



ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA EXPERIMENTU PRECIZNOSTI

Program zkoušení způsobilosti Zkoušení oceli ZO 2020/1

Poskytovatel programů zkoušení způsobilosti při SZK FAST
Veveří 95, 602 00 Brno
Czech Republic

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

Vydání: 12. 1. 2021

doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.
Vedoucí PoZZ, koordinátor PrZZ



Ing. Petr Misák, Ph.D.
Koordinátor hodnocení výsledků PrZZ

Obsah

1 Úvod a důležité kontakty	2
2 Postupy statistické analýzy experimentu preciznosti	4
3 Závěry statistické analýzy	5
Normativní dokumenty a odkazy	6
Příloha	7
1 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Pevnost v tahu	7
1.1 Výsledky zkoušek	7
1.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot	7
1.3 Mandelovy statistiky konzistence	9
1.4 Popisné statistiky	10
1.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	11
2 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Mez kluzu	14
2.1 Výsledky zkoušek	14
2.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot	14
2.3 Mandelovy statistiky konzistence	16
2.4 Popisné statistiky	17
2.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	18
3 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Tažnost	21
3.1 Výsledky zkoušek	21
3.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot	21
3.3 Mandelovy statistiky konzistence	22
3.4 Popisné statistiky	23
3.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	24
4 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Kontrakce	26

1 Úvod a důležité kontakty

V létě roku 2020 byl Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ) zahájen program zkoušení způsobilosti (PrZZ) s označením ZO 2020/1, 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 postup číslo 4 nebyl otevřen 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 12 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

ID/zkouška	1	2	3	4
73d5b9	X	-	-	-
693960	X	X	X	-
b7d5bc	X	X	X	-
1cf6e9	X	-	-	-
8b3abf	X	-	-	-
78940c	X	X	X	-
c95ffe	X	X	X	-
eebb26	X	-	X	-
2c1c3b	X	-	X	-
d2cb5d	X	X	X	-
f857fa	X	-	X	-
199a66	X	X	X	-

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

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
"STROYCONTROL 2003" LTD	Kostenetz str12, Sofia, 1612, Bulgaria	182 LI
Assit Engineering Ltd.	j.k. Lagera, 2 Baba Iliica Str., bl. 80B, Sofia, 1612, Bulgaria	186-LI
Building Research Institute - NISI	86 Nikola Petkov Blvd., Sofia, 1618, Bulgaria	88 ЛИ
CONSTRUCTION RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA (CREAM)	LEVEL 29, SUNWAY PUTRA TOWER, NO 100, JALAN PUTRA, KUALA LUMPUR, 50350, KUALA LUMPUR	-
Central Materials Lab PWD Sarawak	Canna Road, Tabuan Jaya, Kuching, 93350, Sarawak, Malaysia	-
Technický a zkušební ústav Praha, s.p., Centrální laboratoř, zkušebna 0500 Předměřice nad Labem	Průmyslová 283, Předměřice nad Labem, 503 02, Česká republika	1018.3
Technický a zkušební ústav stavbení Praha, s.p.	Prosecká 811/76a, Praha 9, 190 00, Česká republika	1018.3
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p. - Zkušebna Ostrava	U Studia 14, Ostrava-Zábřeh, 70030, Česká republika	1018.3
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p., Centrální laboratoř - zkušebna Brno	Hněvkovského 77, Brno, 617 00, Česká republika	1018.3
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. Centrální laboratoř - zkušebna Plzeň	Zahradní 15, Plzeň, 326 00, Česká republika	1018.3
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Centrální laboratoř - zkušebna České Budějovice	Nemanická 441, České Budějovice, 370 10, Česká republika	1018.3
ČVUT v Praze, Kloknerův ústav	Šolínova 7, Praha 6, 16608, Česká republika	1061

2 Postupy statistické analýzy experimentu preciznosti

Statistické vyhodnocení PrZZ je se skládá z následujících kroků:

1. Kritické zhodnocení vnitrolaboratorních variabilit Cochranovým testem: V případě překonání 5% nebo 1% kritické hodnoty se nejprve uváží vliv jednotlivých pozorování. Pokud výsledky naznačují, že je vysoká variabilita účastníka způsobena jedním pozorováním, je tato hodnota z experimentu vyřazena, avšak účastník není vyřazen pro odlehlost. Při překonání 1% kritické hodnoty mohou být výsledky účastníka označeny jako odlehlé a z experimentu vyřazeny (symbol **X**).
2. Kritické zhodnocení údajů Grubbsovým testem: V případě překonání 1% kritické hodnoty jsou výsledky účastníka označeny jako odlehlé a z experimentu vyřazeny (symbol **X**).
3. Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky): Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné, pouze to poukazuje na drobné nesrovnalosti.
4. Vyhodnocení popisných statistik, a pokud je to možné s ohledem na počet pozorování, i opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.
5. Výpočet vztažné hodnoty.
6. Vyhodnocení výkonnosti účastníků: 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. z-score a ζ -score jsou porovnány s limitními hodnotami. Výsledné hodnoty ζ -score nejsou brány v potaz při výsledném vyhodnocení výkonnosti účastníků, neboť jsou do značné míry závislé na hodnotách nejistot měření. Při vyhodnocení výkonnosti mohou nastat následující případy:
 - $|z\text{-score}| < 2 \Rightarrow$ Výkonnost laboratoře je označena jako **vyhovující** a ve vyhodnocení je označena symbolem **✓**.
 - $2 \leq |z\text{-score}| < 3 \Rightarrow$ Výkonnost laboratoře je označena jako **problematická** a ve vyhodnocení je označena symbolem **?**.
 - $|z\text{-score}| \geq 3 \Rightarrow$ Výkonnost laboratoře je označena jako **nevyhovující** a ve vyhodnocení je označena symbolem **!**.

Postupy statistické analýzy, které používá Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST, je možné v plném znění nalézt na <http://ptprovider.cz>.

3 Závěry statistické analýzy

Předložená zpráva shrnuje výsledky programu zkoušení způsobilosti Zkoušení oceli (PrZZ) pořádaného Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST. PrZZ se zúčastnilo celkem 12 pracovišť. Program byl zaměřen na běžné normalizované zkoušky oceli. Výsledky zkoušek jsou hodnoceny samostatně pro každý sledovaný zkušební postup. Vyhodnocené statistické charakteristiky, výsledky testů a grafické znázornění jsou součástí přílohy této zprávy. Označení zkušebních postupů je uvedeno v části 1 této zprávy.

Tabulka 4: Vyhodnocení výkonnosti a odlehlosti účastníků.

✓ – výkonnost vyhovující; ? – výkonnost problematická; ! – výkonnost nevyhovující, X – odlehlý výsledek

ID / Zkouška	1	2	3	4
73d5b9	✓	-	-	-
693960	✓	✓	✓	-
b7d5bc	✓	✓	?	-
1cf6e9	✓	-	-	-
8b3abf	✓	-	-	-
78940c	X	X	?	-
c95ffe	✓	✓	✓	-
eebb26	✓	-	✓	-
2c1c3b	✓	-	✓	-
d2cb5d	✓	✓	✓	-
f857fa	✓	-	✓	-
199a66	✓	✓	✓	-

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 (pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření - Část 2: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření.* 2018.
- [3] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti.* 2010.

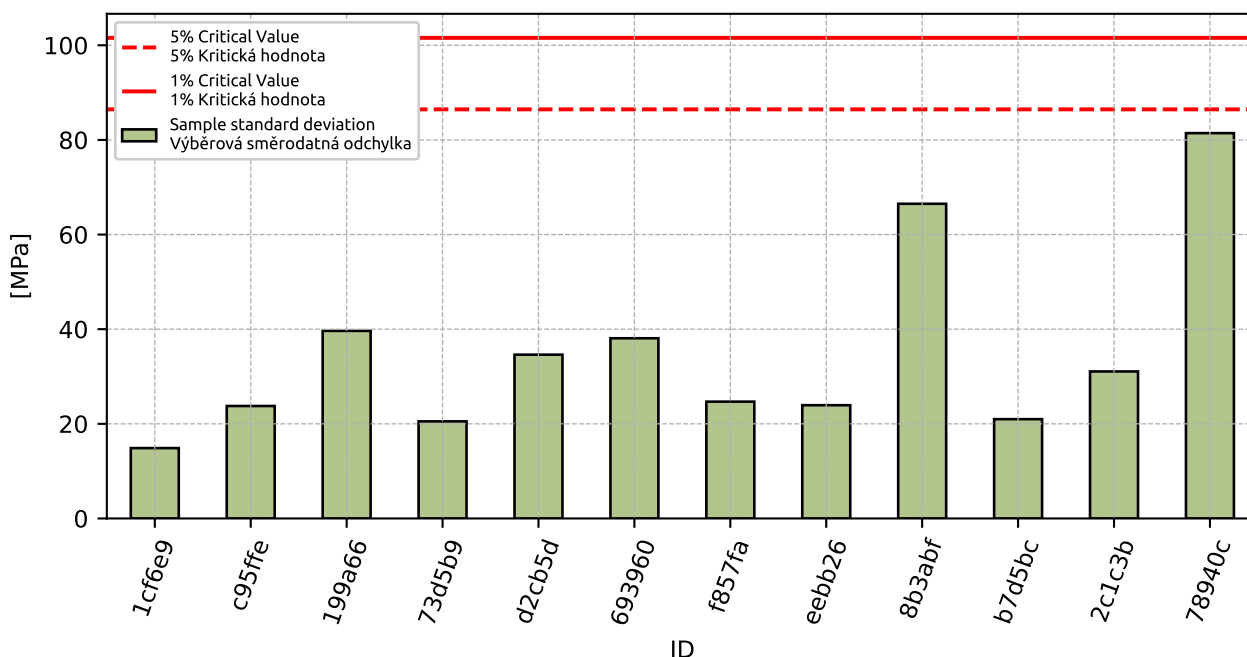
1 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Pevnost v tahu

