



ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA O VÝSLEDČÍCH EXPERIMENTU SHODNOSTI

PROGRAM ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

Zkoušení oceli

ZO 2017/1

Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST

Veveří 95, 602 00 Brno

Czech Republic

www.szok.fce.vutbr.cz, ptprovider.cz

Datum vydání: 11. prosince 2017

Vedoucí PoZZ, koordinátor PrZZ

Koordinátor hodnocení výsledků PrZZ

doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.

Ing. Petr Misák, Ph.D.

Obsah

1 Úvod a důležité kontakty	2
2 Postupy statistické analýzy experimentu shodnosti	3
2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot	3
2.1.1 Cochranův test	3
2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování	4
2.2 Mandelovy statistiky	4
2.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence h	4
2.2.2 Vnitrolaboratorní statistika konzistence k	4
2.3 Výpočet odhadů rozptylů	5
2.3.1 Rozptyl opakovatelnosti	5
2.3.2 Mezilaboratorní rozptyl	5
2.3.3 Rozptyl reprodukovatelnosti	5
2.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost	5
2.5 Vztažná hodnota	6
2.6 Výpočet statistik výkonnosti	7
3 Závěry statistické analýzy	8
3.1 ČSN EN ISO 6892-1 – Pevnost v tahu	8
3.2 ČSN EN ISO 6892-1 – Mez kluzu	8
3.3 ČSN EN ISO 6892-1 – Tažnost	8
3.4 ČSN EN ISO 6892-1 – Kontrakce	8
Normativní dokumenty a odkazy	9
Příloha	10
1 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Pevnost v tahu	10
1.1 Výsledky zkoušek	10
1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	10
1.3 Mandelovy statistiky konzistence	12
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	13
2 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Mez kluzu	15
2.1 Výsledky zkoušek	15
2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	15
2.3 Mandelovy statistiky konzistence	16
2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	17
3 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Tažnost	19
4 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Kontrakce	19

1 Úvod a důležité kontakty

V létě roku 2017 byl Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ) zahájen program zkoušení způsobilosti (PrZZ) s označením ZO 2017/1, jehož cílem bylo ověřit a posoudit shodnost výsledků zkoušek oceli.

Posouzení výsledků programu zkoušení způsobilosti měla na starost komise složená z následujících pracovníků 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 ISO 6892-1** – Pevnost v tahu [1],
2. **ČSN EN ISO 6892-1** – Mez kluzu [1],
3. **ČSN EN ISO 6892-1** – Tažnost [1],
4. **ČSN EN ISO 6892-1** – Kontrakce [1],

Zkušební postupy číslo 3 a 4 nebyly otevřeny s ohledem na nízký počet účastníků.

Přípravu zkušebních vzorků a jejich homogenitu a stabilitu zajistil PoZZ. Zkušební vzorky byly mezi jednotlivé účastníky PrZZ distribuovány tak, aby nemohlo dojít k ovlivnění jejich vlastností.

Výsledky zkoušek jednotlivých účastníků PrZZ jsou vzájemně porovnány metodou statistické analýzy experimentu shodnosti podle ČSN ISO 5725-2 [2] a podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [3]. Výsledkem řešení je tato závěrečná zpráva, která shrnuje výsledky experimentu shodnosti, včetně statistického vyhodnocení.

Programu se zúčastnilo 6 pracovišť. Pro zachování anonymity účastníků PrZZ bylo každému pracovišti přiděleno identifikační číslo, které bude 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
1392	X	X	-	-
1430	X	-	-	-
1502	X	X	-	-
1536	X	X	-	-
1537	X	X	-	-
1813	X	-	-	-

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

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
„Stanilov“ LTD, republic of Bulgaria, Construction laboratory for testing	10 „Maistor Aleksii Rilets“ str., 1618, Sofia, Bulgaria	120 LI
Central Materials Laboratory, Public Works Department	Canna Road, Tabuan Jaya, 93350 Kuching, Sarawak, Malaysia	SAMM 569

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
GEOTEST SHPK	AUTOSTRADA TIRANE DURRES, KM 2, MEZEZ, KASHAR, TIRANA, ALBANIA	LT040
Skanska a.s., Laboratoř SDSS	Vinohradská 1143/90, Brno 618 00	178
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné pracovisko Bratislava	821 04 Bratislava, Studená 3, SR	Reg. No. 004
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné pracovisko Prešov	080 01 Prešov, Budovateľská 53, SR	Reg. No. 004

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 [2], 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 laboratoř (účastníků) podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [3], 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 účastníků se laboratořmi 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 vnitrolaboratorní variability (je-li počet měření jedné veličiny v jedné laboratoři > 2) a používá se jako první. Pokud tento test označí výsledky jedné z laboratoř 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. 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

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

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

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 [3] za použití statistických metod popsanych v ISO 13528 [4] a ČSN ISO 5725-5 [5]. Vztažná hodnota X je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru x^* (**Algoritmus A** uvedený v [4] a [5]).

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 [3] se výkonnost účastníků se pracovišť hodnotí podle tzv. z-score a ζ -score (zeta-score).

Pro každou neodlehlou laboratoř se z-score vypočte podle vztahu

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

ζ -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 ζ -score určit. Více o nejistotách měření lze nalézt v dokumentu [6].

Pro z-score a ζ -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 ZO 2017/1 (PrZZ) pořádaného Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (Ústav stavebního zkušebnictví Fakulty stavební VUT v Brně). PrZZ se zúčastnilo celkem 6 pracovišť. Program byl zaměřen na běžné normalizované zkoušky ztvrdlého betonu se zaměřením na jeho pevnost a pružnost. Výsledky zkoušek jsou 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 ζ -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 ζ -score jsou porovnány s limitními hodnotami (viz část 2.6). Výsledné hodnoty ζ -score nejsou brány v potaz při výsledném vyhodnocení výkonnosti účastníků, neboť jsou do značné míry závislé na hodnotách nejistot měření.

