



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



FAKULTA
STAVEBNÍ ústav
stavebního zkušebnictví

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA O VÝSLEDČÍCH EXPERIMENTU SHODNOSTI

PROGRAM ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

Pevnost a pružnost ztvrdlého betonu

ZZB 2017/2

Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST

Veveří 95, 602 00 Brno

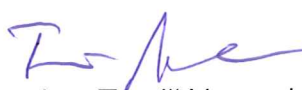
Czech Republic

www.szk.fce.vutbr.cz, ptprovider.cz

Datum vydání: 8. 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	3
2 Postupy statistické analýzy experimentu shodnosti	5
2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot	6
2.1.1 Cochranův test	6
2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování	6
2.2 Mandelovy statistiky	7
2.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence h	7
2.2.2 Vnitrolaboratorní statistika konzistence k	7
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	8
2.5 Vztažná hodnota	8
2.6 Výpočet statistik výkonnosti	9
3 Závěry statistické analýzy	10
3.1 ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu	10
3.2 ČSN EN 12390-5 – Pevnost v tahu ohybem	10
3.3 ČSN EN 12390-6 – Pevnost v příčném tahu	10
3.4 ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost	11
3.5 ČSN ISO 1920-10 – Statický modul pružnosti	11
3.6 ČSN EN 12390-13, metoda A – Statický modul pružnosti	11
3.7 ČSN EN 12390-13, metoda B – Statický modul pružnosti	11
3.8 ČSN EN 12504-4, ČSN 731371 – Rychlost šíření impulsů podélných vln v betonu, Dynamický modul pružnosti v tlaku a tahu	11
3.9 ČSN 731373, ČSN EN 12504-2 – Stanovení tvrdosti Schmidovým tvrdoměrem	11
3.10 ČSN EN 1542, ČSN 736242, Příloha B – Pevnost v tahu povrchových vrstev	11
Normativní dokumenty a odkazy	13
Příloha	14
1 Příloha – ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu	14
1.1 Výsledky zkoušek	14
1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	15
1.3 Mandelovy statistiky konzistence	16
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	17
2 Příloha – ČSN EN 12390-5 – Pevnost v tahu ohybem	20
2.1 Výsledky zkoušek	20
2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	20
2.3 Mandelovy statistiky konzistence	21
2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	22
3 Příloha – ČSN EN 12390-6 – Pevnost v příčném tahu	25
3.1 Výsledky zkoušek	25
3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	25
3.3 Mandelovy statistiky konzistence	26
3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	27

4 Příloha – ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost	30
4.1 Výsledky zkoušek	30
4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	31
4.3 Mandelovy statistiky konzistence	32
4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	33
5 Příloha – ČSN ISO 1920-10 – Statický modul pružnosti	35
6 Příloha – ČSN EN 12390-13, metoda A – Statický modul pružnosti	35
7 Příloha – ČSN EN 12390-13, metoda B – Statický modul pružnosti	35
8 Příloha – ČSN EN 12504-4, ČSN 731371 – Rychlost šíření impulsů podélných vln v betonu, Dynamický modul pružnosti v tlaku a tahu	35
9 Příloha – ČSN 731373, ČSN EN 12504-2 – Stanovení tvrdosti Schmidovým tvrdoměrem	36
9.1 Výsledky zkoušek	36
9.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	36
9.3 Mandelovy statistiky konzistence	37
9.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	38
10 Příloha – ČSN EN 1542, ČSN 736242, Příloha B – Pevnost v tahu povrchových vrstev	41
10.1 Výsledky zkoušek	41
10.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	41
10.3 Mandelovy statistiky konzistence	43
10.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	44

1 Úvod a důležité kontakty

V létě roku 2017 byl Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ) zahájen program zkoušení způsobilosti (PrZZ) s označením ZZB 2017/2, jehož cílem bylo ověřit a posoudit shodnost výsledků zkoušek ztvrdlého betonu, a to se zaměřením na pevnost a pružnost betonu.

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 12390-3** – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu [1],
2. **ČSN EN 12390-5** – Pevnost v tahu ohybem [2],
3. **ČSN EN 12390-6** – Pevnost v příčném tahu [3],
4. **ČSN EN 12390-7** – Objemová hmotnost [4],
5. **ČSN ISO 1920-10** – Statický modul pružnosti [5],
6. **ČSN EN 12390-13, metoda A** – Statický modul pružnosti [6],
7. **ČSN EN 12390-13, metoda B** – Statický modul pružnosti [6],
8. **ČSN EN 12504-4, ČSN 731371** – Rychlost šíření impulsů podélných vln v betonu, Dynamický modul pružnosti v tlaku a tahu [7], [8],
9. **ČSN 731373, ČSN EN 12504-2** – Stanovení tvrdosti Schmidovým tvrdoměrem [9], [10],
10. **ČSN EN 1542, ČSN 736242, Příloha B** – Pevnost v tahu povrchových vrstev [11], [12].

Zkušební postupy číslo 5 až 8 nebyly otevřeny s ohledem na nízký počet účastníků.

Přípravu ztvrdlého betonu pro PoZZ zajistil dodavatel, tedy firma BETOTECH s. r. o. Čerstvý beton pro výrobu zkušebních těles byl odebrán z jedné výrobní dávky, která byla vyrobena při dodržení postupů uvedených v ČSN EN 206 [13]. Čerstvý beton byl uložen do zkušebních forem vždy stejného typu a po odformování byla zkušební tělesa umístěna za stejných podmínek do uložení vyhovujících požadavkům jednotlivých specifikací.

Výsledky zkoušek jednotlivých účastníků PrZZ jsou vzájemně porovnány metodou statistické analýzy experimentu shodnosti podle ČSN ISO 5725-2 [14] a podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [15]. Výsledkem řešení je tato závěrečná zpráva, která shrnuje výsledky experimentu shodnosti, včetně statistického vyhodnocení.

Programu se zúčastnilo celkem 29 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	5	6	7	8	9	10
1424	X	-	X	X	-	-	-	-	X	X
1434	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ID/zkouška	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1454	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
1469	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X
1481	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
1485	X	-	X	X	-	-	-	-	-	X
1515	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X
1526	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-
1529	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1531	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
1538	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
1539	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
1541	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
1542	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
1543	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
1544	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
1545	X	-	-	X	-	-	-	-	X	X
1805	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1811	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X
1812	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X
1814	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
1815	X	-	X	X	-	-	-	-	X	X
1818	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
1821	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
1822	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
1824	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-
1826	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
1856	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X
1857	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-

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

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
BETOTECH, s.r.o. - pracoviště Brno	Jihlavská 51, 642 00 Brno	1195.3
Building Research Institute - NISI Ltd., Testing Center for Construction	86 Nikola Petkov Blvd, 1618 Sofia, Bulgaria	88
Central Regional Laboratory, Public Works Department Sarawak, Malaysia	Canna Road, Tabuan Jaya, 93350 Kuching, Sarawak, Malaysia	SAMM 0772
Centru dopravního výzkumu, v.v.i.	Líšeňská 33a, 636 00 Brno	1506
Disoma, Maldegem	Krommewege 31, 9990 Maldegem, Belgium	409-TEST BELAC
ESLAB, spol. s r.o., pracoviště České Budějovice	Běluňská 2913/11, 193 00 Praha,	1699
GEOSTAR, spol. s r. o. - pracoviště Brno	Tuřanka 111, 627 00 Brno	1373
GIM-TEST d.o.o. Banja Luka - Central laboratory, QM	Palih boraca 55, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina	-
JKV TEST s.r.o.	Suhrady č.p.148/4, Vřesina, 747 20	1294
LABBET - Betosan s.r.o.	Nová cesta 40/291, 140 00 Praha 4	1687
Laboratory for materials, Faculty of Civil Engineering, Serbia	Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Serbia	01-217

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
Laboratory IG	Kralja Petra I Karađorđevića 92-98 78 000 Banja Luka	LI-71-01
M.I.S. a.s., pracoviště Hradec Králové	M.I.S. a.s., Resslerova 956/13, 500 02 Hra- dec Králové	1197
M.I.S. a.s., pracoviště Nový Bydžov	M.I.S. a.s., Resslerova 956/13, 500 02 Hra- dec Králové	1197
Magnel Laboratory for Concrete Reseach (University Ghent)	Technologiepark-Zwijnaarde 904; 9052 Zwijnaarde (Gent); Belgium	220-TEST
QUALIFORM, a.s. - pracoviště č. 03, Hradec Králové	Mlaty 672/8, 642 00 Brno - Bosonohy	1008
Ředitelství silnic a dálnic ČR	Rebešovická 40, 643 00 Brno-Chrlice	1072
SG Geotechnika a.s., Laboratoř geome- chaniky a terénní měření	Geologická 4, 152 00 Praha 5	1119
Testing Laboratory "LABKONSULT PLUS" Ltd.	1539, Sofia, Airport Sofia, North area	71 /29.01.2016
Teststav spol s r.o.	Františka Lýska 1599/6	1290
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné praco- visko Bratislava	821 04 Bratislava, Studená 3, SR	Reg. No. 004
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné praco- visko Košice	040 01 Košice, Krmanova 5, SR	Reg. No. 004
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné praco- visko Nitra	949 01 Nitra, Braneckého 2, SR	Reg. No. 004
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné praco- visko Prešov	080 01 Prešov, Budovateľská 53, SR	Reg. No. 004
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné praco- visko Zvolen	960 01 Zvolen, Jesenského 15, SR	Reg. No. 004
TSÚS, n.o. Bratislava, skúšobné praco- visko Žilina	010 01 Žilina, A. Rudnaya 90, SR	Reg. No. 004
VÚPS Certifikační společnost s.r.o. - La- boratoř Uhřetěves	Františka Diviše 386, 104 00 Praha 10 - Uhřetěves	1234
VÚPS Certifikační společnost s.r.o. - La- boratoř Uhřetěves - pobočka Brno	Františka Diviše 386, 104 00 Praha 10 - Uhřetěves	1234
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Akreditovaná zkušební labora- toř 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 [14], 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 [15], 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 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 vyloučit 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} 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 odlehklých 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 [15] za použití statistických metod popsanych v ISO 13528 [16] a ČSN ISO 5725-5 [17]. Vztažná hodnota X je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru x^* (**Algoritmus A** uvedený v [16] a [17]).

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 [15] se výkonnost účastnících 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 [18].

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 ZZB 2017/2 (PrZZ) pořádaného Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST. PrZZ se zúčastnilo celkem 29 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 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu

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

Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým testem ukázalo překročení 5% kritické hodnoty účastníka č. 1815. Bližší analýza ukázala, že toto překročení má za následek pouze jeden výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již kritické hodnoty překonány nebyly. Účastník č. 1815 tedy nebyl z experimentu vyřazen. Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Grubbsovým testem neukázalo žádné překročení kritických hodnot.

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 [16]). K překročení limitní hodnoty z -score = 3 došlo v případě účastníka č. **1811**. Výkonnost tohoto účastníka je tedy označena jako **nevyhovující**. K překročení limitní hodnoty z -score = 2 došlo v případě účastníků č. **1424, 1821, 1805 a 1814**. Výkonnost těchto účastníků je tedy označena jako **problematická**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu z -score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.2 ČSN EN 12390-5 – Pevnost v tahu ohybem

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.

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 [16]). K překročení limitní hodnoty z -score = 3 došlo v případě účastníků č. **1454, 1824 a 1856**. Výkonnost těchto účastníků je tedy označena jako **nevyhovující**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu z -score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.3 ČSN EN 12390-6 – Pevnost v příčném tahu

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 3 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 [16]). K překročení limitní hodnoty z -score = 3 došlo v případě účastníků č. **1424 a 1454**. Výkonnost těchto účastníků je tedy označena jako **nevyhovující**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu z -score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.4 ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 4 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 další z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [16]). Na základě této analýzy lze prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu $z\text{-score} = 2$ a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.5 ČSN ISO 1920-10 – Statický modul pružnosti

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.6 ČSN EN 12390-13, metoda A – Statický modul pružnosti

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.7 ČSN EN 12390-13, metoda B – Statický modul pružnosti

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.8 ČSN EN 12504-4, ČSN 731371 – Rychlost šíření impulsů podélných vln v betonu, Dynamický modul pružnosti v tlaku a tahu

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.9 ČSN 731373, ČSN EN 12504-2 – Stanovení tvrdosti Schmidovým tvrdoměrem

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 9 přílohy. Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým a Grubbsovým testem neukázalo překročení žádné kritické hodnoty.

Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) ukázalo překročení kritických hodnot statistik konzistence (viz příloha). Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné. Pouze poukazuje na drobné nesrovnalosti. Žádný další z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [16]). K překročení limitní hodnoty $z\text{-score} = 3$ došlo v případě účastníka č. **1545**. Výkonnost tohoto účastníka je tedy označena jako **nevyhovující**. K překročení limitní hodnoty $z\text{-score} = 2$ došlo v případě účastníka č. **1515**. Výkonnost tohoto účastníka je tedy označena jako **problematická**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu $z\text{-score} = 2$ a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.10 ČSN EN 1542, ČSN 736242, Příloha B – Pevnost v tahu povrchových vrstev

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 10 přílohy.

Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým testem ukázalo překročení 5% kritické hodnoty účastníka č. 1424. Bližší analýza ukázala, že toto překročení má za následek pouze jeden výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již kritické hodnoty překonány nebyly. Účastník č. 1424 tedy nebyl z experimentu vyřazen. Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Grubbsovým testem neukázalo žádné překročení kritických hodnot.

Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) ukázalo překročení kritických hodnot statistik konzistence (viz příloha). Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné. Pouze poukazuje na drobné nesrovnalosti. Žádný další z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [16]). K překročení limitní hodnoty $z\text{-score} = 3$ došlo v případě účastníka č. **1815**. Výkonnost tohoto účastníka je tedy označena jako **nevyhovující**. K překročení limitní hodnoty $z\text{-score} = 2$ došlo v případě účastníka č. **1424**. Výkonnost tohoto účastníka je

tedy označena jako **problematická**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu $z\text{-score} = 2$ a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

Odkazy

- [1] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. 2009.
- [2] ČSN EN 12390-5. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles*. 2009.
- [3] ČSN EN 12390-6. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 6: Pevnost v příčném tahu zkušebních těles*. 2010.
- [4] ČSN EN 12390-7. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*. 2009.
- [5] ČSN ISO 1920-10. *Zkoušení betonu - Část 10: Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku*. 2016.
- [6] ČSN EN 12390-13. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 13: Stanovení sečnového modulu pružnosti v tlaku*. 2014.
- [7] ČSN EN 12504-4. *Zkoušení betonu - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu*. 2005.
- [8] ČSN 731371. *Nedestruktivní zkoušení betonu - Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu*. 2011.
- [9] ČSN 731373. *Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. 2011.
- [10] ČSN EN 12504-2. *Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem*. 2013.
- [11] ČSN EN 1542. *Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou*. 2000.
- [12] ČSN 736242. *Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací*. 2010.
- [13] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 2014.
- [14] 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.
- [15] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti*. 2010.
- [16] ISO 13 528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*. 2005.
- [17] ČSN ISO 5725-5. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření*. 1999.
- [18] EA 4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. 2000.