1.1 Výsledky zkoušek

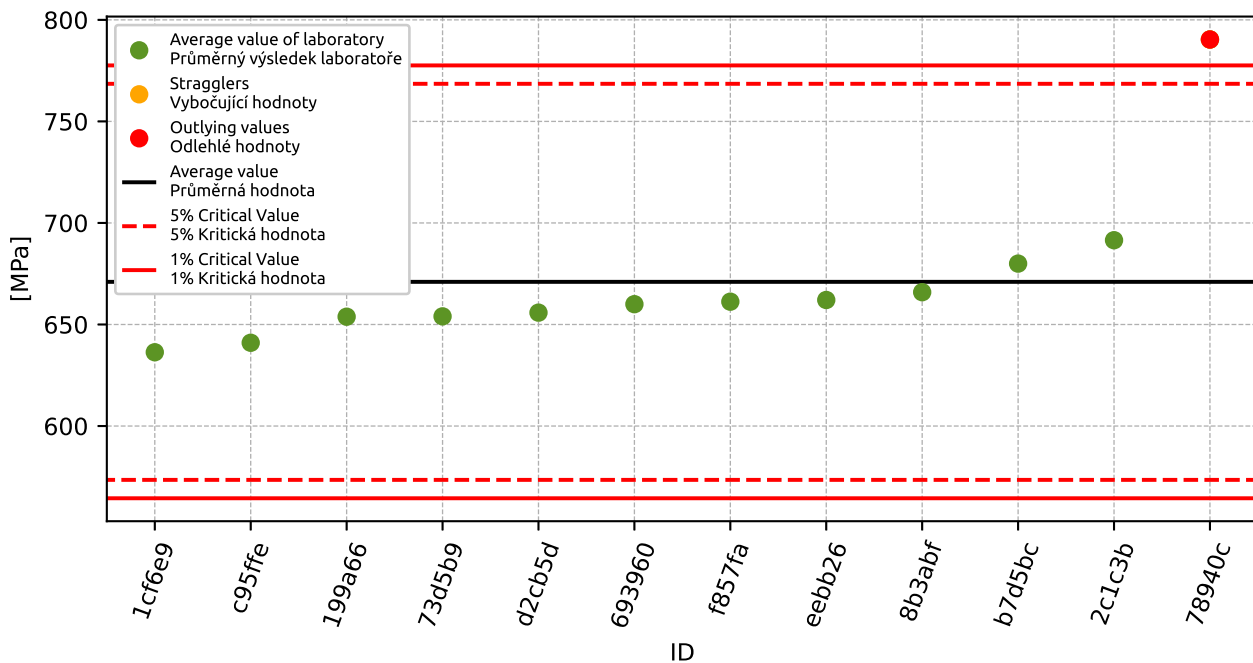
Tabulka 4: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou označeny červeně. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [MPa]						u_X [MPa]	\bar{x} [MPa]	s_0 [MPa]	V_X [%]
1cf6e9	638	637	618	637	626	662	26.0	636.0	14.9	2.34
c95ffe	638	666	628	661	651	602	10.0	641.0	23.8	3.71
199a66	601	682	686	674	675	605	42.0	654.0	39.6	6.06
73d5b9	628	642	645	652	678	679	20.0	654.0	20.5	3.14
d2cb5d	632	672	647	631	719	634	37.0	656.0	34.6	5.28
693960	681	729	638	641	634	637	33.0	660.0	38.1	5.77
f857fa	637	650	644	669	706	662	27.0	661.0	24.7	3.73
eebb26	646	669	638	648	704	666	25.0	662.0	23.9	3.62
8b3abf	688	696	675	535	679	723	27.0	666.0	66.5	9.99
b7d5bc	704	698	689	665	675	648	0.0	680.0	21.0	3.09
2c1c3b	693	701	703	737	668	647	81.0	692.0	31.1	4.49
78940c	745	856	719	844	886	692	-	790.0	81.4	10.3

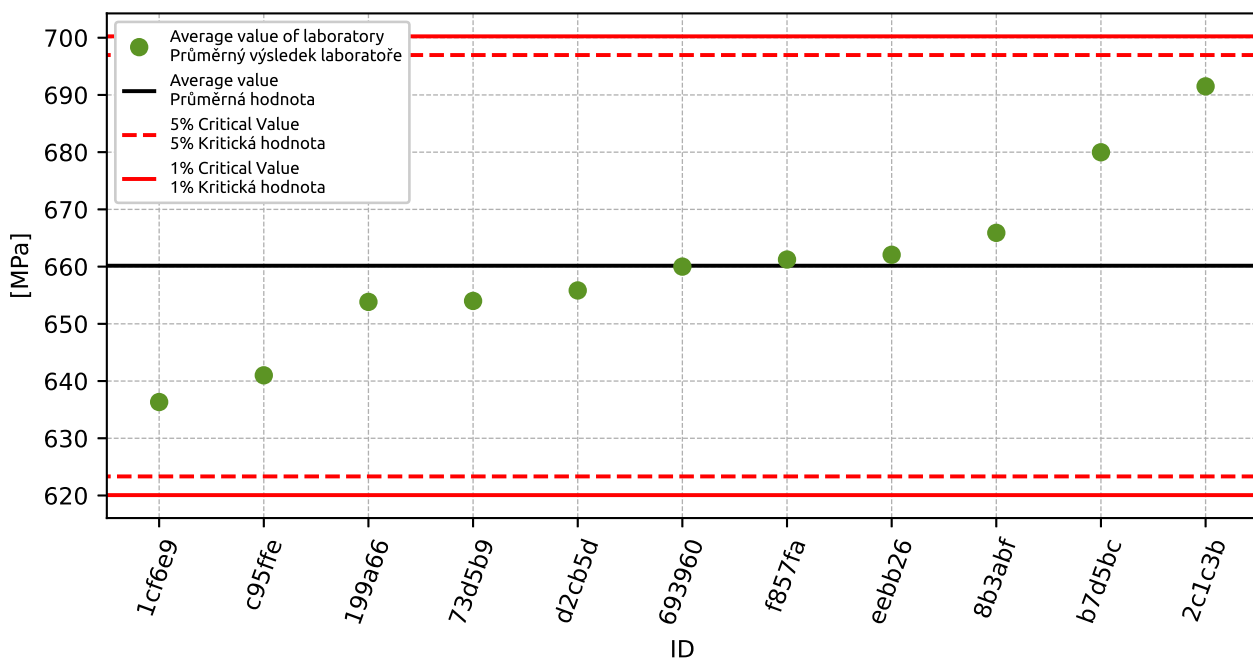
1.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot



Obrázek 1: Cochranův test - výběrové směrodatné odchylky

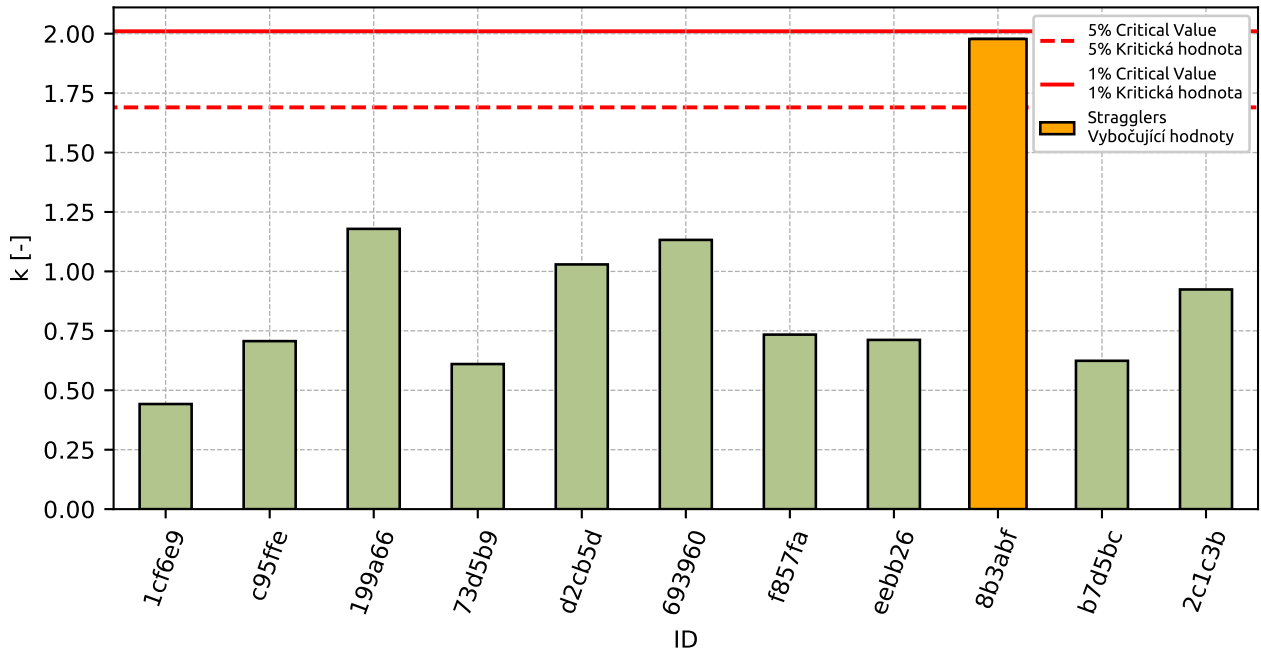


Obrázek 2: Grubbsův test – průměrné hodnoty

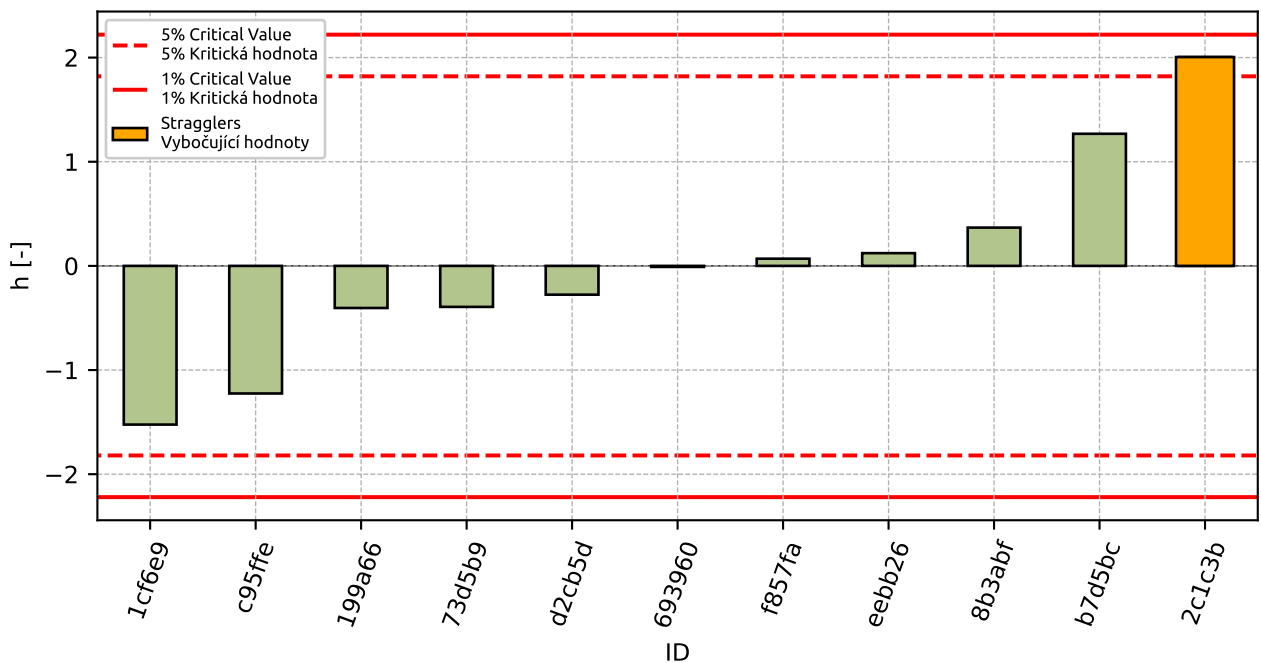


Obrázek 3: Grubbsův test bez odlehlých hodnot

1.3 Mandelovy statistiky konzistence

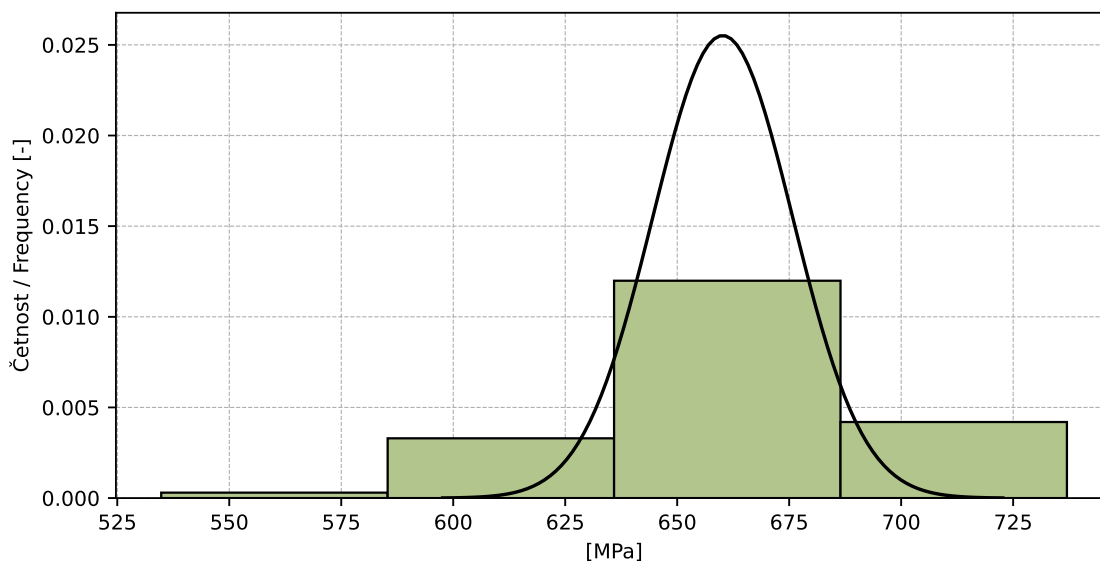


Obrázek 4: Vnitrolaboratorní statistika konzistence



Obrázek 5: Mezilaboratorní statistika konzistence

1.4 Popisné statistiky

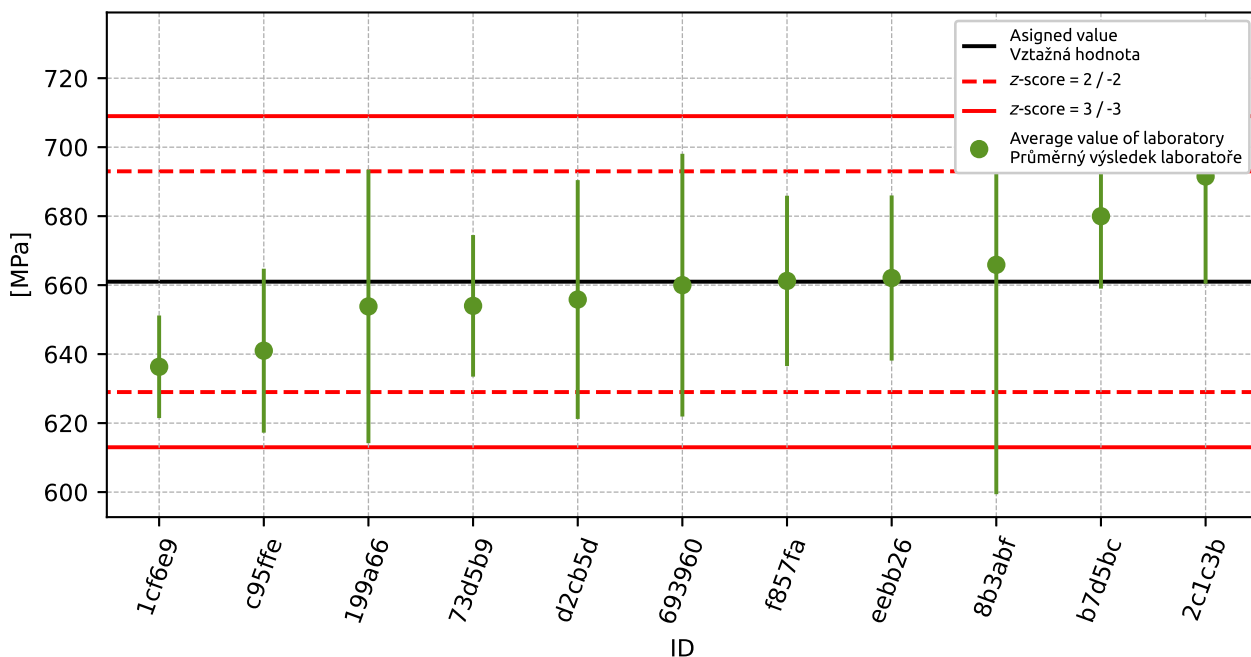


Obrázek 6: Histogram všech výsledků zkoušek

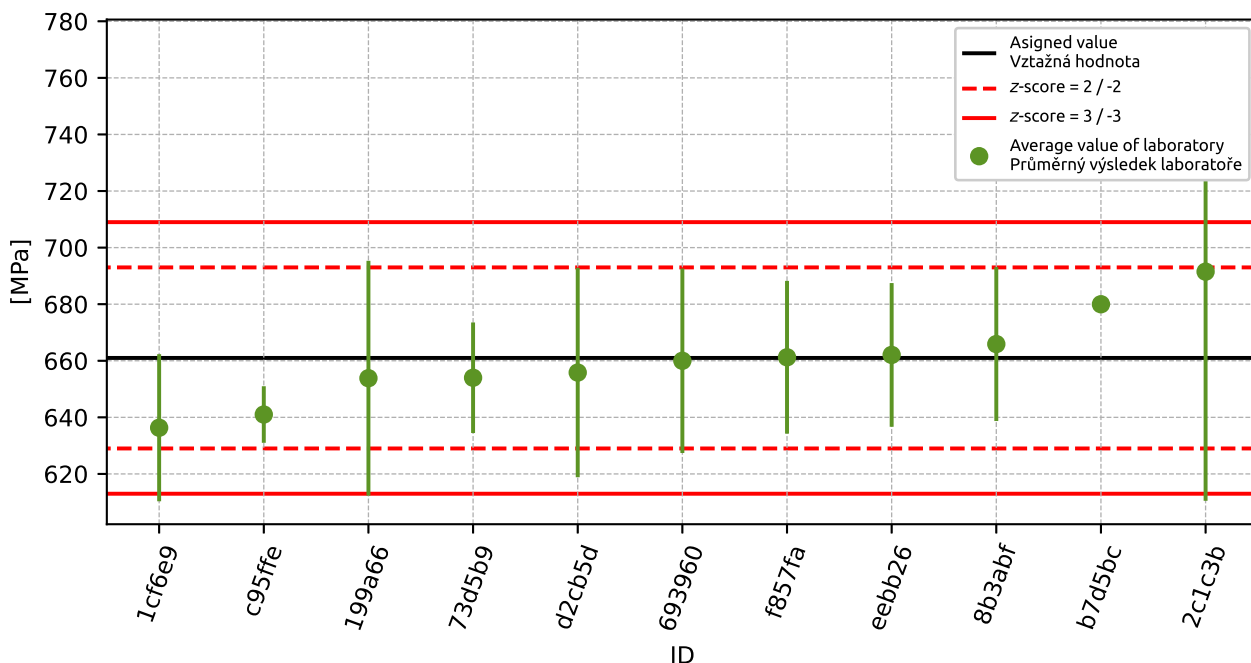
Tabulka 5: Popisné statistiky

Charakteristika	[MPa]
Průměrná hodnota / Average value – \bar{x}	660.0
Výběrová směrodatná odchylka / Sample standard deviation – s	15.6
Vztažná hodnota / Assigned value – x^*	661.0
Robustní směrodatná odchylka / Robust standard deviation – s^*	13.9
Nejistota měření vztažné hodnoty / Measurement uncertainty of assigned value – u_X	5.2
p -hodnota testu normality / p -value of normality test	0.055 [-]
Mezilaboratorní sm. odch. / Interlaboratory standard deviation – s_L	7.5
Směrodatná odchylka opakovatelnosti / Repeatability standard deviation – s_r	33.6
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti / Reproducibility standard deviation – s_R	34.4
Opakovatelnost / Repeatability – r	94.0
Reprodukovatelnost / Reproducibility – R	96.0

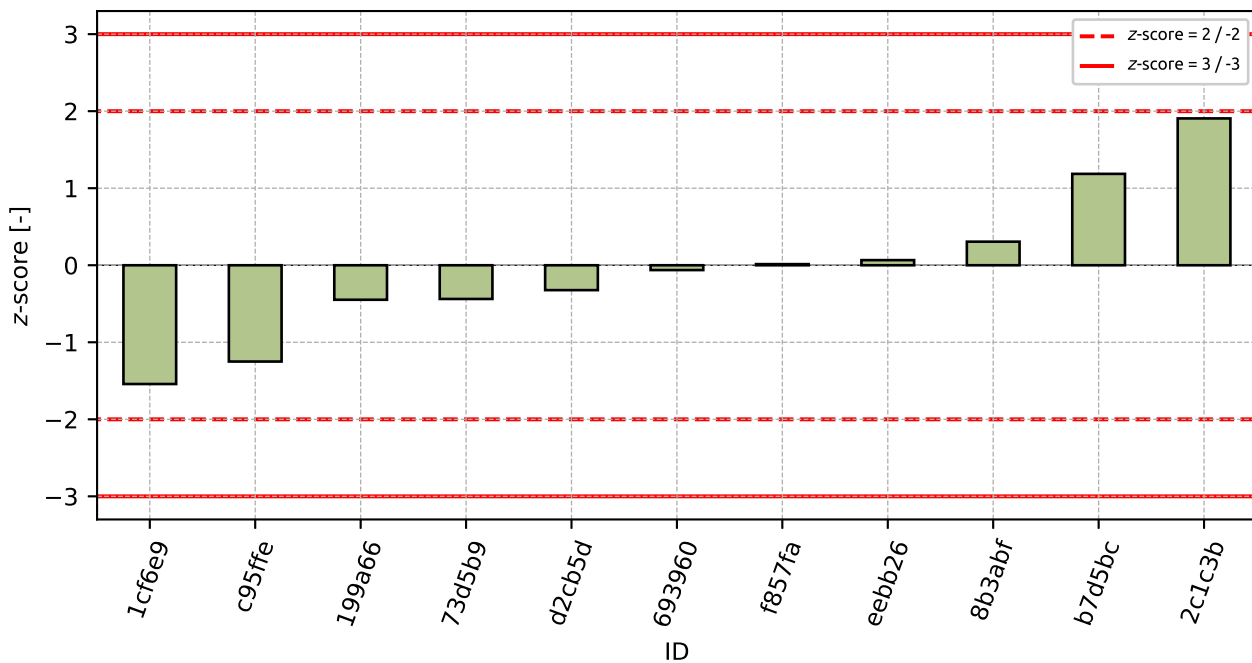
1.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