3.1 ČSN EN ISO 6892-1 – Pevnost v tahu

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

Vyhodnocení Grubbsova testu ukázalo překročení 1% kritické hodnoty v případě účastníka č. **1813**. Výsledky tohoto účastníka byly označeny jako **odlehlé** a z experimentu **vyřazeny**. Po vyřazení odlehlého účastníka již k žádnému dalšímu překročení kritických hodnot nedošlo.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [4]). 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 ISO 6892-1 – Mez kluzu

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 2 přílohy. Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým a Grubbsovým testem neukázalo překročení žádné kritické hodnoty. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě Hornova postupu. Na základě této analýzy lze prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu z -score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.3 ČSN EN ISO 6892-1 – Tažnost

Tato část programu zkoušení způsobilosti nebylo otevřena pro nízký počet účastníků.

3.4 ČSN EN ISO 6892-1 – Kontrakce

Tato část programu zkoušení způsobilosti nebylo otevřena pro nízký počet účastníků.

Odkazy

- [1] ČSN EN ISO 6892-1. *Kovové materiály - Zkoušení tahem - Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty*. 2017.
- [2] 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.
- [3] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti*. 2010.
- [4] ISO 13 528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*. 2005.
- [5] ČSN ISO 5725-5. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření*. 1999.
- [6] EA 4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. 2000.

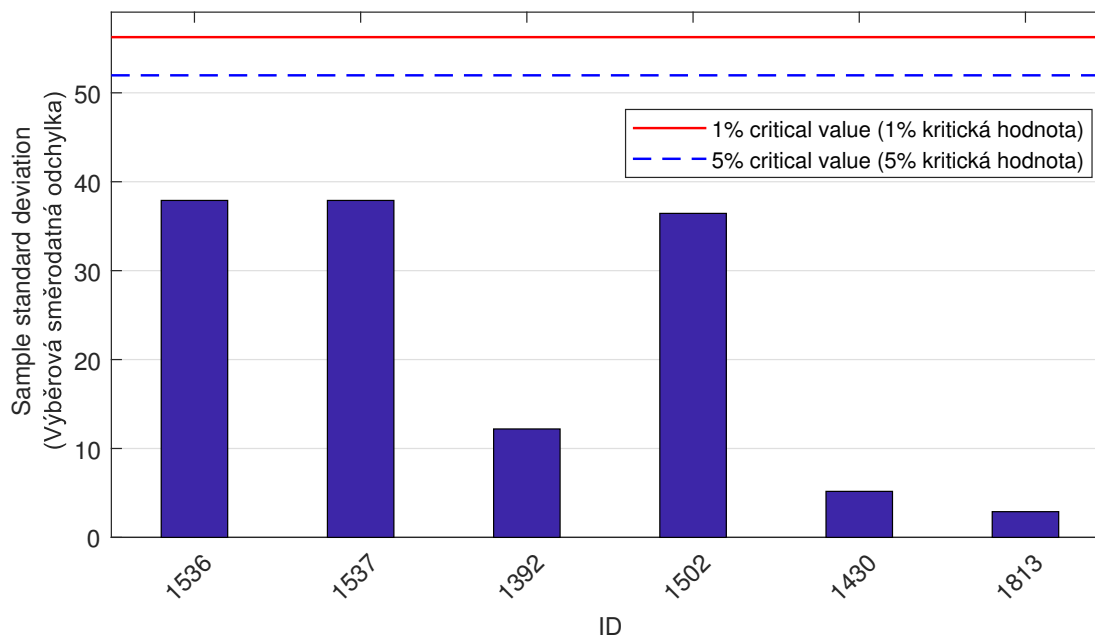
1 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Pevnost v tahu

1.1 Výsledky zkoušek

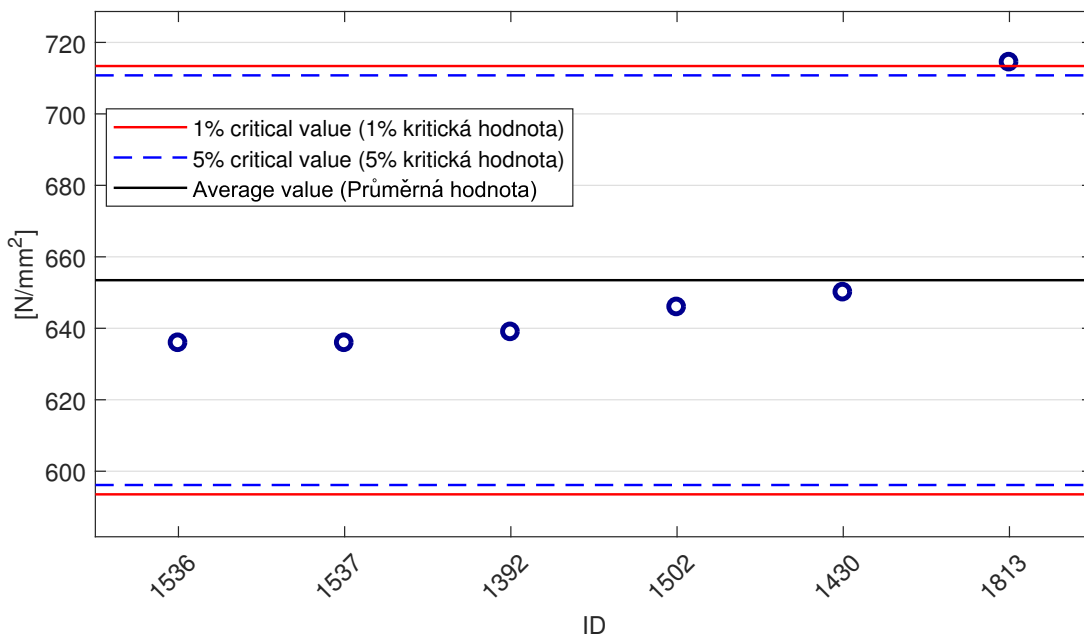
Tabulka 3: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [-]						u_X [-]	\bar{x} [-]	s_0 [-]	V_X [%]
1536	691	652	613	661	601	597	7	636	38	5.96
1537	691	652	613	661	601	597	7	636	38	5.96
1392	631	647	638	660	630	628	2	639	12	1.91
1502	657	698	673	629	608	610	-	646	36	5.64
1430	655	650	656	647	642	650	15	650	5	0.80
1813	718	711	717	711	716	715	3	714	3	0.41

