

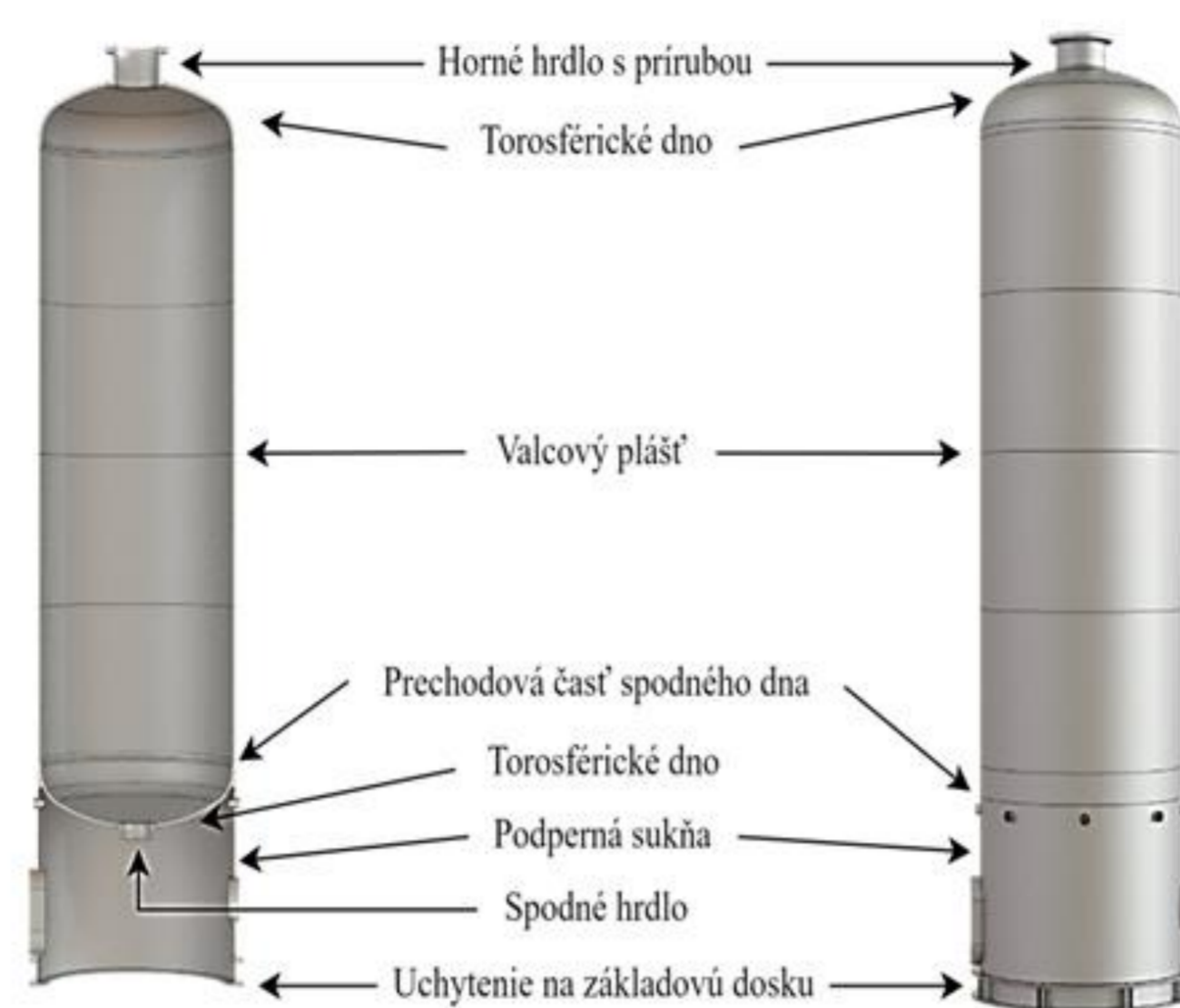
STANOVENIE ZVÝŠKOVEJ ŽIVOTNOSTI CYKLICKY ZAŤAŽOVANÉHO VODÍKOVÉHO ADSORBÉRA

Peter Brančan

Ústav procesného inžinýrství

Úvod do problematiky

- Zariadenie Pressure Swing Adsorption (PSA) na jednotke hydrokraku
- Striedanie **adsorpcie** a **desorpcie** => cyklická prevádzka (2,3 – 0,1 MPa) => únava materiálu a tvorba trhlín => riziko poškodenia
- Požadovaná životnosť - **475 000** cyklov
- Návrhová životnosť - **950 000** cyklov
- Aktuálny počet - **1 183 000** cyklov
- Cieľ: Zistiť ako možno predĺžiť životnosť

