

FINAL REPORT ON THE RESULTS OF PRECISION EXPERIMENT

Proficiency Testing Program Steel Testing ZO 2023/1

Brno University of Technology
Proficiency testing provider at the SZK FAST
Veveří 95, Brno 602 00
Czech Republic

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

Date: December 19, 2023

Assoc. Prof. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.
Head of the PT Provider, PTP coordinator



Ing. Petr Misák, Ph.D.
Coordinator of PTP results assessment

Contents

1 Introduction and Important Contacts	2
2 Procedures used in the Statistical Analysis of Laboratory Results	4
3 Conclusions of the Statistical Analysis	5
Standards and Documents Used	6
Appendix	7
1 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Tensile Strength	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 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Yield Strength	14
2.1 Výsledky zkoušek	14
2.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot	14
2.3 Mandelovy statistiky konzistence	17
2.4 Popisné statistiky	18
2.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	19
3 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Elongation	22
3.1 Výsledky zkoušek	22
3.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot	22
3.3 Mandelovy statistiky konzistence	23
3.4 Popisné statistiky	24
3.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	25
4 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Contraction	28
4.1 Výsledky zkoušek	28
4.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot	28
4.3 Mandelovy statistiky konzistence	29
4.4 Popisné statistiky	30
4.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	31
5 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Tensile Strength	34
6 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Yield Strength	34
7 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Elongation	34
8 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Contraction	34

1 Introduction and Important Contacts

In the year 2023, the Proficiency Testing Provider at the SZK FAST (PT Provider) initiated the Proficiency Testing Program (PTP) designated ZO 2023/1 whose aim was to verify and assess the conformity of test results across laboratories when testing steel.

The assessment of the results of the Proficiency Testing Program was carried out by a committee consisting of the following PT Provider employees:

Head of the PT Provider, PTP coordinator

Assoc. Prof. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.

Brno University of Technology

Faculty of Civil Engineering

Institute of Building Testing

Veveří 95, Brno 602 00

Czech Republic

Tel.: +420 603 313 337

Email: Tomas.Vymazal@vut.cz

Coordinator of PTP result assessment PrZZ

Ing. Petr Misák, Ph.D.

Brno University of Technology

Faculty of Civil Engineering

Institute of Building Testing

Veveří 95, Brno 602 00

Czech Republic

Tel.: +420 774 980 255

Email: Petr.Misak@vut.cz

The subjects of proficiency testing were the following testing procedures:

1. **Testing of Concrete Reinforcement B500B - EN ISO 6892-1** – Tensile Strength [1],
2. **Testing of Concrete Reinforcement B500B - EN ISO 6892-1** – Yield Strength [1],
3. **Testing of Concrete Reinforcement B500B - EN ISO 6892-1** – Elongation [1],
4. **Testing of Concrete Reinforcement B500B - EN ISO 6892-1** – Contraction [1],
5. **Bar Test - EN ISO 6892-1** – Tensile Strength [1],
6. **Bar Test - EN ISO 6892-1** – Yield Strength [1],
7. **Bar Test - EN ISO 6892-1** – Elongation [1],
8. **Bar Test - EN ISO 6892-1** – Contraction [1].

Testing procedure 5 – 8 was not open due to low interest from laboratories.

The specimens were taken from the same production with the same production date. The test specimens were distributed among the individual participants in the PrZZ in such a way that their properties could not be affected.

The test results from individual PTP participants were compared via a method involving the statistical analysis of all their results in a manner complying with ISO 5725-2 [2] and with EN ISO/IEC 17043 [3]. The outcome is the present final report summarizing the results of the interlaboratory comparison, including statistical evaluation.

6 laboratories took part in the program. In order to maintain the anonymity of the PTP, each laboratory was given an identification number that will be used henceforth in this document. An integral part of the present final report is a Certificate of Participation in the Proficiency Testing Program. It is unique for each participant and includes the participant's ID used in this report. The following chart shows the participation of laboratories in individual parts of the PTP.

Table 1: Participation of individual laboratories in the PTP

ID/Method	1	2	3	4	5	6	7	8
70d00a	X	X	X	X	-	-	-	-
1e30a6	X	X	X	X	-	-	-	-
bd442b	X	-	-	-	-	-	-	-

Continued on next page

Continued from previous page

ID/Method	1	2	3	4	5	6	7	8
b25fb2	X	X	X	X	-	-	-	-
48f130	X	X	-	-	-	-	-	-
9782c2	X	X	X	-	-	-	-	-

Table 2: List of participants (laboratories) – the order in the table does not correspond to the identification number in previous table

Laboratory	Address	Accreditation number
Central Regional Laboratory	Canna Road, Tabuan Jaya, Kuching, 93350, Sarawak, Malaysia	-
ENVIFORM a.s.	Průmyslová 1045, Třinec, 739 61, Česká republika	-
INSTITUT ZA GRAĐEVINARSTVO "IG" d.o.o.	Kralja Petra I Karađorđevića 92-98, Banja Luka, 78000, BiH/RS	-
Laboratoire Central des Travaux Publics-LCTP	1. rue Kaddour RAHIM- HUSSEIN DEY, ALGER, 16005, ALGERIE	-
QCONTROL s.r.o., odštěpný závod - pracoviště Rousínov	Lesní 693, Bílovice nad Svitavou, 66401, Česká republika	1737
TESScontrol, s.r.o. Oblastné Laboratórium Bratislava, Laboratórium Bratislava	Oblastné Laboratórium Bratislava, Laboratórium Bratislava, Ľubochnianska 1/A, Bratislava, 831 04, Slovenská republika	375

2 Procedures used in the Statistical Analysis of Laboratory Results

The statistical analysis is based on the following steps:

1. Evaluation of intralaboratory variabilities by Cochran's C test: If 5% or 1% critical value is exceeded, the effect of the individual observations is first considered. If the results indicate that high participant variability is caused by a single observation, this value is excluded from the experiment, but the participant is not excluded as outlying. By overcoming 1% of the critical value, the participant's results can be marked as outlying and excluded from the experiment (symbol **X**).
2. The numerical critical evaluation of the test results using Grubbs' test: By overcoming 1% critical value, the participant's results can be marked as outlying and excluded from the experiment (symbol **X**).
3. Graphical determination of the consistency of laboratories (Mandel's statistics): The exceedance of the critical values of Mandel's statistics does not indicate that the results of the laboratories concerned are wrong; it only suggests minor inconsistencies.
4. Evaluation of descriptive statistics and, if possible, taking into account the number of observations, the repeatability and reproducibility.
5. Evaluation of the assigned value.
6. The performance evaluation: The most significant outcome of the PT Program is the so-called z-score and ζ -score (zeta-score). These characteristics assess the performance of individual participants by comparing it with the assigned value and measurement uncertainties. z-score and ζ -score are compared with limit values. The resulting ζ -score values are not taken into account during the final evaluation of the performance of participants as they are to a considerable degree dependent on the values of the measurement uncertainties of the assessed institutions. The following scales are applied for the z-score values:
 - $|z\text{-score}| < 2 \Rightarrow$ shows that the laboratory performance is **satisfactory** and generates no signal – ✓.
 - $2 \leq |z\text{-score}| < 3 \Rightarrow$ shows that the laboratory performance is **questionable** and generates an action signal – **?**.
 - $|z\text{-score}| \geq 3 \Rightarrow$ shows that the laboratory performance is **unsatisfactory** and generates an action signal – **!**.

Procedures used in the statistical analysis of proficiency testing programs can be found here:
<http://ptprovider.cz/?lang=en>.

3 Conclusions of the Statistical Analysis

The present report summarizes the results of the Proficiency Testing Program Steel Testing (PT Program) organized by the PT Provider at the SZK FAST. 6 participants (laboratories) took part in the PT Program. The program focused on ordinary standardized testing of steel. The test results are evaluated separately for each testing procedure examined. An evaluation of statistical characteristics is included in the Appendix, as well as test results and graphic presentations. Testing methods can be found in part 1 of this report. Table 3 shows the evaluation of the laboratory performance according to EN ISO/IEC 17043 [3].

Table 3: Evaluation of overall performance and outliers.

✓ – satisfactory performance; ? – questionable performance; ! – unsatisfactory performance; X – outlier;

ID / Method	1	2	3	4	5	6	7	8
70d00a	X	X	!	✓	-	-	-	-
1e30a6	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
bd442b	✓	-	-	-	-	-	-	-
b25fb2	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
48f130	✓	✓	-	-	-	-	-	-
9782c2	✓	✓	✓	-	-	-	-	-

References

- [1] EN ISO 6892-1. *Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature*. 2021.
- [2] ISO 5725-2. *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*. 1997.
- [3] EN ISO/IEC 17043. *Conformity assessment - General requirements for proficiency testing*. 2010.

1 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Tensile Strength

1.1 Výsledky zkoušek

Table 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	\bar{x}	s_0	V_x
							[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]
1e30a6	636	635	634	629	622	669	15	638	16.3	2.55
b25fb2	650	647	647	646	649	654	5	649	2.9	0.45
9782c2	652	653	653	652	653	656	2	653	1.5	0.23
bd442b	652	659	654	656	661	654	5	656	3.4	0.52
48f130	663	650	663	663	663	663	-	661	5.3	0.8
70d00a	835	770	779	788	734	755	-	777	34.3	4.41