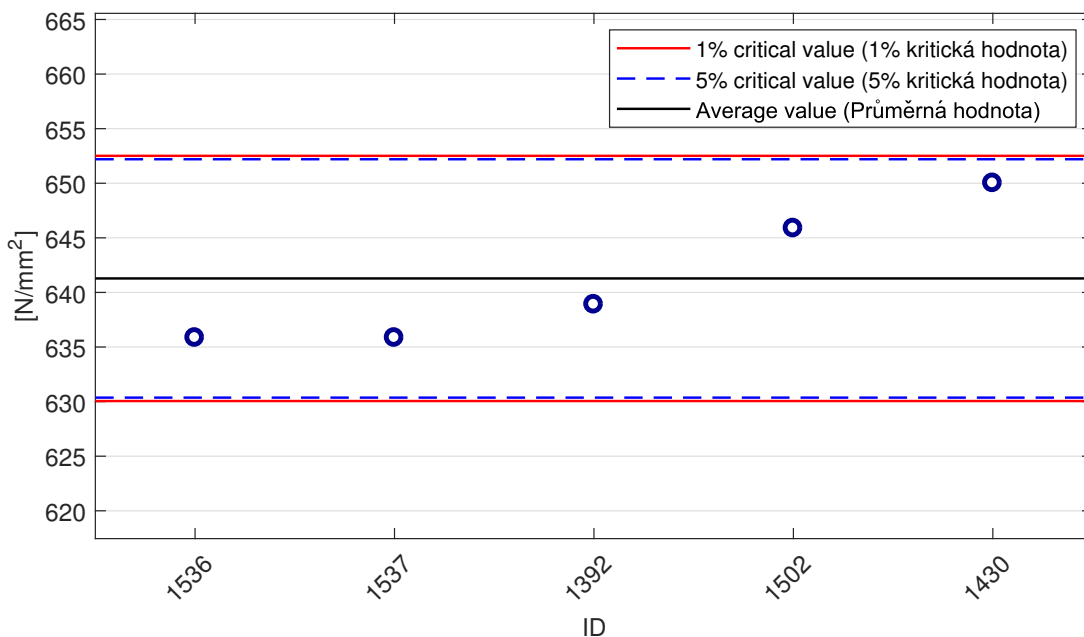
1.2 Numerické zhodnocení odlehklých hodnot



