

**PAVILON „D“
v areálu spol. Veletrhy Brno, a.s.**

PODROBNÝ PRŮZKUM STÁVAJÍCÍ STŘECHY

**PŘÍLOHA 4
Zkoušky oceli**

A) POLDI

1) VÝSLEDKY ZKOUŠEK NA SROVNÁVACÍCH VZORCÍCH

Tab. 1.1 Zkouška oceli Poldi kladívkem – srovnávací vzorek A 36

Zkušební místo:	A36/1	Číslo vtisku					
Trubka, Ø 38 mm, tl. 2,1 mm		1	2	3	4	5	Průměr
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	1,90	1,90	2,00	1,95	2,10	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	1,85	1,95	2,10	1,95	2,10	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		74,5	64,5	60	70	70	
Tvrdost oceli HB - tabulková		210	182	169	197	197	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		741	642	597	696	696	674
Tvrdost oceli HB		213	185	171	200	200	194

Tab. 1.2 Zkouška oceli Poldi kladívkem – srovnávací vzorek A 60

Zkušební místo:	A60/1	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm, tl. 6,5 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,35	2,60	2,60	2,60	2,55	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,40	2,65	2,55	2,65	2,60	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		66	66	73,5	66	66,0	
Tvrdost oceli HB - tabulková		184,5	186	206,5	186	185,5	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		652	657	731	657	657	670
Tvrdost oceli HB		187	189	209	189	188	192

Tab. 1.3 Zkouška oceli Poldi kladívkem – srovnávací vzorek B 36

Zkušební místo:	B36/1	Číslo vtisku					
Trubka, Ø 38 mm, tl. 2,0 mm		1	2	3	4	5	Průměr
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	1,60	1,70	1,80	1,75	1,85	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	1,80	1,95	2,25	2,20	2,60	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		48	45	34	35,5	-	
Tvrdost oceli HB - tabulková		134	126,5	97	95,5	-	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		477	448	338	353		404
Tvrdost oceli HB		136	128	98	97		115

Tab. 1.4 Zkouška oceli Poldi kladívkem – srovnávací vzorek B 60

Zkušební místo:	B60/1	Číslo vtisku					
Trubka, Ø 62 mm, tl. 6,0 mm		1	2	3	4	5	Průměr
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,50	2,50	2,50	2,60	2,55	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,90	2,90	2,90	3,05	3,00	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		43	43	43	41,5	38	
Tvrdost oceli HB - tabulková		121	121	121	116,5	115,5	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		428	428	428	413	378	415
Tvrdost oceli HB		123	123	123	118	117	121

Výsledky zkoušek na srovnávacích tělesech potvrdily, že vzorek „B“ má opravdu výrazně nižší pevnost v tahu než vzorek „A“. Dále se potvrdilo, že výsledky dosažené pomocí metody Poldi prakticky nejsou ovlivněny tloušťkou stěny trubky (díky přímému porovnání materiálu se srovnávací tyčinkou, bez ohledu na sílu úderu a ztrátu energie).

2) VÝSLEDKY ZKOUŠEK NA KONSTRUKCI – METODA POLDI

Přímo na konstrukci byly zkoušky provedeny ve dvou etapách. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v **Tab.2.1** až **Tab. 2.15**.

Tab. 2.1 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 1

Zkušební místo:	1	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 61 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,30	2,30	2,40	2,35	2,30	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,55	2,50	2,50	2,50	2,55	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		50	53	61	57	50	
Tvrdost oceli HB - tabulková		141	150	173	162	141	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		497	527	607	567	497	539
Tvrdost oceli HB		143	152	175	164	143	155

Tab. 2.2 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 2

Zkušební místo:	2	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,35	2,55	2,55	2,40	2,40	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,75	2,55	2,55	2,60	2,75	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		41,5	70	70	54	44,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková		118	197,0	197	152	126,5	
Součinitel γ etalonu		0,972					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		396	667	667	515	424	534
Tvrdost oceli HB		115	191	191	148	123	154