1.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot

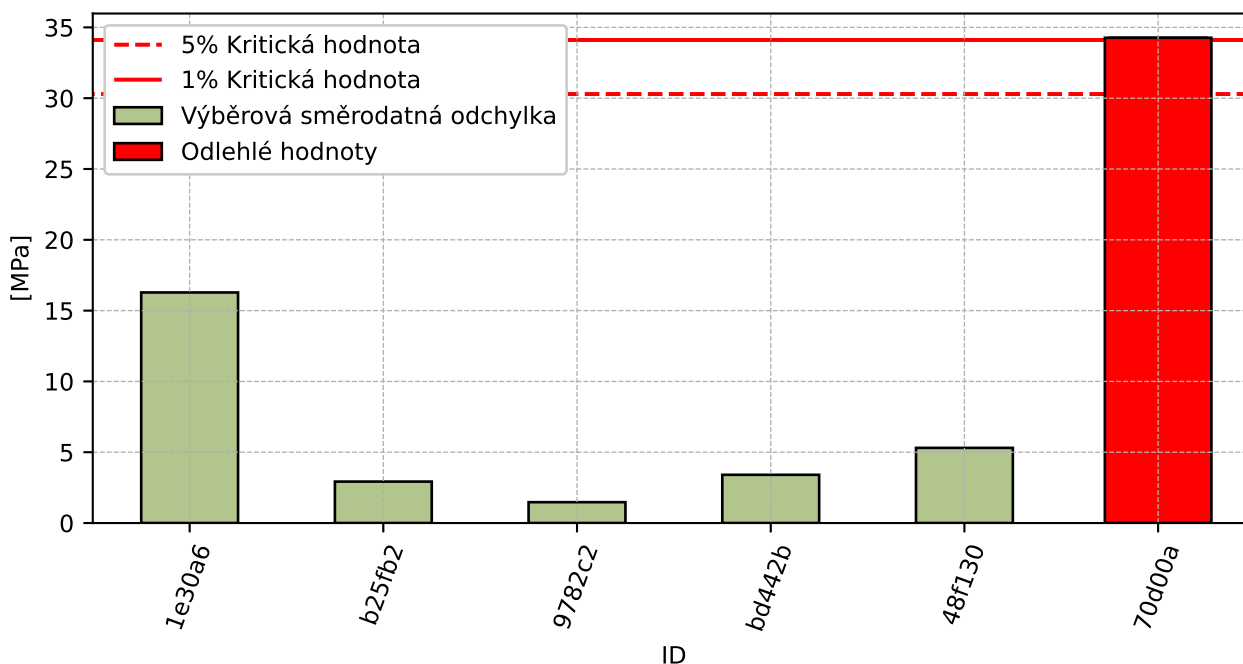


Figure 1: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek

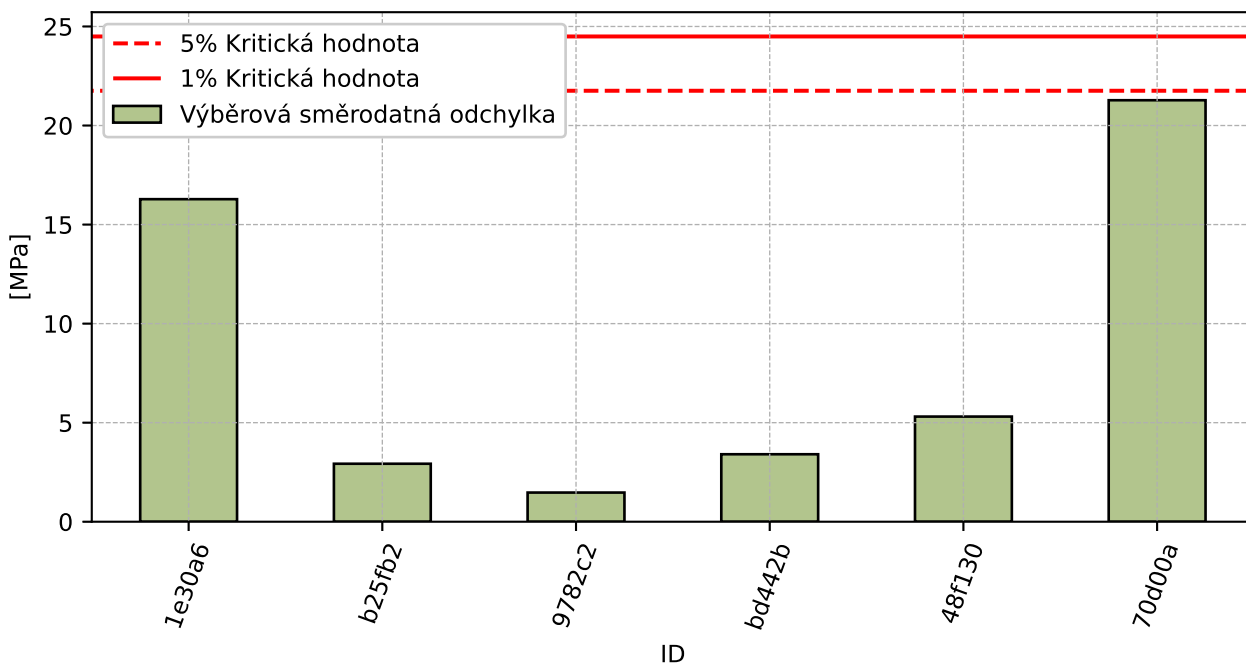


Figure 2: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehlých hodnot

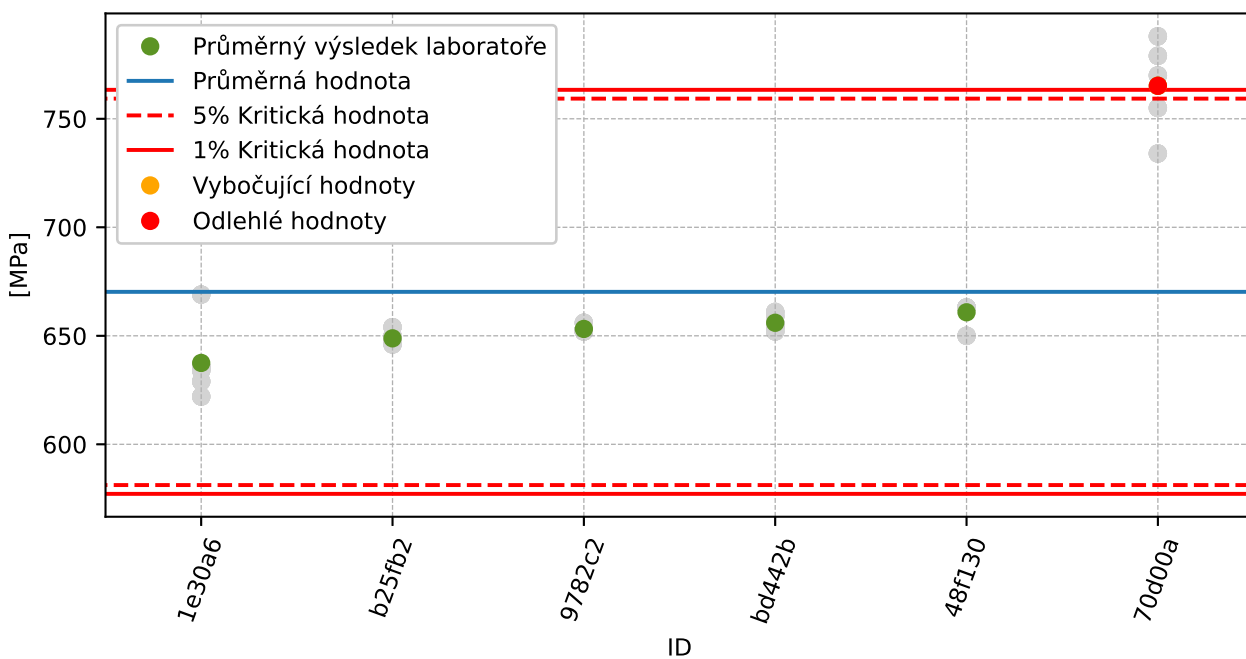


Figure 3: **Grubbsův test** – průměrné hodnoty

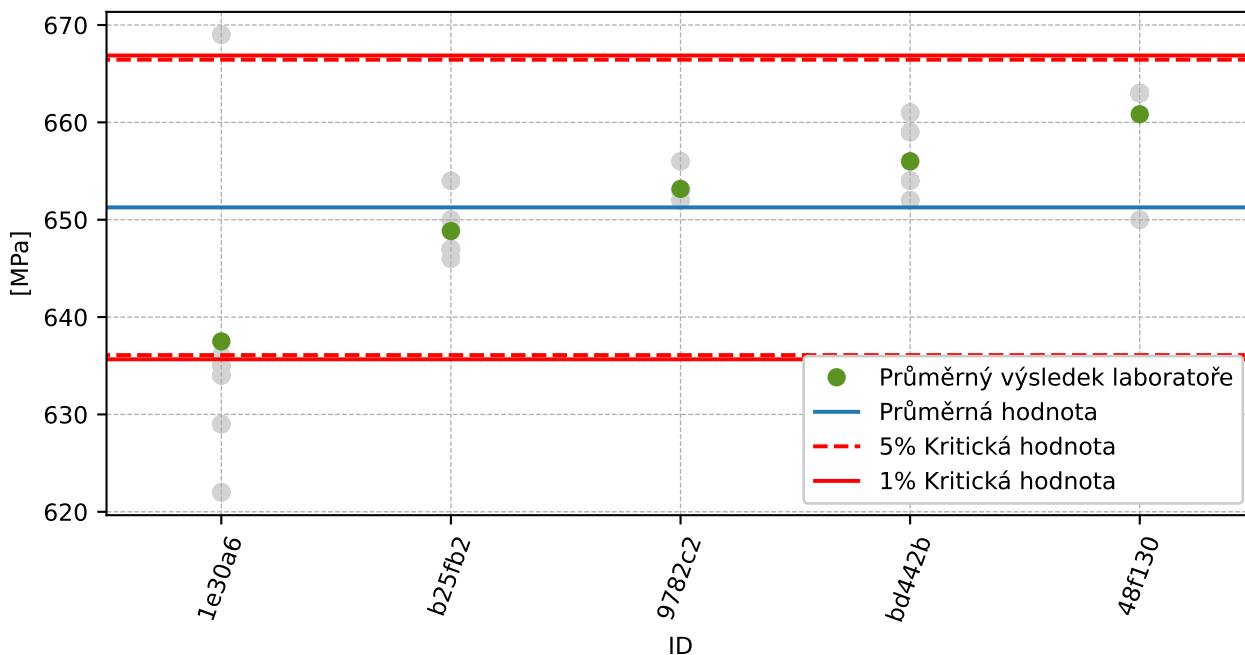


Figure 4: Grubbsův test – po vyřazení odlehlých hodnot

1.3 Mandelovy statistiky konzistence

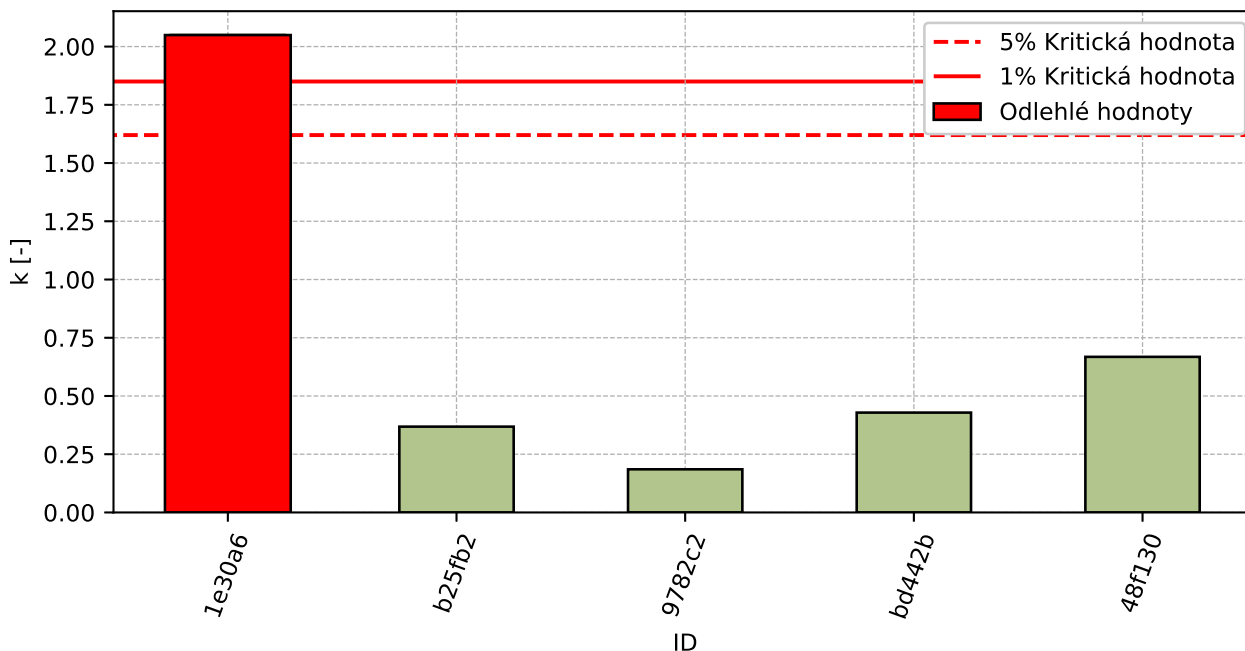


Figure 5: Vnitrolaboratorní statistika konzistence

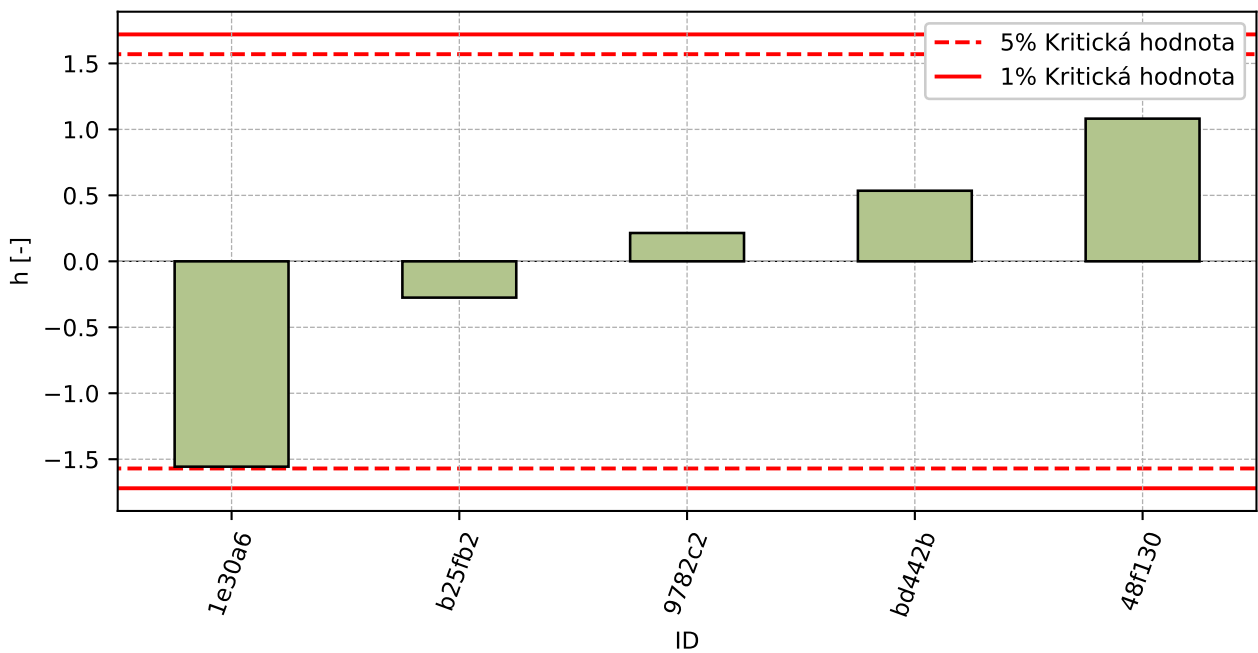


Figure 6: Mezilaboratorní statistika konzistence

1.4 Popisné statistiky

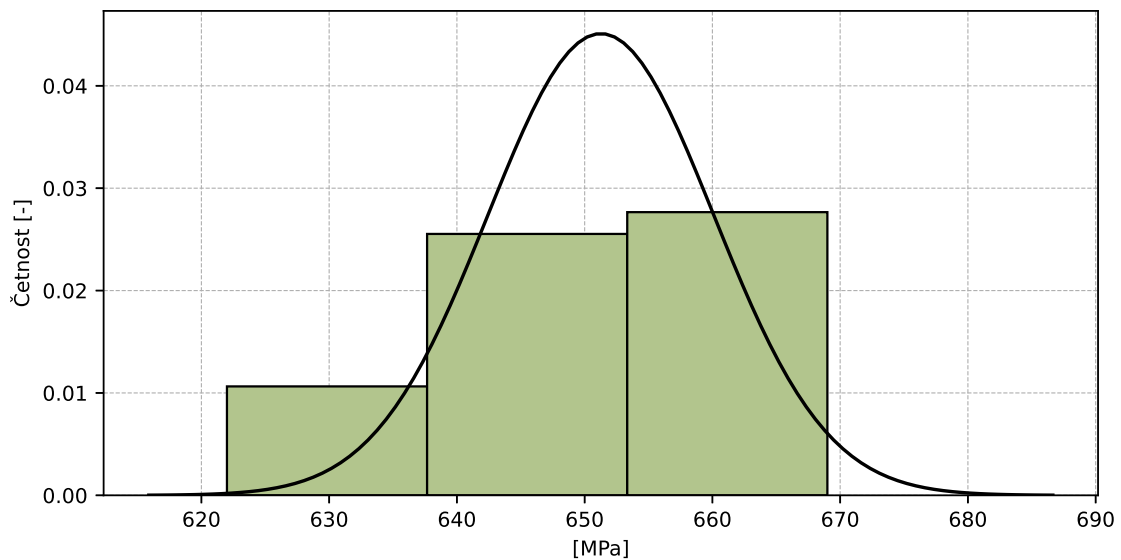


Figure 7: Histogram všech výsledků zkoušek

Table 5: Popisné statistiky

Charakteristika	[MPa]
Průměrná hodnota – \bar{x}	651
Výběrová směrodatná odchylka – s	8.8
Vztažná hodnota – x^*	651
Robustní směrodatná odchylka – s^*	8.8
Nejistota měření vztažné hodnoty – u_X	4.0
p -hodnota testu normality	0.02 [-]
Mezilaboratorní směrodatná odchylka – s_L	8.2
Směrodatná odchylka opakovatelnosti – s_r	7.9
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti – s_R	11.4
Opakovatelnost – r	22
Reprodukovatelnost – R	32