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

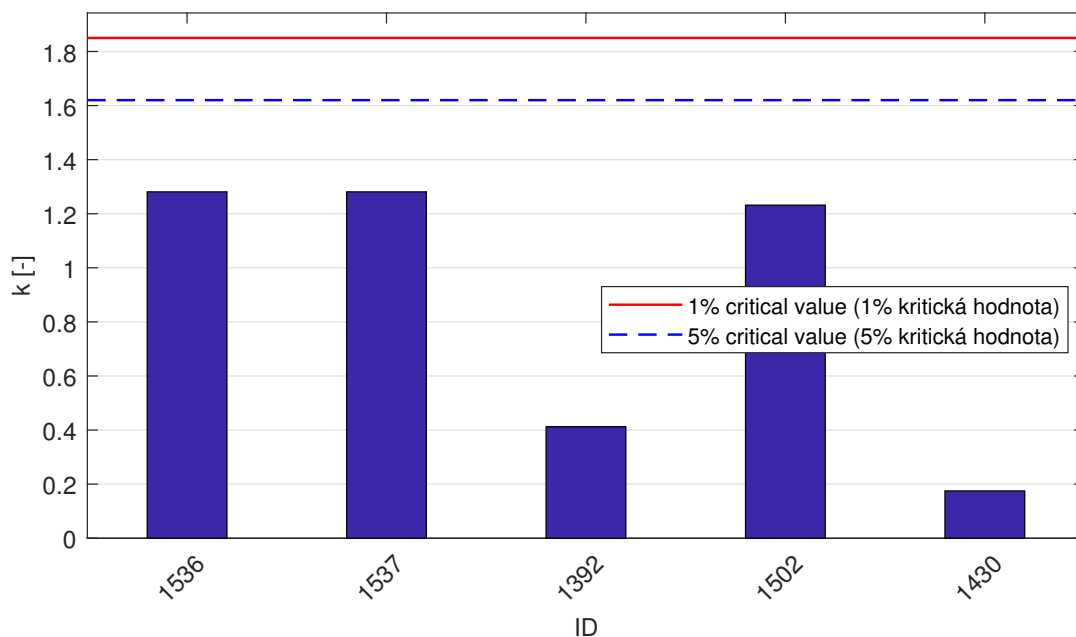


Obrázek 2: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

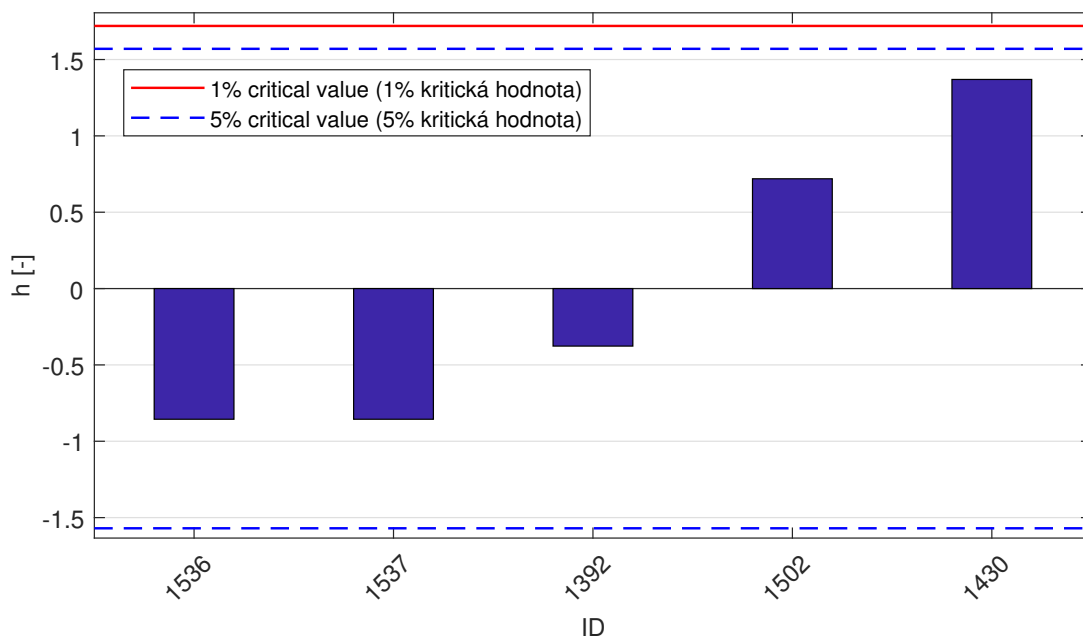


Obrázek 3: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

1.3 Mandelovy statistiky konzistence

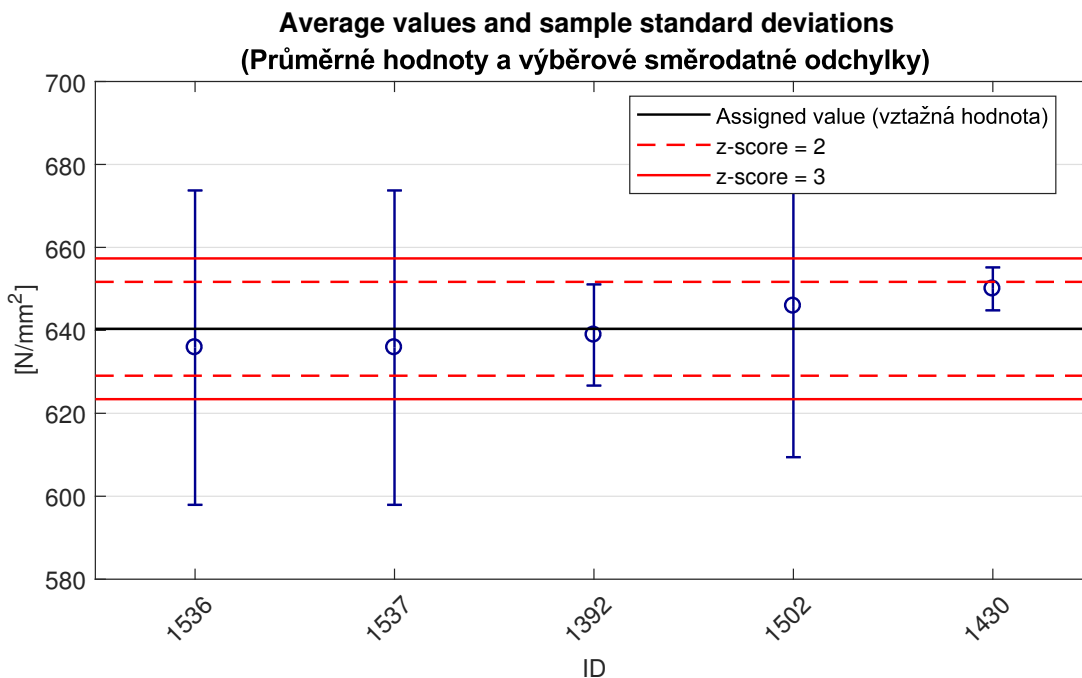


Obrázek 4: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

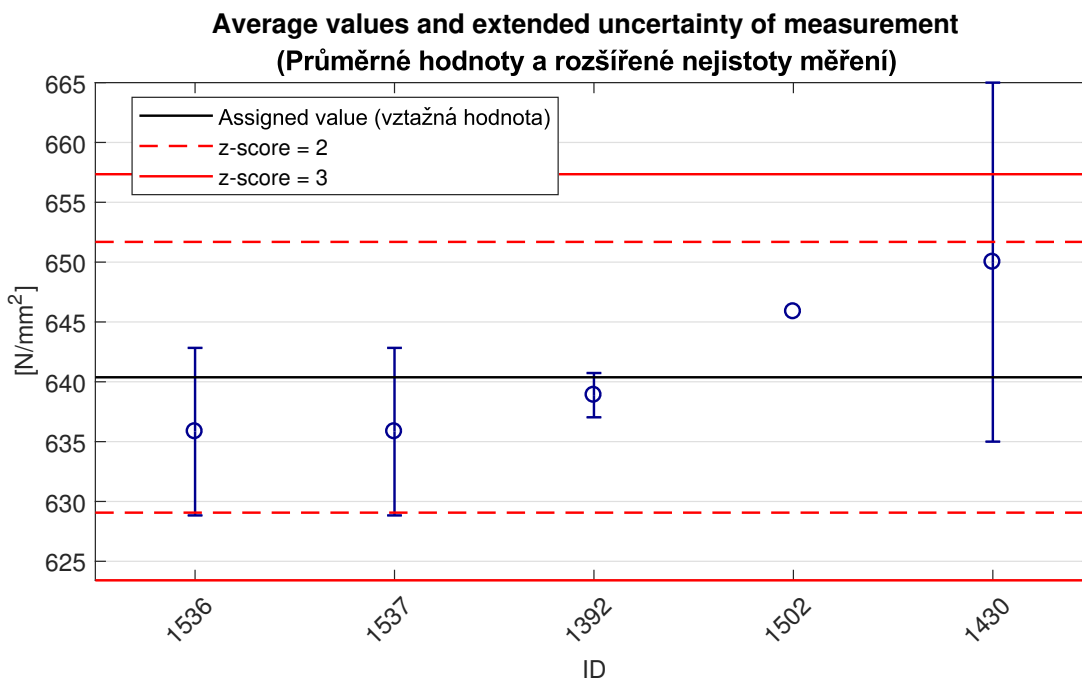