Tab. 2.3 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 3

Zkušební místo:	3	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 44 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,15	2,10	2,20	2,20	2,15	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,40	2,35	2,45	2,45	2,45	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		49	48,5	49,5	49,5	45,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková		138	137	139,5	139,5	128,5	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		487	482	492	492	453	481
Tvrdost oceli HB		140	139	141	141	130	138

Tab. 2.4 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 5

Zkušební místo:	5	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 44,5 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,35	2,30	2,25	2,35	2,30	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,45	2,55	2,65	2,75	2,65	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		61	50	40,5	41,5	44	
Tvrdost oceli HB - tabulková		172,5	141	115,5	118	124,5	
Součinitel γ etalonu		0,972					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		582	477	386	396	420	452
Tvrdost oceli HB		168	137	112	115	121	131

Tab. 2.5 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 11

Zkušební místo:	11	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 61 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,30	2,20	2,35	2,25	2,35	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,50	2,45	2,60	2,45	2,65	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		53	49,5	50,5	53	47	
Tvrdost oceli HB - tabulková		150	139,5	142	149,5	133	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		527	492	502	527	468	503
Tvrdost oceli HB		152	141	144	152	135	145

Tab. 2.6 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 13

Zkušební místo:	13	Číslo vtisku					Průměr
Trubka, Ø 45 mm		1	2	3	4	5	
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,00	2,05	1,95	2,05	2,15	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,05	2,20	2,30	2,35	2,50	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		65	55,5	40,5	44,5	42,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková		183	157,5	115	126	120,5	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		647	552	403	443	423	493
Tvrdost oceli HB		186	160	117	128	122	142

Tab. 2.7 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 14

Zkušební místo:	14	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,15	2,50	2,30	2,40	2,50	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,50	2,80	2,50	2,65	2,60	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		42,5	48	53	50,5	62	
Tvrdost oceli HB - tabulková		120,5	136	150	143	174	
Součinitel γ etalonu		0,972					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		405	458	505	482	591	488
Tvrdost oceli HB		117	132	146	139	169	141

Tab. 2.8 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 16

Zkušební místo:	16	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 44,5 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,10	2,40	2,30	2,40	2,40	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,50	2,50	2,85	2,65	2,55	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		39	61	33,5	50,5	57,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková		111	173	96	143	162,5	
Součinitel γ etalonu		0,972					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		372	582	319	482	548	461
Tvrdost oceli HB		108	168	93	139	158	133

Tab. 2.9 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 25

Zkušební místo:	25	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,00	2,40	2,35	2,40	2,55	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,20	2,60	2,65	2,45	2,75	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		51	54	47	65,5	55	
Tvrdost oceli HB - tabulková		145	152	133	185	154,5	
Součinitel γ etalonu		0,972					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		486	515	448	625	524	520
Tvrdost oceli HB		141	148	129	180	150	150

Tab. 2.10 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 26

Zkušební místo:	26	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 61 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,25	2,30	2,35	2,30	2,45	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,30	2,40	2,45	2,70	2,60	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		65,5	61	61	41	58	
Tvrdost oceli HB - tabulková		184	172	172,5	117	163,0	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		652	607	607	408	577	570
Tvrdost oceli HB		187	174	175	119	165	164

Tab. 2.11 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo 30

Zkušební místo:	30	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,25	2,35	2,35	2,35	2,35	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,30	2,35	2,50	2,50	2,45	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		65,5	70	57	57	61	
Tvrdost oceli HB - tabulková		184	197	162	162	172,5	
Součinitel γ etalonu		1,014					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		652	696	567	567	607	618
Tvrdost oceli HB		187	200	164	164	175	178

Tab. 2.12 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo m 6

Zkušební místo:	m6	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 44,5 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]		2,65	2,55	2,50	2,55	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]		2,90	2,70	2,80	2,80	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková			52,5	58,5	48,0	51,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková			147,0	164,5	136,0	145,5	
Součinitel γ etalonu		0,972					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		0	552	615	504	541	553
Tvrdost oceli HB		0	157	176	146	156	159