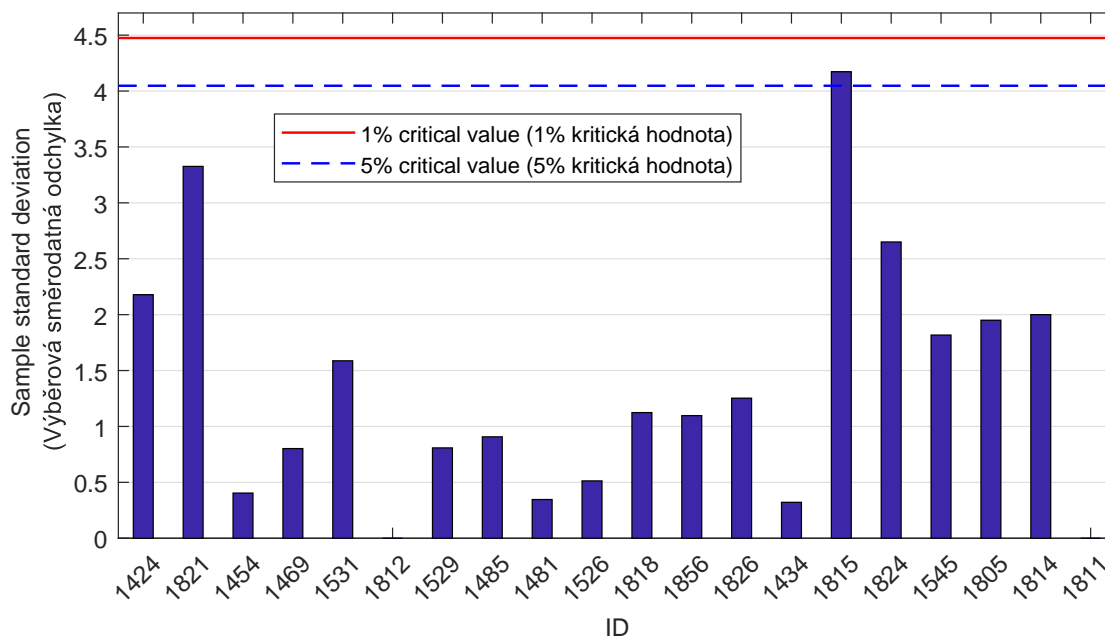
1 Příloha – ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu

1.1 Výsledky zkoušek

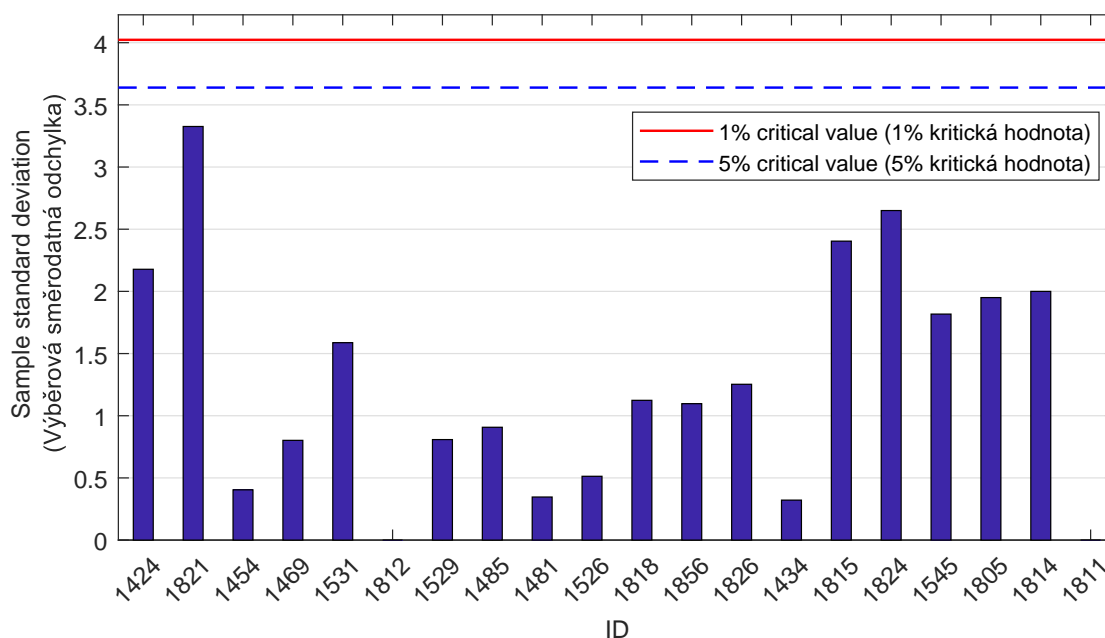
Tabulka 3: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			u_X [N/mm ²]	\bar{x} [N/mm ²]	s_0 [N/mm ²]	V_X [%]
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]				
1424	39.2	43.4	40.3	0.6	41.0	2.2	5.32
1821	40.7	45.7	39.4	-	41.9	3.3	7.93
1454	43.8	43.5	43.0	1.5	43.4	0.4	0.93
1469	44.7	44.0	43.1	2.5	43.9	0.8	1.83
1531	42.9	45.9	43.5	4.0	44.1	1.6	3.60
1812	44.6	-	-	2.5	44.6	0.0	0.00
1529	45.1	45.1	43.7	3.9	44.6	0.8	1.81
1485	44.3	45.7	44.0	1.5	44.7	0.9	2.03
1481	45.1	44.5	44.5	1.0	44.7	0.3	0.77
1526	44.5	45.5	45.2	9.3	45.1	0.5	1.14
1818	44.1	46.3	45.6	1.3	45.3	1.1	2.48
1856	44.2	46.1	46.1	2.3	45.5	1.1	2.41
1826	46.9	44.4	45.5	-	45.6	1.3	2.75
1434	46.3	45.7	46.2	3.7	46.1	0.3	0.70
1815	42.4	45.8	50.7*	2.5	46.3	4.2	9.01
1824	46.7	46.0	50.9	7.1	47.9	2.7	5.54
1545	46.0	49.5	48.6	1.9	48.0	1.8	3.78
1805	46.9	47.4	50.5	-	48.3	2.0	4.04
1814	46.5	48.5	50.5	-	48.5	2.0	4.12
1811	49.9	-	-	2.5	49.9	0.0	0.00

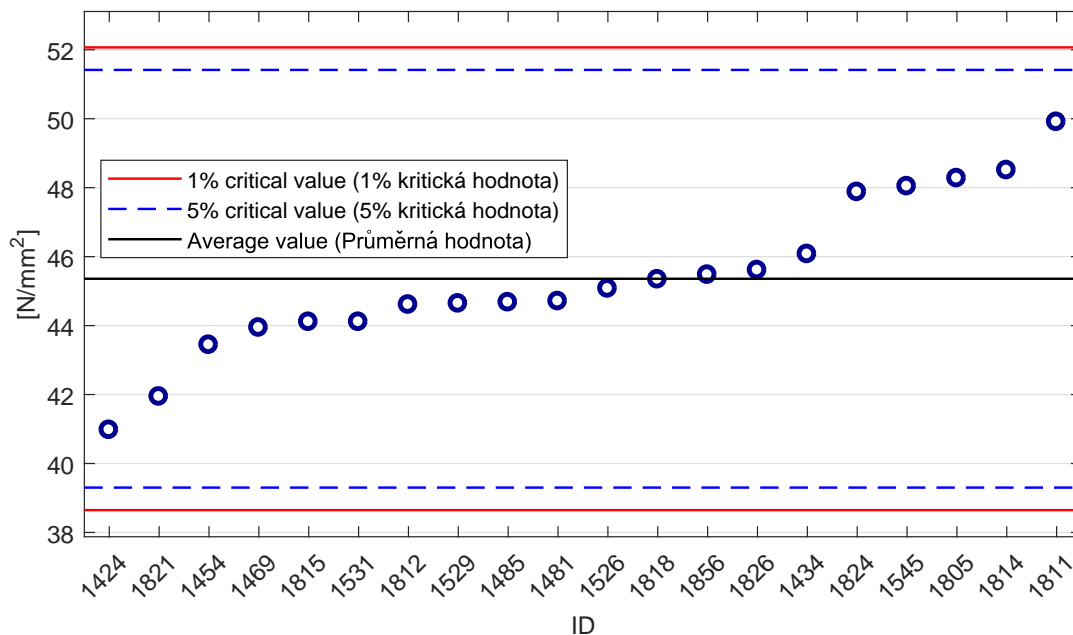
1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot



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

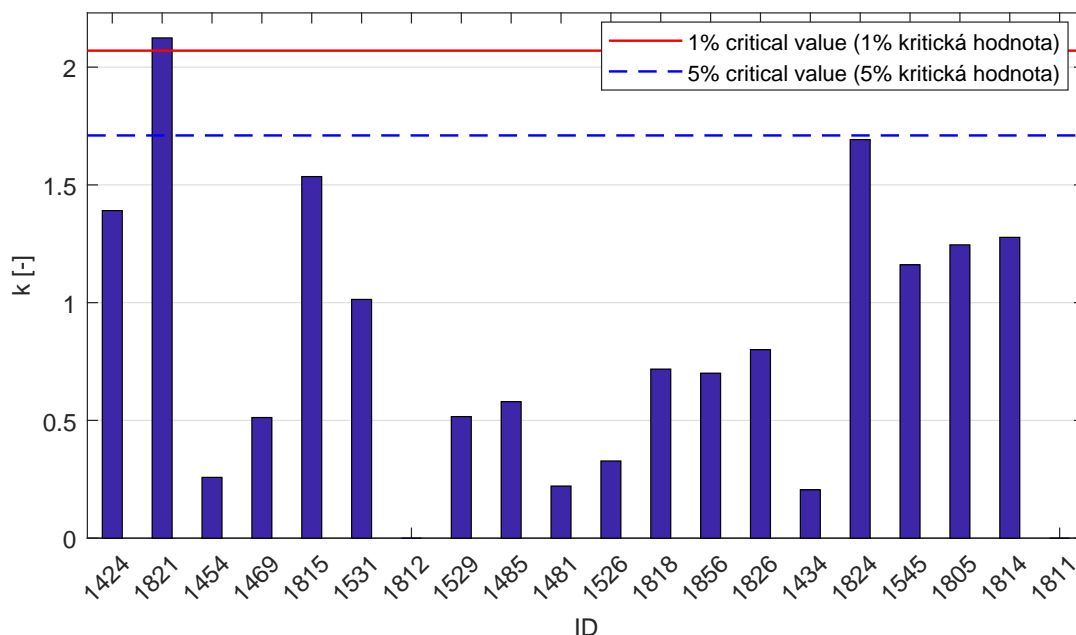


Obrázek 2: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

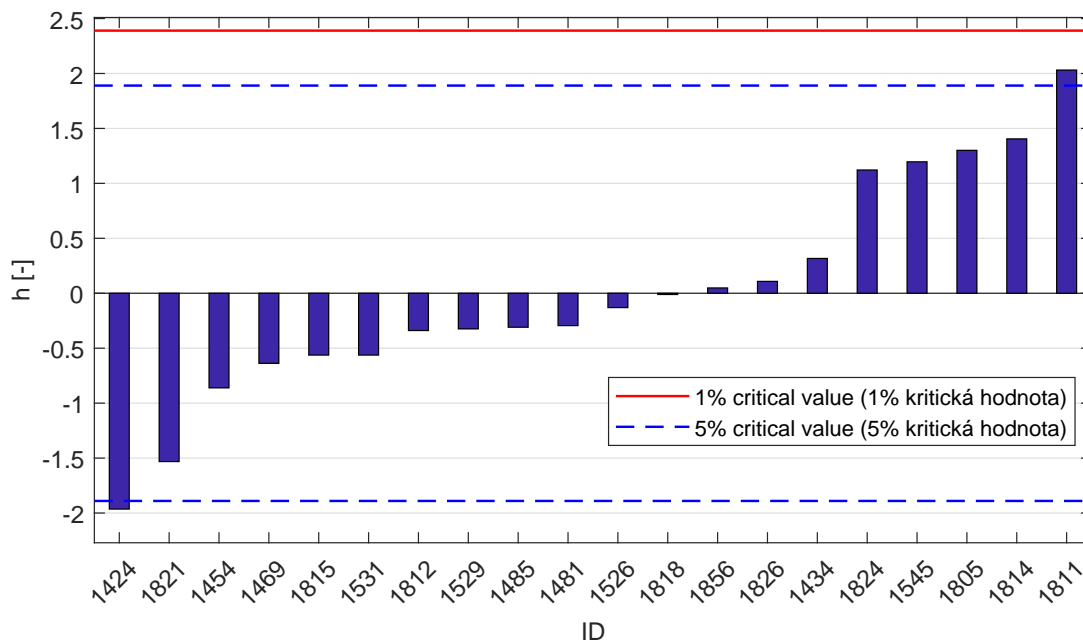


Obrázek 3: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

1.3 Mandelovy statistiky konzistence

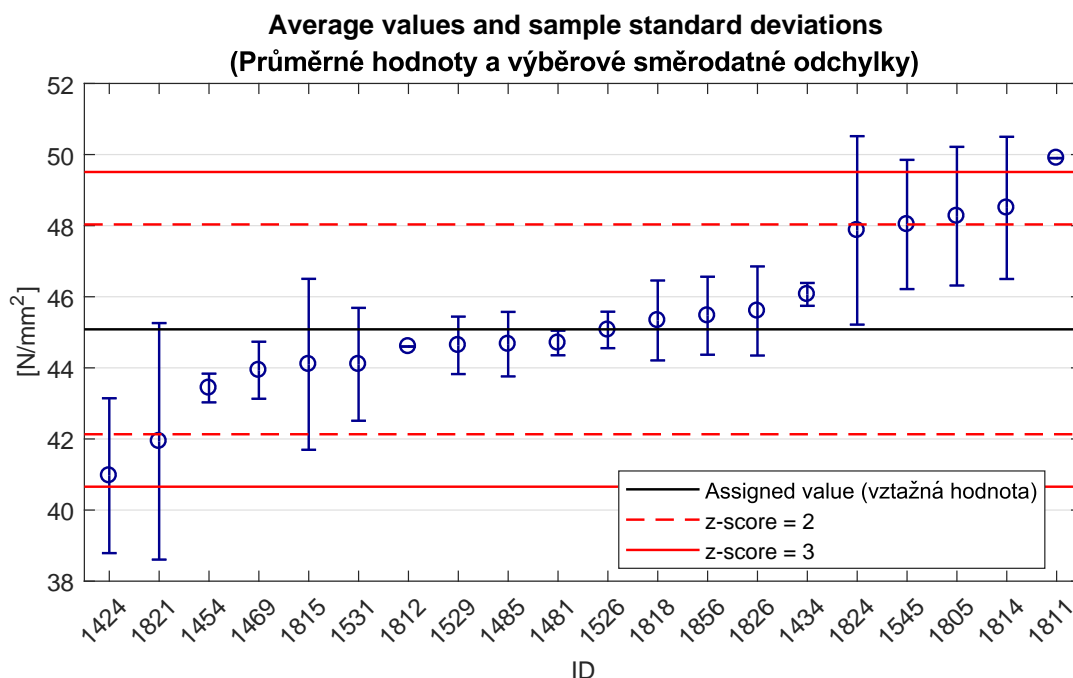


Obrázek 4: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

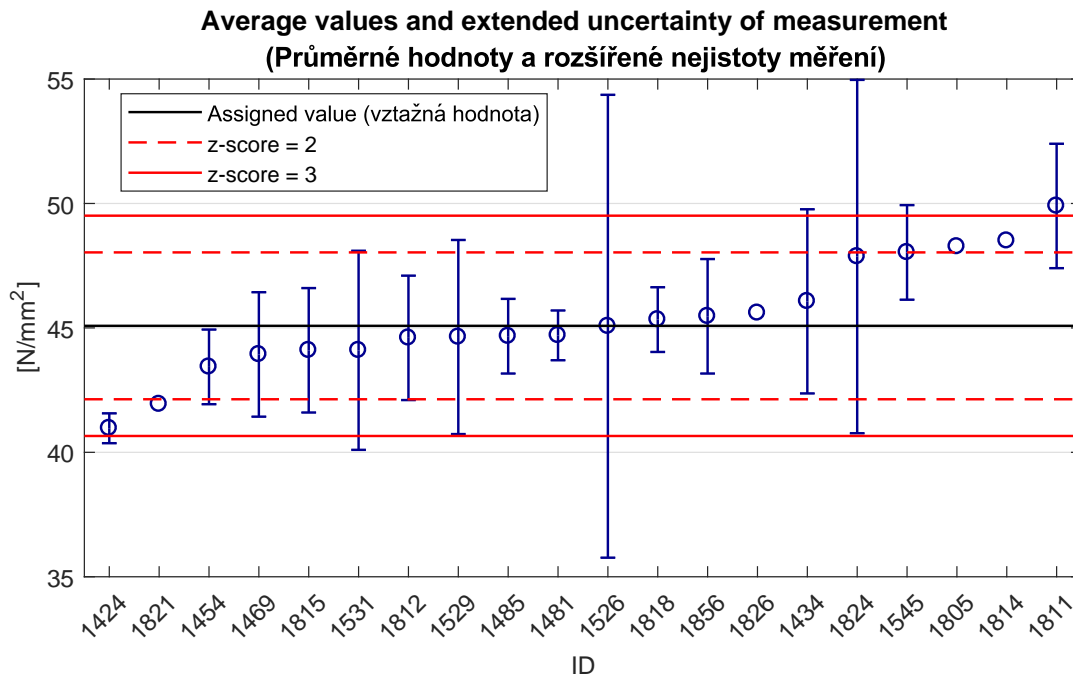


Obrázek 5: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

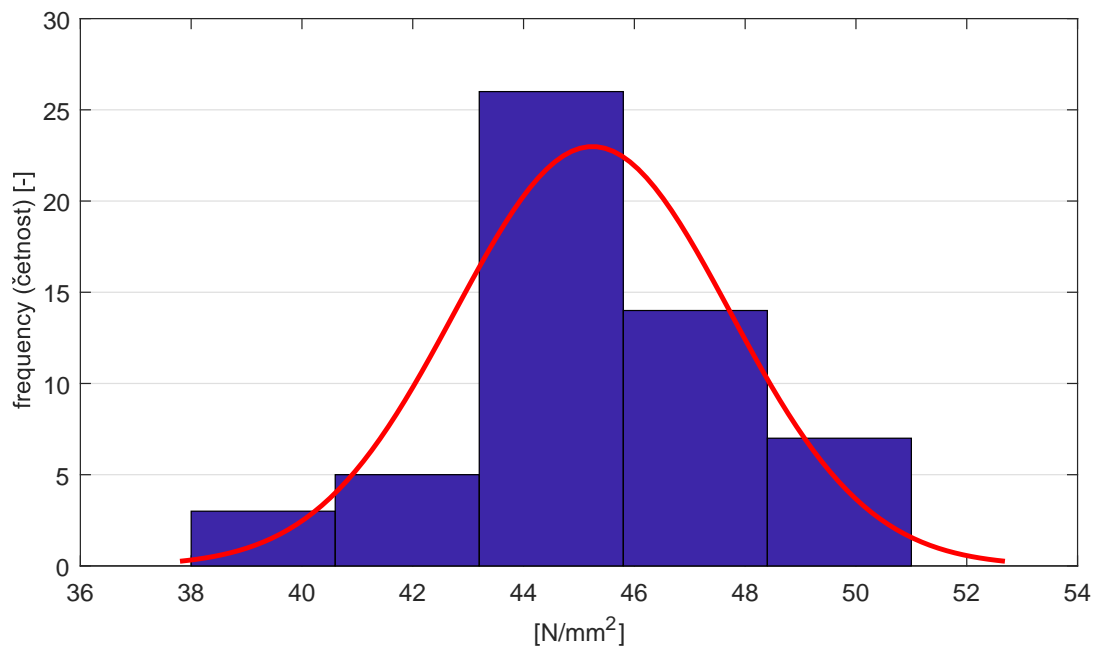
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