Obrázek 5: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

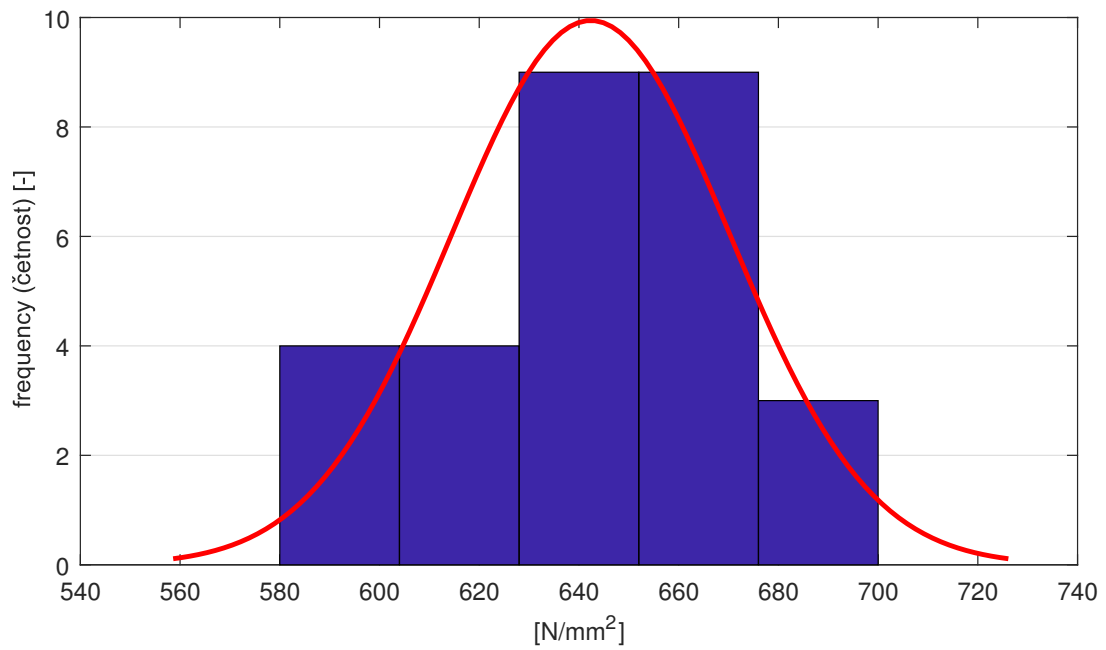
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



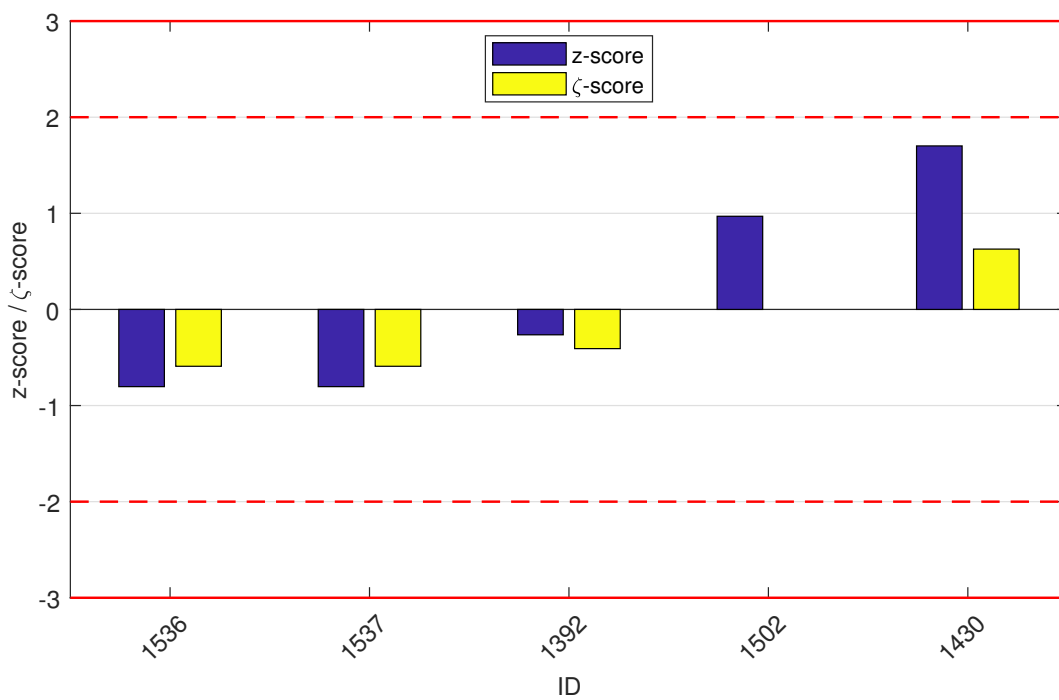
Obrázek 6: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



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 [-]
1536	-0.80	-0.59
1537	-0.80	-0.59
1392	-0.26	-0.41
1502	0.97	-
1430	1.70	0.63

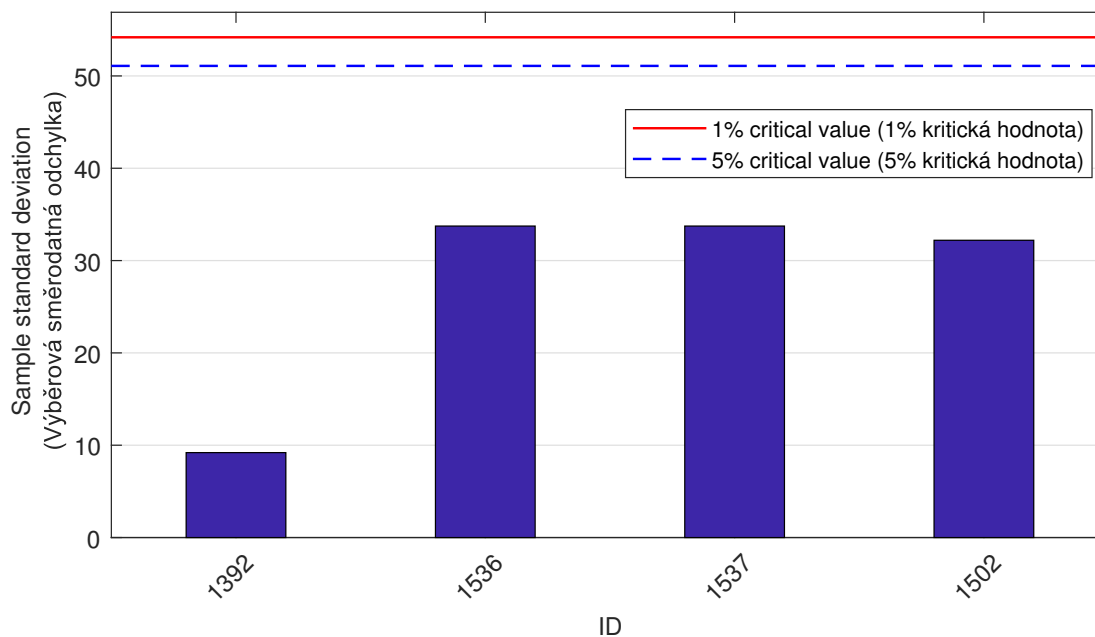
2 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Mez kluzu