1.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků

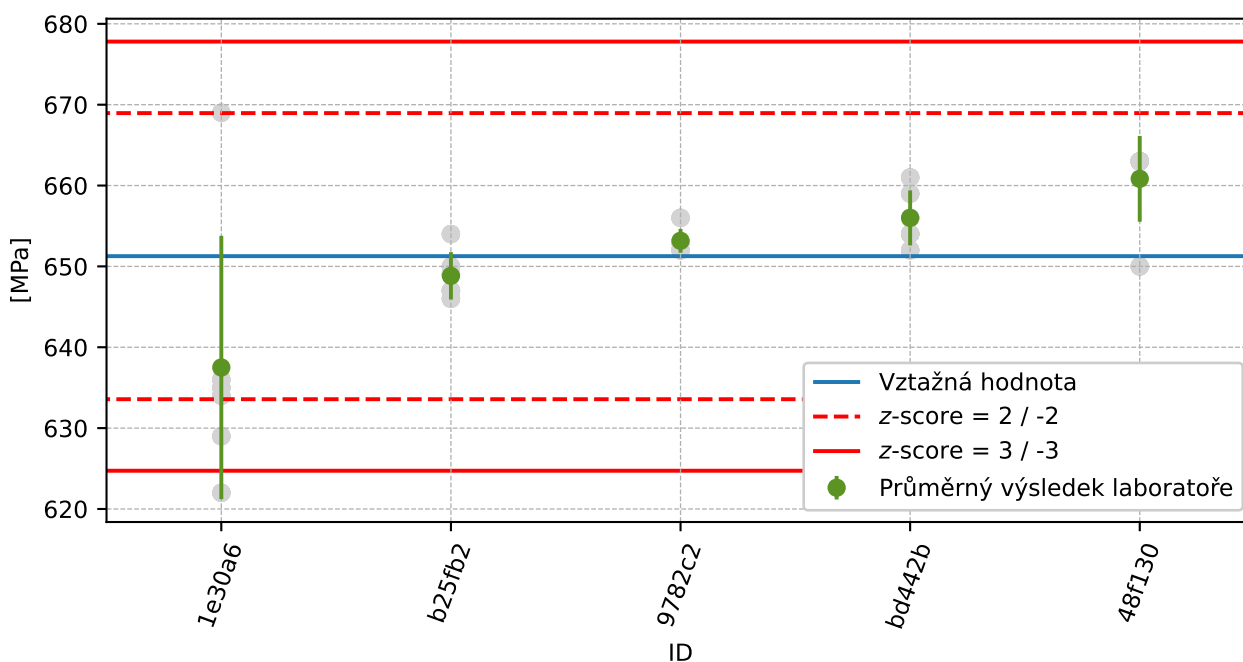


Figure 8: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

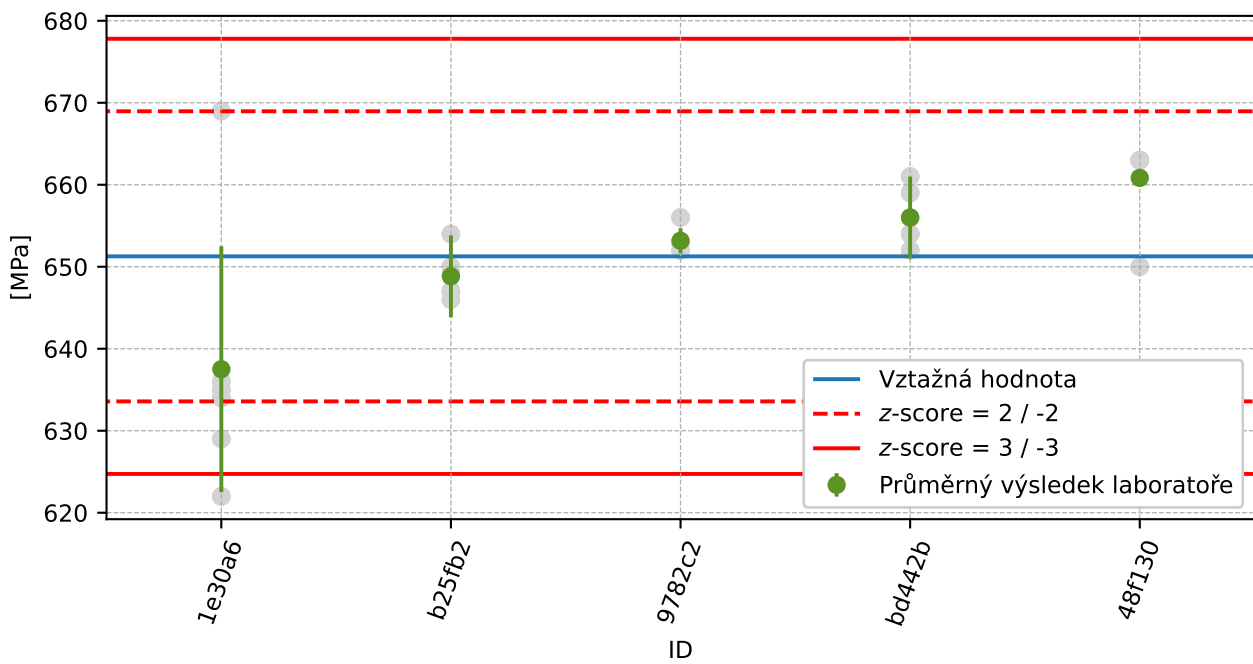


Figure 9: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření

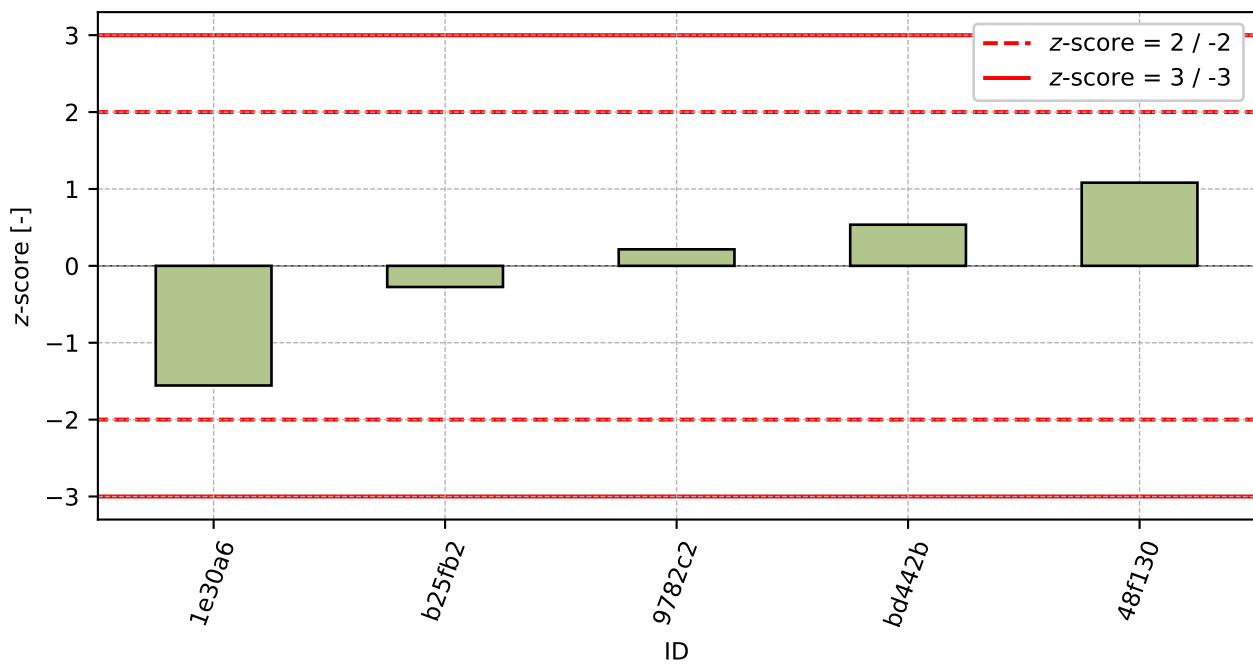


Figure 10: z-score

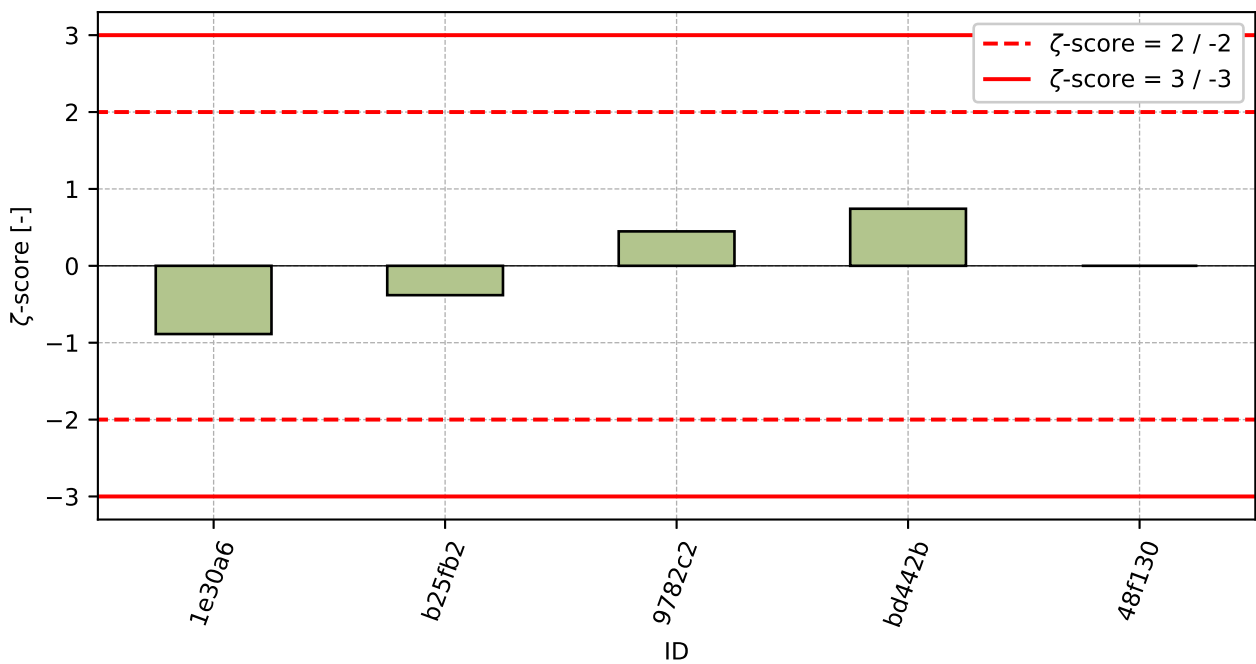


Figure 11: ζ -score

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

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
1e30a6	-1.56	-0.89
b25fb2	-0.28	-0.38
9782c2	0.21	0.45
bd442b	0.54	0.74
48f130	1.08	-

2 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Yield Strength

2.1 Výsledky zkoušek

Table 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 [MPa]	\bar{x} [MPa]	s_0 [MPa]	V_x [%]
1e30a6	521	519	518	512	519	551	14	523	13.9	2.66
9782c2	538	537	535	542	535	540	2	538	2.8	0.52
b25fb2	540	535	537	536	540	543	5	538	3.0	0.56
48f130	544	540	539	542	542	543	-	542	1.9	0.34
70d00a	715	615	654	658	598	631	-	645	41.1	6.37