Tab. 2.13 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo m 8

Zkušební místo:	m8	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,40	2,40	2,40	2,60	2,40	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,65	2,75	2,60	2,80	2,85	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		50,5	44,5	54,0	55,0	39,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková		143,0	126,5	152,0	155,0	112,5	
Součinitel γ etalonu		0,972					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		531	468	567	578	415	512
Tvrdost oceli HB		153	135	163	166	120	148

Tab. 2.14 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo m 9

Zkušební místo:	m9	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,10	2,25	2,25	2,45	2,30	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,30	2,55	2,55	2,85	2,75	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		52	46,5	46,5	42,5	38,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková		147	131	131	120	110	
Součinitel γ etalonu		1,071					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		546	489	489	447	405	475
Tvrdost oceli HB		157	140	140	129	118	137

Tab. 2.15 Zkouška oceli Poldi kladívkem – zkušební místo m 10

Zkušební místo:	m10	Číslo vtisku					Průměr
		1	2	3	4	5	
Trubka, Ø 60 mm							
Průměr vtisku na etalonu	[mm]	2,25	2,40	2,45	2,30	2,35	
Průměr vtisku na materiálu	[mm]	2,35	2,65	2,90	2,75	2,85	
Pevnost v kg/mm ² - tabulková		61,0	50,5	40,0	38,5	36,5	
Tvrdost oceli HB - tabulková		171,5	143,0	113,5	110,0	104,5	
Součinitel γ etalonu		1,071					
Pevnost oceli R _{m,e} v MPa		641	531	420	405	383	476
Tvrdost oceli HB		184	153	122	118	112	138

3) HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK NA KONSTRUKCI – METODA POLDI

Z hodnot pevností v tahu na 15 zkušebních místech byly vypočteny průměrná hodnota, směrodatná odchylka a charakteristická pevnost podle ČSN ISO 13822:

Průměrná hodnota pevnosti m_x :	512	MPa
Minimální hodnota pevnosti v tahu:	452	MPa
Směrodatná odchylka s_x :	45,0	MPa
Součinitel odhadu 5% kvantilu k_n :	1,84	(pro $n=15$ a V_x neznámý)
Charakteristická hodnota pevnosti v tahu:	429	MPa

Zkoušky Poldi kladívkem na příhradové konstrukci střechy pavilonu D ukázaly, že kvalita oceli je lepší, než u srovnávacích vzorků „B“, ovšem horší než u srovnávacích vzorků „A“. Charakteristická hodnota pevnosti v tahu podle normy ČSN ISO 13822 vyšla 429 MPa. Pro upřesnění hodnot by však bylo zapotřebí provést tahovou zkoušku na vzorcích odebraných přímo z konstrukce střechy pavilonu D.

B) Metoda ERNST Computest

1) VÝSLEDKY ZKOUŠEK NA SROVNÁVACÍCH VZORCÍCH

Tab. 1.1 Výsledky nedestruktivních zkoušek referenčních vzorků přístrojem ERNST Computest

Předpokládaná ocel	Označení vzorku	Rozměr trubky	Tahová pevnost MPa	Změřená tahová pevnost MPa										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
S355	A/36/1	TR 38/2,4	556	539	570	511	533	489	535	530	488	481	612	642
	A/60/1	TR 60/6,5		574	561	594	582	684	625	532	570	552	556	482
S235	B/36/1	TR 38/2,0	402	395	403	493	428	468	447	318	341	336	344	367
	B/60/1	TR 62/6		409	395	383	403	468	469	395	285	372	494	424

2) VÝSLEDKY ZKOUŠEK NA KONSTRUKCI

Tab. 2.1 Výsledky nedestruktivních zkoušek nosné konstrukce přístrojem ERNST Computest