2.1 Výsledky zkoušek

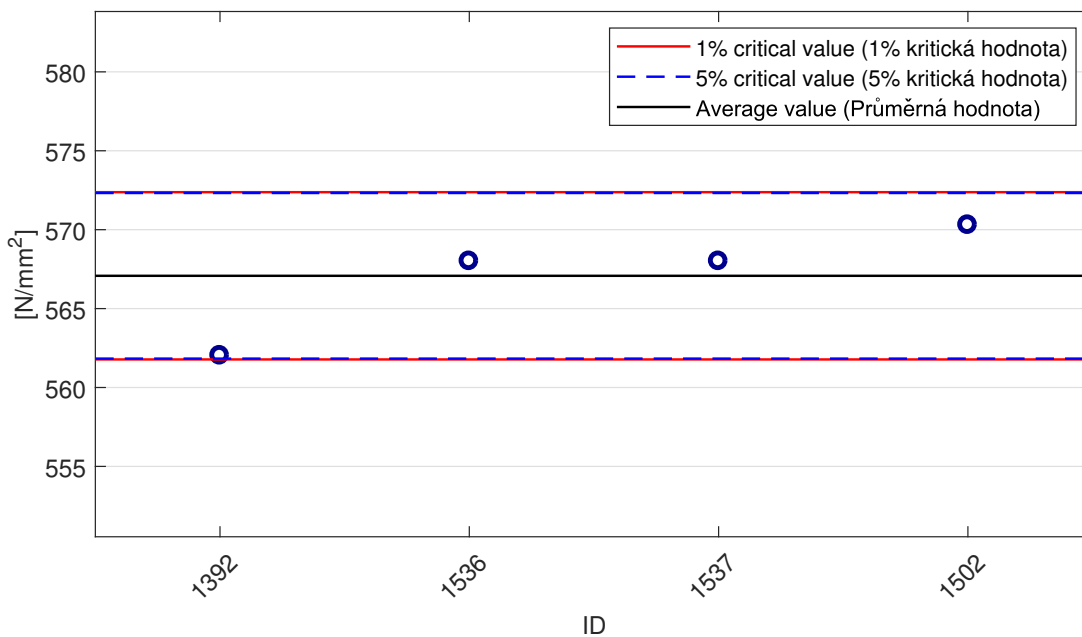
Tabulka 5: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [-]							u_X [-]	\bar{x} [-]	s_0 [-]	V_X [%]
1392	558	566	559	579	557	553	2	562	9	1.64	
1536	615	576	539	583	520	575	7	568	34	5.94	
1537	615	576	539	583	520	575	7	568	34	5.94	
1502	579	617	594	556	536	539	-	570	32	5.65	