2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

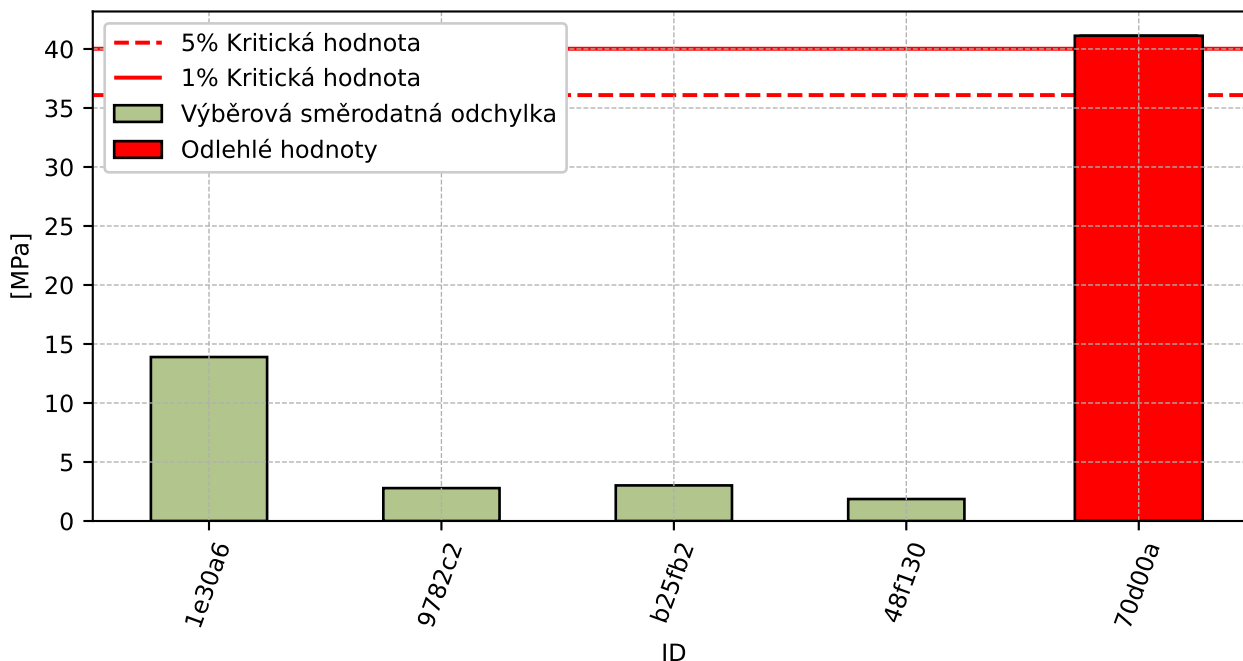


Figure 12: Cochranův test - graf výběrových směrodatných odchylek

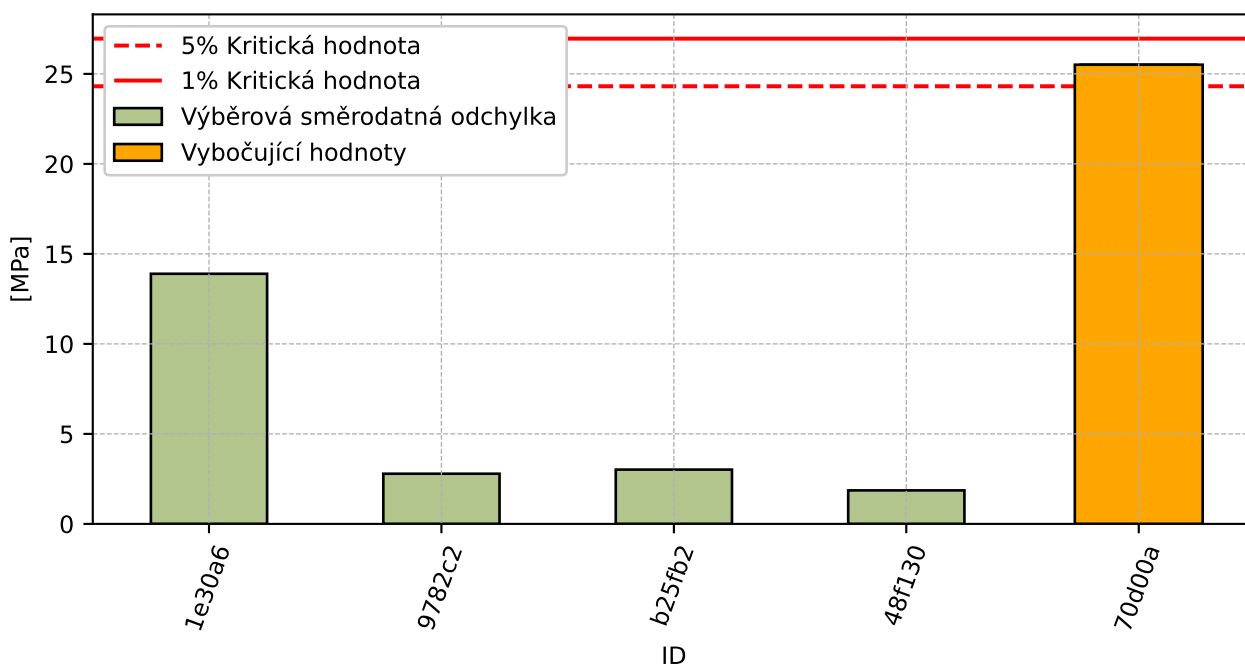


Figure 13: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehých hodnot

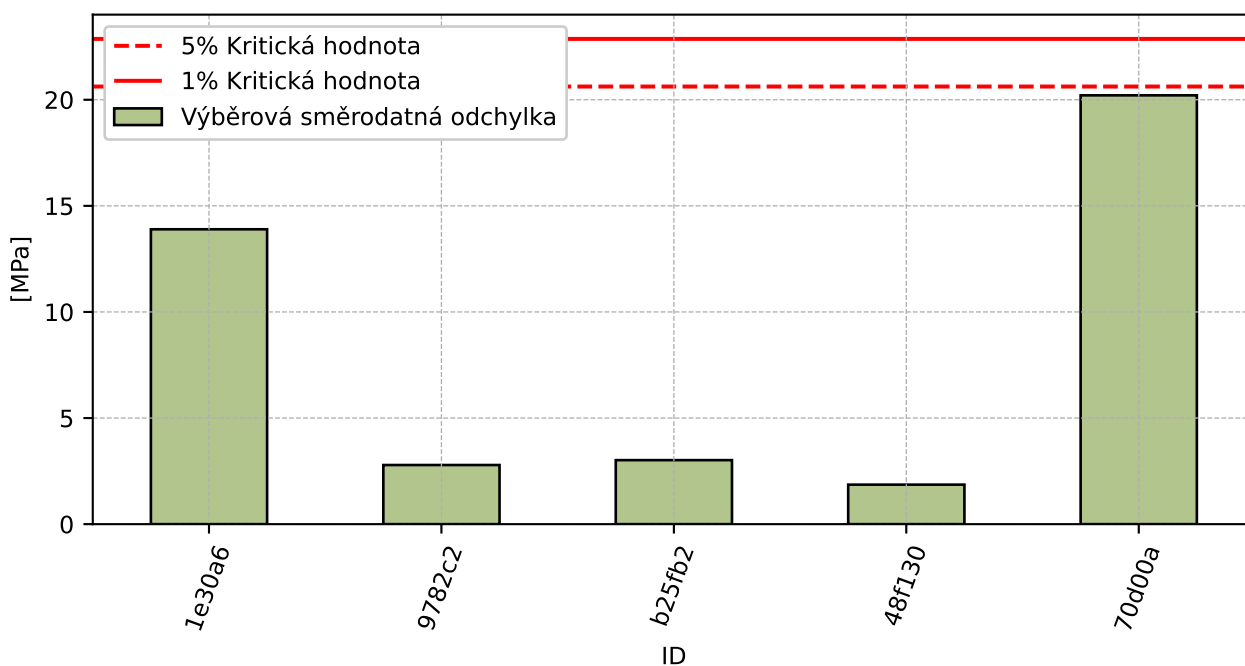


Figure 14: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehých hodnot

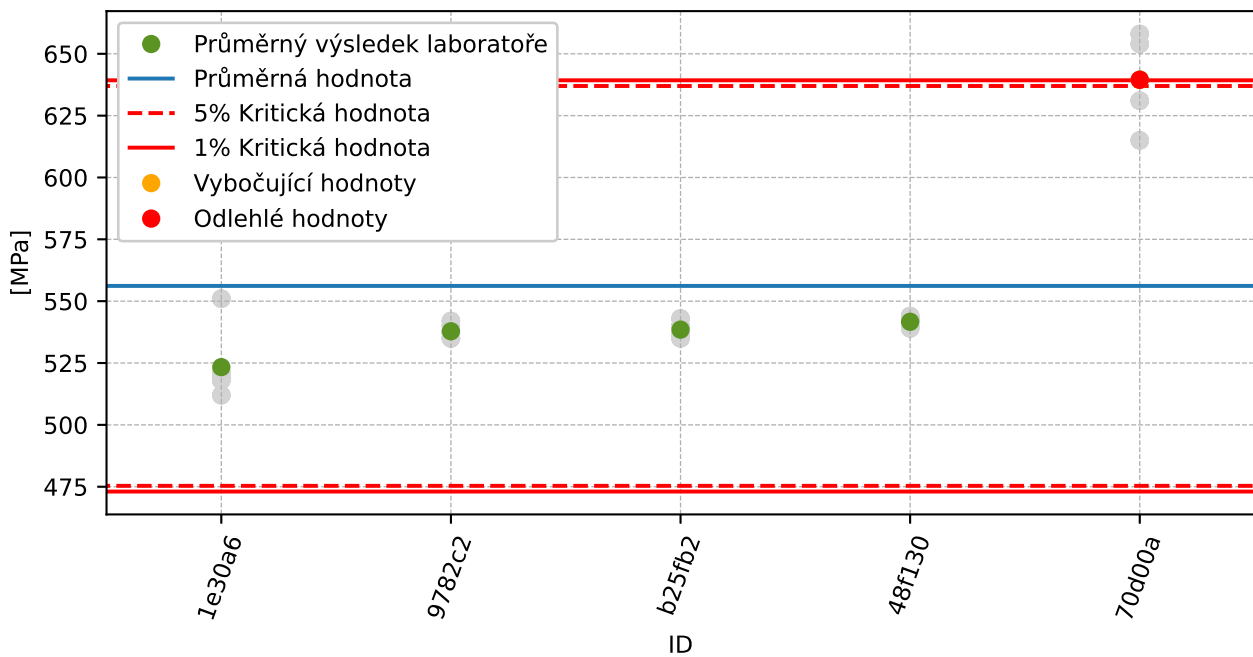


Figure 15: **Grubbsův test** – průměrné hodnoty

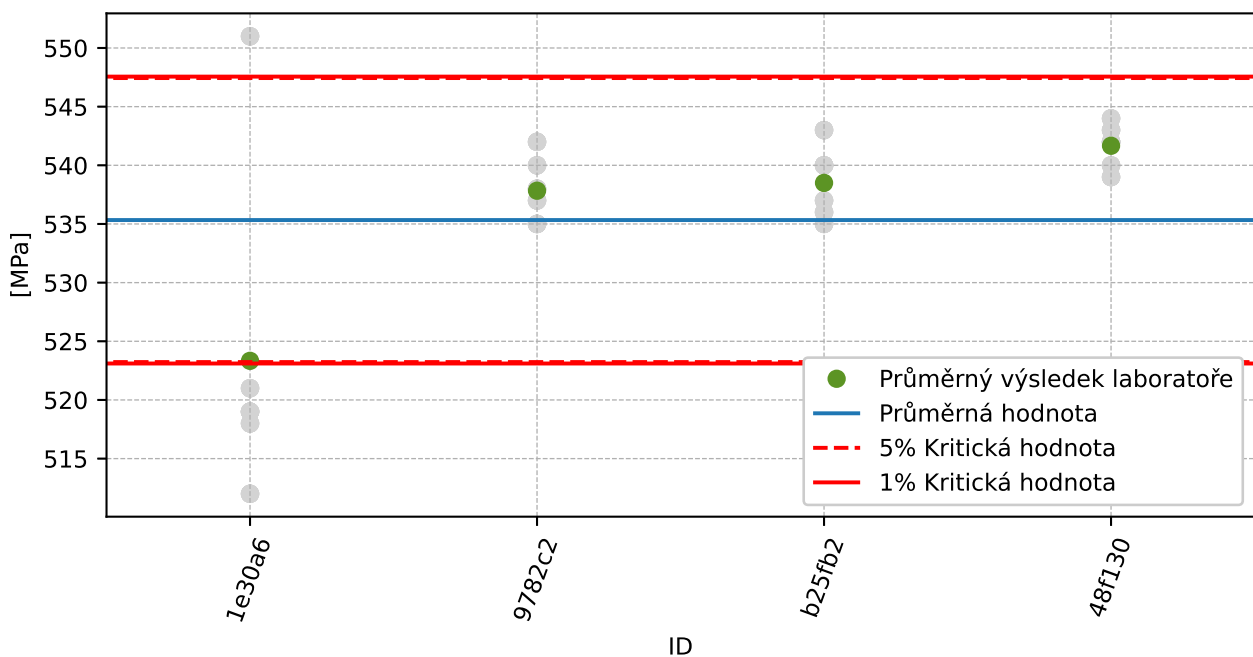


Figure 16: **Grubbsův test** – po vyřazení odlehlých hodnot

2.3 Mandelovy statistiky konzistence

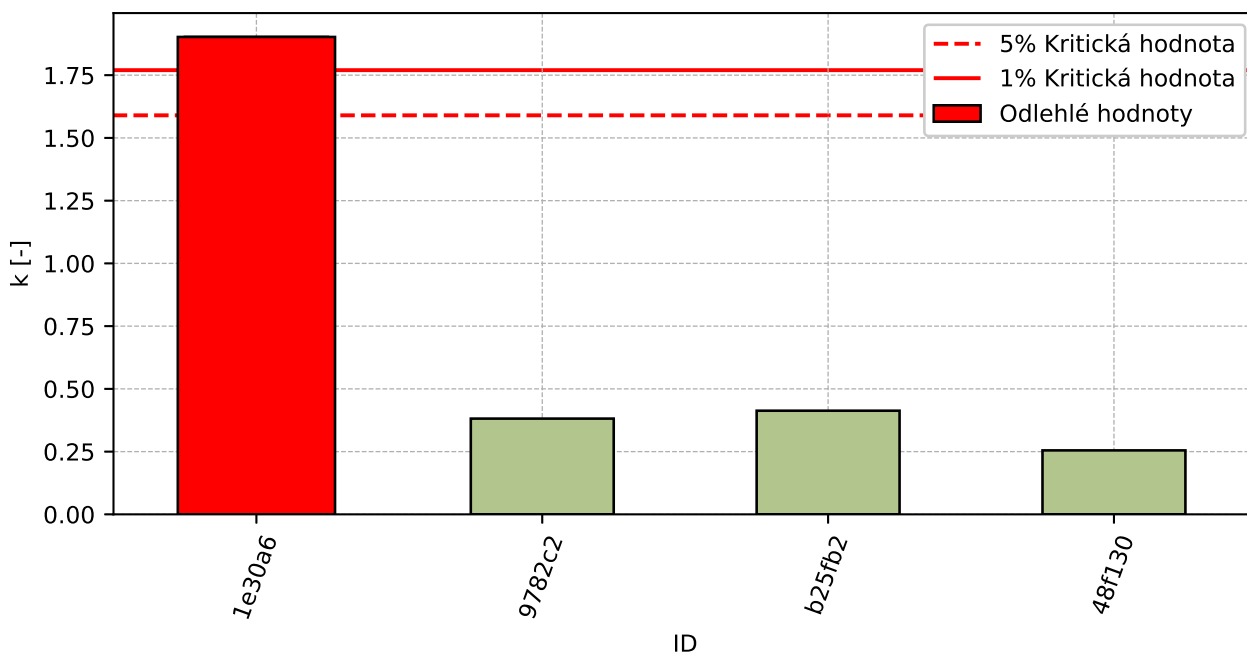


Figure 17: Vnitrolaboratorní statistika konzistence

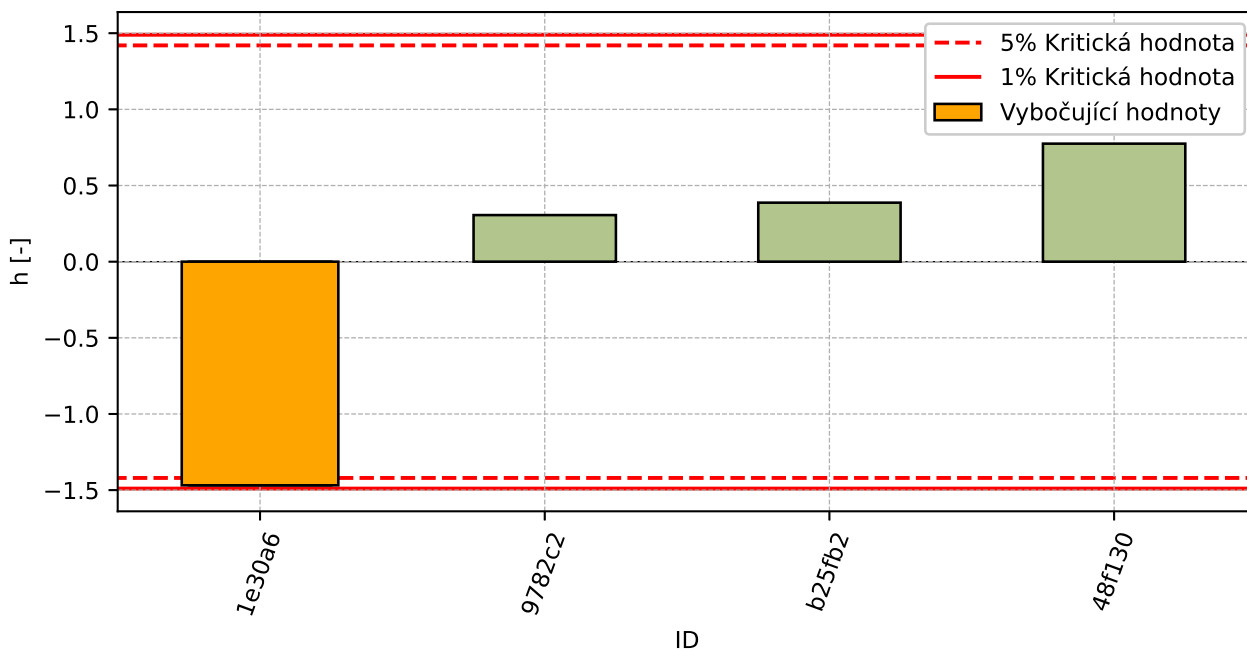


Figure 18: Mezilaboratorní statistika konzistence

2.4 Popisné statistiky

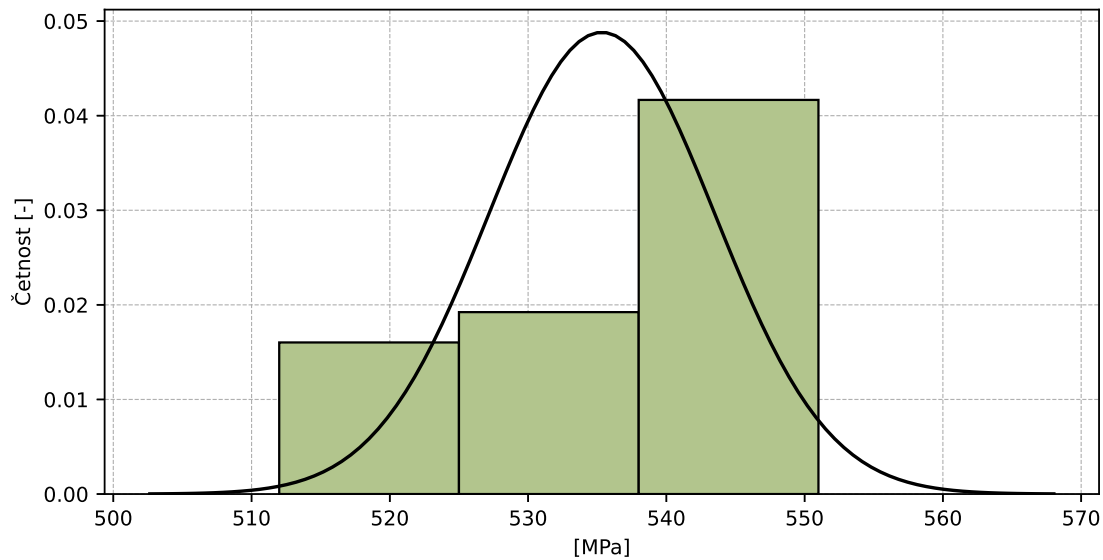


Figure 19: Histogram všech výsledků zkoušek

Table 8: Popisné statistiky

Charakteristika	[MPa]
Průměrná hodnota – \bar{x}	535
Výběrová směrodatná odchylka – s	8.2
Vztažná hodnota – x^*	535
Robustní směrodatná odchylka – s^*	8.2
Nejistota měření vztažné hodnoty – u_x	4.1
p -hodnota testu normality	0.001 [-]
Mezilaboratorní směrodatná odchylka – s_L	7.6
Směrodatná odchylka opakovatelnosti – s_r	7.3
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti – s_R	10.5
Opakovatelnost – r	20
Reprodukovatelnost – R	30