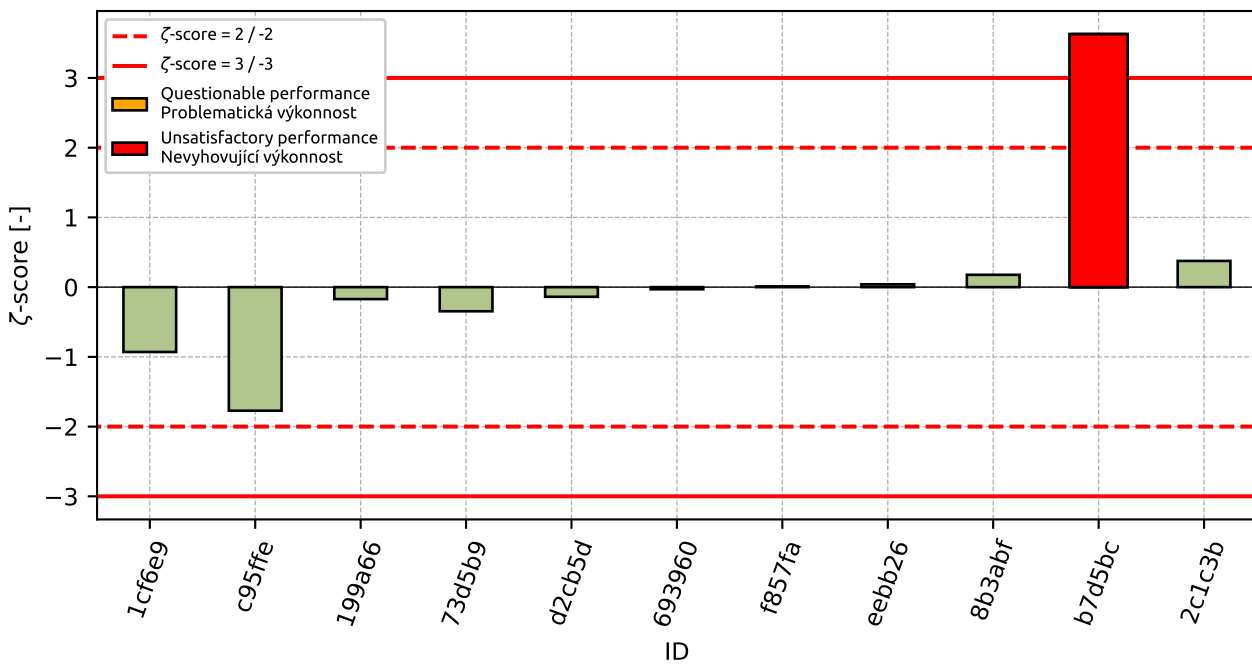
Obrázek 7: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 8: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 9: z-score



Obrázek 10: ζ-score

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

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
1cf6e9	-1.54	-0.93
c95ffe	-1.25	-1.77
199a66	-0.45	-0.17
73d5b9	-0.44	-0.35
d2cb5d	-0.32	-0.14
693960	-0.06	-0.03
f857fa	0.01	0.01
eebb26	0.07	0.04
8b3abf	0.31	0.18
b7d5bc	1.19	3.63
2c1c3b	1.91	0.38

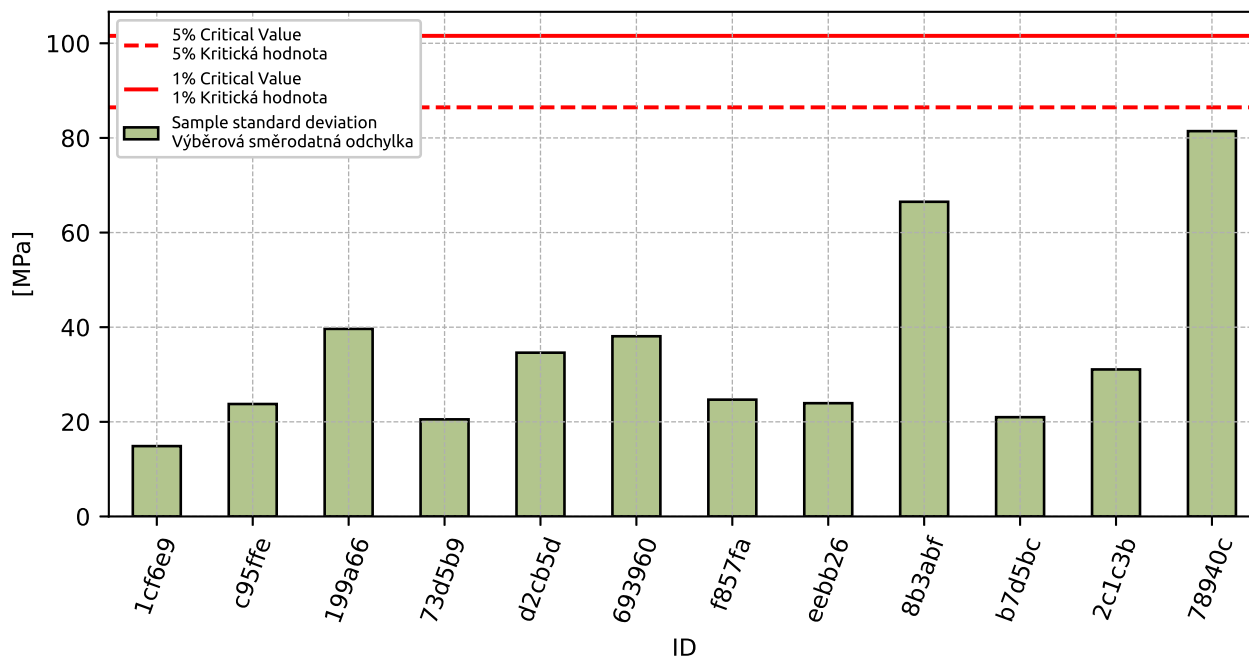
2 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Mez kluzu

2.1 Výsledky zkoušek

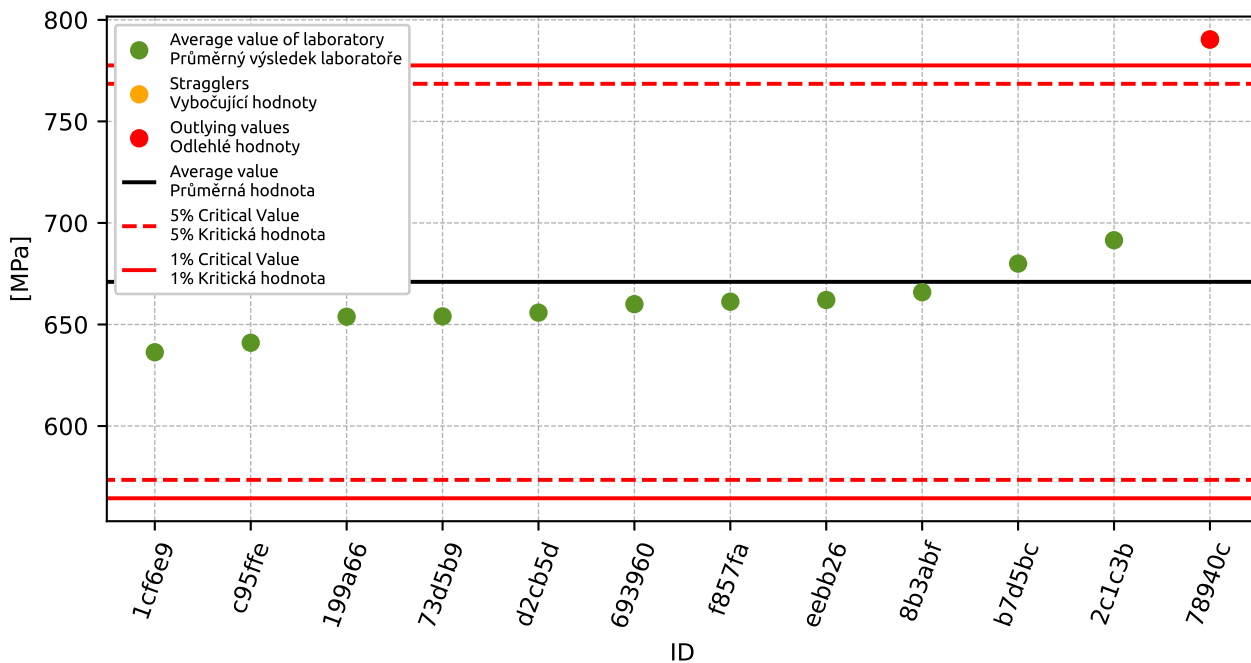
Tabulka 7: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou označeny červeně. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [MPa]						u_X	\bar{x}	s_0	V_X
							[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]
1cf6e9	638	637	618	637	626	662	26.0	636.0	14.9	2.34
c95ffe	638	666	628	661	651	602	10.0	641.0	23.8	3.71
199a66	601	682	686	674	675	605	42.0	654.0	39.6	6.06
73d5b9	628	642	645	652	678	679	20.0	654.0	20.5	3.14
d2cb5d	632	672	647	631	719	634	37.0	656.0	34.6	5.28
693960	681	729	638	641	634	637	33.0	660.0	38.1	5.77
f857fa	637	650	644	669	706	662	27.0	661.0	24.7	3.73
eebb26	646	669	638	648	704	666	25.0	662.0	23.9	3.62
8b3abf	688	696	675	535	679	723	27.0	666.0	66.5	9.99
b7d5bc	704	698	689	665	675	648	0.0	680.0	21.0	3.09
2c1c3b	693	701	703	737	668	647	81.0	692.0	31.1	4.49
78940c	745	856	719	844	886	692	-	790.0	81.4	10.3

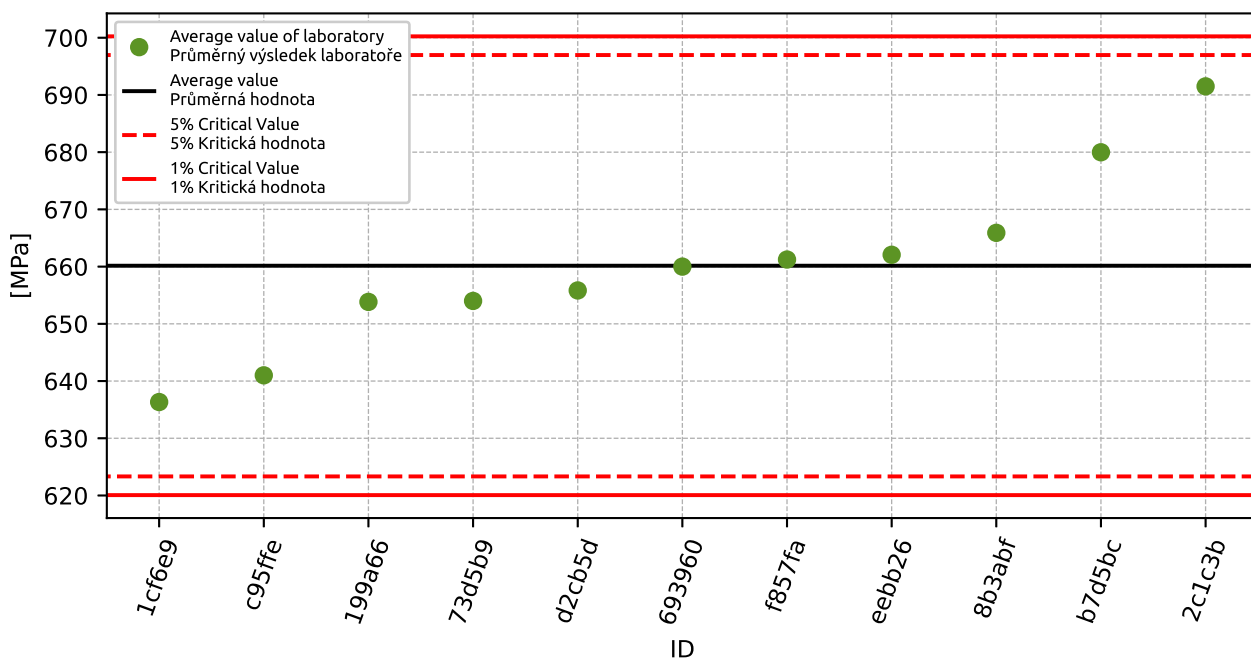
2.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot



Obrázek 11: Cochranův test - výběrové směrodatné odchylky

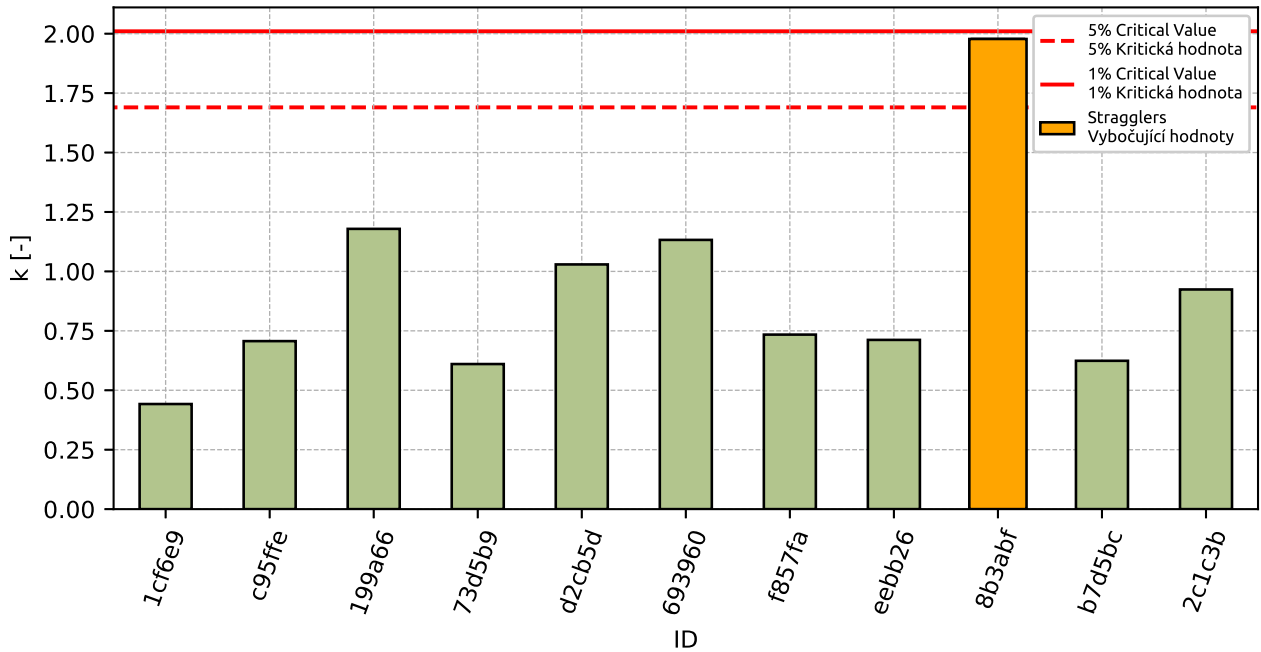


Obrázek 12: Grubbsův test – průměrné hodnoty

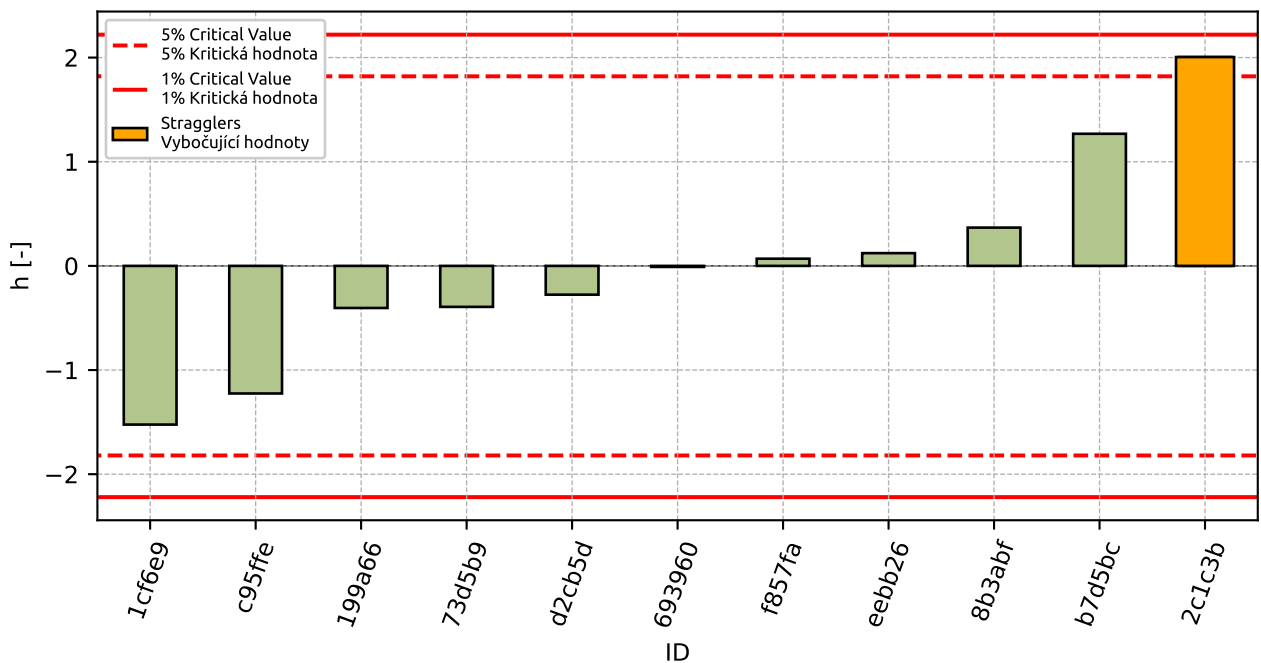


Obrázek 13: Grubbsův test bez odlehlých hodnot

2.3 Mandelovy statistiky konzistence

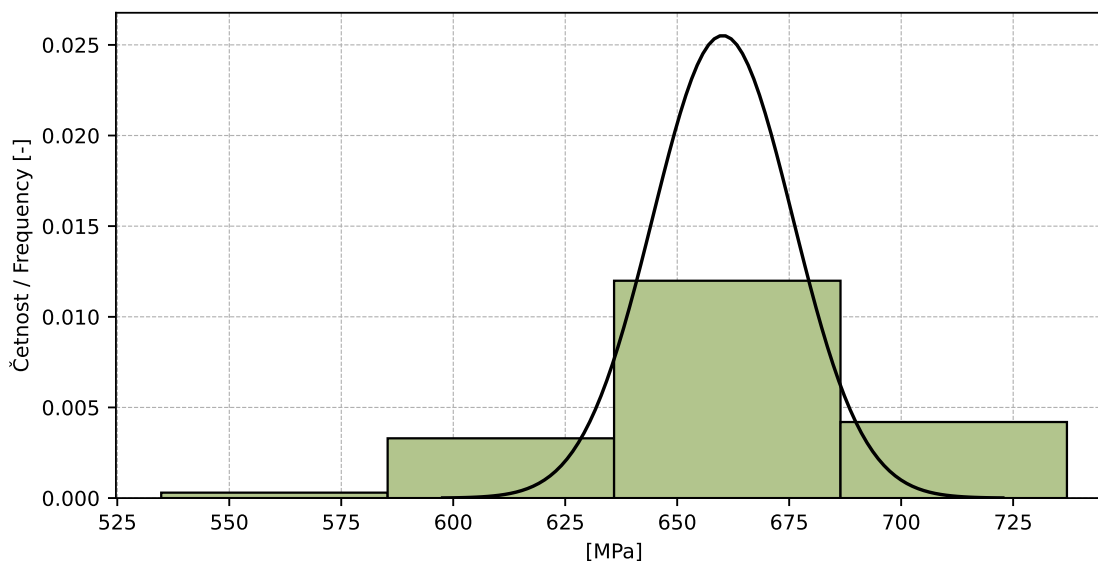


Obrázek 14: Vnitrolaboratorní statistika konzistence



Obrázek 15: Mezilaboratorní statistika konzistence

2.4 Popisné statistiky

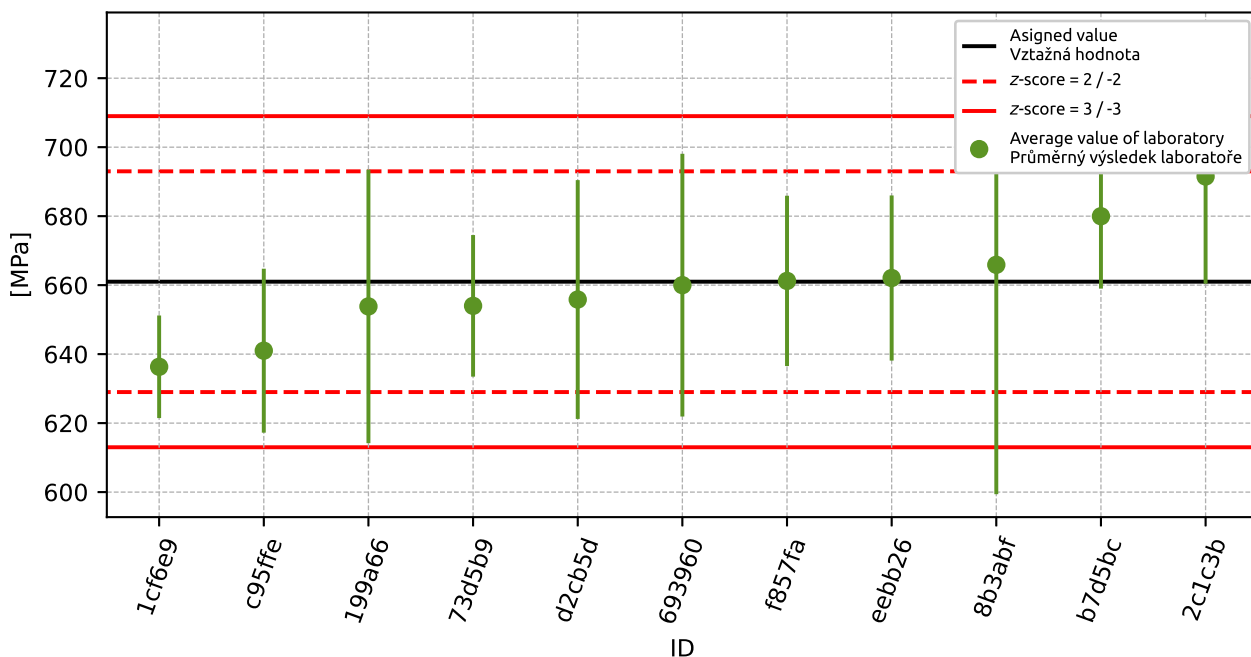


Obrázek 16: Histogram všech výsledků zkoušek

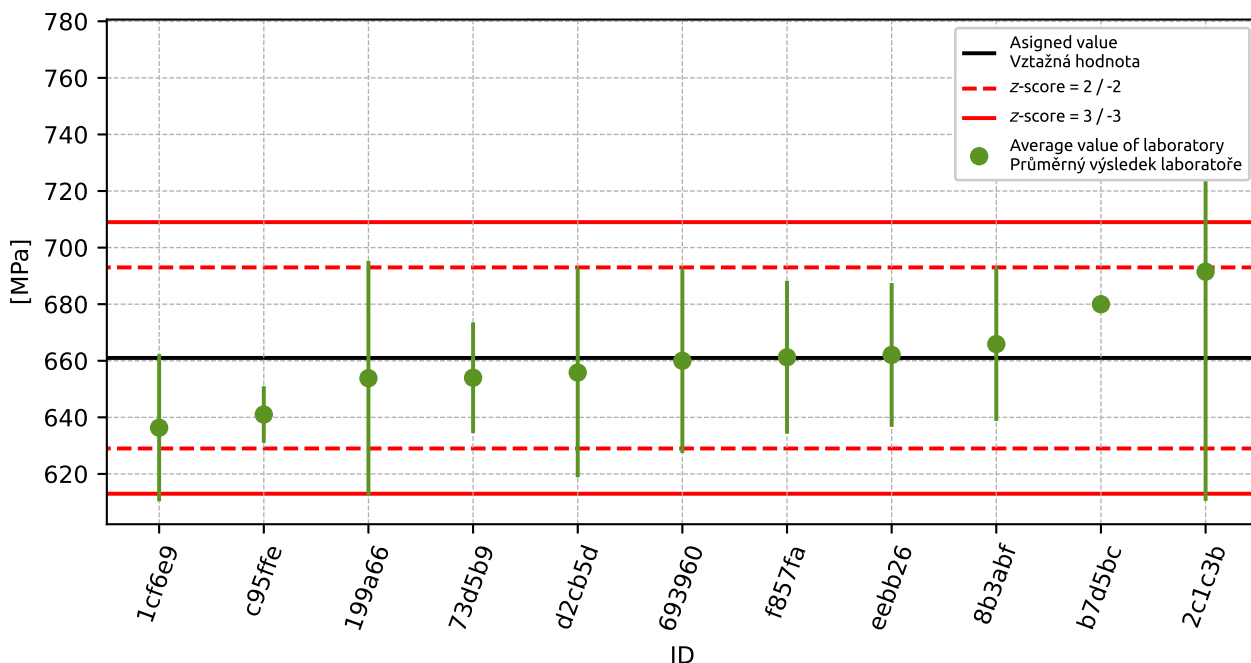
Tabulka 8: Popisné statistiky

Charakteristika	[MPa]
Průměrná hodnota / Average value – \bar{x}	660.0
Výběrová směrodatná odchylka / Sample standard deviation – s	15.6
Vztažná hodnota / Assigned value – x^*	661.0
Robustní směrodatná odchylka / Robust standard deviation – s^*	16
Nejistota měření vztažné hodnoty / Measurement uncertainty of assigned value – u_X	5.2
p -hodnota testu normality / p -value of normality test	0.055 [-]
