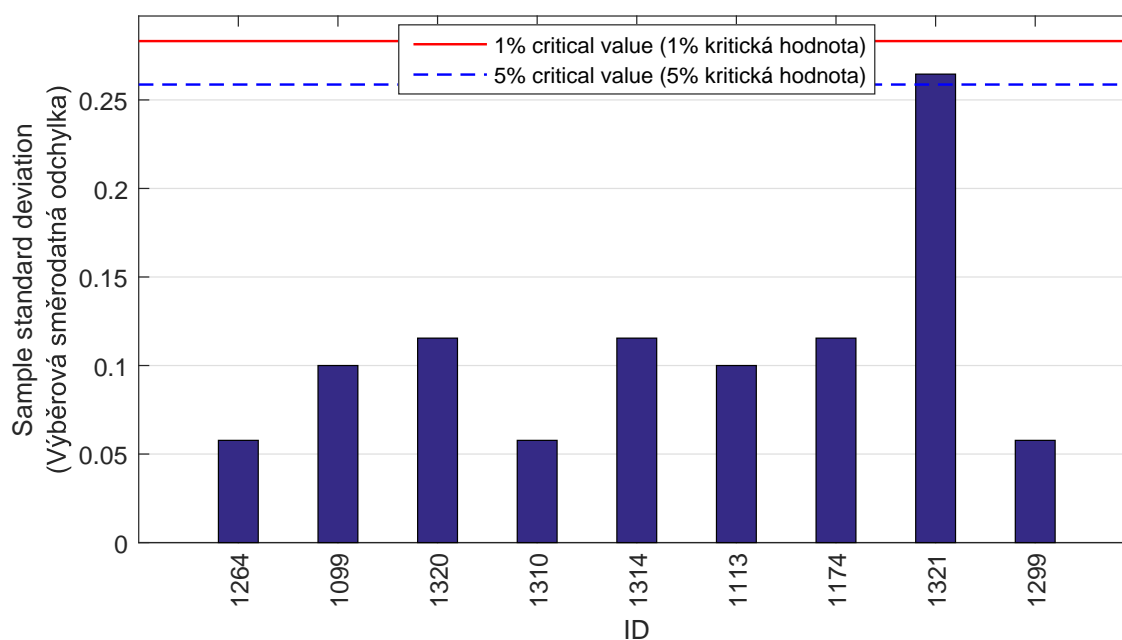
## 5 Příloha – ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)

### 5.1 Výsledky zkoušek

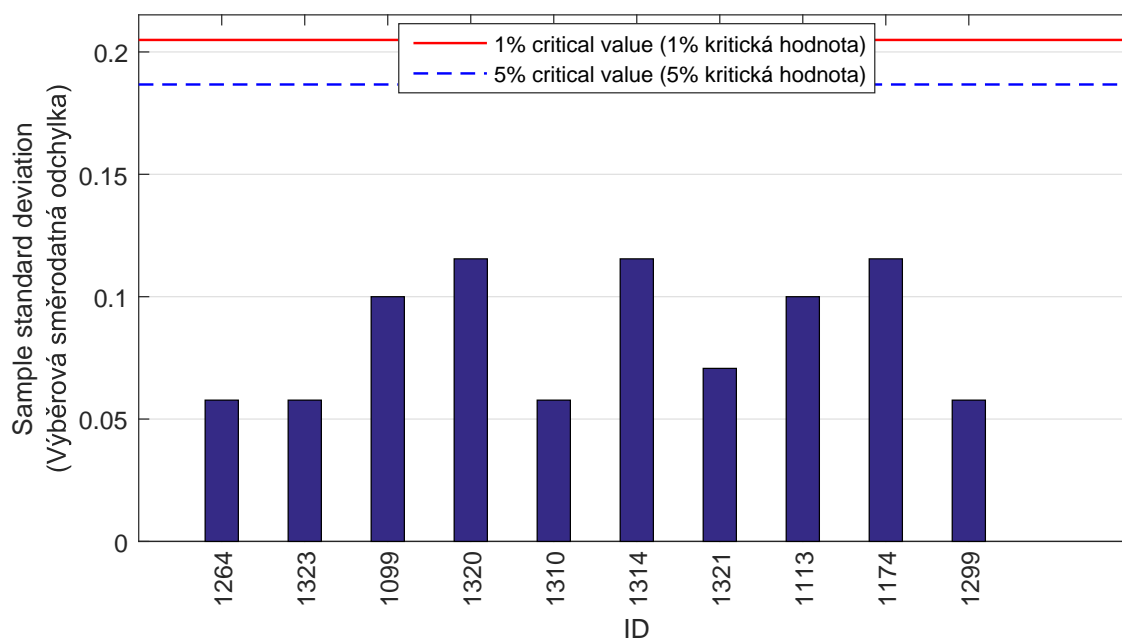
Tabulka 6: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [%]			$u_X$ [%]	$\bar{x}$ [%]	$s_0$ [%]	$V_X$ [%]
<b>1099</b>	3.3	3.2	3.1	0.40	3.2	0.10	3.13
<b>1113</b>	3.5	3.7	3.6	0.50	3.6	0.10	2.78
<b>1174</b>	3.8	3.6	3.6	-	3.7	0.12	3.15
<b>1264</b>	3.1	3.0	3.1	0.20	3.1	0.06	1.88
<b>1299</b>	3.9	3.8	3.8	0.20	3.8	0.06	1.51
<b>1310</b>	3.3	3.3	3.2	0.30	3.3	0.06	1.77
<b>1314</b>	3.2	3.4	3.2	0.20	3.3	0.12	3.53
<b>1320</b>	3.3	3.1	3.3	0.50	3.2	0.12	3.57
<b>1321</b>	4.0*	3.6	3.5	0.32	3.7	0.26	7.15
<b>1323</b>	3.2	3.1	3.1	0.20	3.1	0.06	1.84