2.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků

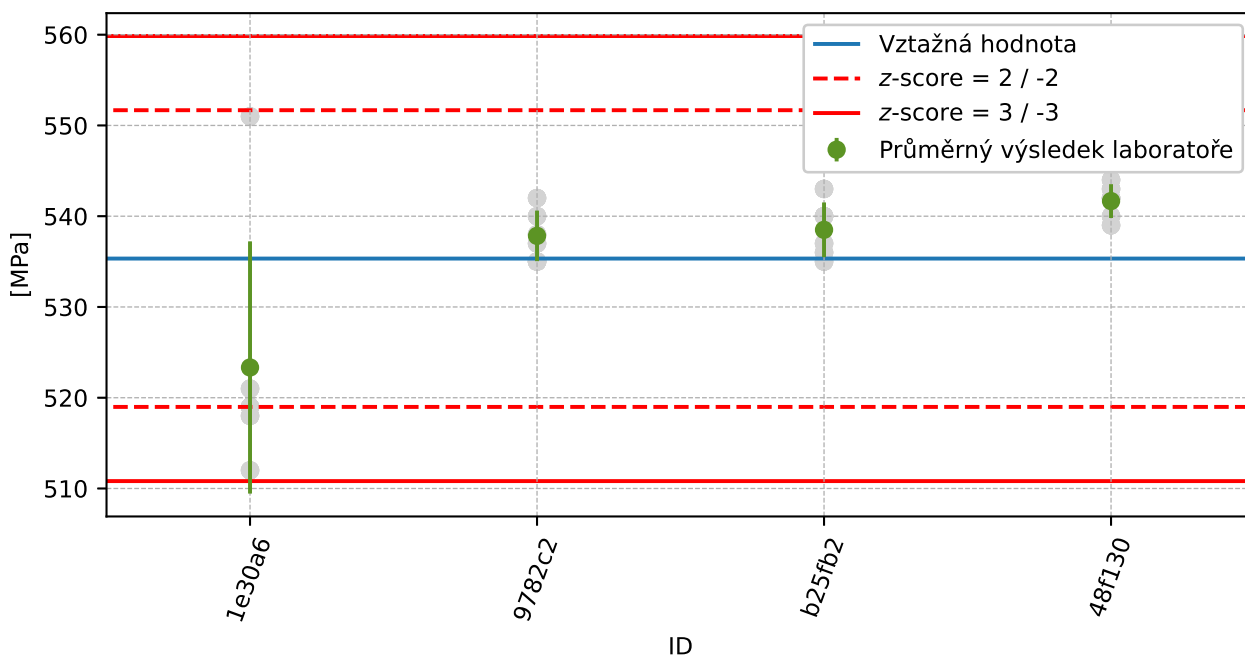


Figure 20: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

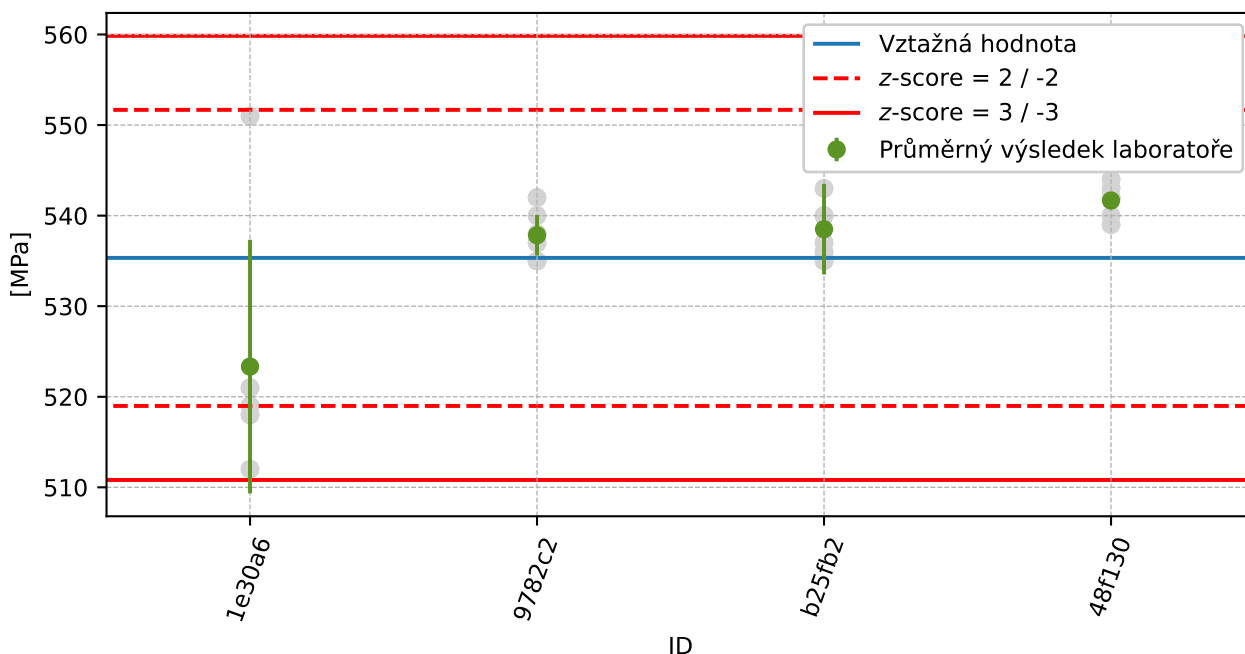


Figure 21: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření

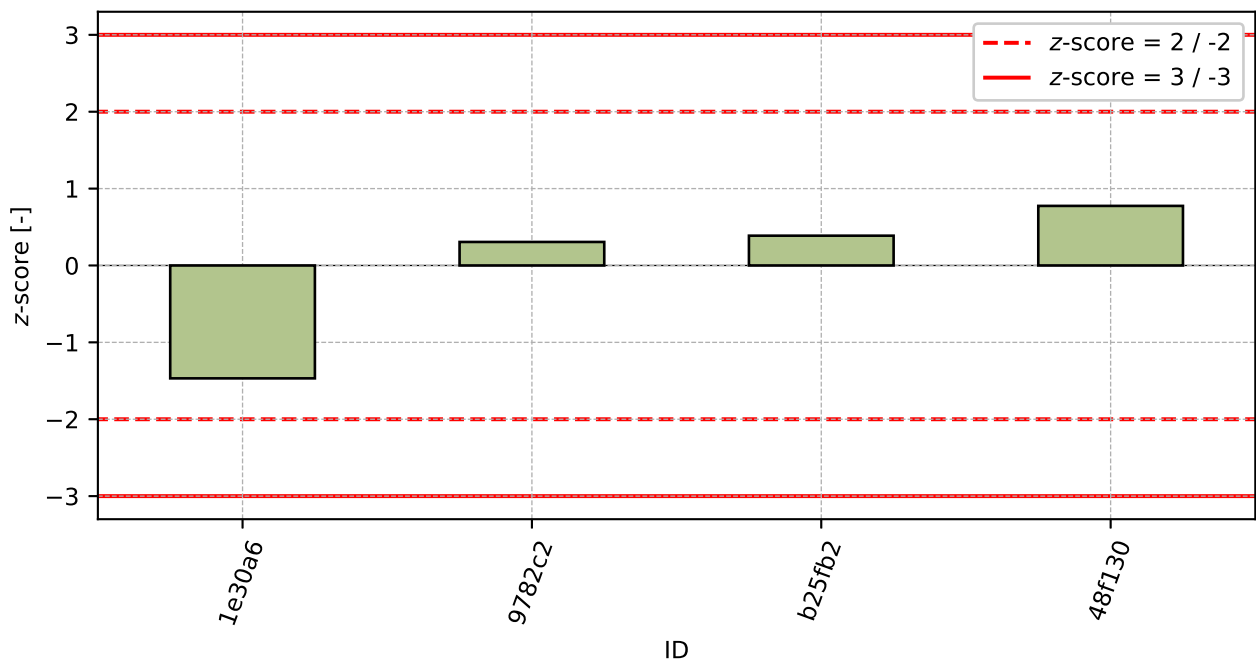


Figure 22: z-score

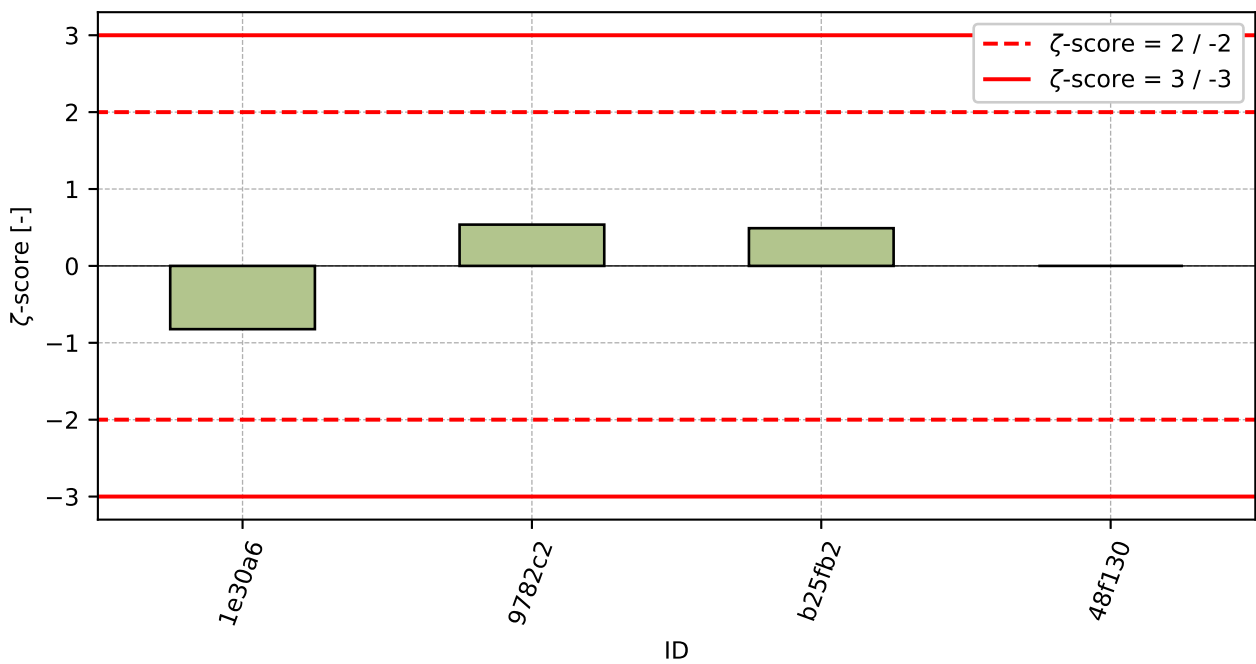


Figure 23: ζ-score

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

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
1e30a6	-1.47	-0.82
9782c2	0.31	0.54
b25fb2	0.39	0.49
48f130	0.77	-

3 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Elongation

3.1 Výsledky zkoušek

Table 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 [%]
70d00a	6.5	6.5	6.8	6.5	6.4	6.8	-	6.6	0.17	2.62
1e30a6	21.0	23.0	19.0	18.0	19.0	24.0	2.0	20.7	2.42	11.72
b25fb2	22.0	23.0	23.0	25.0	20.0	20.0	0.5	22.2	1.94	8.76
9782c2	21.8	21.8	22.0	24.0	23.6	23.6	0.1	22.8	1.04	4.54