Mezilaboratorní sm. odch. / Interlaboratory standard deviation – s_L	7.5
Směrodatná odchylka opakovatelnosti / Repeatability standard deviation – s_r	33.6
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti / Reproducibility standard deviation – s_R	34.4
Opakovatelnost / Repeatability – r	94.0
Reprodukovatelnost / Reproducibility – R	96.0

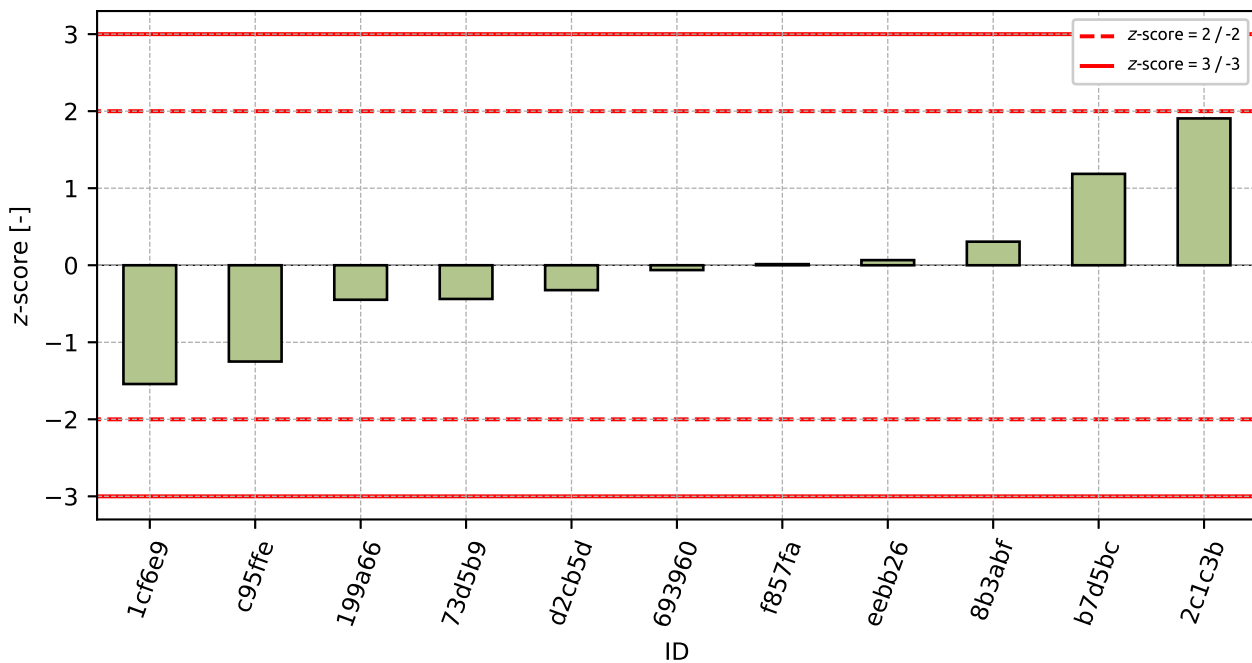
2.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



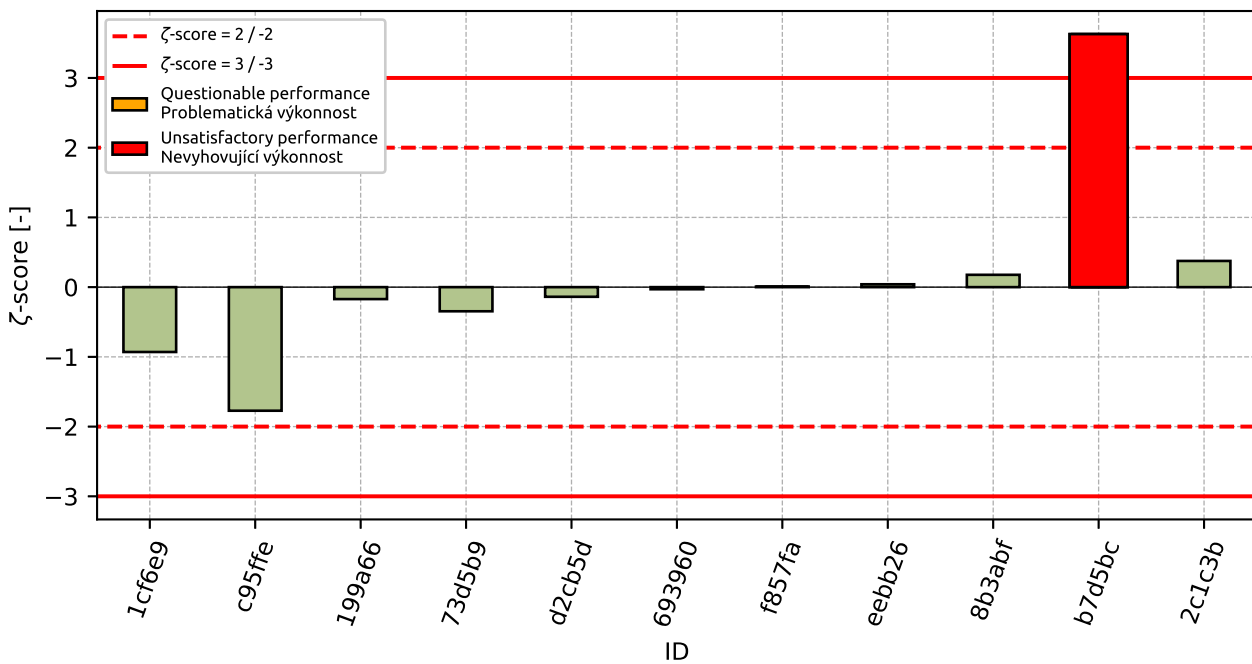
Obrázek 17: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 18: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 19: z-score



Obrázek 20: ζ-score

Tabulka 9: Výsledné hodnoty z-score a ζ -score

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
1cf6e9	-1.54	-0.93
c95ffe	-1.25	-1.77
199a66	-0.45	-0.17
73d5b9	-0.44	-0.35
d2cb5d	-0.32	-0.14
693960	-0.06	-0.03
f857fa	0.01	0.01
eebb26	0.07	0.04
8b3abf	0.31	0.18
b7d5bc	1.19	3.63
2c1c3b	1.91	0.38

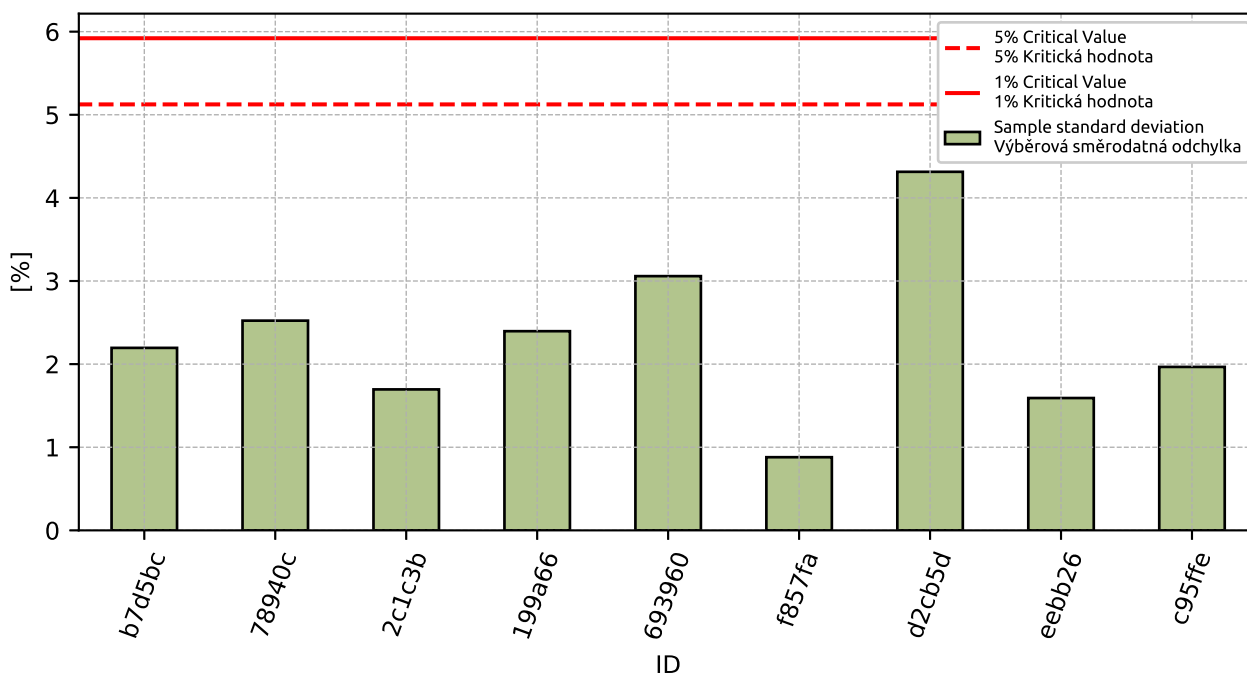
3 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Tažnost