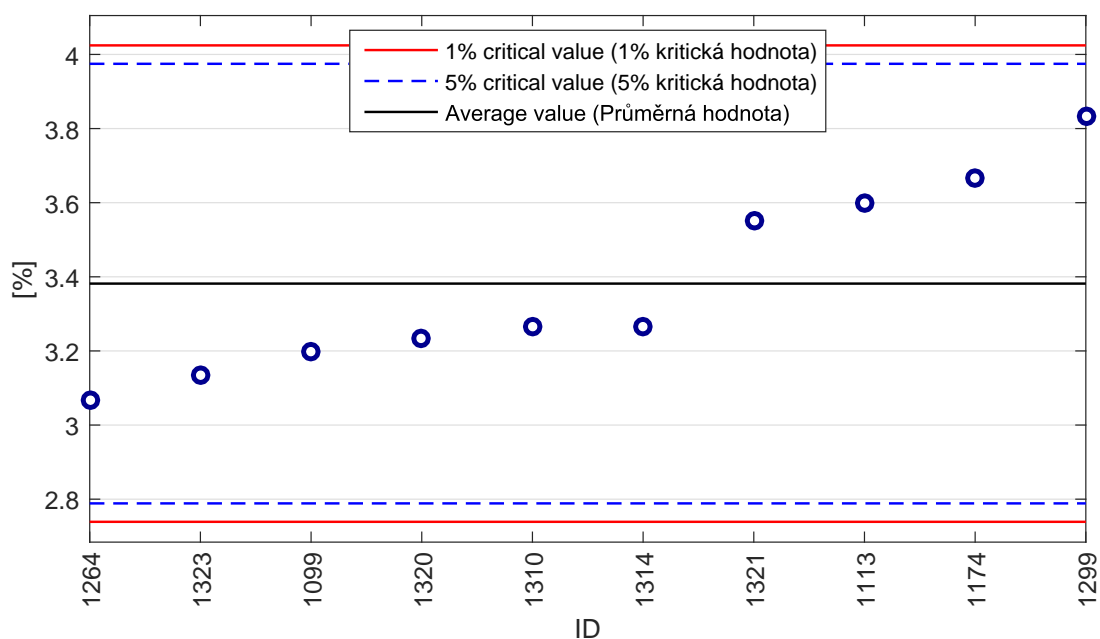
## 5.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot



Obrázek 25: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

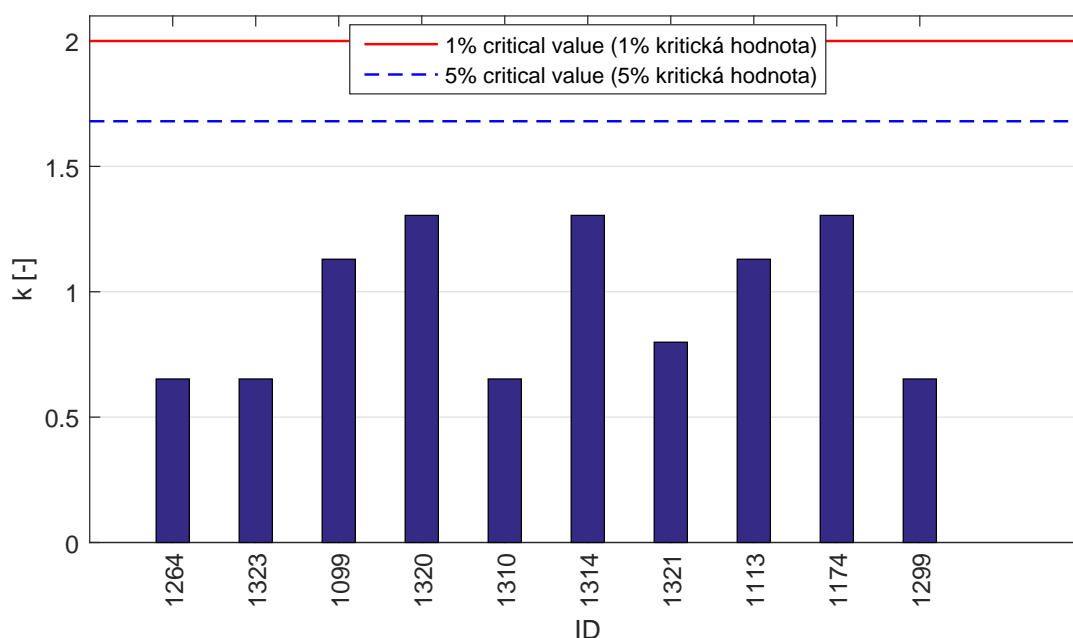


Obrázek 26: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

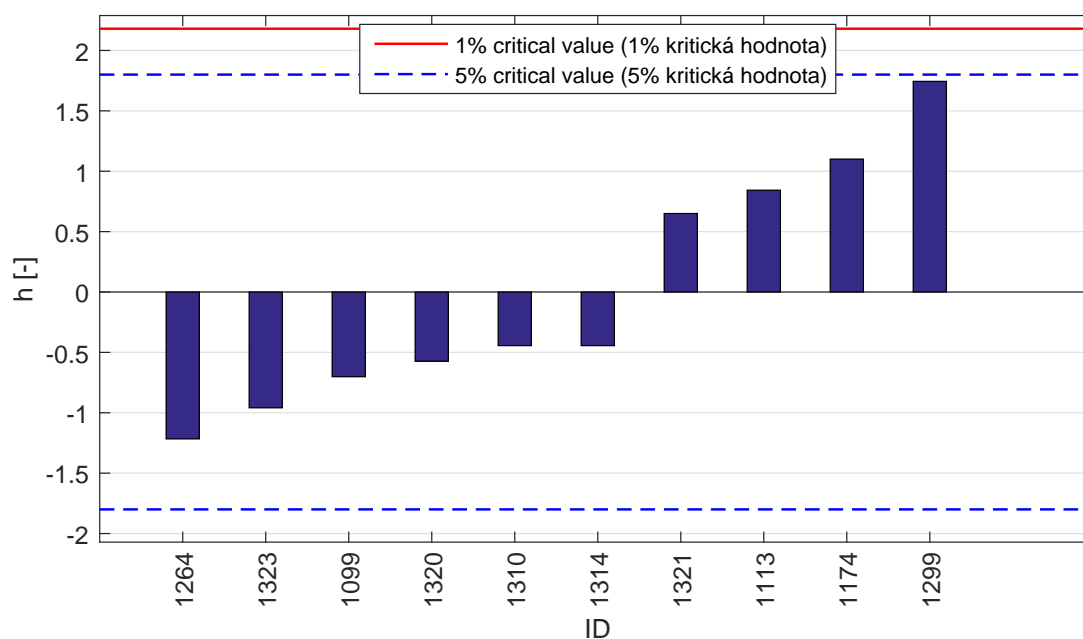


Obrázek 27: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 5.3 Mandelovy statistiky konzistence