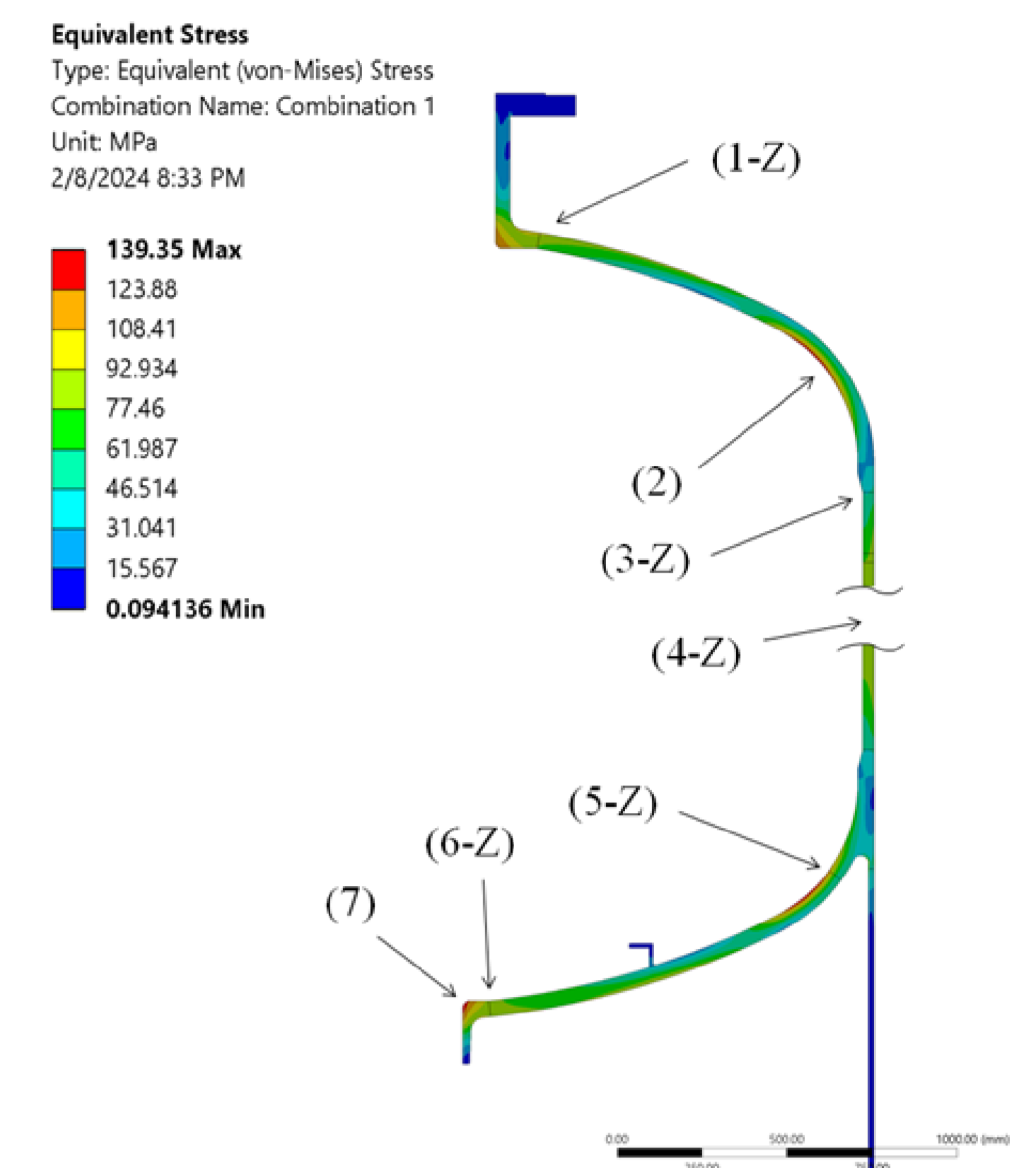


Obr. 1 – Skúmaný adsorbér PSA jednotky

Kritické miesta

Kritické miesta zistené analýzou MKP

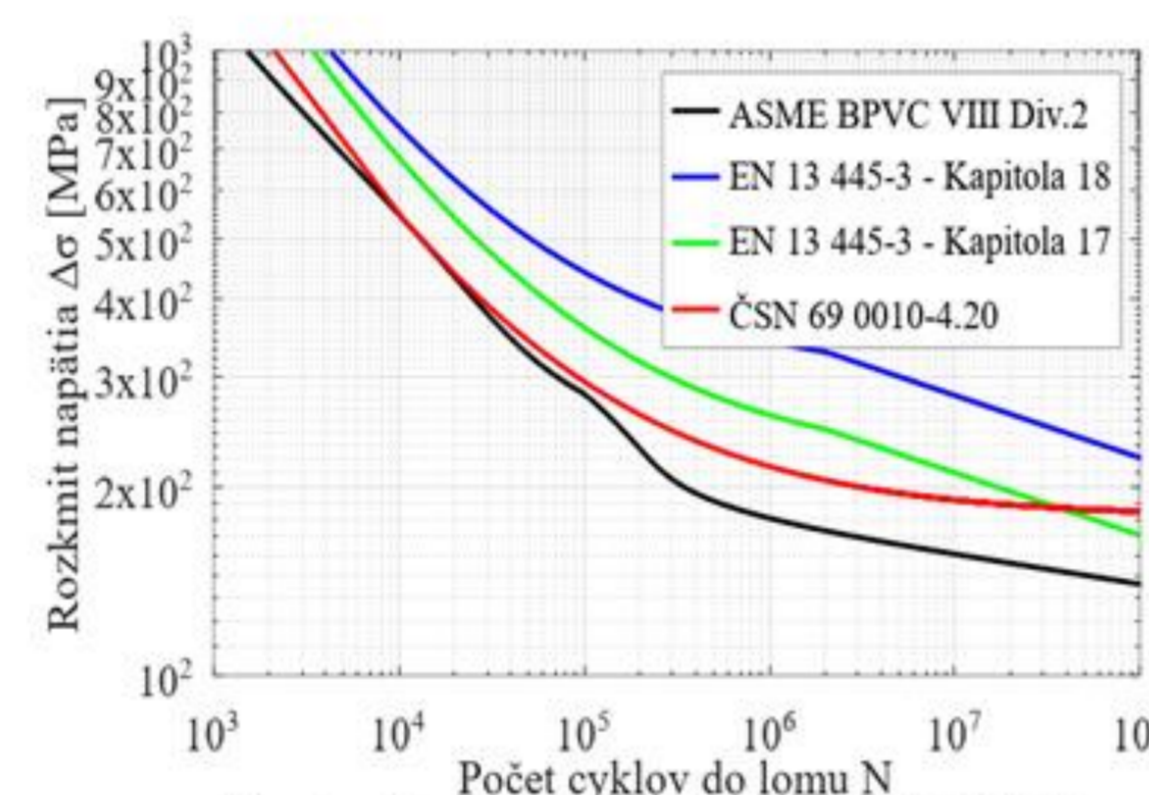
- ANSYS Workbench
- Výber vhodného modelu => 2D osovo symetrický
- Určenie napätí pre prevádzkové tlaky
- Zvolenie 7 kritických pozícií