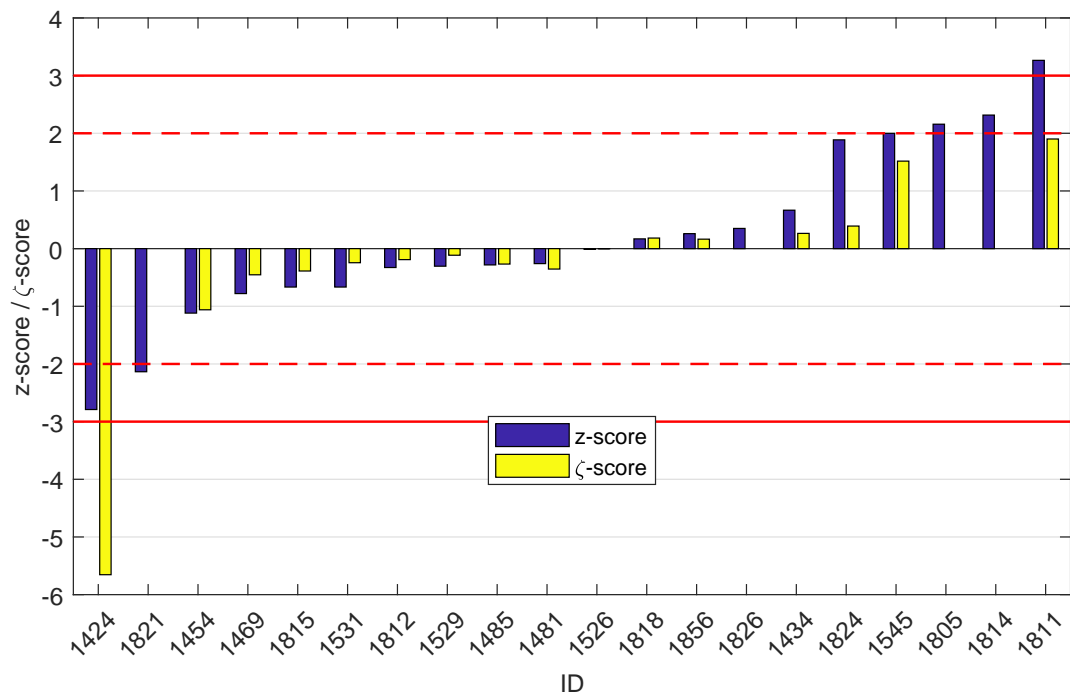
Obrázek 6: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



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 [-]
1424	-2.79	-5.65
1821	-2.14	-
1454	-1.12	-1.06
1469	-0.78	-0.45
1815	-0.67	-0.39
1531	-0.67	-0.24
1812	-0.33	-0.19
1529	-0.31	-0.11
1485	-0.28	-0.27
1481	-0.26	-0.35
1526	-0.01	-0.00
1818	0.17	0.18
1856	0.26	0.16
1826	0.35	-
1434	0.67	0.26
1824	1.89	0.39
1545	2.00	1.52
1805	2.16	-
1814	2.32	-
1811	3.26	-

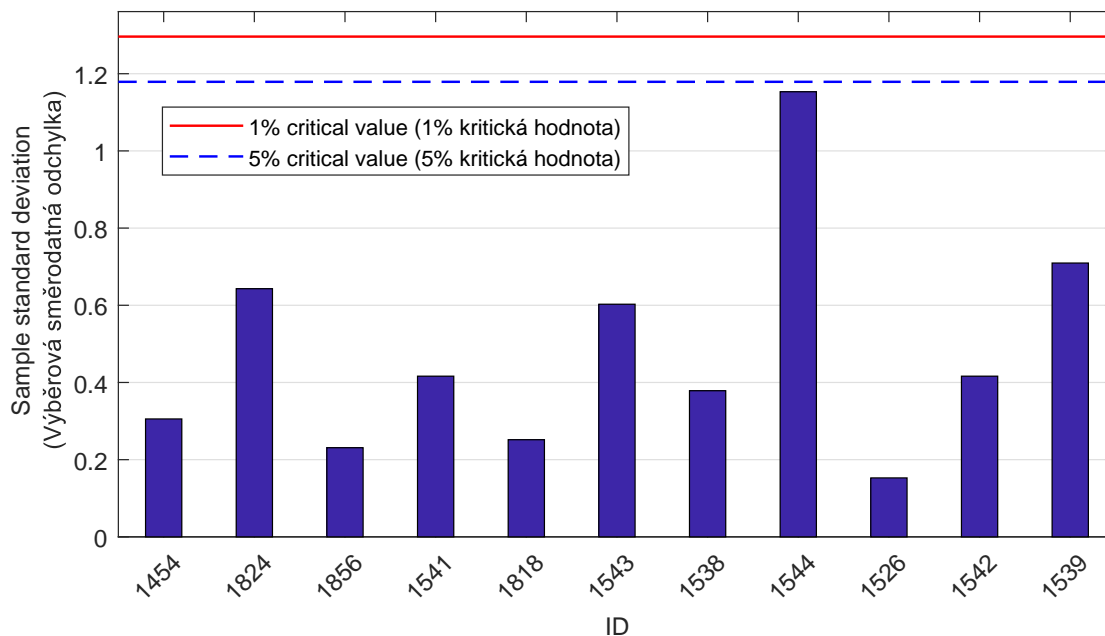
2 Příloha – ČSN EN 12390-5 – Pevnost v tahu ohybem

2.1 Výsledky zkoušek

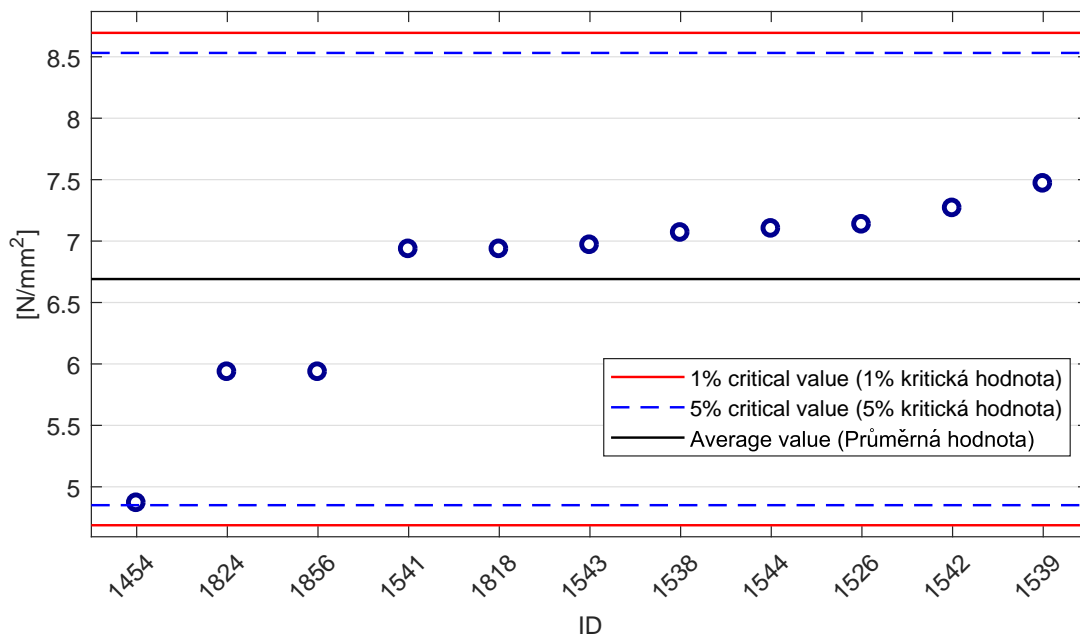
Tabulka 5: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [N/mm ²]			u_X [N/mm ²]	\bar{x} [N/mm ²]	s_0 [N/mm ²]	V_X [%]
1454	5.2	4.8	4.6	1.2	4.9	0.3	6.28
1824	5.2	6.2	6.4	1.9	5.9	0.6	10.84
1856	5.8	6.2	5.8	0.2	5.9	0.2	3.89
1541	6.8	7.4	6.6	0.3	6.9	0.4	6.00
1818	6.9	7.2	6.7	0.3	6.9	0.3	3.63
1543	7.6	6.9	6.4	0.3	7.0	0.6	8.65
1538	6.9	6.8	7.5	0.3	7.1	0.4	5.36
1544	5.8	8.0	7.5	0.3	7.1	1.2	16.24
1526	7.3	7.1	7.0	1.2	7.1	0.2	2.14
1542	7.6	6.8	7.4	0.3	7.3	0.4	5.73
1539	7.6	6.7	8.1	0.3	7.5	0.7	9.50