2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

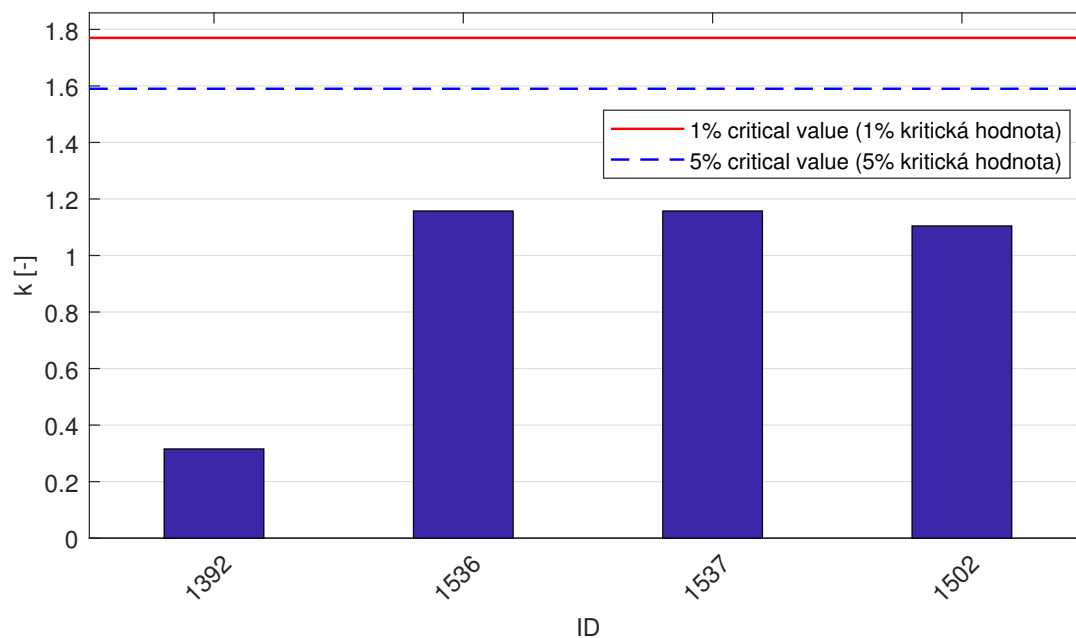


Obrázek 10: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

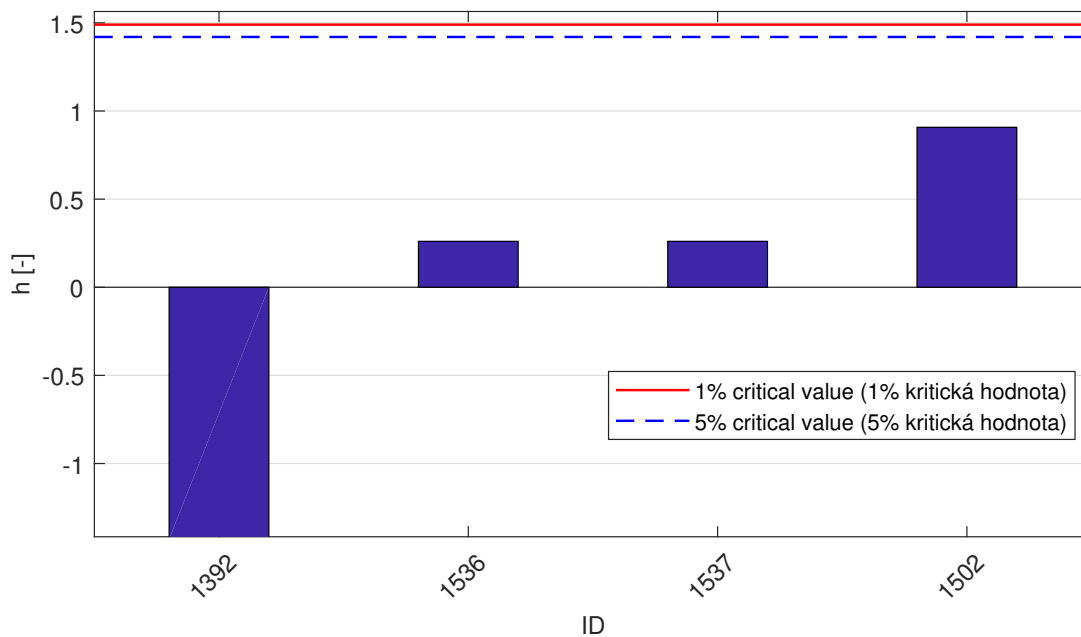


Obrázek 11: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

2.3 Mandelovy statistiky konzistence

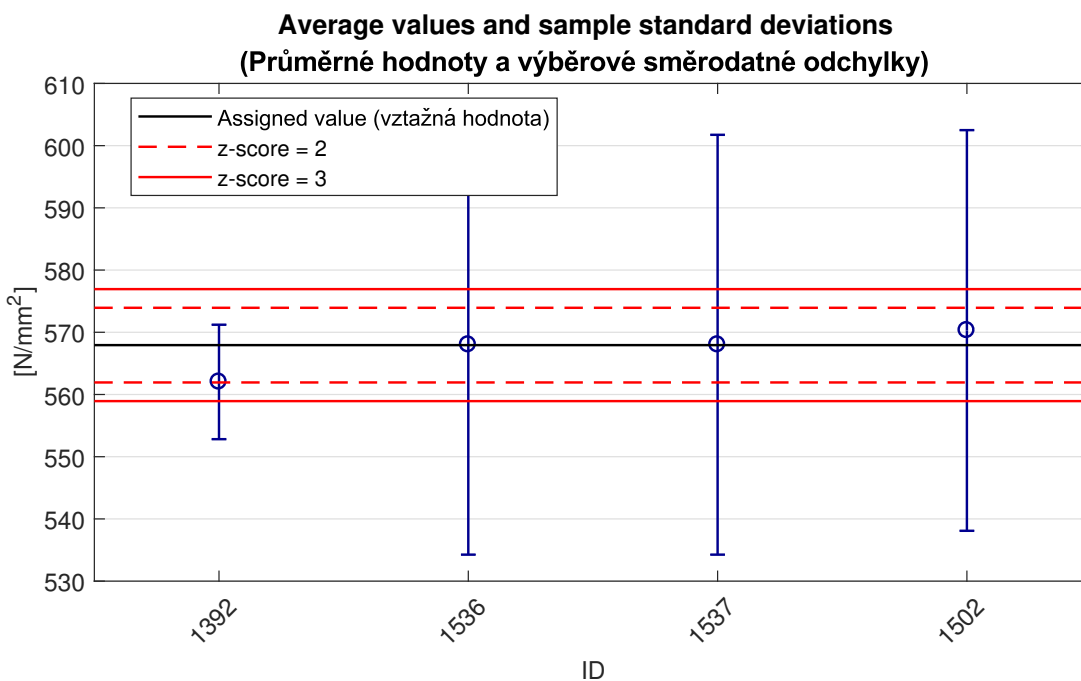


Obrázek 12: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

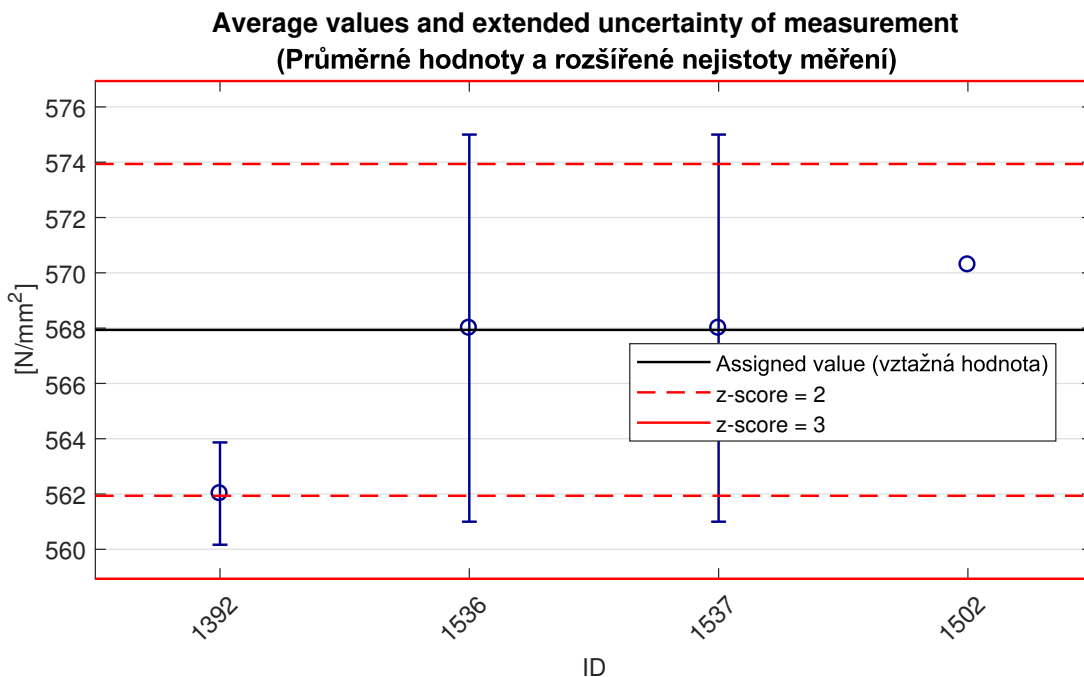


Obrázek 13: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

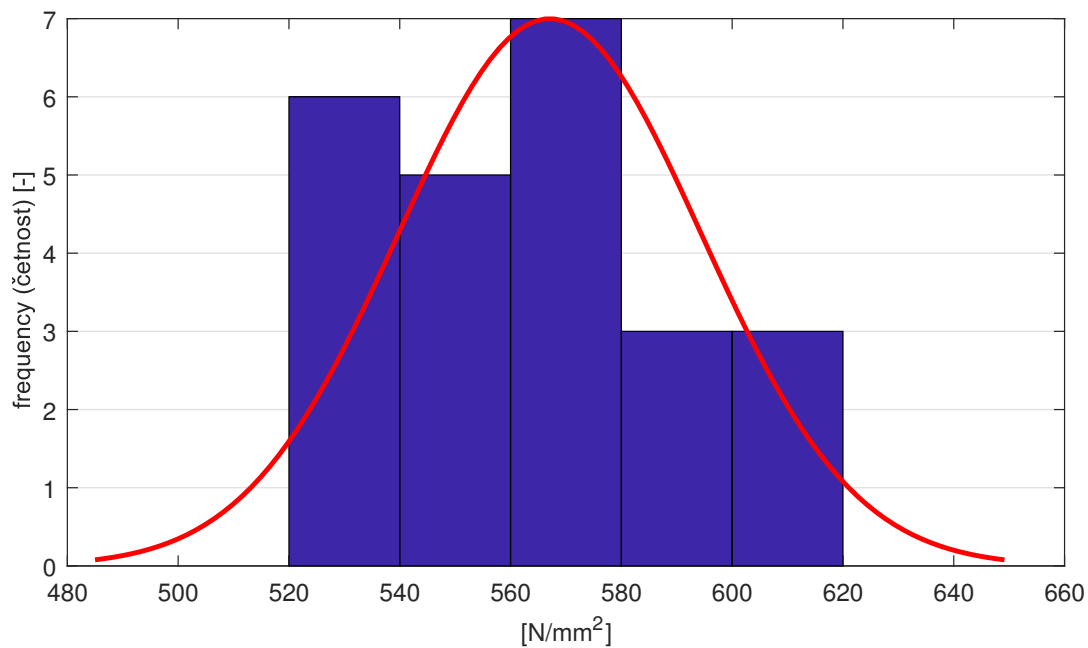