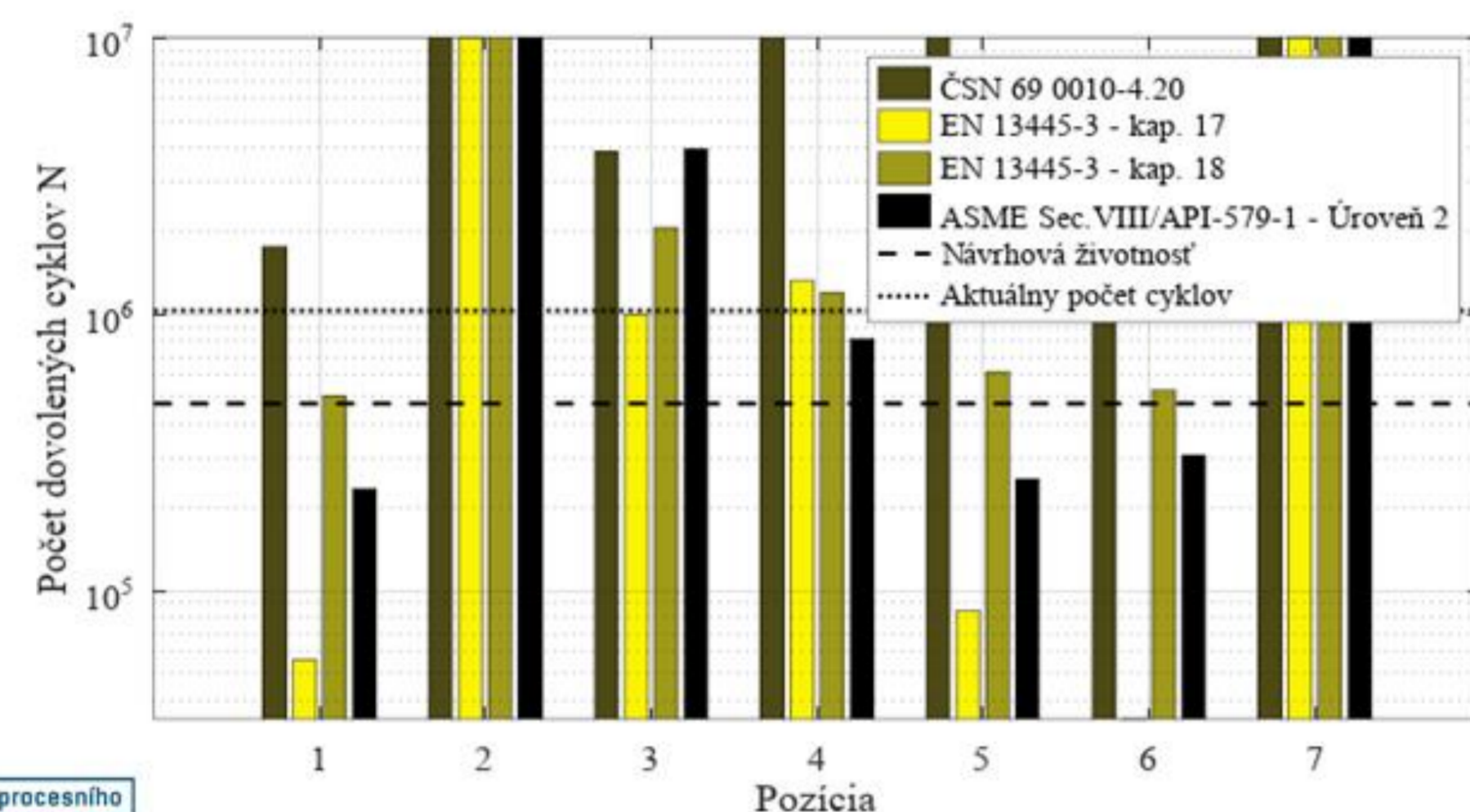
Obr. 2 – Ekvivalentné napätie podľa kritéria von Mises pri maximálnom prevádzkovom tlaku 2,319 MPa a určené kritické miesta konštrukcie

Návrhový výpočet

- Zvolené normy => **ČSN 69 0010-4.20**
- => **EN 13445-3 kapitola 17**
- => **EN 13445-3 kapitola 18**
- => **ASME BPVC VIII Div.2 - Úroveň 2**