2.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot

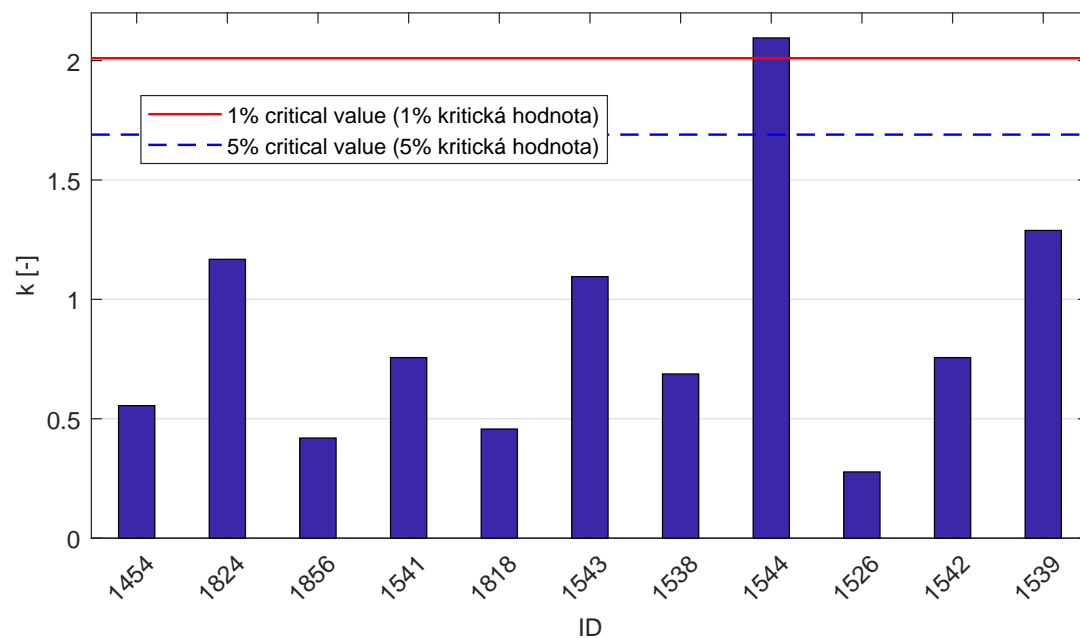


Obrázek 10: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

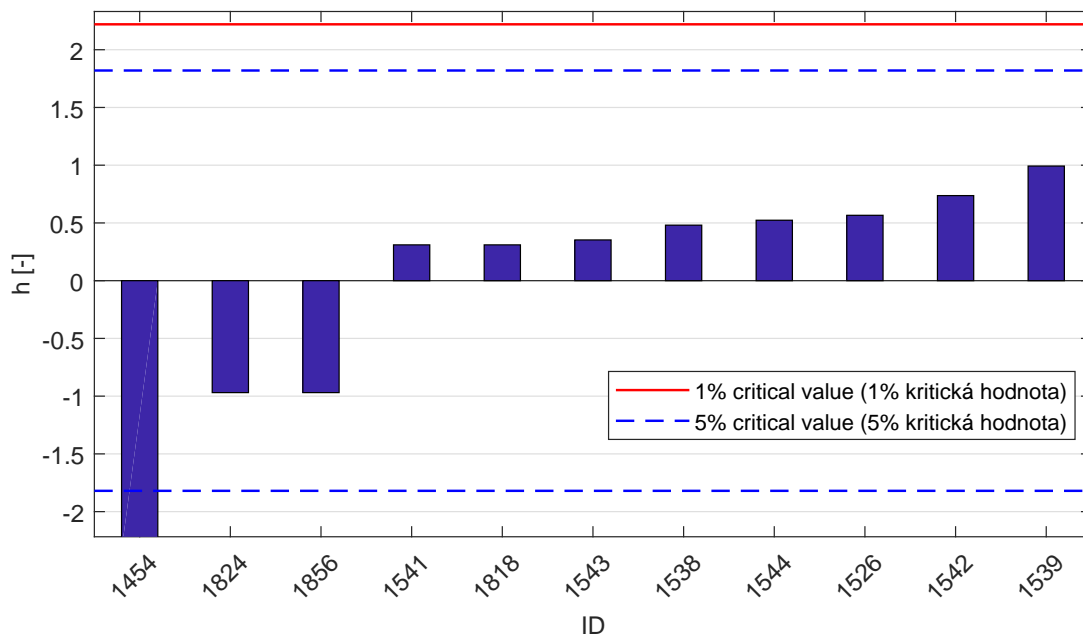


Obrázek 11: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

2.3 Mandelovy statistiky konzistence

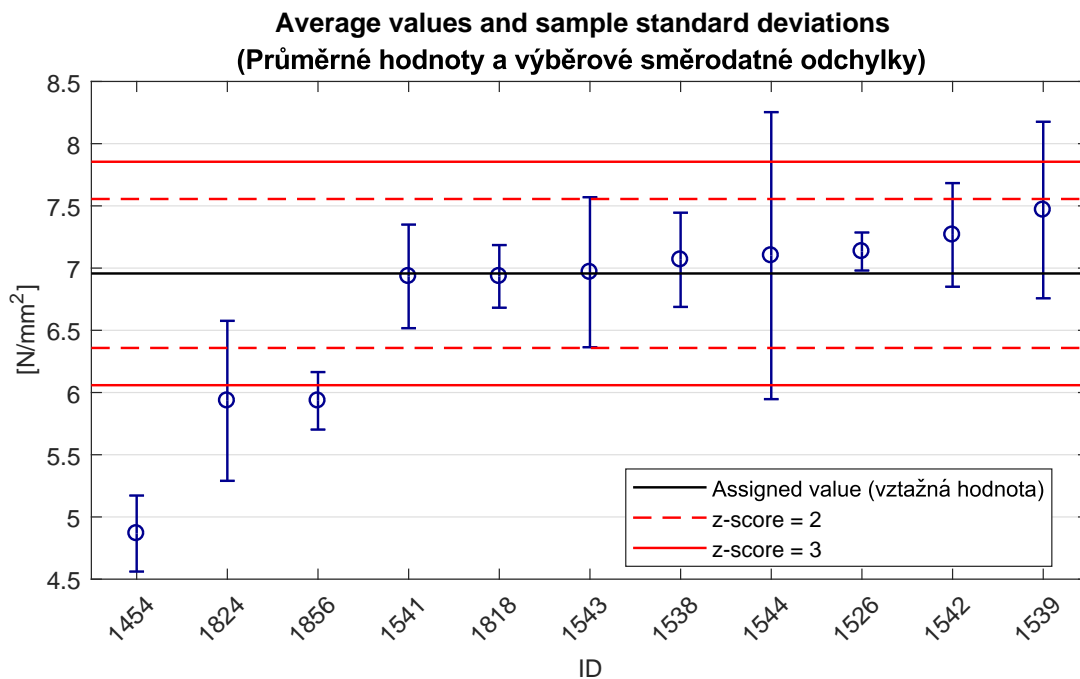


Obrázek 12: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

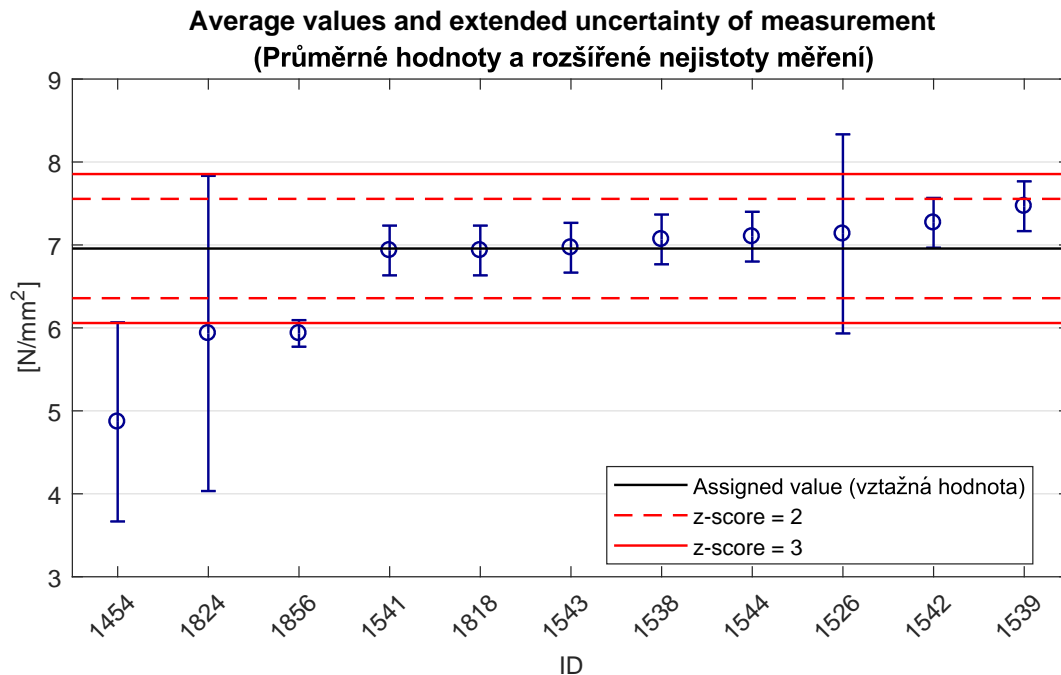


Obrázek 13: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

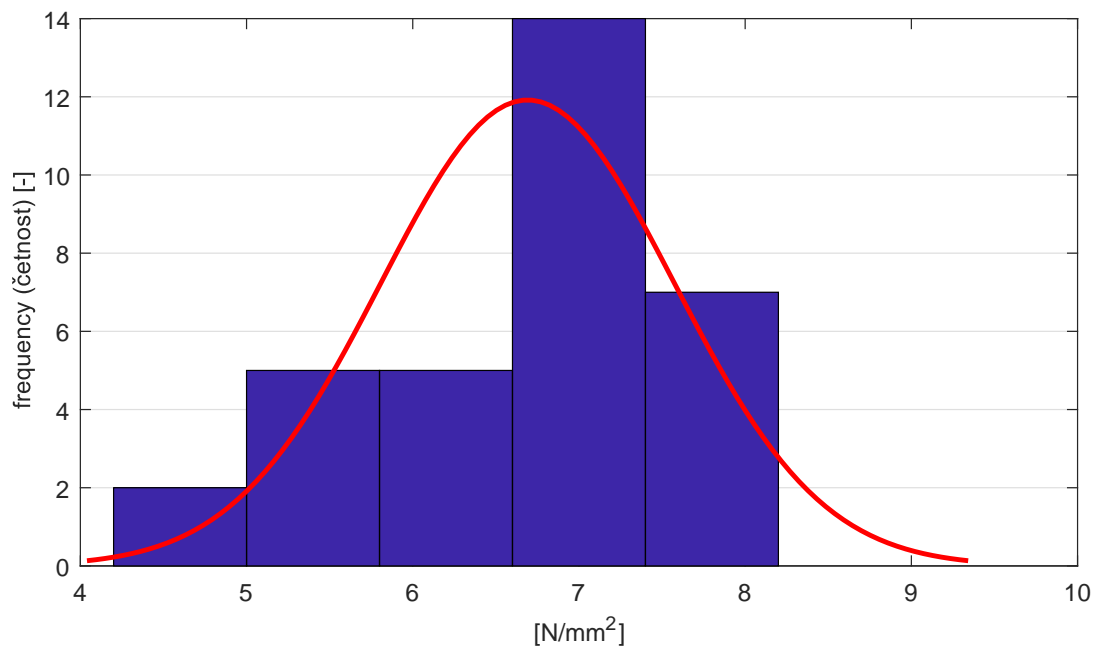
2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



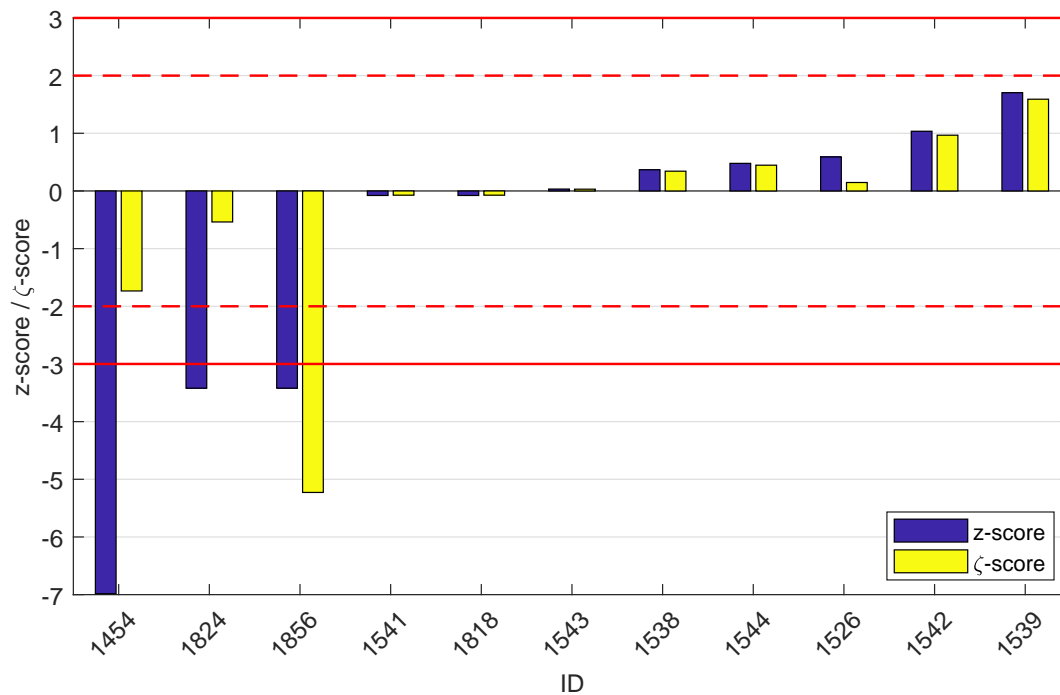
Obrázek 14: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



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 [-]
1454	-6.98	-1.73
1824	-3.42	-0.54
1856	-3.42	-5.23
1541	-0.08	-0.07
1818	-0.08	-0.07
1543	0.03	0.03
1538	0.37	0.34
1544	0.48	0.45
1526	0.59	0.15
1542	1.04	0.97
1539	1.70	1.59

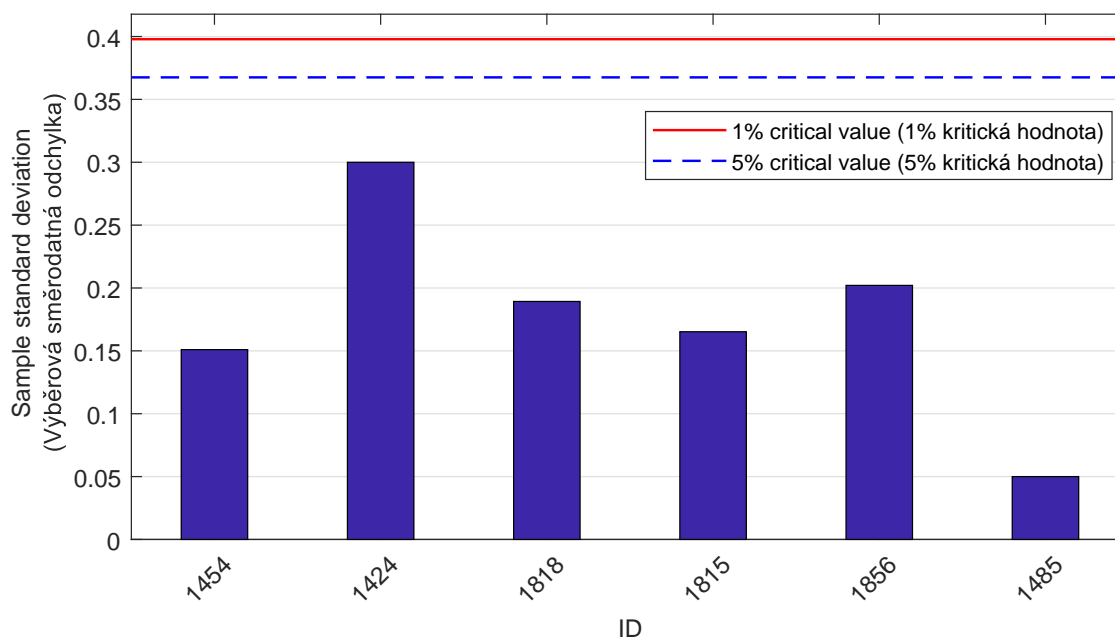
3 Příloha – ČSN EN 12390-6 – Pevnost v příčném tahu

3.1 Výsledky zkoušek

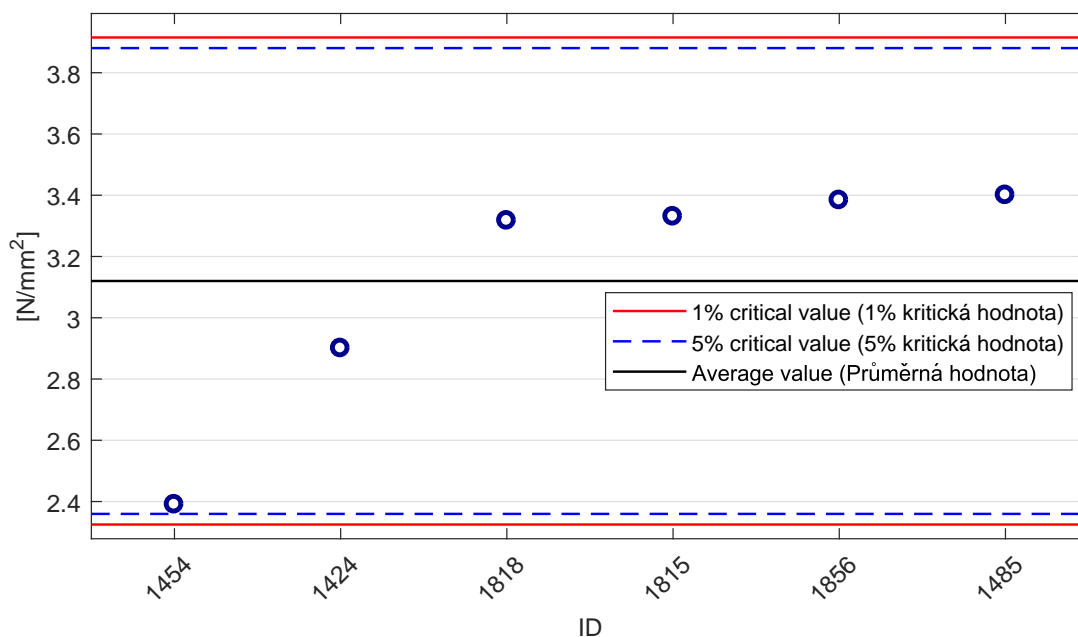
Tabulka 7: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [N/mm ²]			u_X [N/mm ²]	\bar{x} [N/mm ²]	s_0 [N/mm ²]	V_X [%]
1454	2.4	2.5	2.2	0.3	2.4	0.2	6.32
1424	2.9	2.6	3.2	0.1	2.9	0.3	10.34
1818	3.4	3.1	3.5	0.5	3.3	0.2	5.71
1815	3.5	3.3	3.2	0.1	3.3	0.2	4.96
1856	3.4	3.2	3.6	0.1	3.4	0.2	5.97
1485	3.5	3.4	3.4	0.2	3.4	0.1	1.47