2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



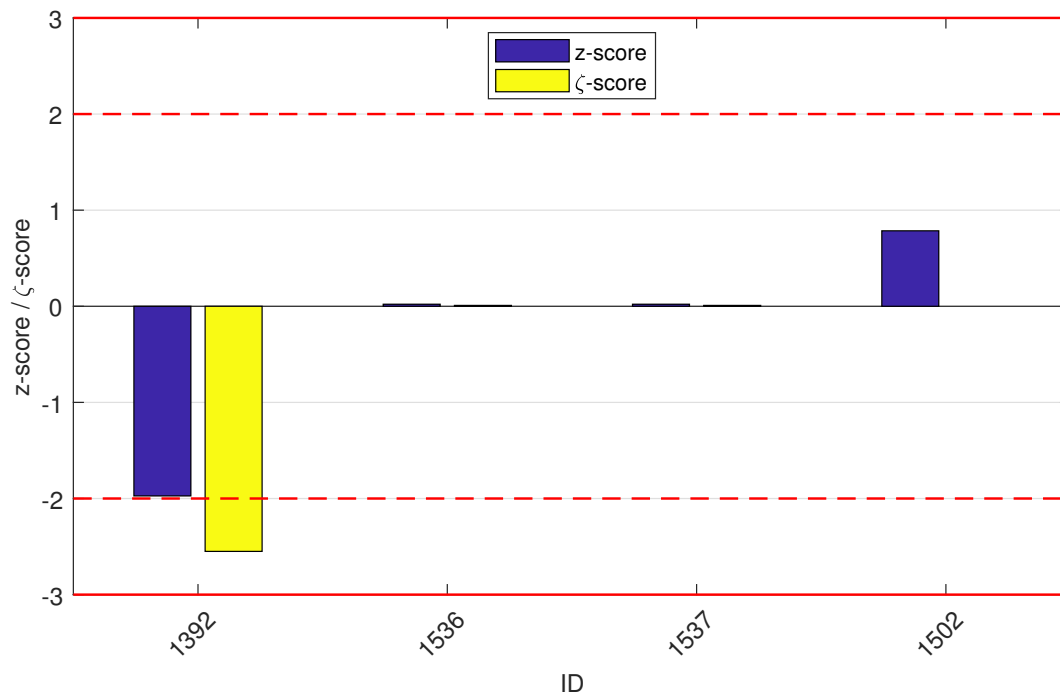
Obrázek 14: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



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 [-]
1392	-1.97	-2.55
1536	0.02	0.01
1537	0.02	0.01
1502	0.79	-

3 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Tažnost

Tato část programu zkoušení způsobilosti nebylo otevřena pro nízký počet účastníků.

4 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Kontrakce

Tato část programu zkoušení způsobilosti nebylo otevřena pro nízký počet účastníků.