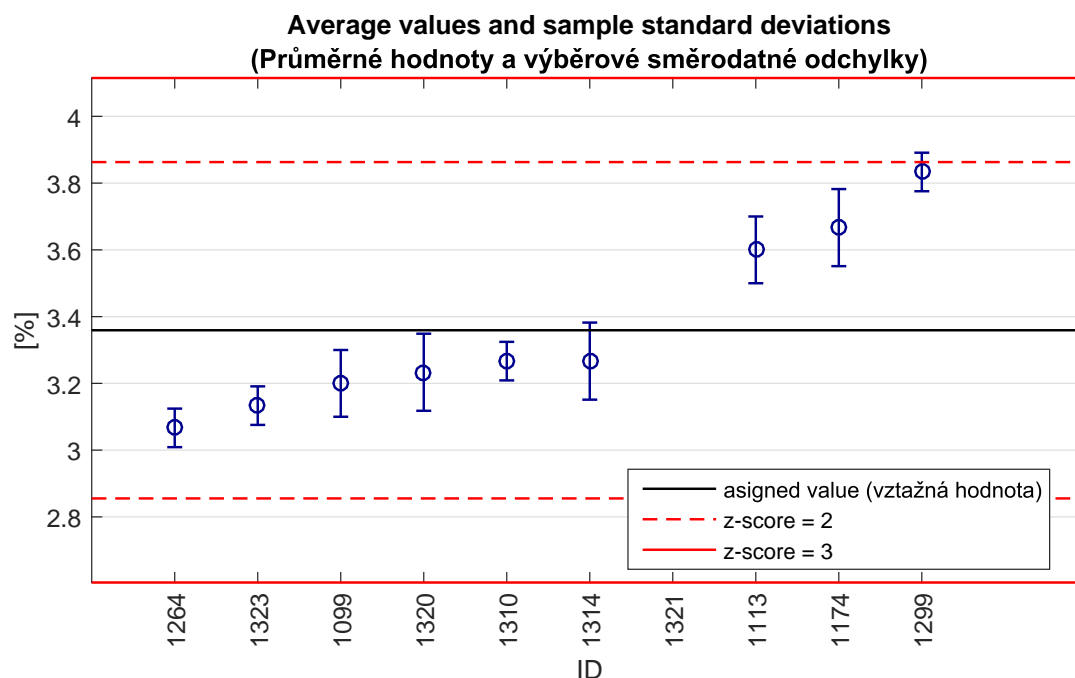


Obrázek 28: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

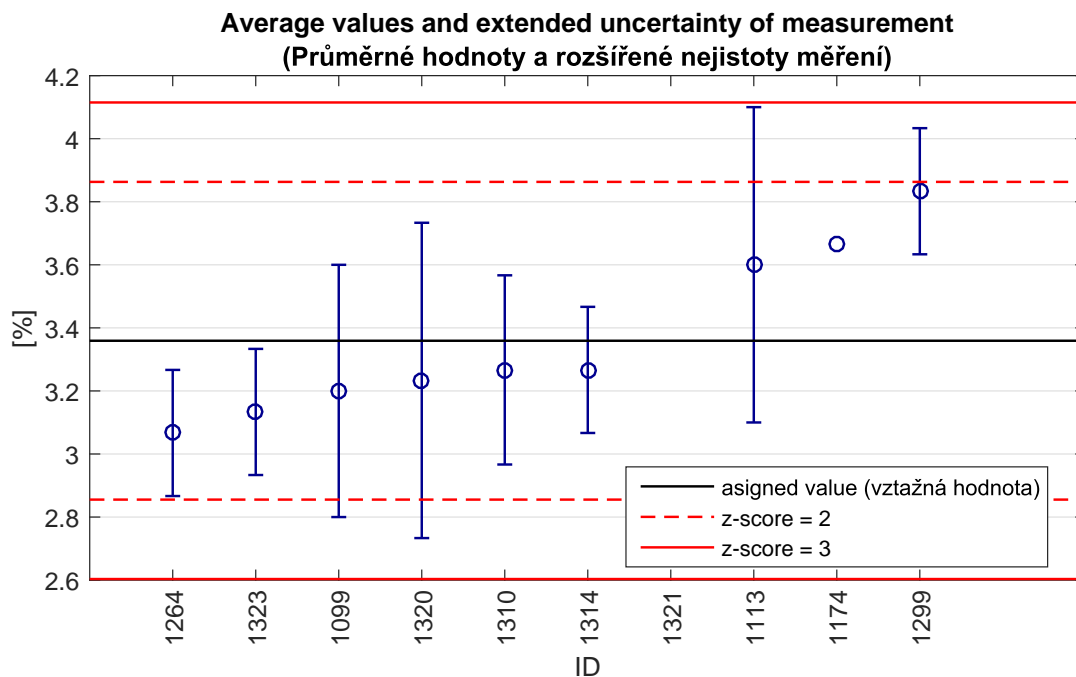


Obrázek 29: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

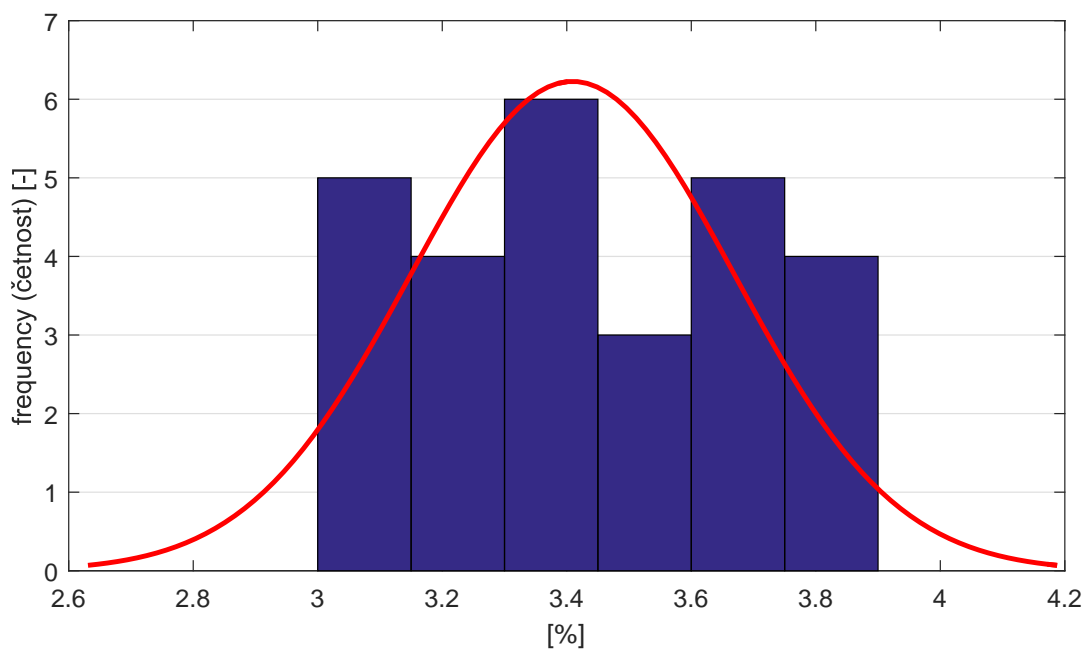
#### 5.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



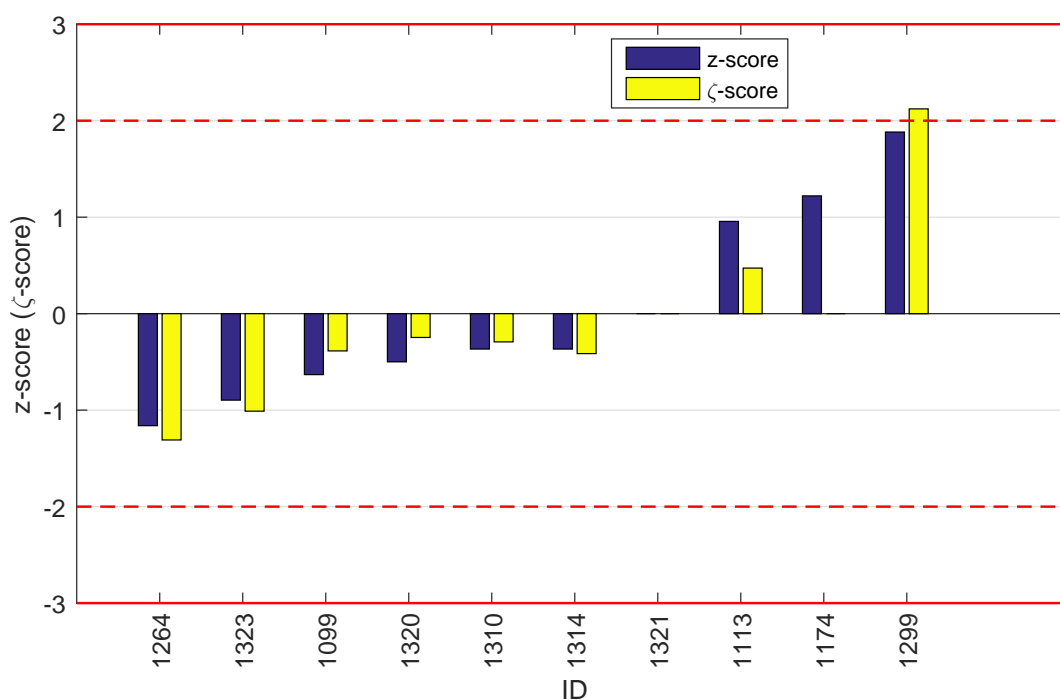
Obrázek 30: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 31: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 32: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 33: z-score a ζ-score

## 6 Příloha – ČSN EN 12350-8 (Zkouška sednutí-rozlitím)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 7 Příloha – ČSN EN 12350-9 (Zkouška V-nálevkou)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 8 Příloha – ČSN EN 12350-10 (Zkouška L-truhlíkem)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 9 Příloha – ČSN EN 12350-11 (Zkouška segregace při prosévání)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 10 Příloha – ČSN EN 12350-12 (Zkouška J-kroužkem)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.