3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

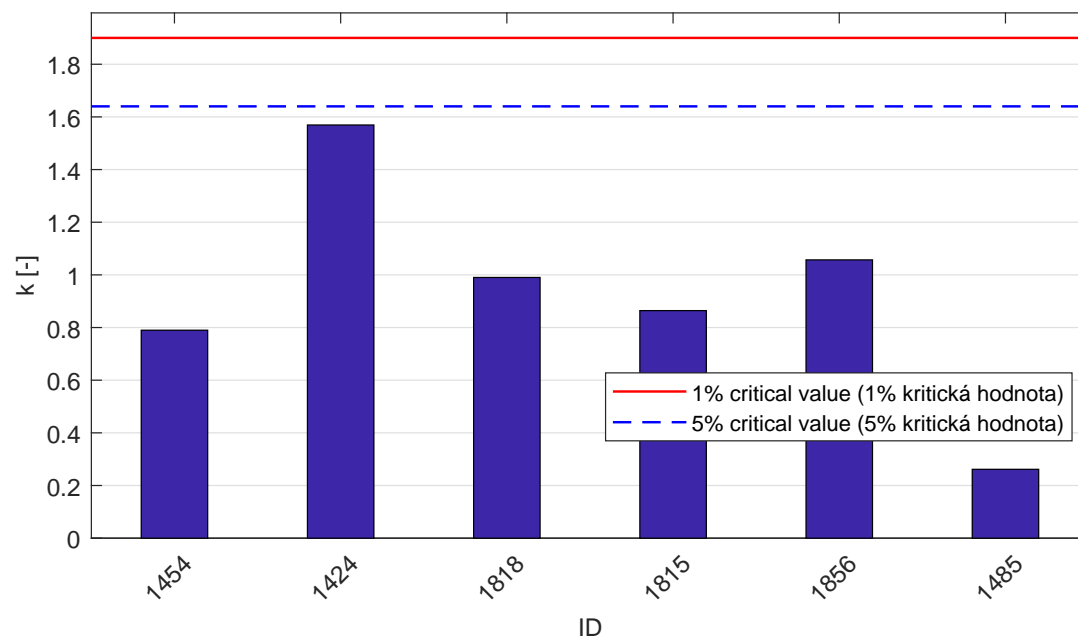


Obrázek 18: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

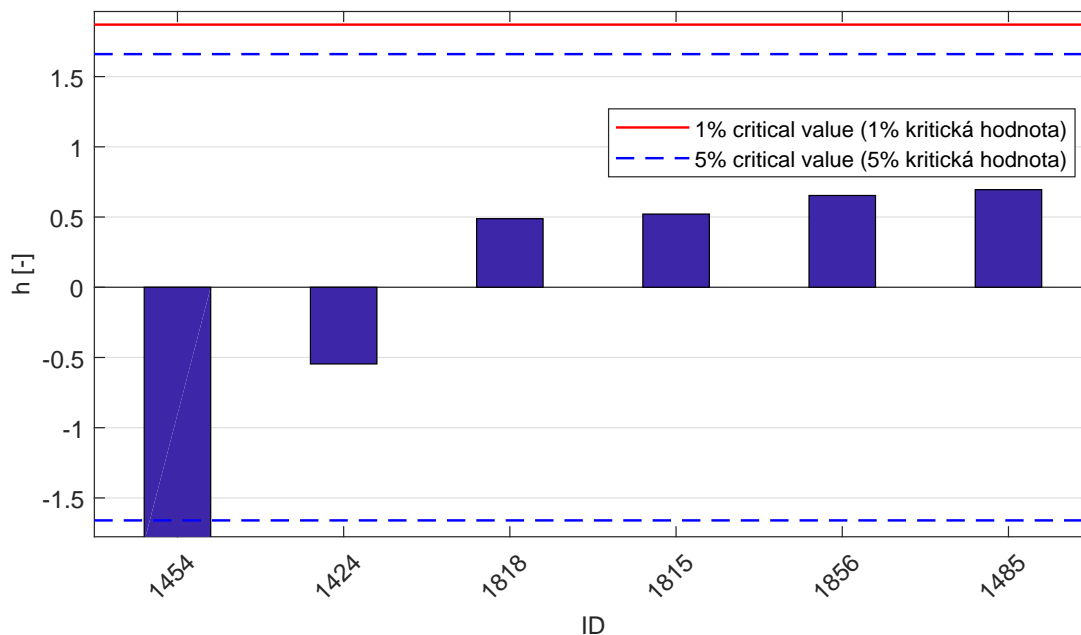


Obrázek 19: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

3.3 Mandelovy statistiky konzistence

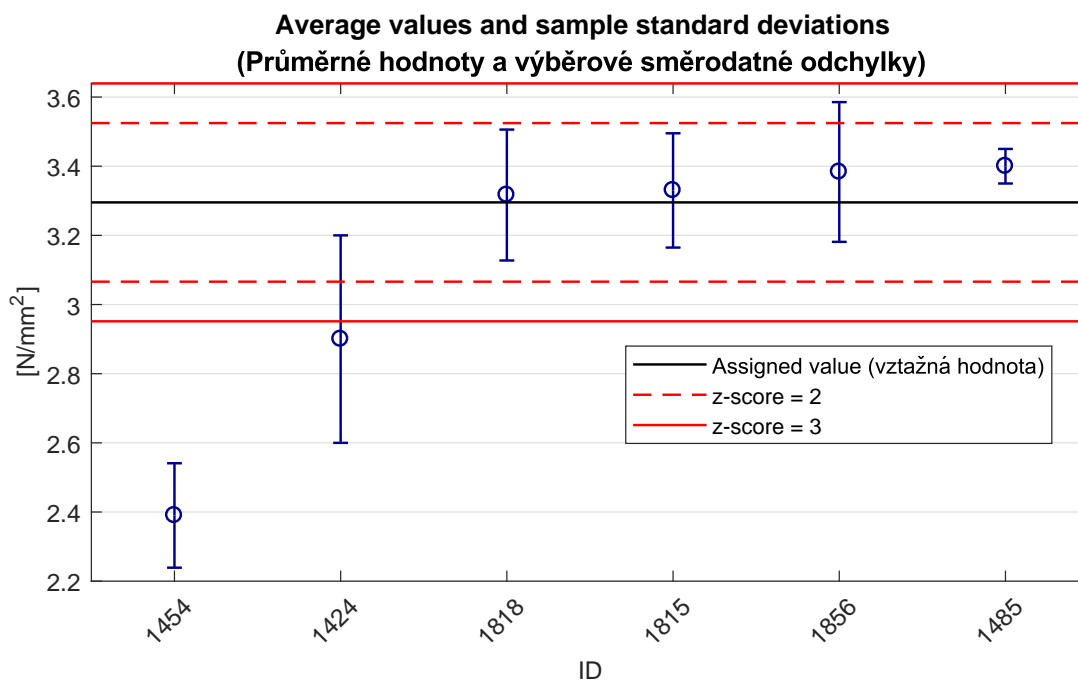


Obrázek 20: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

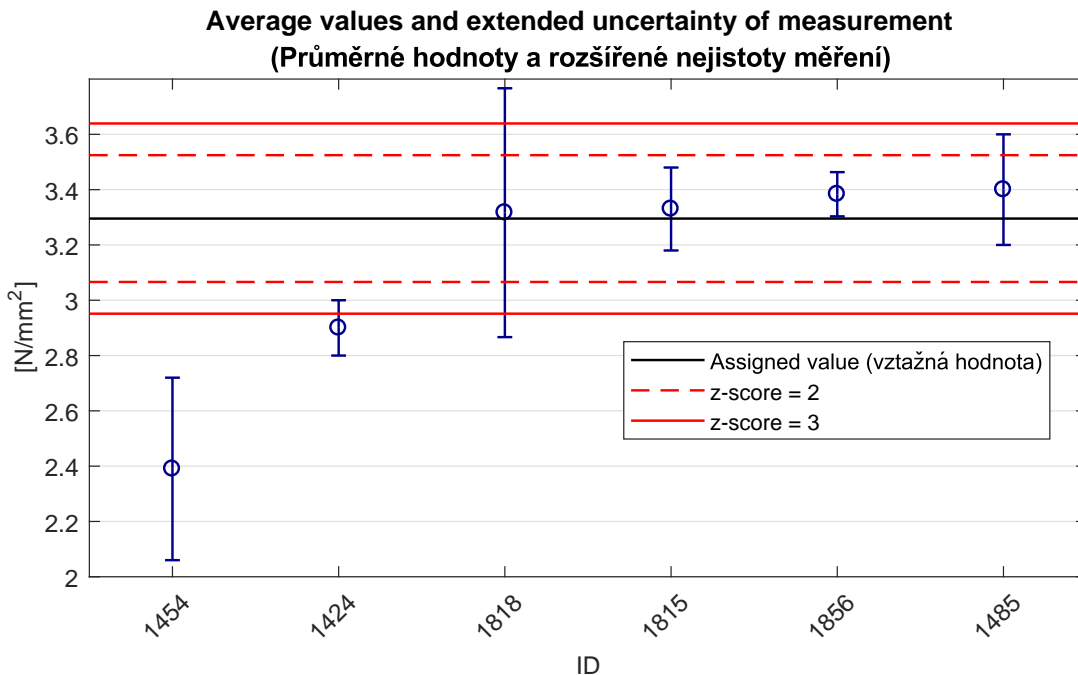


Obrázek 21: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

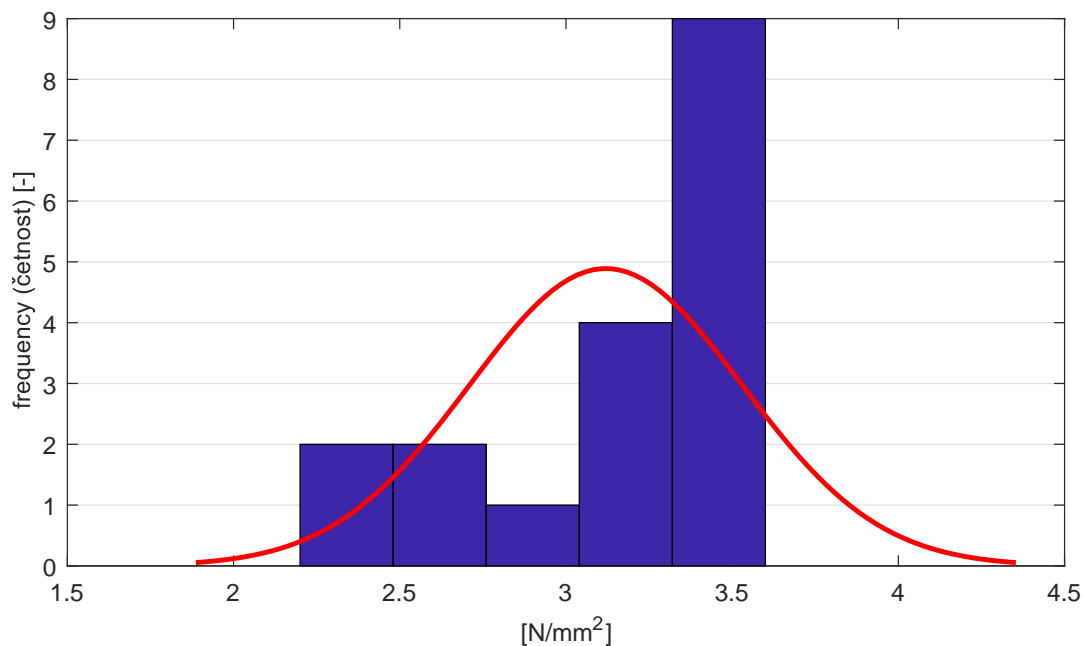
3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



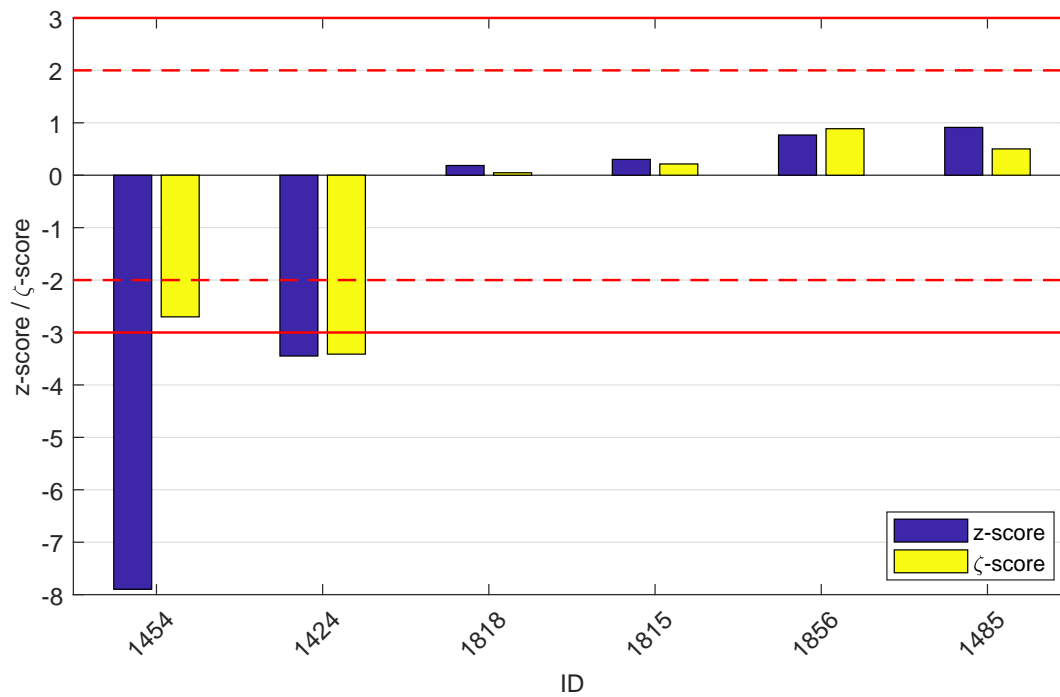
Obrázek 22: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



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



Obrázek 24: Histogram všech výsledků zkoušek

Obrázek 25: z-score a ζ -scoreTabulka 8: Výsledné hodnoty z-score a ζ -score

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
1454	-7.90	-2.70
1424	-3.45	-3.41
1818	0.19	0.05
1815	0.30	0.21
1856	0.77	0.89
1485	0.91	0.50

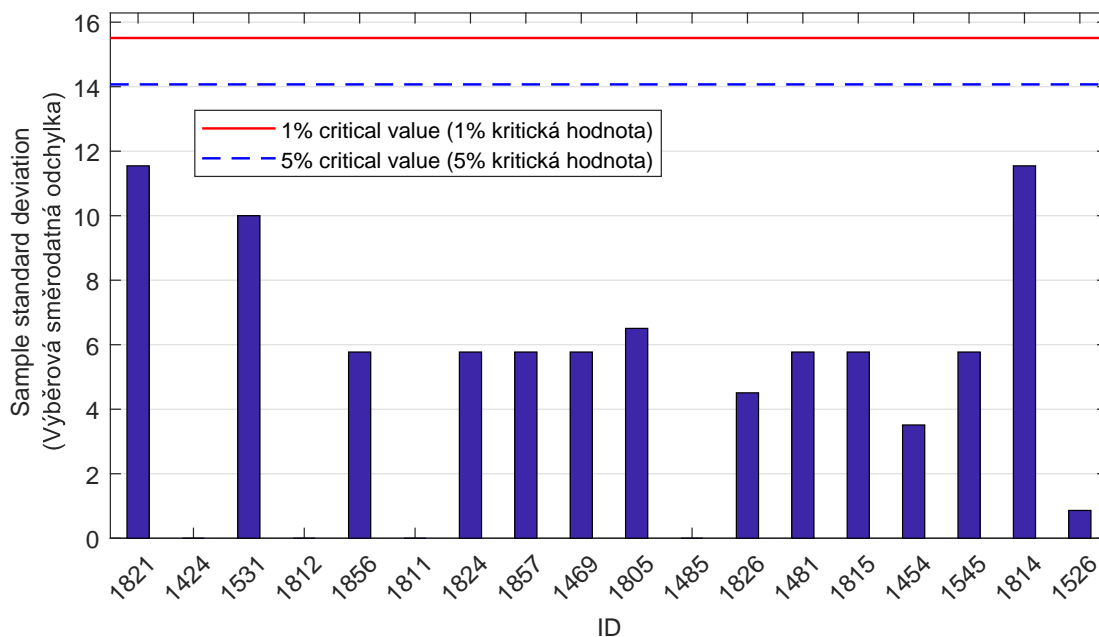
4 Příloha – ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost

4.1 Výsledky zkoušek

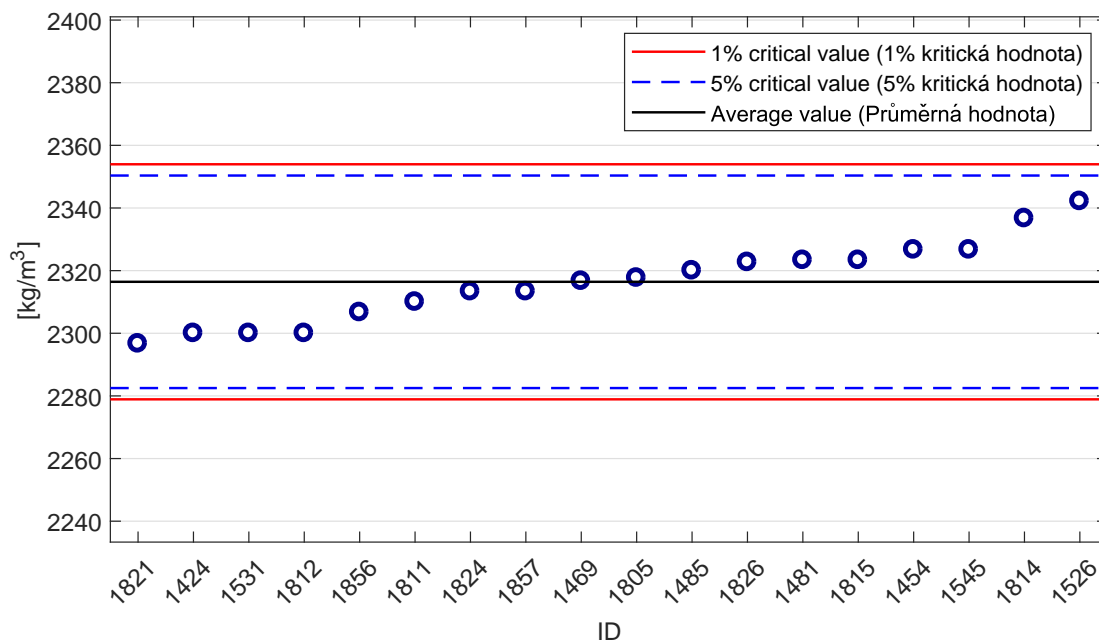
Tabulka 9: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			u_X [kg/m ³]	\bar{x} [kg/m ³]	s_0 [kg/m ³]	V_X [%]
	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]				
1821	2290	2310	2290	-	2297	12	0.50
1424	2300	2300	2300	60	2300	0	0.00
1531	2290	2310	2300	30	2300	10	0.43
1812	2300	-	-	20	2300	0	0.00
1856	2310	2300	2310	18	2307	6	0.25
1811	2310	-	-	-	2310	0	0.00
1824	2310	2310	2320	20	2313	6	0.25
1857	2310	2320	2310	28	2313	6	0.25
1469	2320	2310	2320	13	2317	6	0.25
1805	2318	2311	2324	-	2318	7	0.28
1485	2320	2320	2320	11	2320	0	0.00
1826	2323	2327	2318	-	2323	5	0.19
1481	2330	2320	2320	10	2323	6	0.25
1815	2320	2330	2320	10	2323	6	0.25
1454	2323	2330	2327	13	2327	4	0.15
1545	2320	2330	2330	10	2327	6	0.25
1814	2350	2330	2330	-	2337	12	0.49
1526	2343	2342	2341	40	2342	1	0.04