Obr. 3 – Únavové krivky pre oceľ 11 503

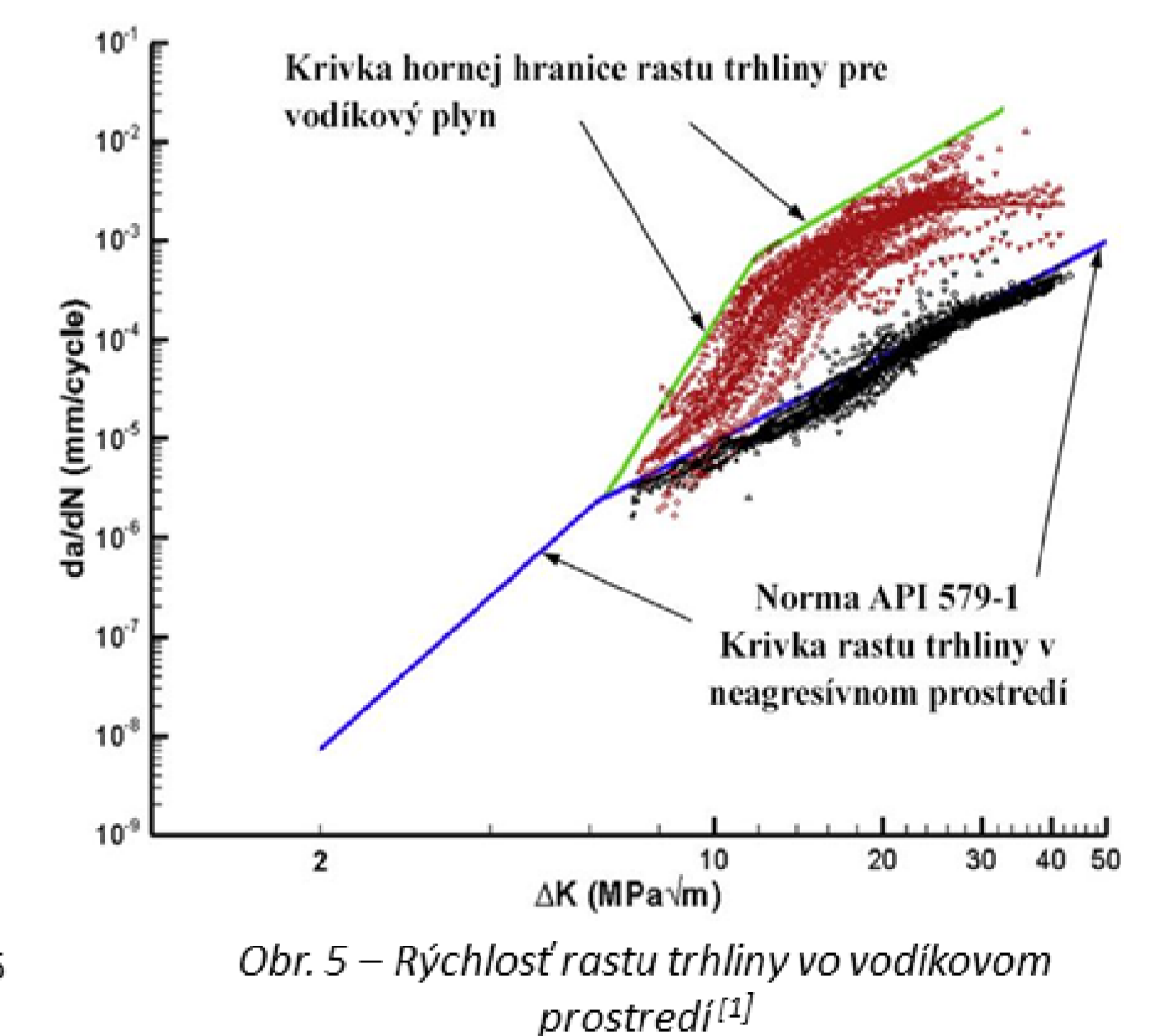


Obr. 4 – Porovnanie výsledkov návrhových prístupov

Výpočet FFS

Určenie spôsobilosti na prevádzku (FFS)

- Postupné predlžovanie životnosti
- Norma **API 579-1** => NDT + analýza rastu trhliny
- Korekcia rastu trhlín na vodík (Obr. 5)
- Žiadne trhliny na zariadení podľa NDT
- Zvolené boli **povrchové trhliny** pri uvažovaní **minimálnych detekovateľných veľkostí** $a_{90/95}$ a $c_{90/95}$



Obr. 5 – Rýchlosť rastu trhliny vo vodíkovom prostredí^[1]

[1] DADFARNIA, M. et al. Assessment of resistance to fatigue crack growth of natural gas line pipe steels carrying gas mixed with hydrogen. International Journal of Hydrogen Energy. Online. 2019. Vol. 44, no. 21, p. 10808–10822. ISSN 0360-3199. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.02.216>. [cit. 2023-12-08].