3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

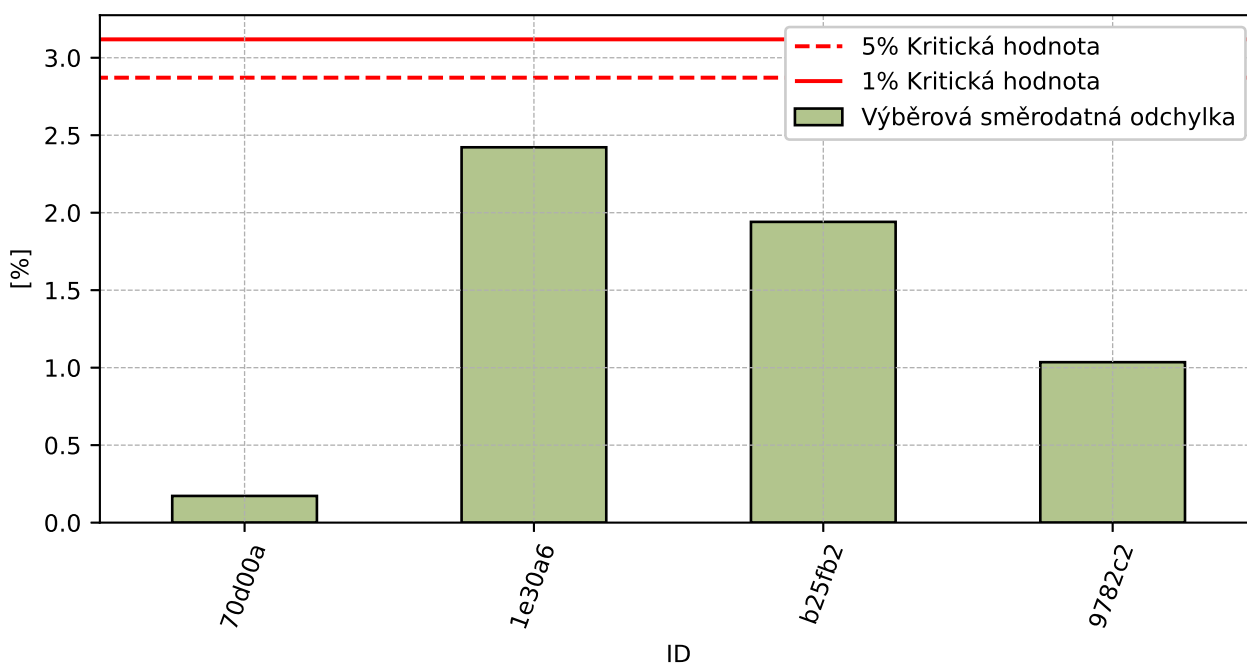


Figure 24: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek

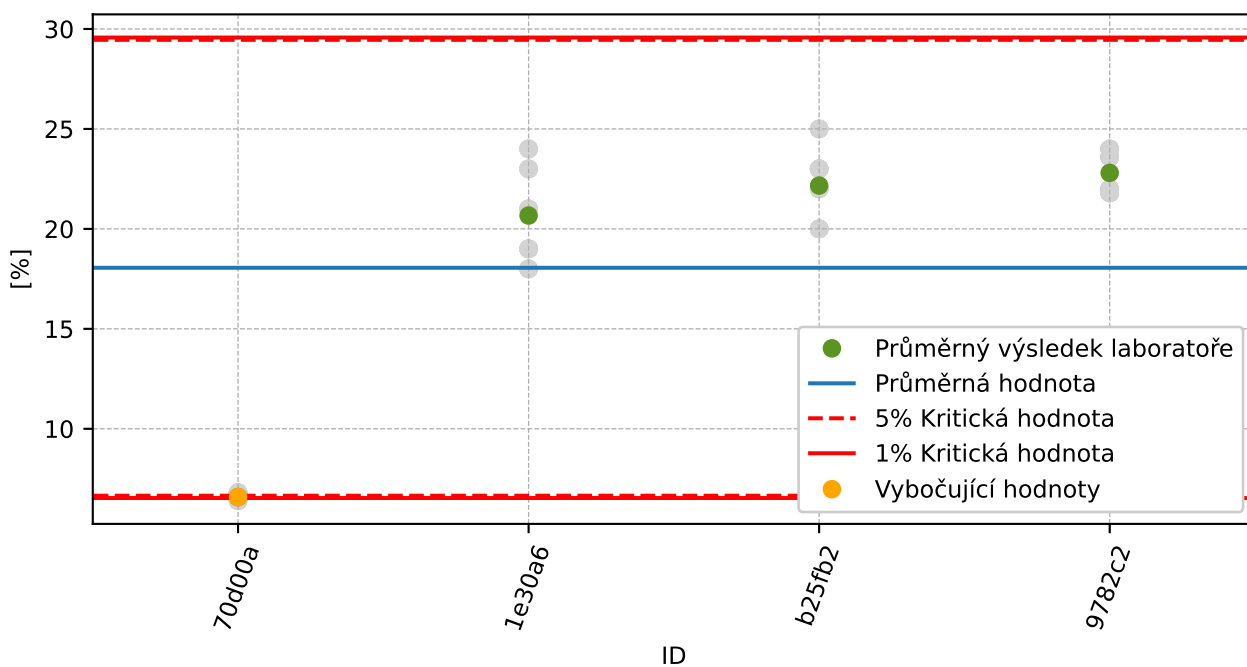


Figure 25: Grubbsův test - průměrné hodnoty

3.3 Mandelovy statistiky konzistence

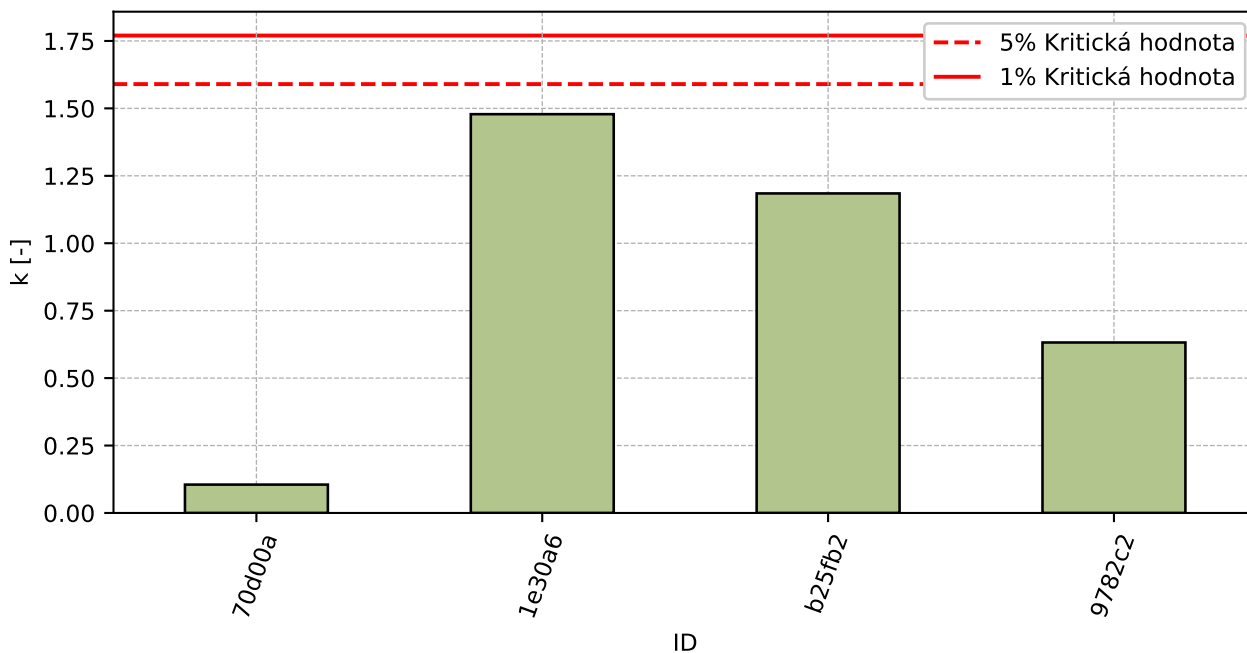


Figure 26: Vnitrolaboratorní statistika konzistence

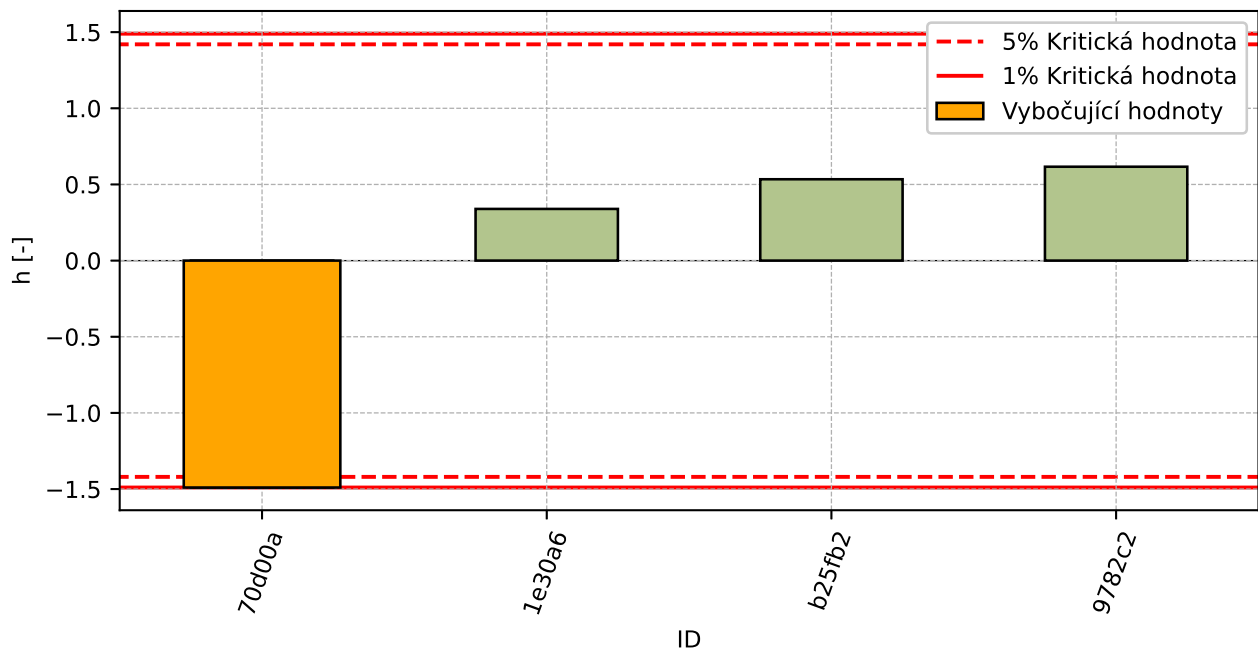


Figure 27: Mezilaboratorní statistika konzistence

3.4 Popisné statistiky

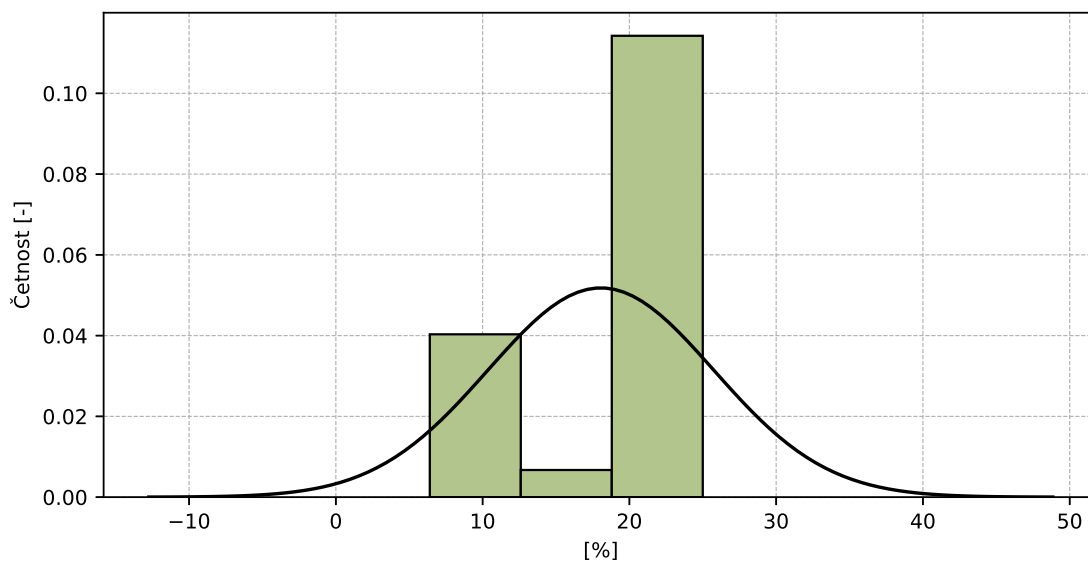


Figure 28: Histogram všech výsledků zkoušek

Table 11: Popisné statistiky

Charakteristika	[%]
Průměrná hodnota – \bar{x}	18.1
Výběrová směrodatná odchylka – s	7.7
Vztažná hodnota – x^*	21.2
Robustní směrodatná odchylka – s^*	1.65
Nejistota měření vztažné hodnoty – u_X	1.03
p -hodnota testu normality	0.0 [-]
Mezilaboratorní směrodatná odchylka – s_L	7.67
Směrodatná odchylka opakovatelnosti – s_r	1.64
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti – s_R	7.84
Opakovatelnost – r	4.6
Reprodukovatelnost – R	22.0