3.1 Výsledky zkoušek

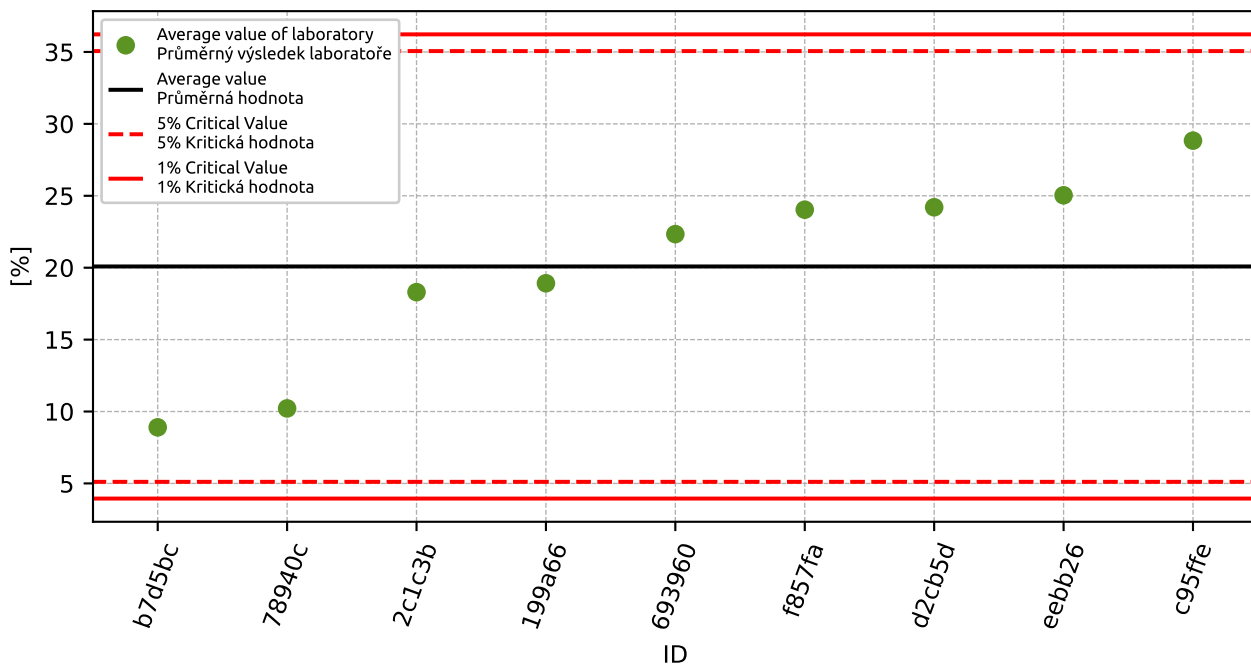
Tabulka 10: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou označeny červeně. u_x - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_x - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [%]						u_x [%]	\bar{x} [%]	s_0 [%]	V_x [%]
b7d5bc	7.3	11.6	9.9	6.7	6.9	11.0	0.0	8.9	2.2	24.67
78940c	7.5	7.2	11.9	12.6	9.4	12.7	-	10.2	2.52	24.7
2c1c3b	20.0	18.4	20.3	17.7	17.7	15.7	4.4	18.3	1.7	9.27
199a66	21.0	16.0	18.0	18.5	17.5	22.5	0.4	18.9	2.4	12.67
693960	27.8	23.6	19.6	19.8	22.0	21.2	1.3	22.3	3.06	13.69
f857fa	22.8	23.6	24.8	24.2	25.2	23.6	1.0	24.0	0.88	3.66
d2cb5d	21.0	29.0	30.2	20.2	23.2	21.6	4.6	24.2	4.31	17.83
eebb26	24.8	22.4	27.2	25.0	24.8	26.0	1.7	25.0	1.59	6.36
c95ffe	30.0	29.0	27.5	28.0	32.0	26.5	0.0	28.8	1.97	6.82