Zkoušky na konstrukci		Tahová pevnost MPa		Změřená tahová pevnost					490,7	599,7		
	Zkušební místo	Rozměr trubky	Průměr/vše	Průměr/místo	1	2	3	4	5	<0,9	>1,1	
	1	TR 60	545	527	501	538	534	443	618	-	526,8	-
	2	TR 60		590	483	627	604	643	593	-	590	-
	3	TR 44,5		592	570	511	665	518	694	-	591,6	-
	4	TR 44,5		609	541	522	624	665	694	-	-	609,2
	5	TR 44,5		512	405	603	588	494	472	-	512,4	-
	6	TR 44,5		544	559	687	556	536	384	-	544,4	-
	7	TR 44,5		606	669	534	598	642	589	-	-	606,4
	8	TR 44,5		506	500	491	544	585	410	-	506	-
	9	TR 44,5		508	507	640	410	446	538	-	508,2	-
	10	TR 60		492	483	564	538	447	430	-	492,4	-
	11	TR 60		471	412	566	455	426	498	471,4	-	-
	12	TR 44,5		557	584	563	649	444	544	-	556,8	-
	13	TR 44,5		593	540	490	688	686	563	-	593,4	-
	14	TR 60		601	423	693	632	606	653	-	-	601,4
	15	TR 44,5		516	453	612	562	342	613	-	516,4	-
	16	TR 44,5		556	488	419	646	614	613	-	556	-
	17	TR 44,5		478	554	456	479	441	459	477,8	-	-
	18	TR 60		535	518	583	559	370	645	-	535	-
	19	TR 60		535	414	680	572	523	486	-	535	-
	20	TR 44,5		485	463	434	559	489	479	484,8	-	-
	21	TR 44,5		540	609	410	448	615	617	-	539,8	-
	22	TR 44,5		582	651	556	570	515	619	-	582,2	-
	23	TR 60		534	590	566	420	559	537	-	534,4	-
	24	TR 44,5		596	664	554	579	575	607	-	595,8	-
	25	TR 60		586	601	619	521	600	588	-	585,8	-
	26	TR 60		554	673	574	507	468	547	-	553,8	-
	27	TR 60		582	621	552	648	482	605	-	581,6	-
	28	TR 60		555	591	454	648	576	505	-	554,8	-
	29	TR 60		563	564	471	587	582	612	-	563,2	-
	30	TR 60		439	395	396	508	396	501	439,2	-	-
m	1	TR 60	591	595	594	592	585	588	-	590,8	-	
m	2	TR 44,5	522	437	540	576	526	532	-	522,2	-	
m	3	TR 60	551	433	644	561	580	538	-	551,2	-	
m	4	TR 60	572	576	527	594	611	551	-	571,8	-	
m	5	TR 60	614	505	659	673	645	588	-	-	614	
m	6	TR 44,5	498	424	453	503	564	545	-	497,8	-	
m	7	TR 44,5	536	572	464	611	635	396	-	535,6	-	
m	8	TR 60	617	625	592	667	585	617	-	-	617,2	
m	9	TR 60	496	521	490	437	524	510	-	496,4	-	
m	10	TR 60	556	564	590	568	492	566	-	556	-	
m	11	TR 44,5	576	561	540	587	668	522	-	575,6	-	
m	12	TR 44,5	504	624	449	395	659	394	-	504,2	-	
m	13	TR 60	573	567	658	365	636	639	-	573	-	
m	14	TR 44,5	519	475	595	512	410	604	-	519,2	-	
m	15	TR 44,5	516	502	505	567	512	495	-	516,2	-	
m	16	TR 44,5	491	469	435	581	524	444	490,6	-	-	

Průměr ze zkušebních míst 546 MPa
Výběrová směrodatná odchylka 32
počet platných měření 36
kn= 1,64 pro 30 ks a více vzorků
Charakteristická hodnota pevnosti 494 MPa
min 492 MPa

3) HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK NA KONSTRUKCI – METODA ERNST COMPUTEST

|Vyhodnocení na výběru – vyloučeny vzorky s odlišnostmi $\pm 10\%$.

Průměrná hodnota pevnosti m_x :	546	MPa
Minimální hodnota pevnosti v tahu:	492	MPa
Směrodatná odchylka s_x :	32,0	MPa
Součinitel odhadu 5% kvantilu k_n :	1,64	(pro $n=36$ a V_x neznámý)
Charakteristická hodnota pevnosti v tahu:	494	MPa