4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

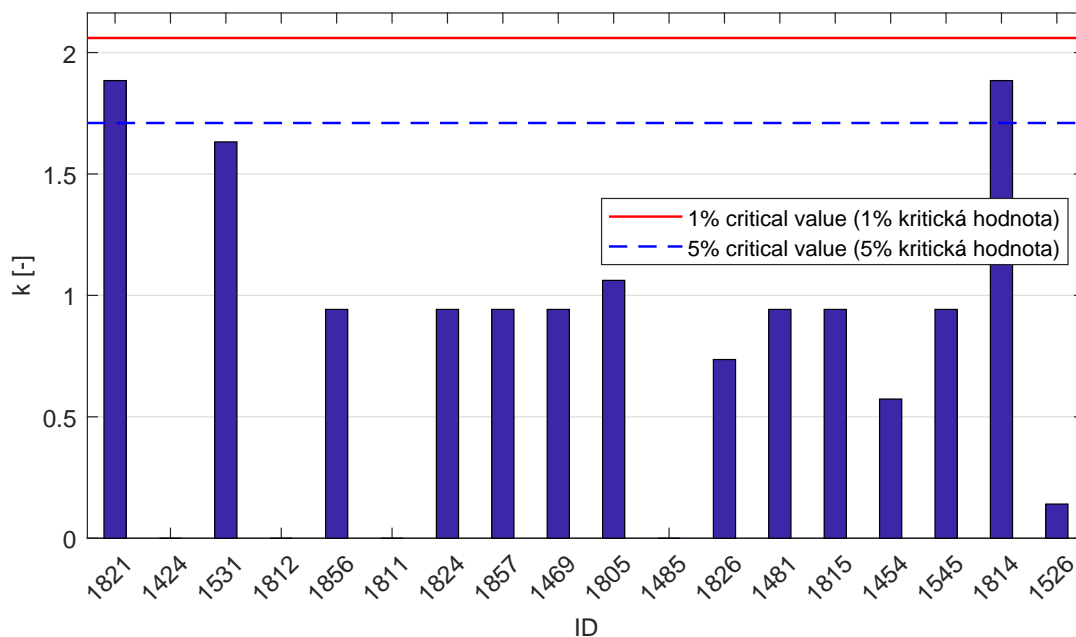


Obrázek 26: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

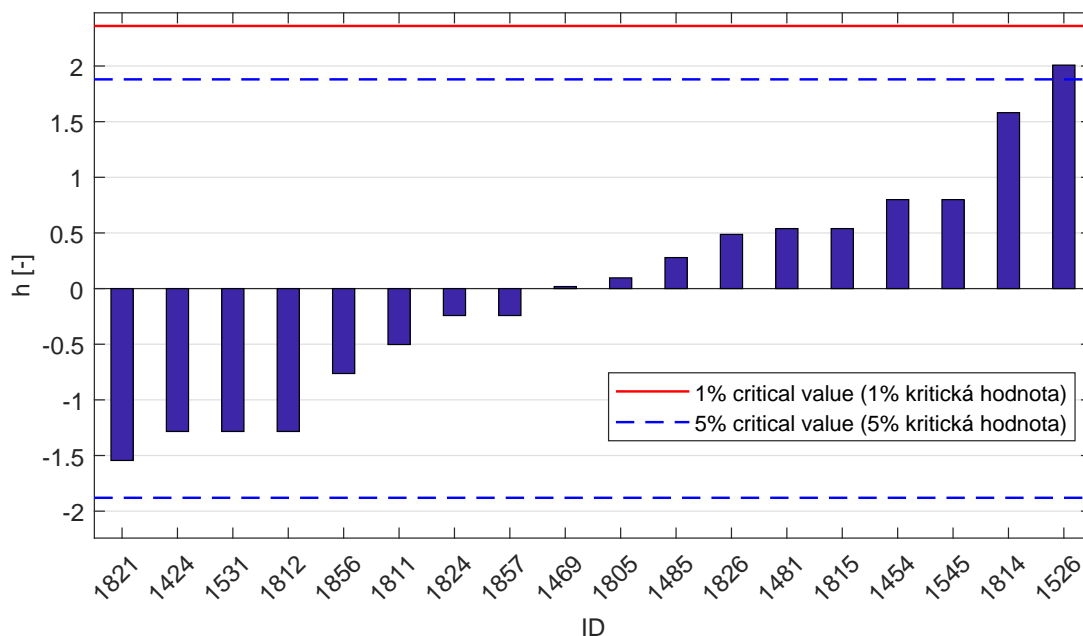


Obrázek 27: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

4.3 Mandelovy statistiky konzistence

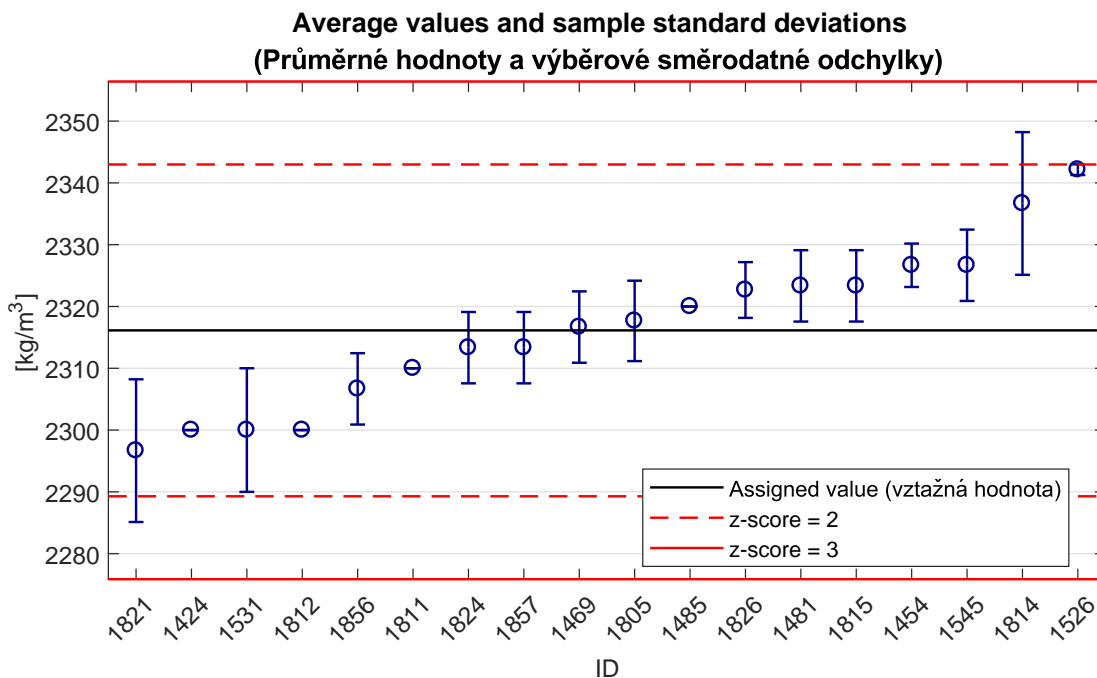


Obrázek 28: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

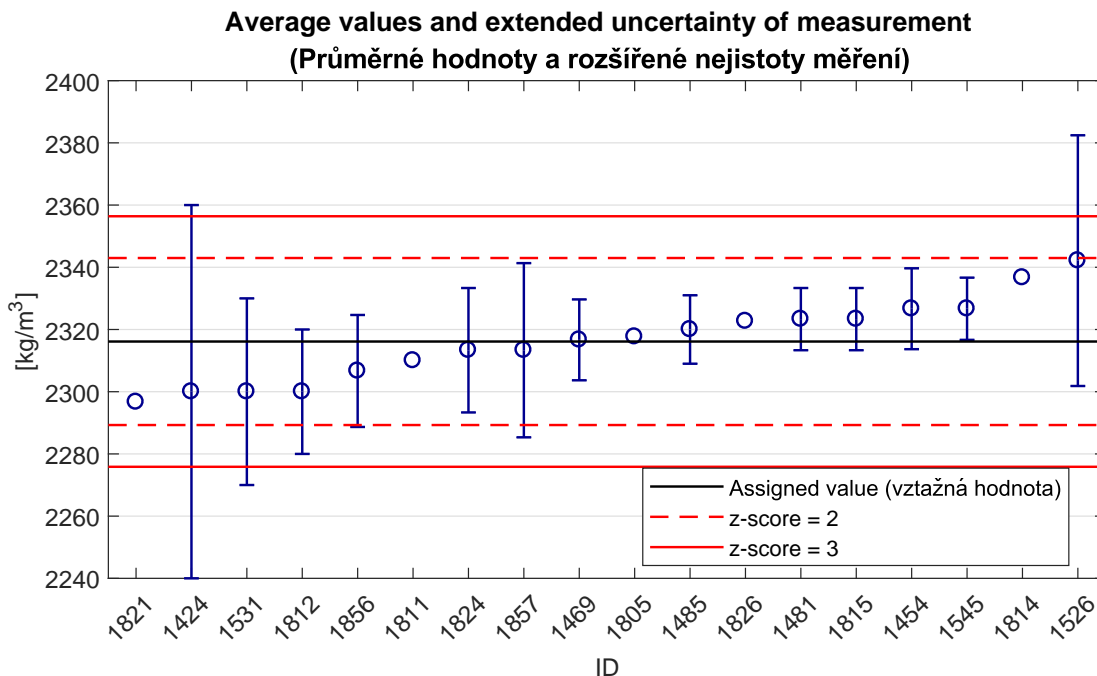


Obrázek 29: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

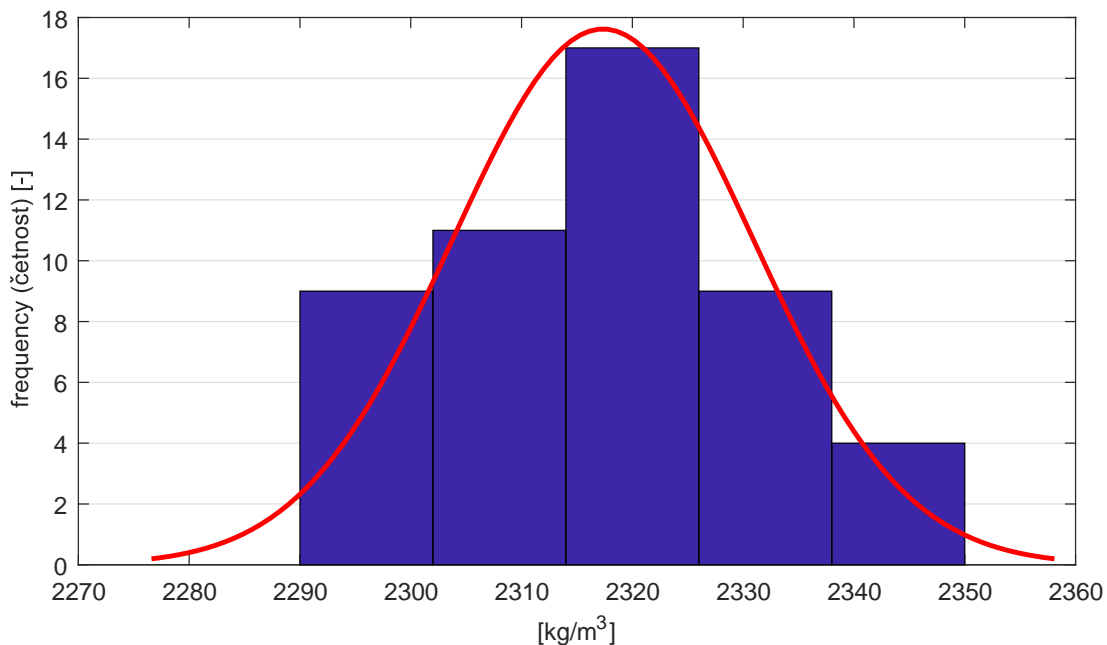
4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



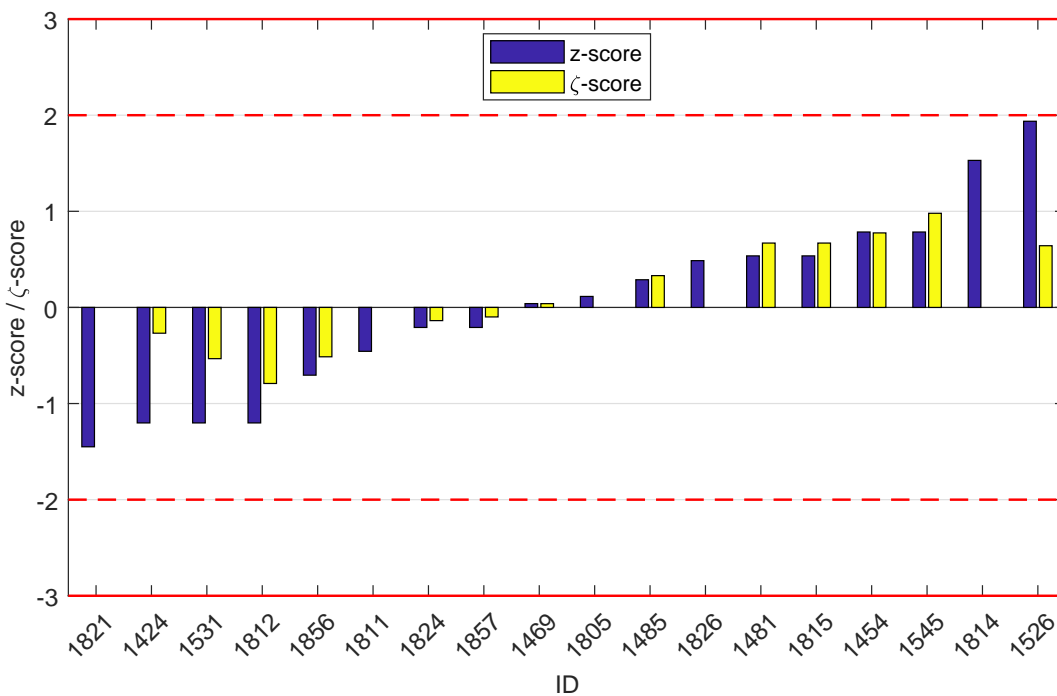
Obrázek 30: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



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



Obrázek 32: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 33: z-score a ζ -score

Tabulka 10: Výsledné hodnoty z-score a ζ -score

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
1821	-1.45	-
1424	-1.20	-0.27
1531	-1.20	-0.53
1812	-1.20	-0.79
1856	-0.71	-0.51
1811	-0.46	-
1824	-0.21	-0.14
1857	-0.21	-0.10
1469	0.04	0.04
1805	0.11	-
1485	0.29	0.33
1826	0.49	-
1481	0.54	0.67
1815	0.54	0.67
1454	0.78	0.78
1545	0.78	0.98
1814	1.53	-
1526	1.94	0.64

5 Příloha – ČSN ISO 1920-10 – Statický modul pružnosti

6 Příloha – ČSN EN 12390-13, metoda A – Statický modul pružnosti

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

7 Příloha – ČSN EN 12390-13, metoda B – Statický modul pružnosti

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

8 Příloha – ČSN EN 12504-4, ČSN 731371 – Rychlost šíření impulsů podélných vln v betonu, Dynamický modul pružnosti v tlaku a tahu

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

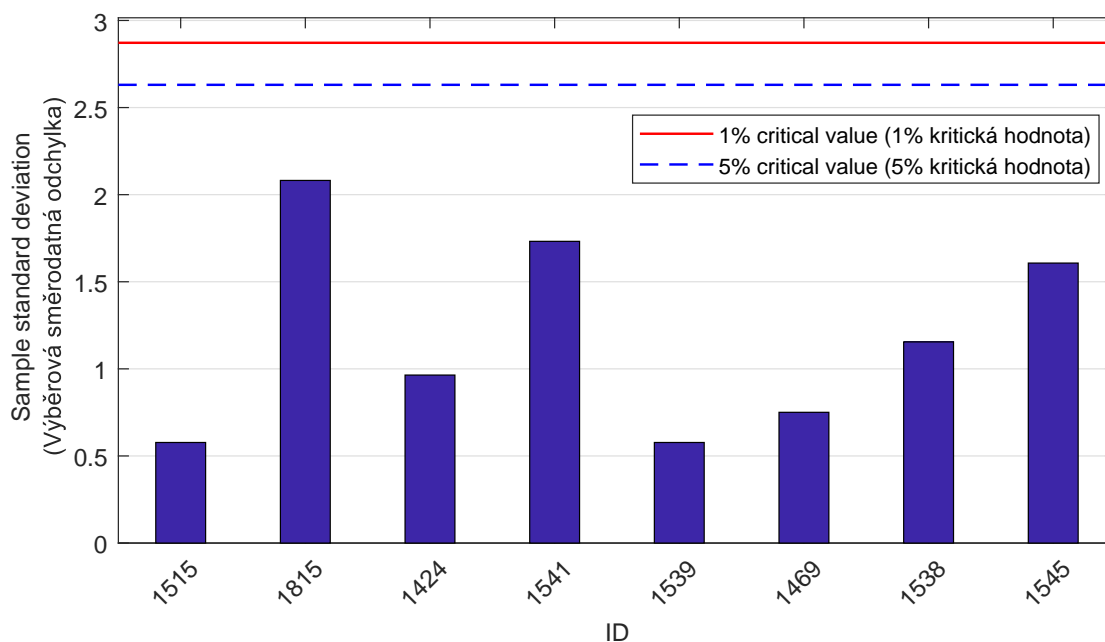
9 Příloha – ČSN 731373, ČSN EN 12504-2 – Stanovení tvrdosti Schmittovým tvrdoměrem

9.1 Výsledky zkoušek

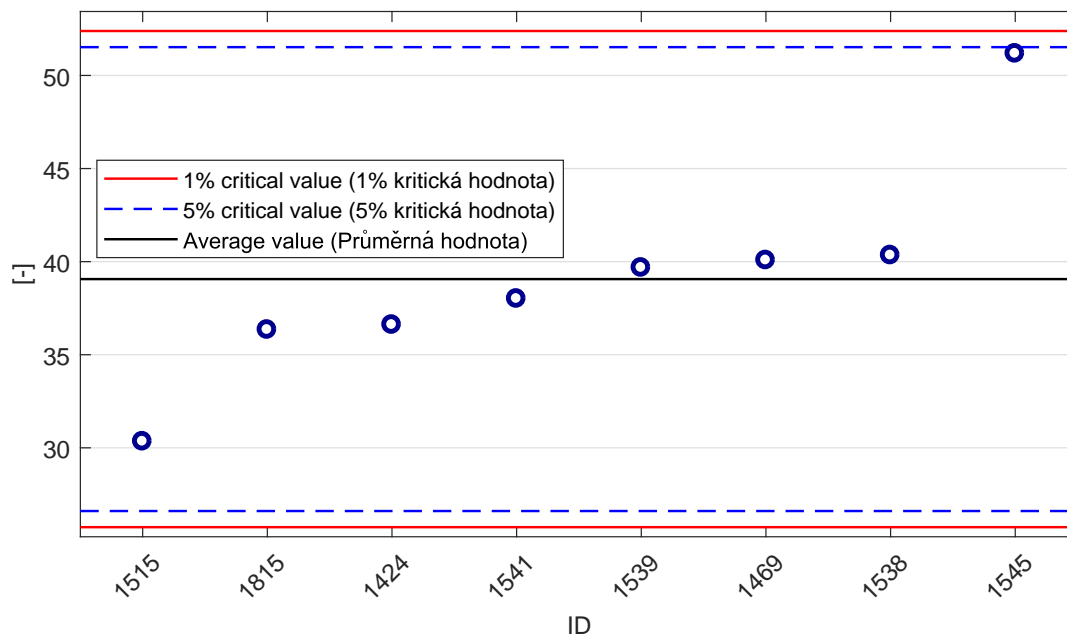
Tabulka 11: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [-]			u_X [-]	\bar{x} [-]	s_0 [-]	V_X [%]
1515	30	30	31	2	30	1	1.90
1815	34	38	37	3	36	2	5.73
1424	36	37	37	2	37	1	2.63
1541	39	39	36	4	38	2	4.56
1539	40	39	40	7	40	1	1.46
1469	41	39	40	3	40	1	1.87
1538	41	39	41	3	40	1	2.86
1545	51	53	50	1	51	2	3.14