3.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot

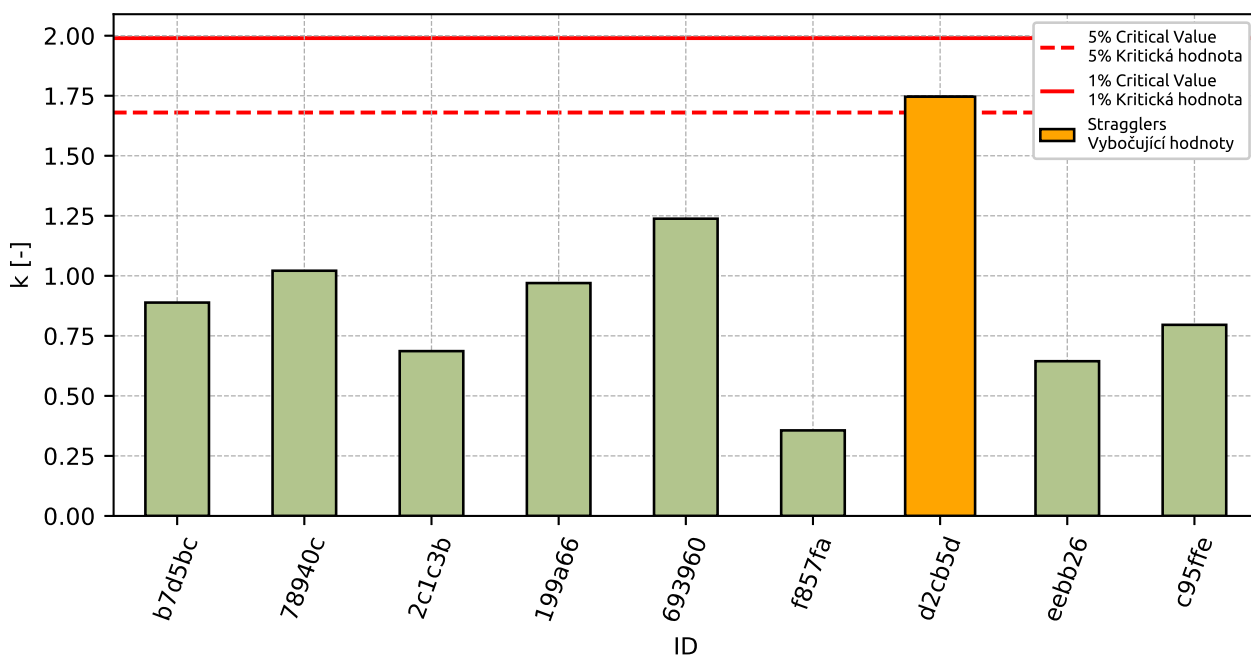


Obrázek 21: Cochranův test - výběrové směrodatné odchylky

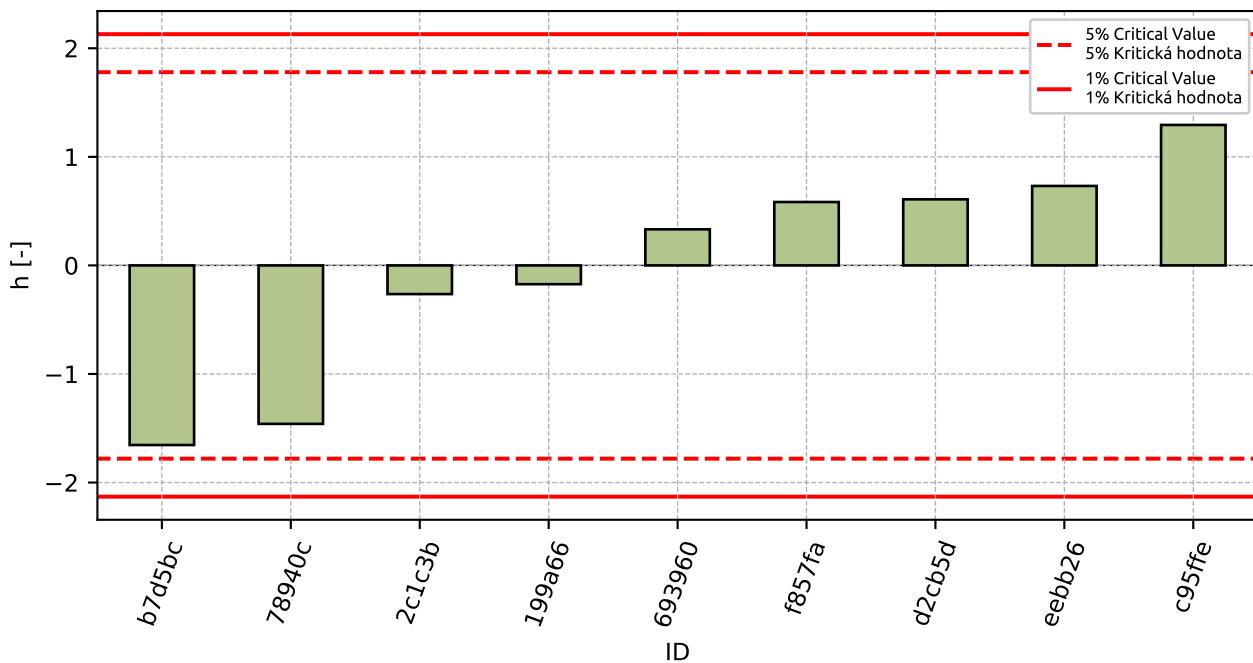


Obrázek 22: Grubbsův test – průměrné hodnoty

3.3 Mandelovy statistiky konzistence

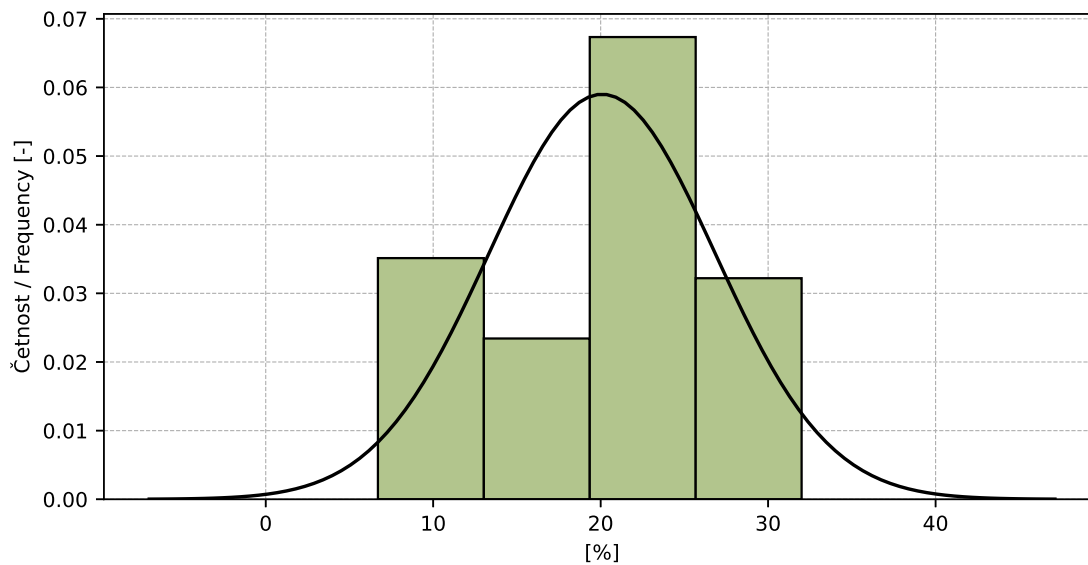


Obrázek 23: Vnitrolaboratorní statistika konzistence



Obrázek 24: Mezilaboratorní statistika konzistence

3.4 Popisné statistiky

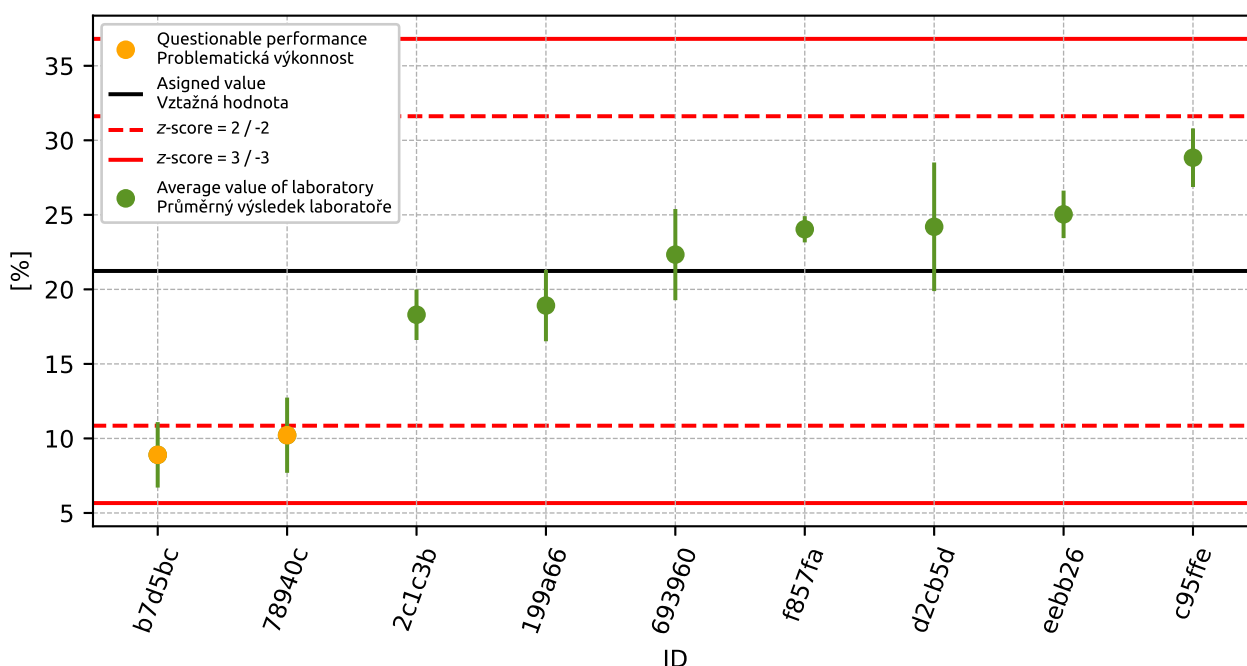


Obrázek 25: Histogram všech výsledků zkoušek

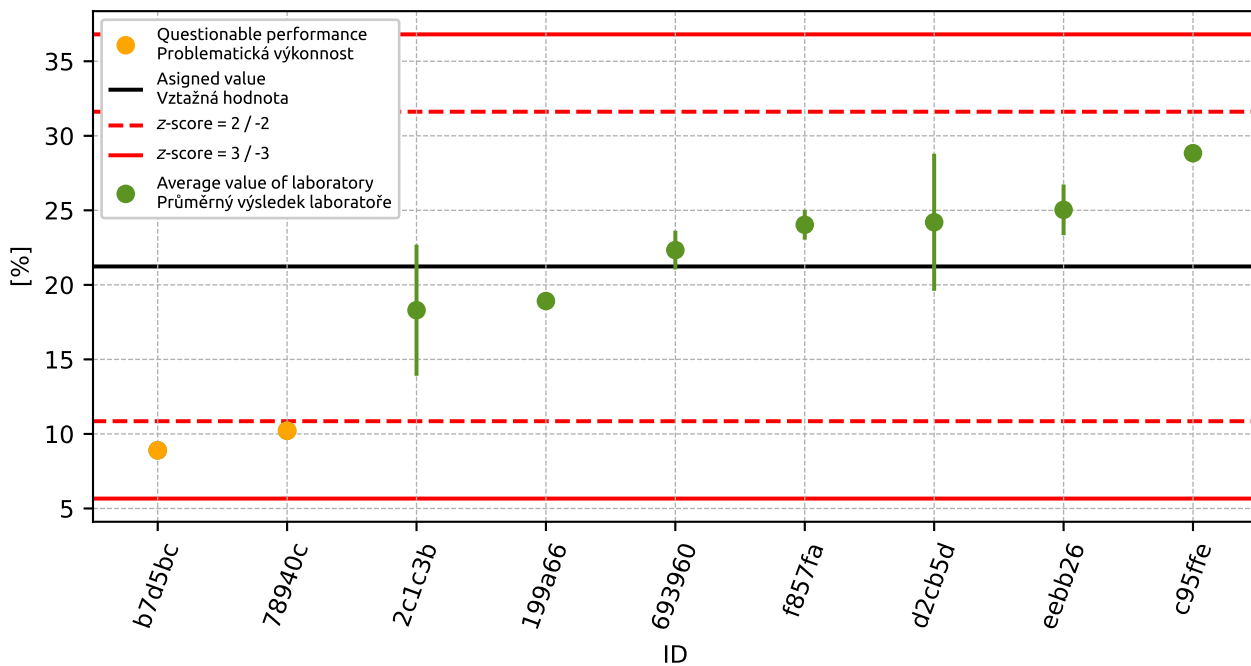
Tabulka 11: Popisné statistiky

Charakteristika	[%]
Průměrná hodnota / Average value – \bar{x}	20.1
Výběrová směrodatná odchylka / Sample standard deviation – s	6.76
Vztažná hodnota / Assigned value – x^*	21.2
Robustní směrodatná odchylka / Robust standard deviation – s^*	5.19
Nejistota měření vztažné hodnoty / Measurement uncertainty of assigned value – u_X	2.16
p -hodnota testu normality / p -value of normality test	0.021 [-]
Mezilaboratorní sm. odch. / Interlaboratory standard deviation – s_L	6.68
Směrodatná odchylka opakovatelnosti / Repeatability standard deviation – s_r	2.47
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti / Reproducibility standard deviation – s_R	7.13
Opakovatelnost / Repeatability – r	6.9
Reprodukovatelnost / Reproducibility – R	20.0

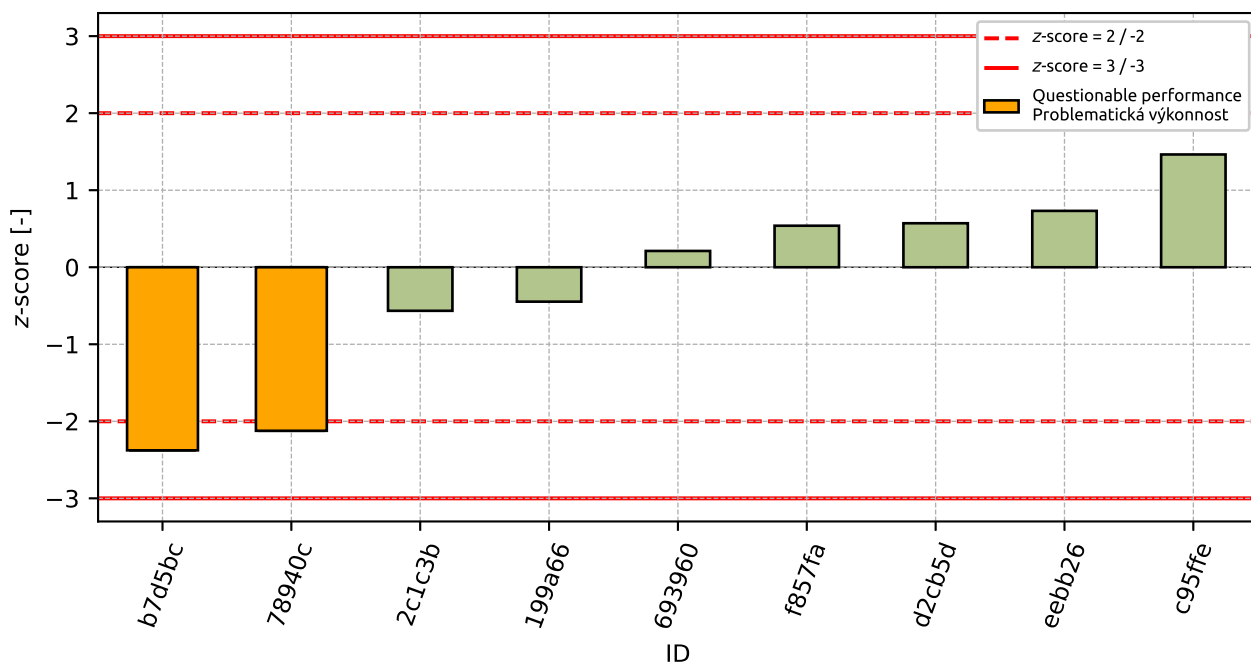
3.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



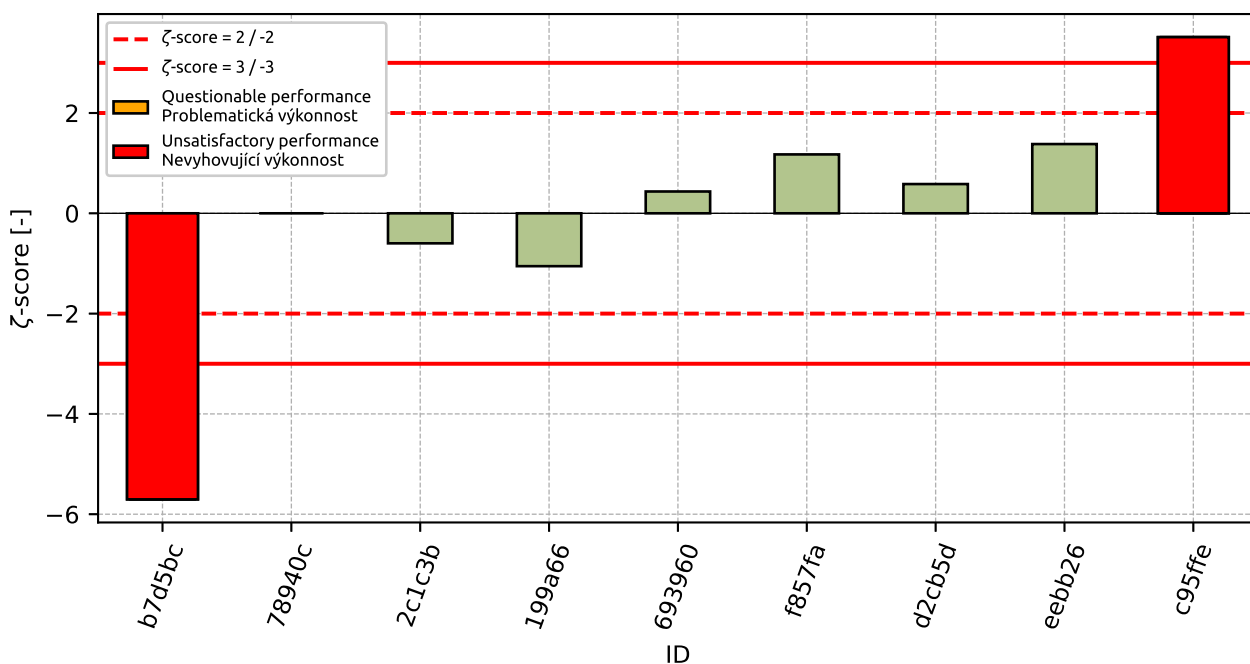
Obrázek 26: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 27: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 28: z-score

Obrázek 29: ζ -scoreTabulka 12: Výsledné hodnoty z-score a ζ -score

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
b7d5bc	-2.38	-5.7
78940c	-2.12	-
2c1c3b	-0.57	-0.6
199a66	-0.45	-1.05
693960	0.21	0.44
f857fa	0.54	1.17
d2cb5d	0.57	0.58
eebb26	0.73	1.38
c95ffe	1.46	3.51

4 Příloha – ČSN EN ISO 6892-1 – Kontrakce

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.