3.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků

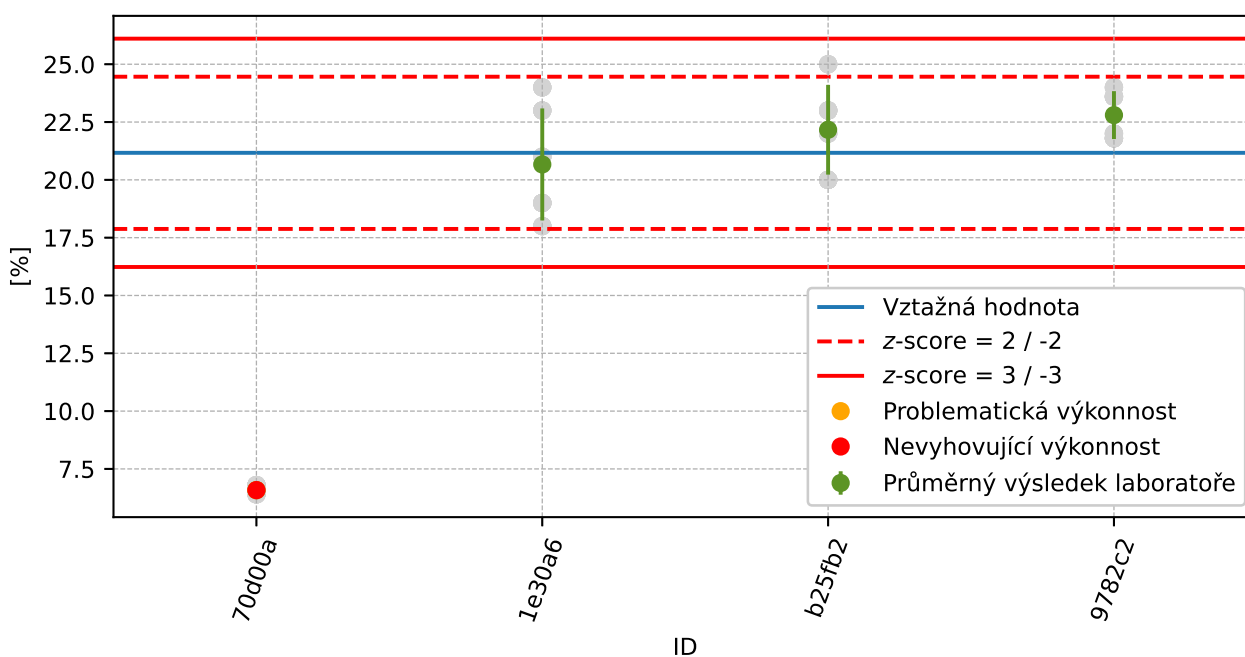


Figure 29: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

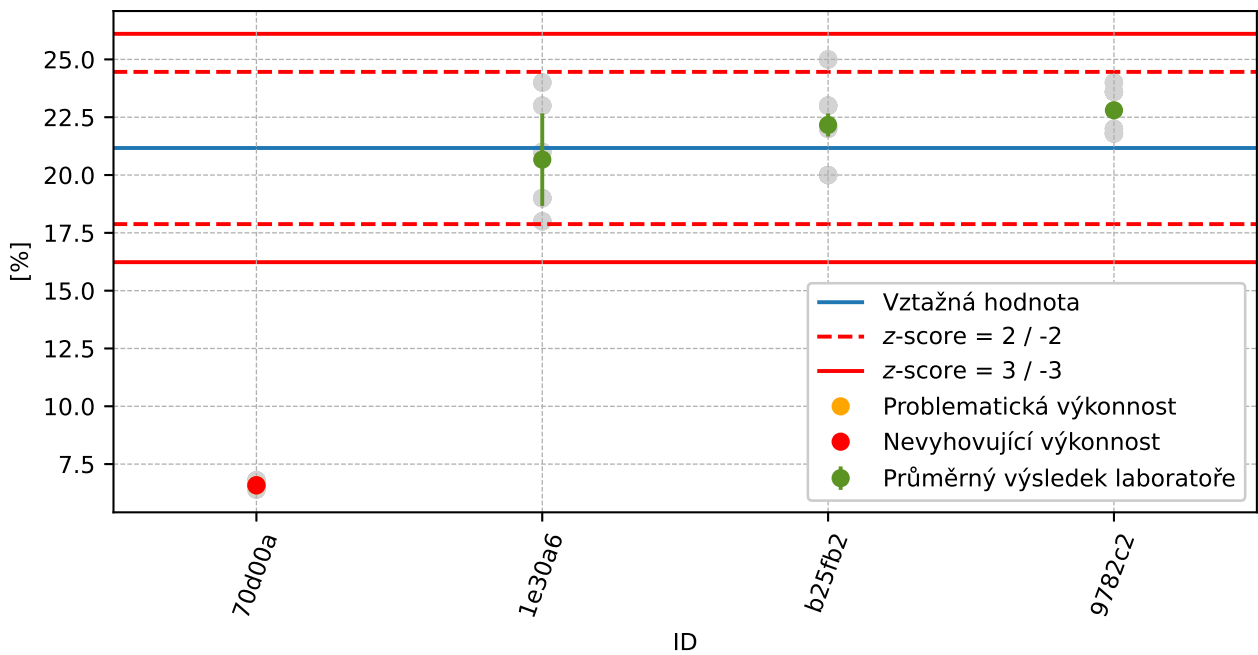


Figure 30: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření

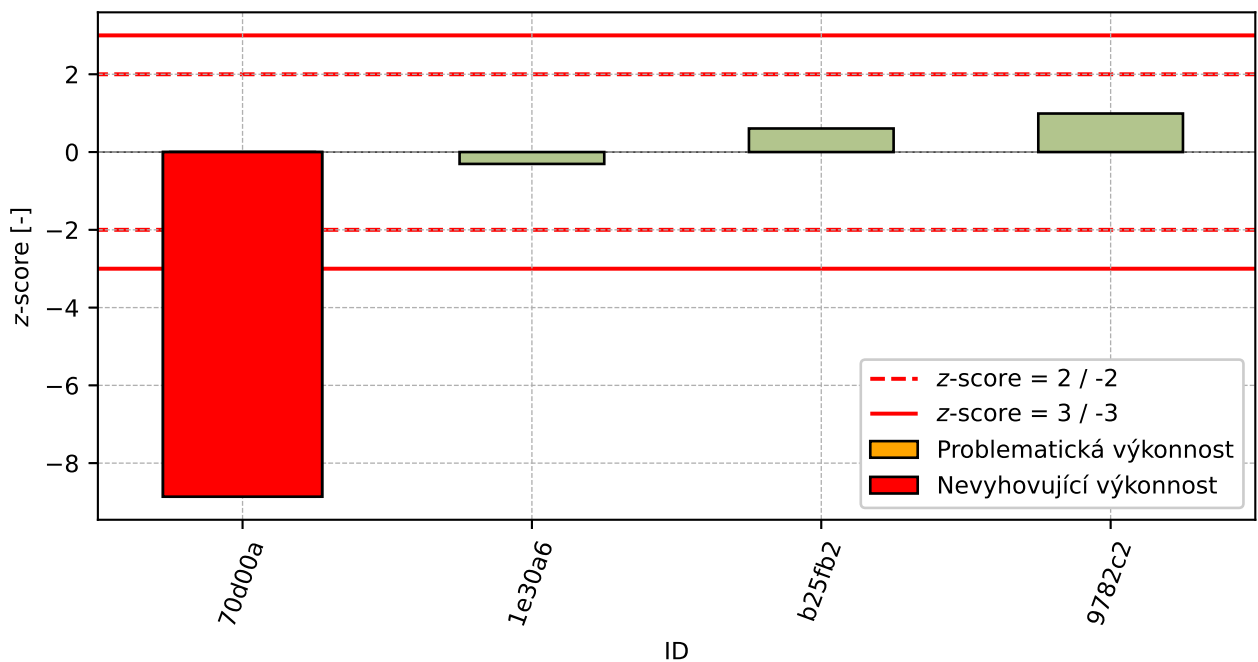


Figure 31: z-score

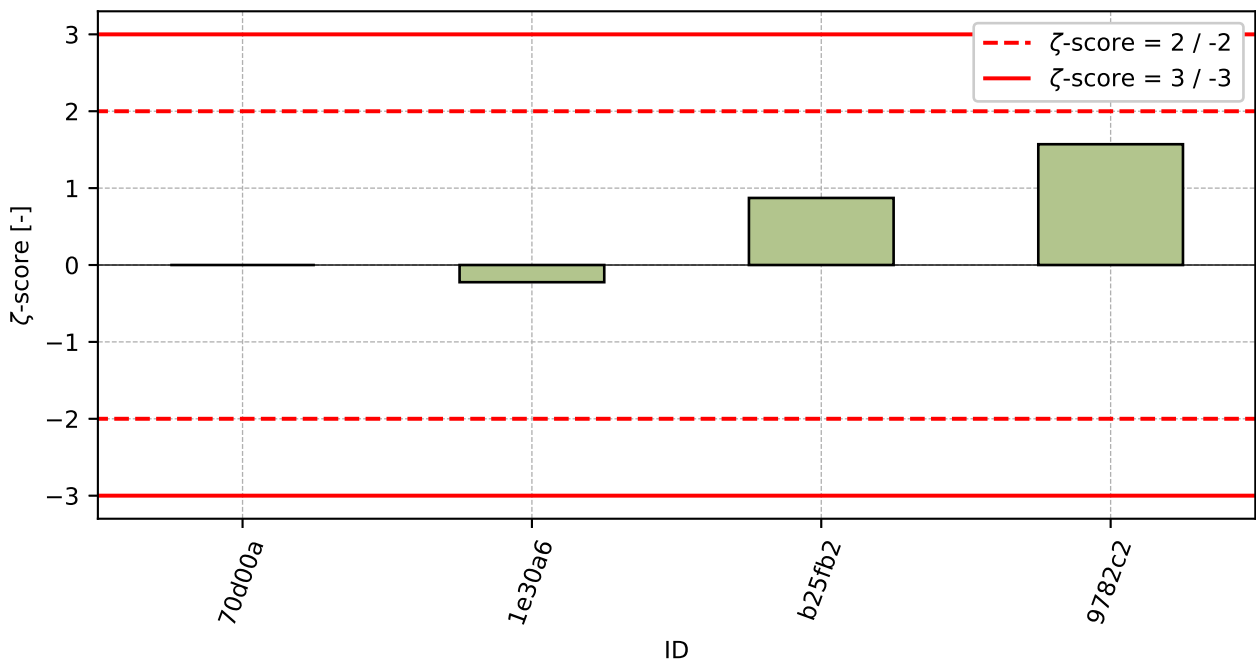


Figure 32: ζ -score

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

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
70d00a	-8.86	-
1e30a6	-0.31	-0.22
b25fb2	0.61	0.87
9782c2	0.99	1.57

4 Appendix – Testing of Concrete Reinforcement B500B – EN ISO 6892-1 – Contraction

4.1 Výsledky zkoušek

Table 13: 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 [%]
b25fb2	15	12	14	13	13	15	0.5	13.7	1.21	8.86
1e30a6	33	37	41	39	33	33	3.4	36.0	3.52	9.78
70d00a	47	43	51	42	49	47	-	46.5	3.45	7.42