9.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

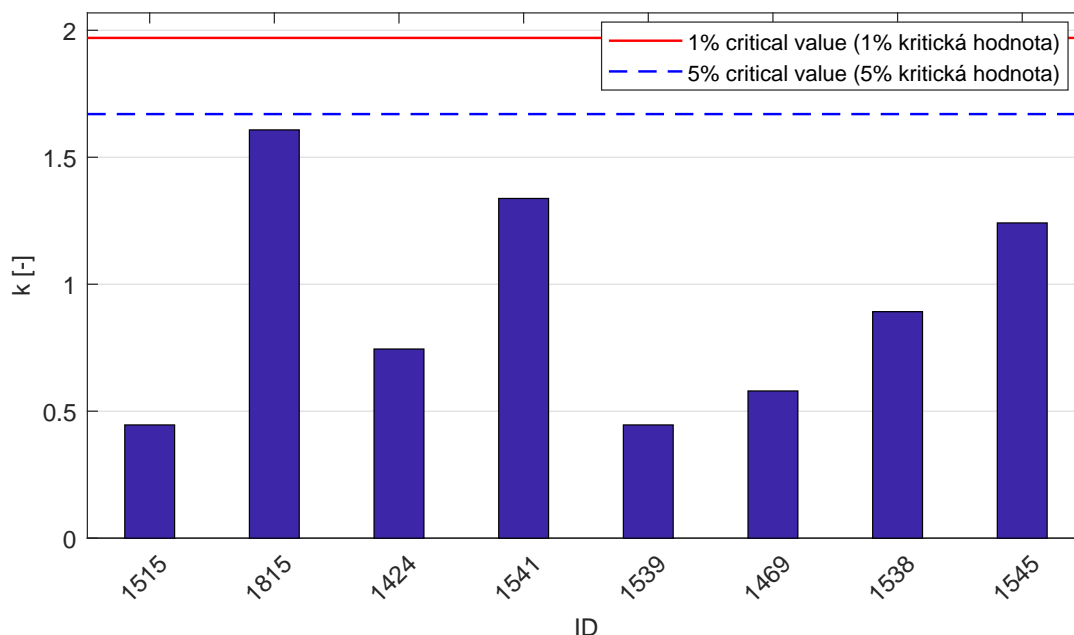


Obrázek 34: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

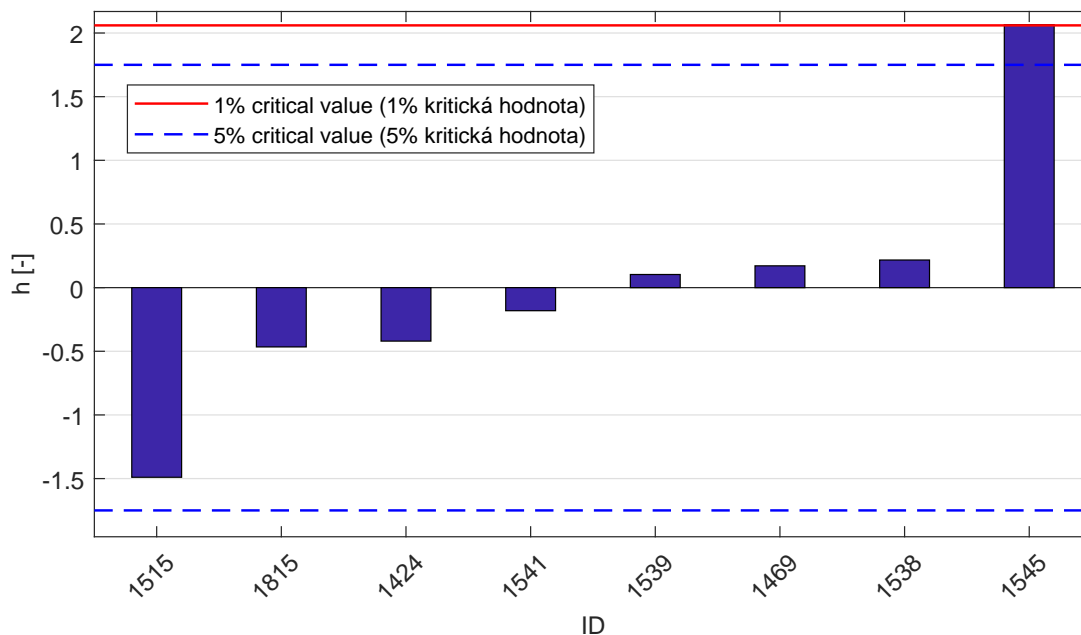


Obrázek 35: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

9.3 Mandelovy statistiky konzistence

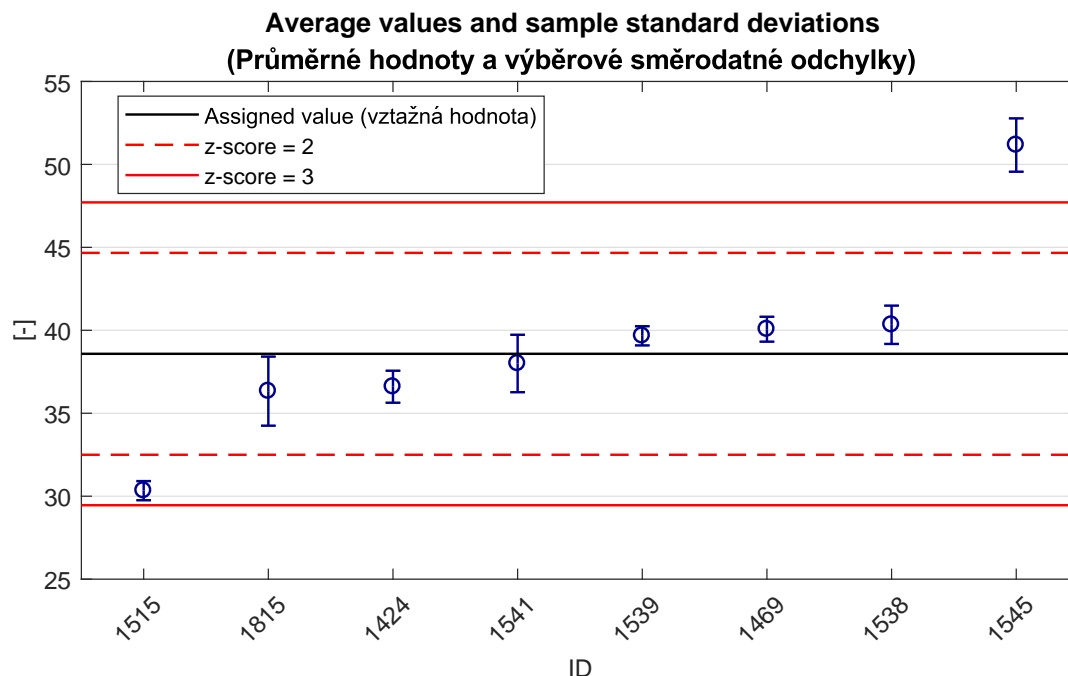


Obrázek 36: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

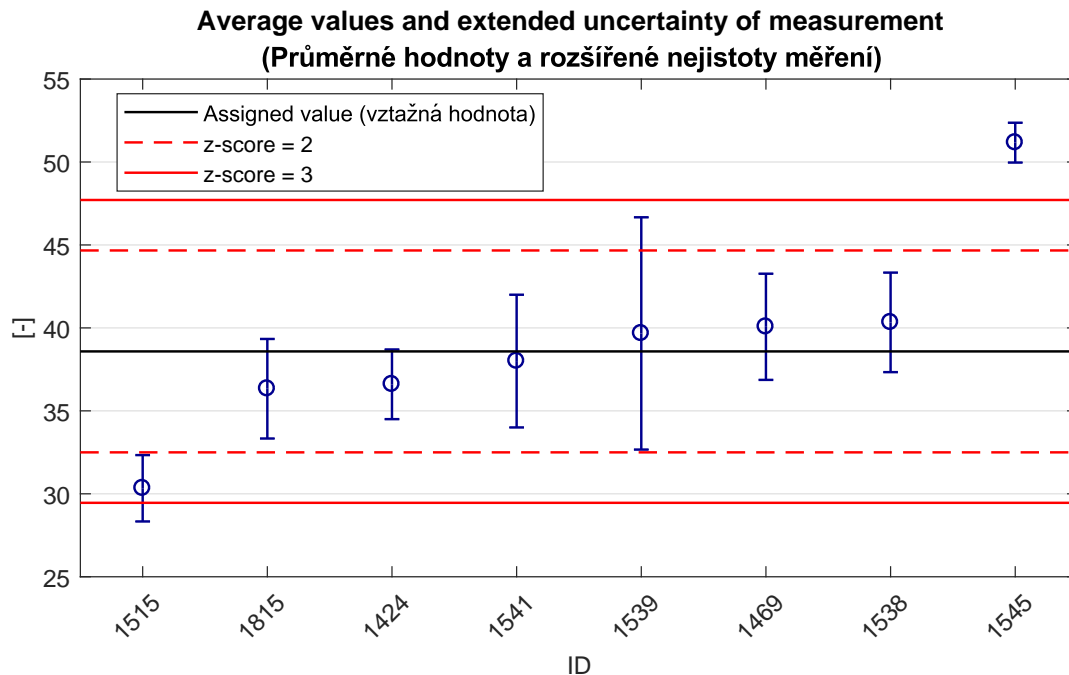


Obrázek 37: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

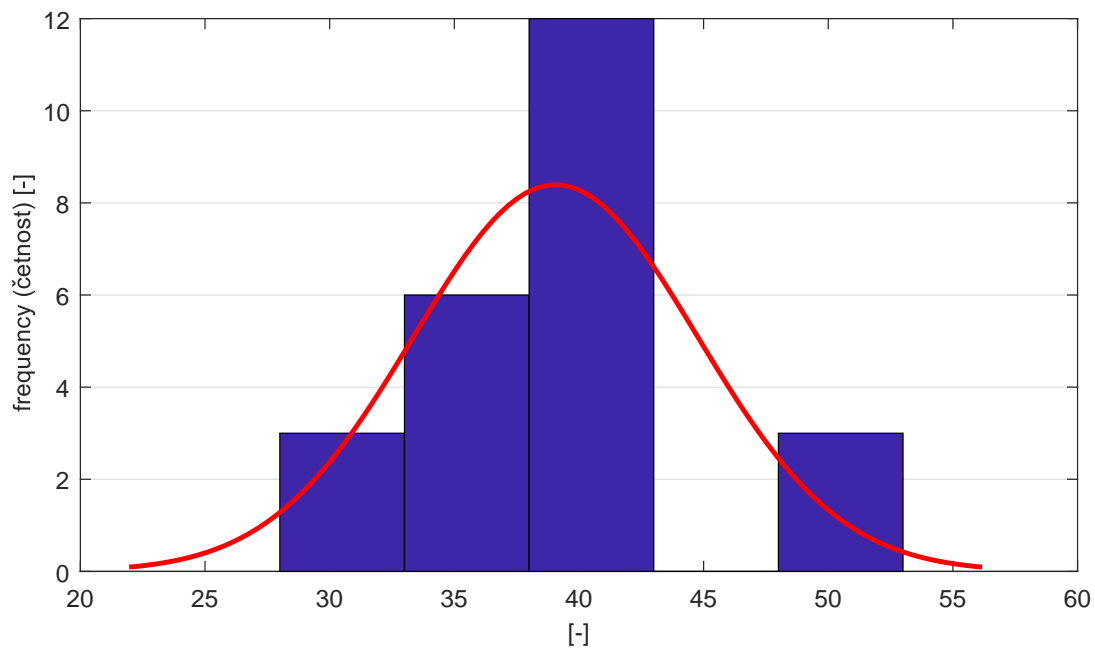
9.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



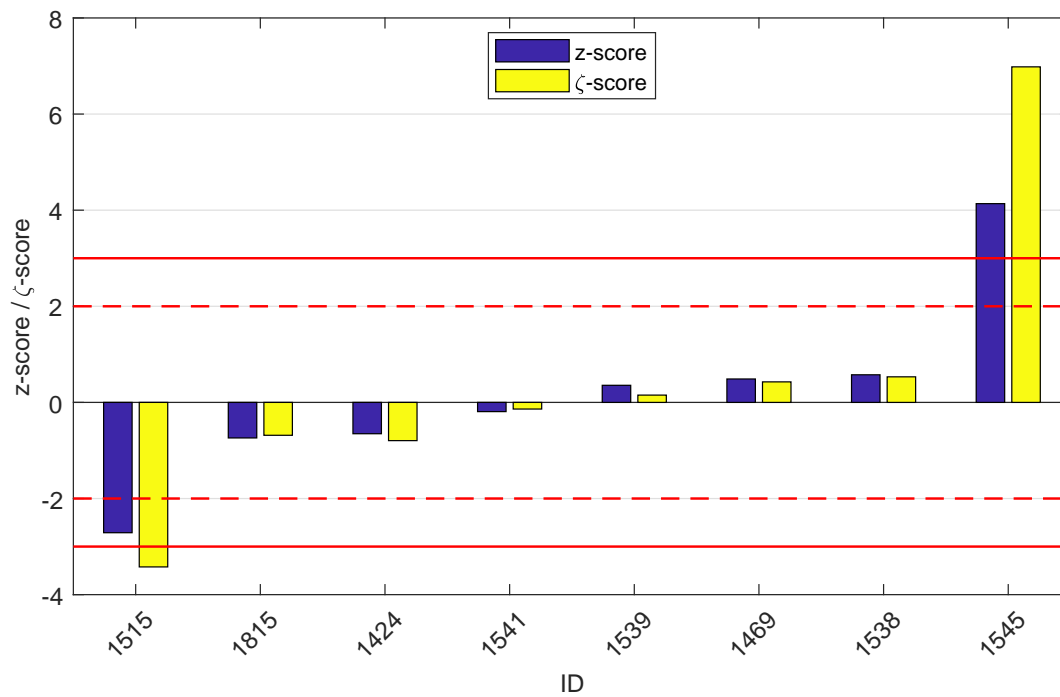
Obrázek 38: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 39: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 40: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 41: z-score a ζ-score

Tabulka 12: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
1515	-2.71	-3.42
1815	-0.74	-0.68
1424	-0.65	-0.80
1541	-0.19	-0.14
1539	0.36	0.15
1469	0.49	0.43
1538	0.58	0.53
1545	4.14	6.98

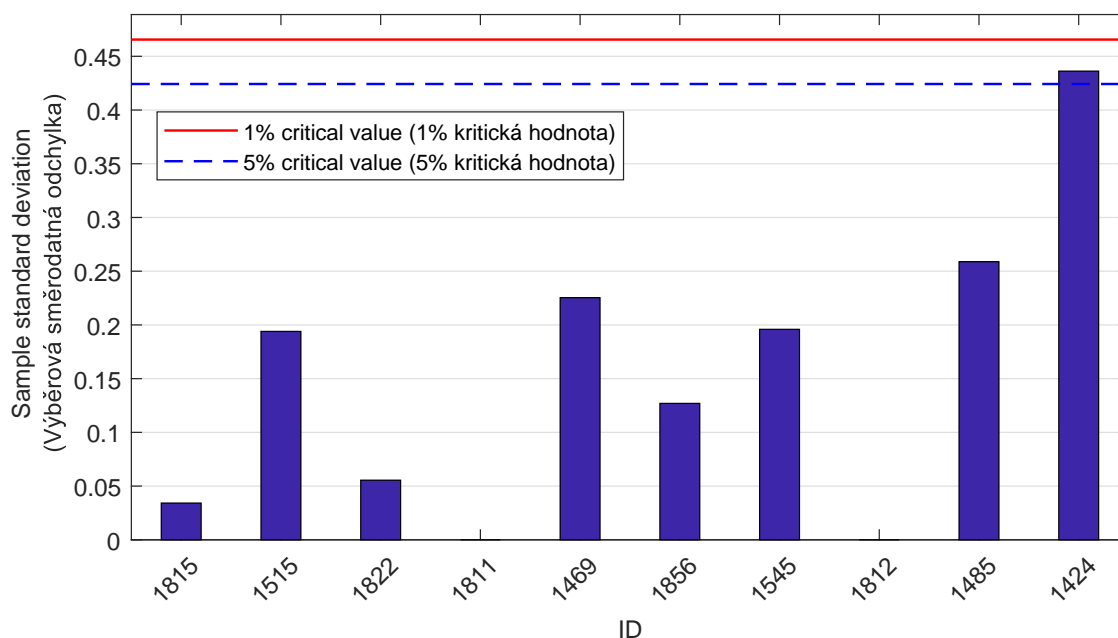
10 Příloha – ČSN EN 1542, ČSN 736242, Příloha B – Pevnost v tahu povrchových vrstev

10.1 Výsledky zkoušek

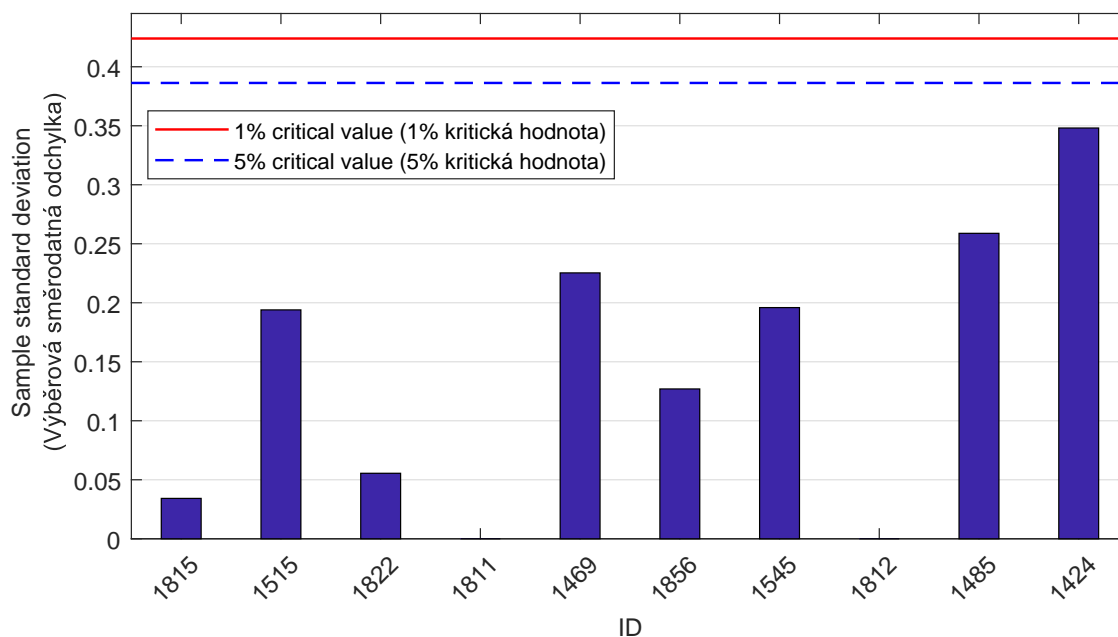
Tabulka 13: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [N/mm ²]					u_X [N/mm ²]	\bar{x} [N/mm ²]	s_0 [N/mm ²]	V_X [%]
1815	0.19	0.16	0.24	0.24	0.21	0.03	0.21	0.03	16.44
1515	0.86	1.07	1.32	1.02	0.84	0.10	1.02	0.19	18.98
1822	1.21	1.18	1.10	1.14	1.24	-	1.17	0.06	4.73
1811	1.20	-	-	-	-	-	1.20	0.00	0.00
1469	1.15	1.09	1.47	1.52	1.58	0.09	1.36	0.23	16.54
1856	1.53	1.27	1.45	1.61	1.50	0.06	1.47	0.13	8.63
1545	1.31	1.69	1.52	1.83	1.53	0.10	1.58	0.20	12.43
1812	1.60	-	-	-	-	0.10	1.60	0.00	0.00
1485	2.10	2.00	1.70	1.60	2.20	0.20	1.92	0.26	13.48
1424	2.25	2.59	2.93	1.99*	3.01	0.06	2.55	0.44	17.08

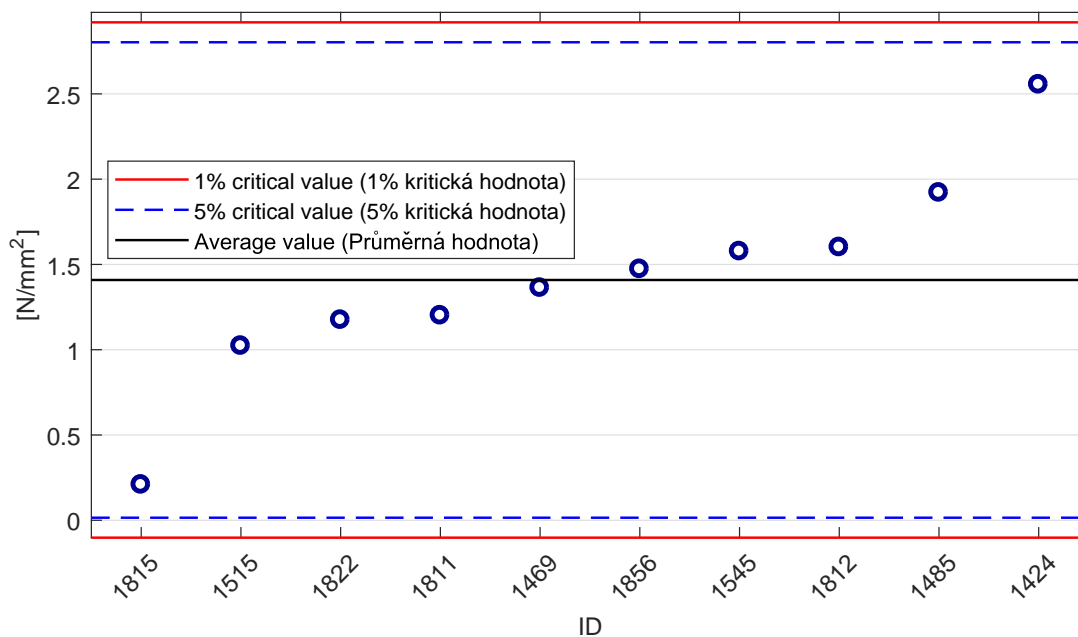
10.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot



Obrázek 42: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

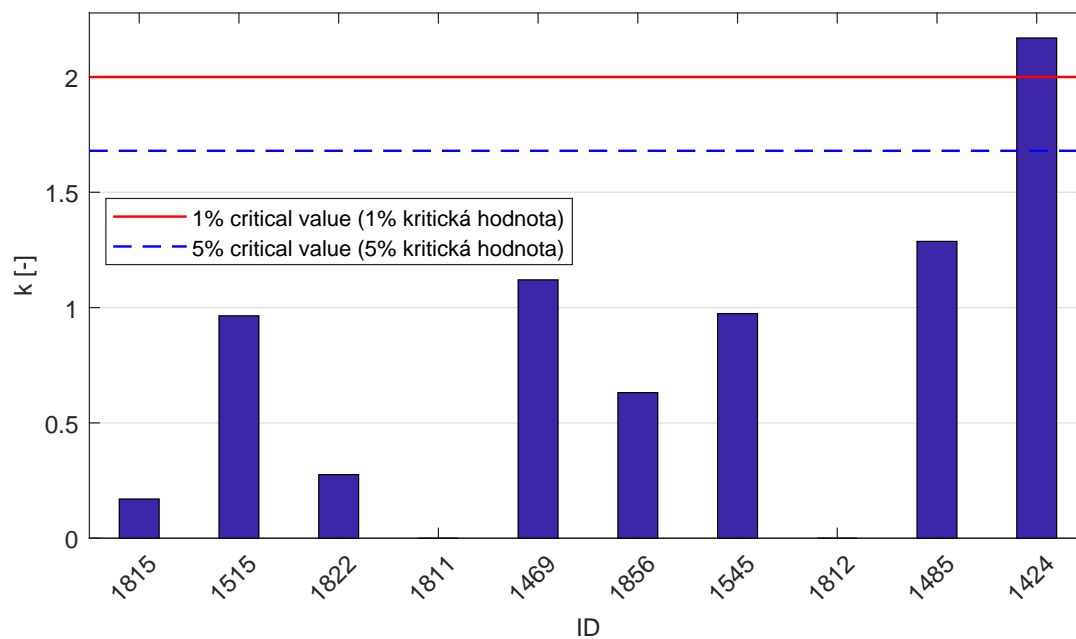


Obrázek 43: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

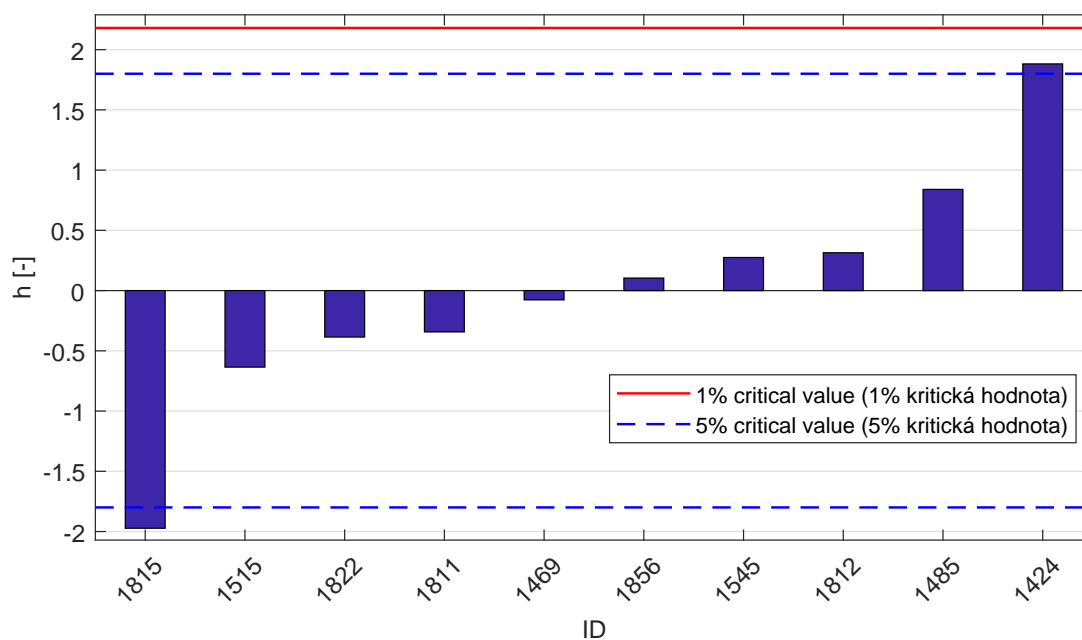


Obrázek 44: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

10.3 Mandelovy statistiky konzistence

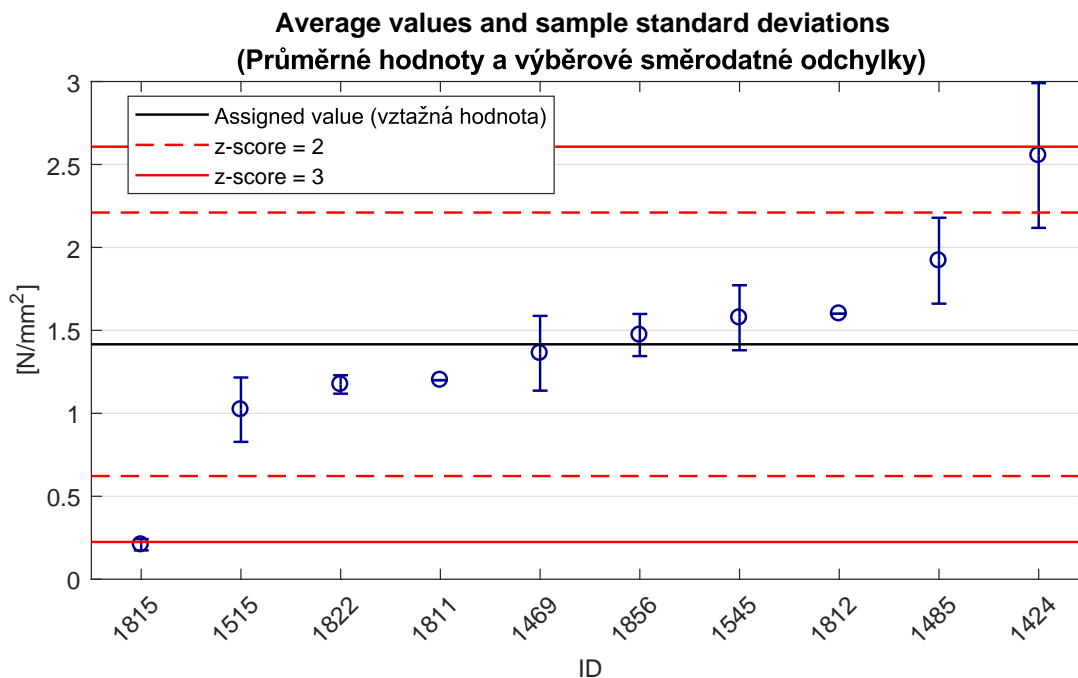


Obrázek 45: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

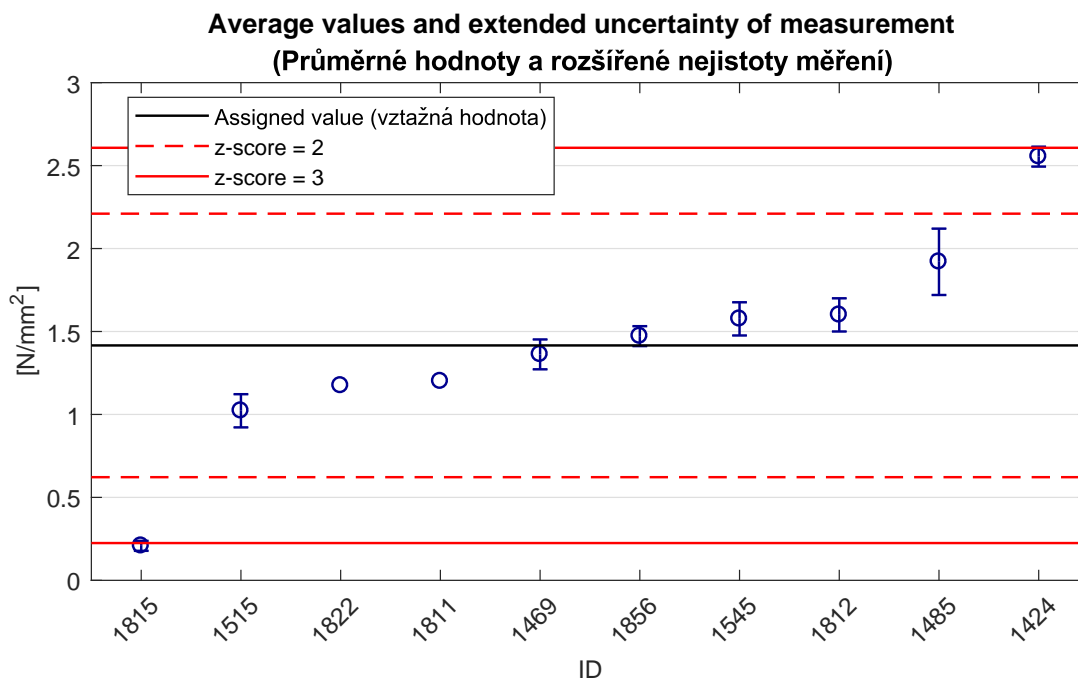


Obrázek 46: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

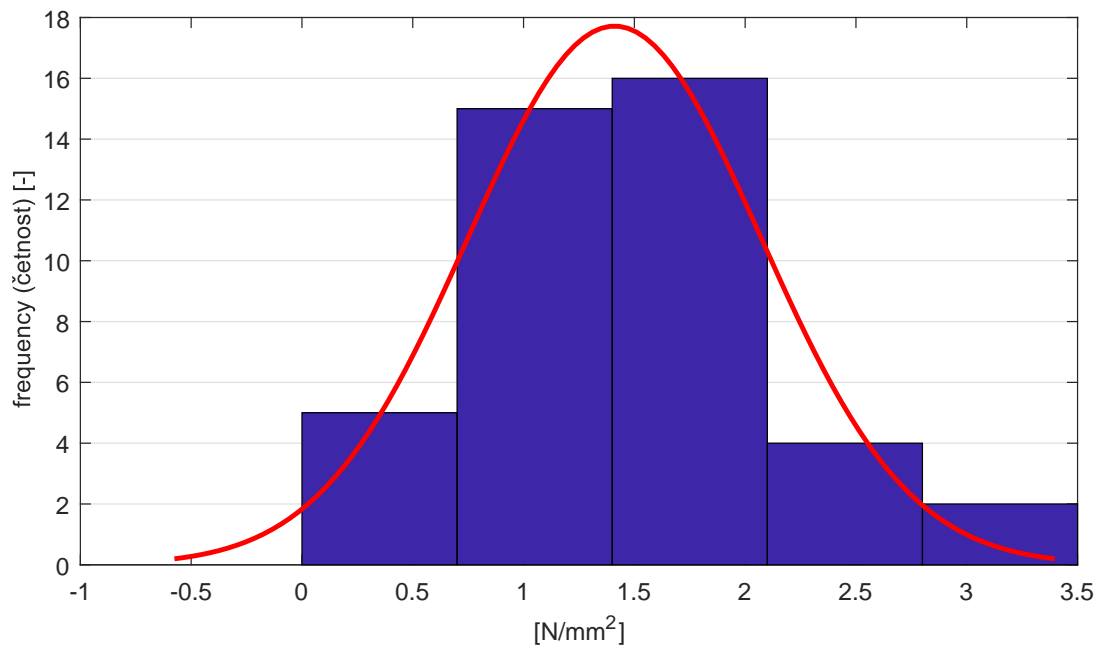
10.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



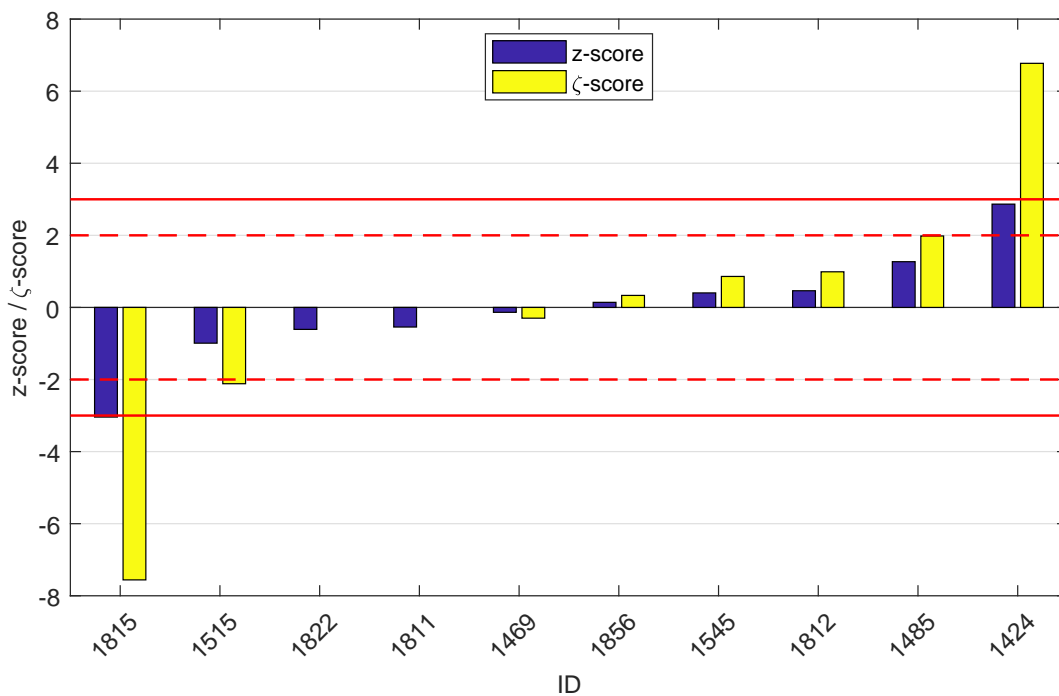
Obrázek 47: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 48: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 49: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 50: z-score a ζ-score

Tabulka 14: Výsledné hodnoty z-score a ζ -score

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
1815	-3.04	-7.56
1515	-0.99	-2.12
1822	-0.61	-
1811	-0.54	-
1469	-0.14	-0.30
1856	0.14	0.33
1545	0.40	0.86
1812	0.46	0.99
1485	1.27	1.98
1424	2.87	6.77