4.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot

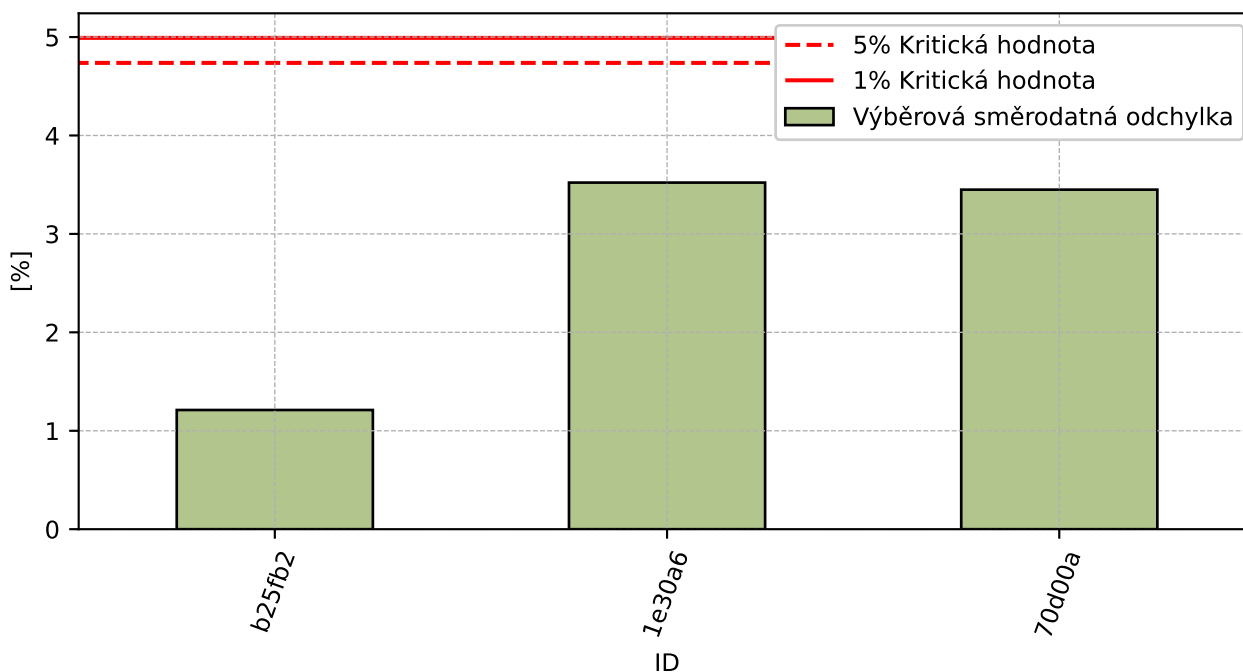


Figure 33: Cochranův test - graf výběrových směrodatných odchylek

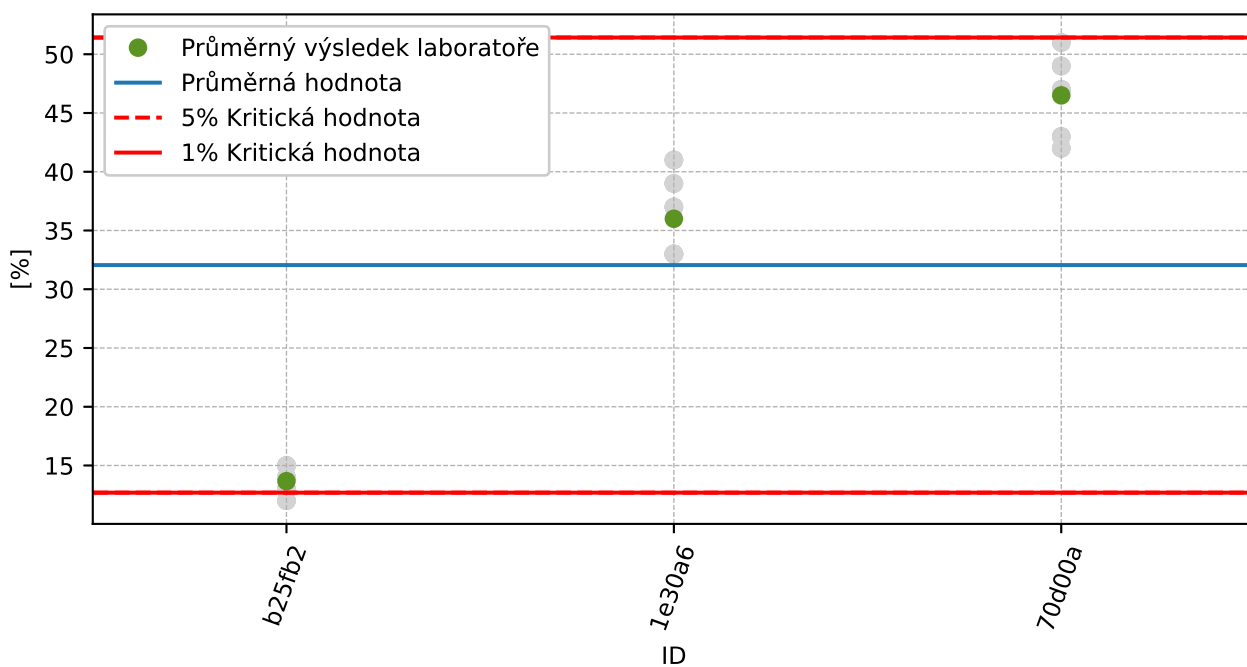


Figure 34: **Grubbsův test** – průměrné hodnoty

4.3 Mandelovy statistiky konzistence

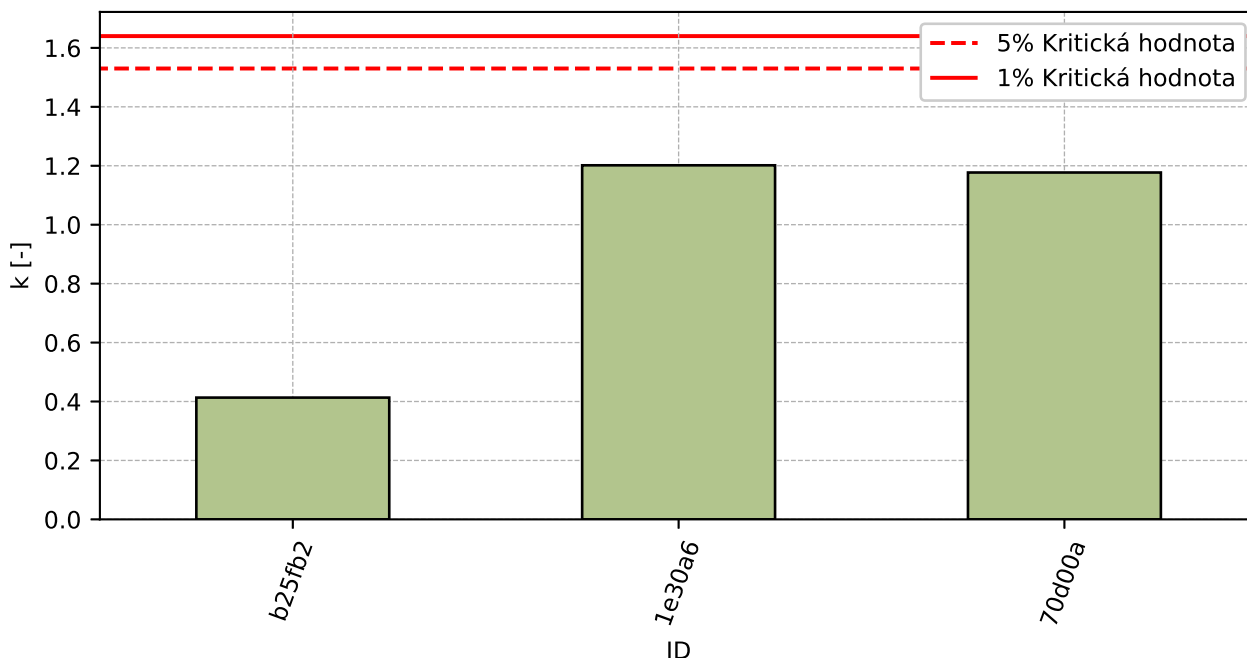


Figure 35: Vnitrolaboratorní statistika konzistence

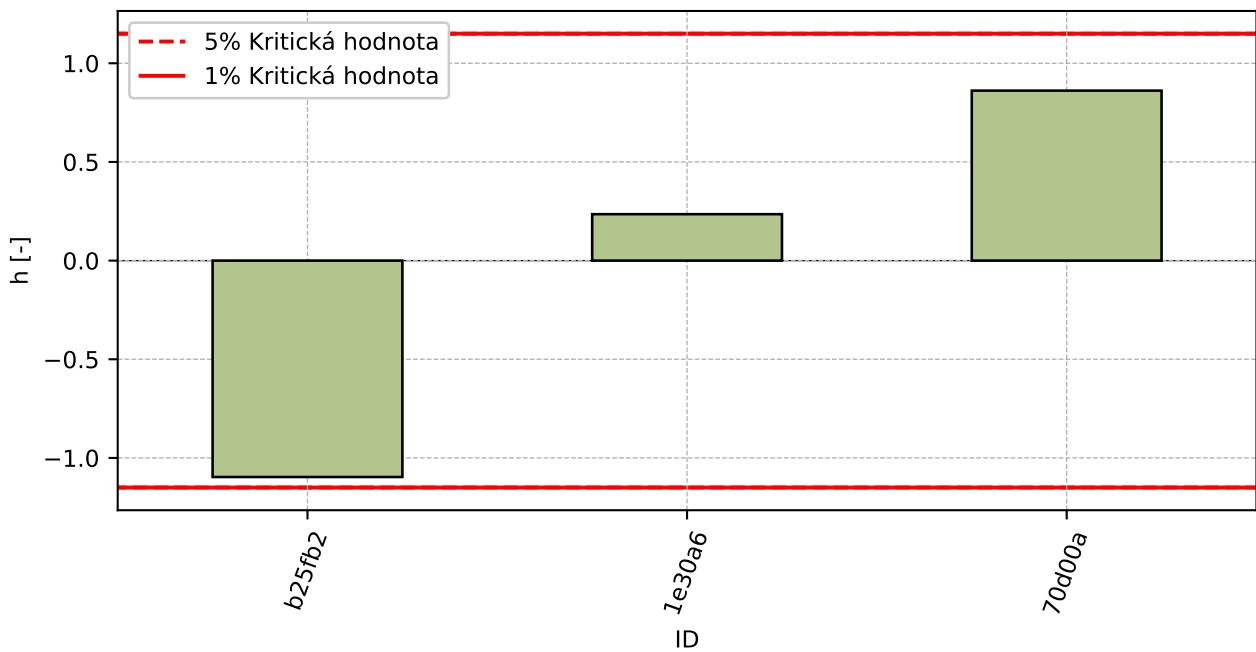


Figure 36: Mezilaboratorní statistika konzistence

4.4 Popisné statistiky

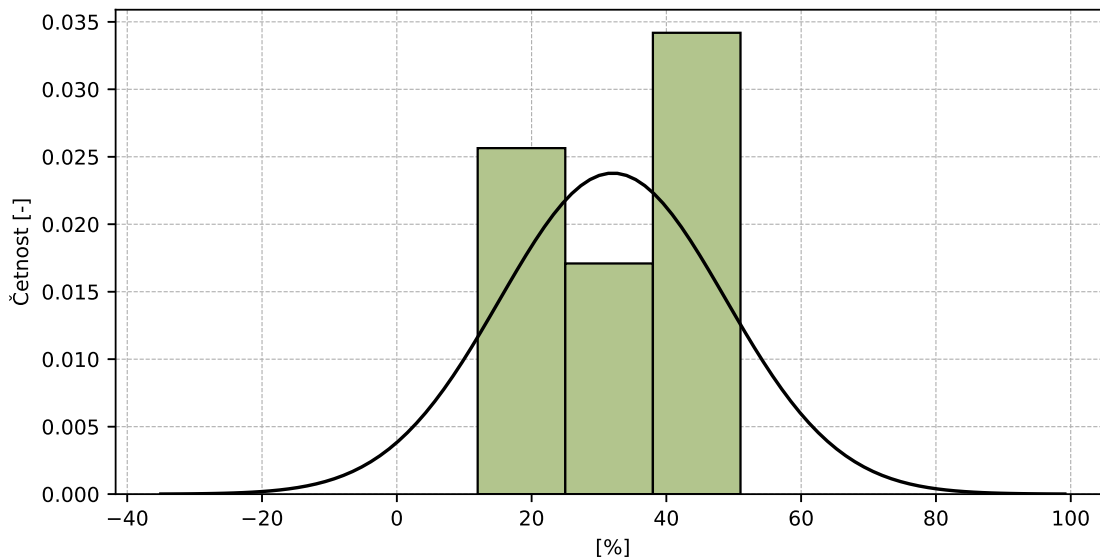


Figure 37: Histogram všech výsledků zkoušek

Table 14: Popisné statistiky

Charakteristika	[%]
Průměrná hodnota – \bar{x}	32.1
Výběrová směrodatná odchylka – s	16.77
Vztažná hodnota – x^*	32.1
Robustní směrodatná odchylka – s^*	15.53
Nejistota měření vztažné hodnoty – u_X	11.2
p -hodnota testu normality	0.012 [-]
Mezilaboratorní směrodatná odchylka – s_L	16.73
Směrodatná odchylka opakovatelnosti – s_r	2.93
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti – s_R	16.98
Opakovatelnost – r	8.2
Reprodukovatelnost – R	47.5

4.5 Vyhodnocení výkonnosti účastníků

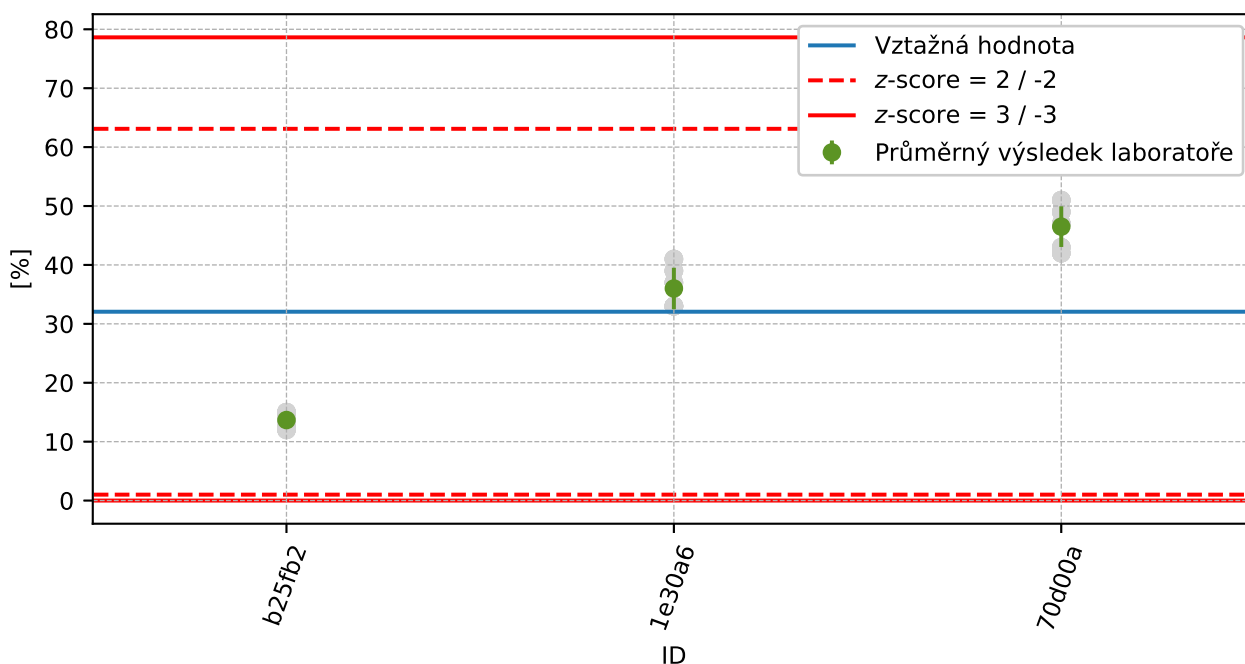


Figure 38: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

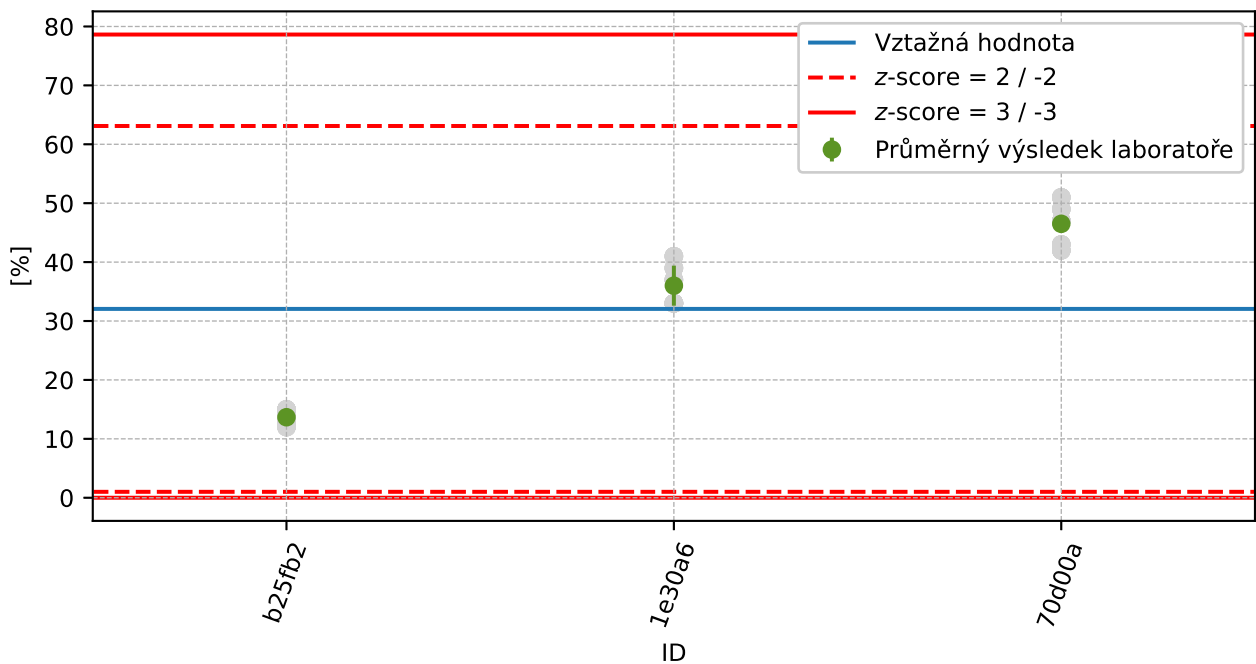


Figure 39: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření

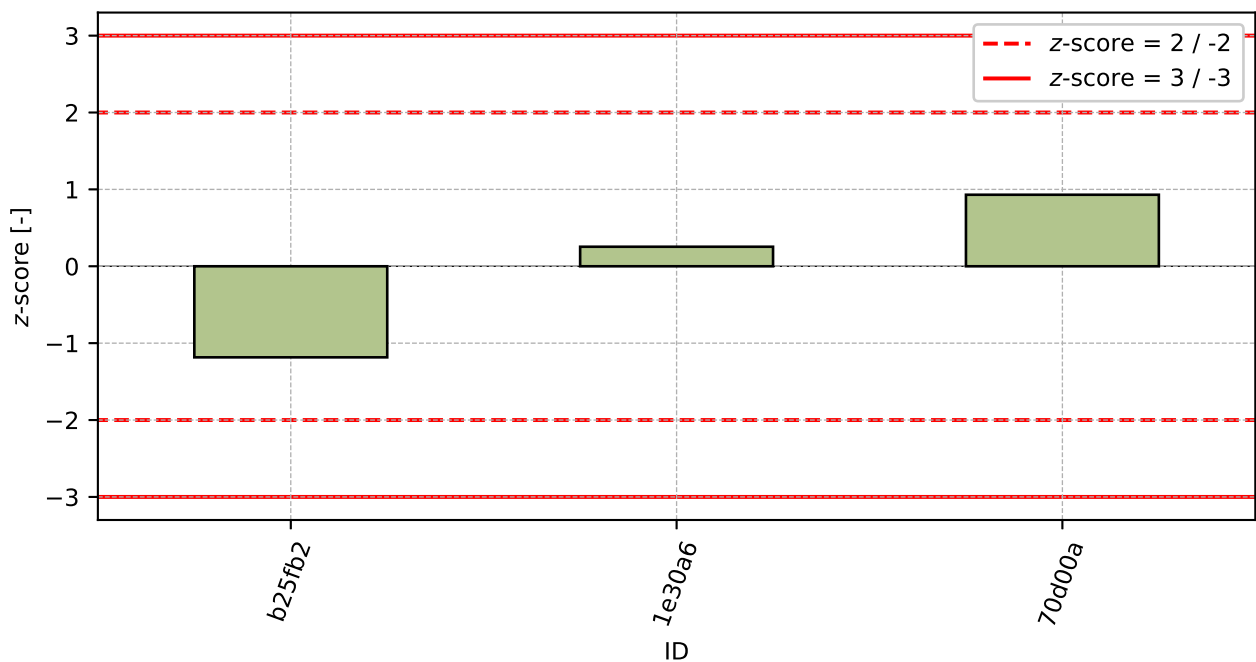


Figure 40: z-score

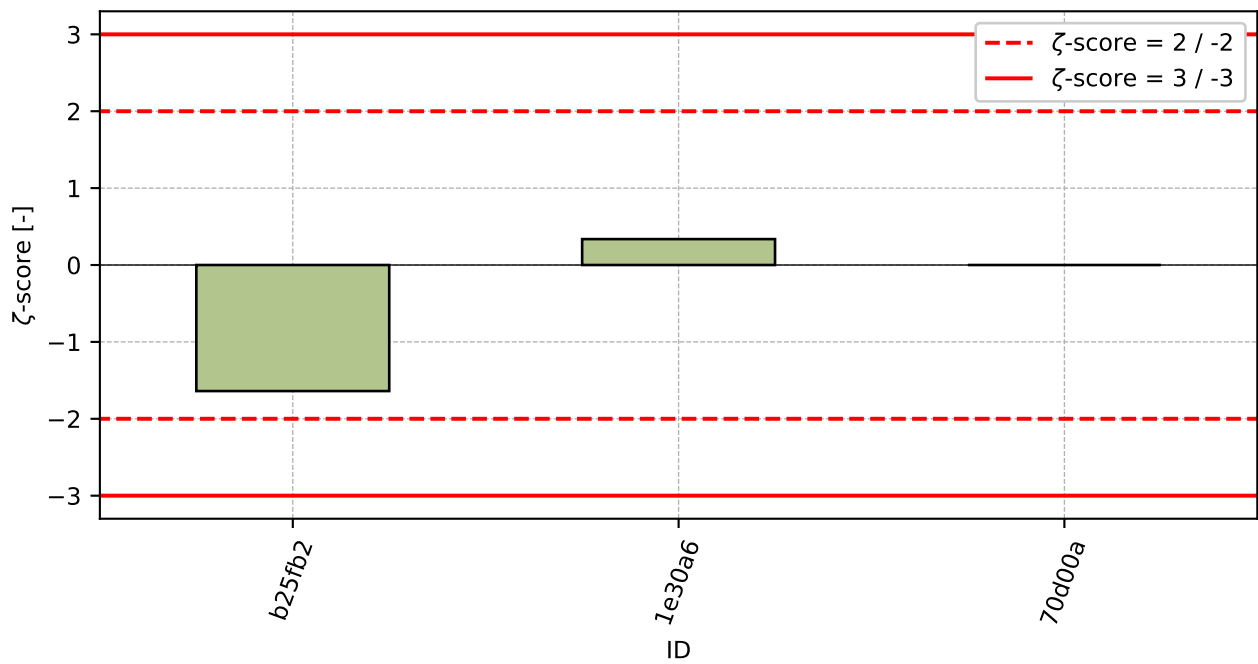


Figure 41: ζ -score

Table 15: Výsledné hodnoty z-score a ζ -score

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
b25fb2	-1.18	-1.64
1e30a6	0.25	0.34
70d00a	0.93	-

5 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Tensile Strength

The test method was not opened due to low number of participants.

6 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Yield Strength

The test method was not opened due to low number of participants.

7 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Elongation

The test method was not opened due to low number of participants.

8 Appendix – Bar Test – EN ISO 6892-1 – Contraction

The test method was not opened due to low number of participants.