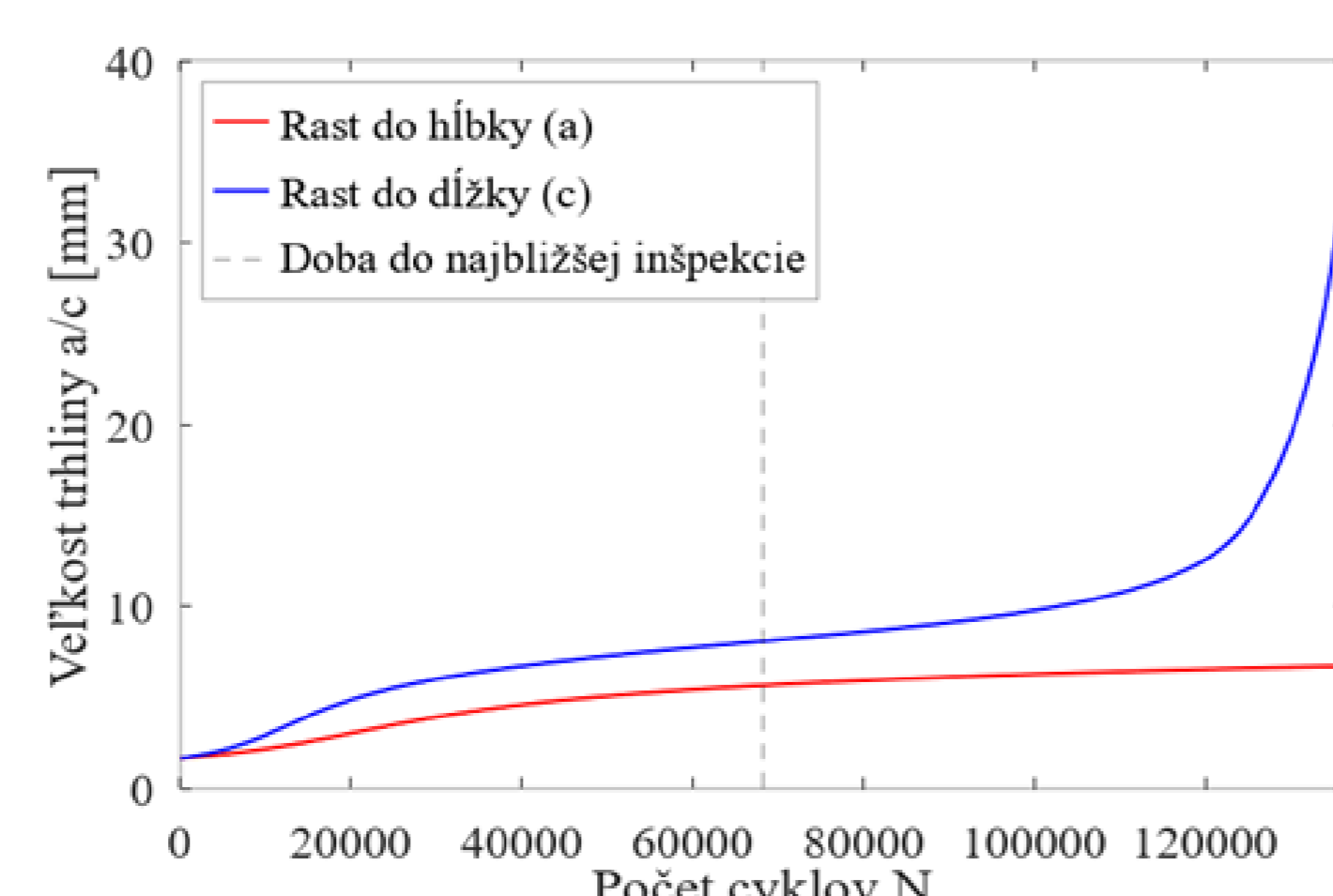
Výsledky FFS

Zvyšková životnosť

- Kritické miesto – **Pozícia 5-Z**
- Maximálny počet cyklov – **135 749**
- Kontrola trhlín NDT prístupom „half-cycle“ po **67 874** cykloch
- Pri **22 290** cykloch za rok kontrola trhlín pomocou NDT po **3 rokoch**

Kritické miesto	Parametre trhliny POD	Kritická veľkosť trhliny	Inšpekčná veľkosť trhliny	Počet cyklov do lomu	Počet cyklov do najbližšej inšpekcie	Doba do najbližšej inšpekcie
	$a_{90/95} / c_{90/95}$	a_c / c_c	a_i / c_i	N	N_i	t_i
1-Z	1,65 / 1,65	36 / 12,01	10,84 / 9,79	1 048 490	524 244	23,5
1-Z Vonkajšia	0,97 / 4,78	7,67 / 33,58	5,72 / 7,76	779 858	389 929	17,5
2	Návrhová životnosť v oblasti trvalej životnosti					
3-Z	1,65 / 1,65	14,48 / 11,18	7,59 / 10,75	363 753	181 876	8,1
4-Z	1,65 / 1,65	22,76 / 8,74	8,15 / 7,19	743 778	371 889	16,6
5-Z	1,65 / 1,65	6,69 / 35,36	5,62 / 8,06	135 749	67 874	3
6-Z	1,65 / 1,65	14,51 / 36	10,86 / 8,44	1 295 767	647 883	29
6-Z Vonkajšia	0,97 / 4,78	7,95 / 29,44	6,05 / 8,19	851 167	425 583	19
7	2,54	10,26	4,61	679 995	339 997	15,2

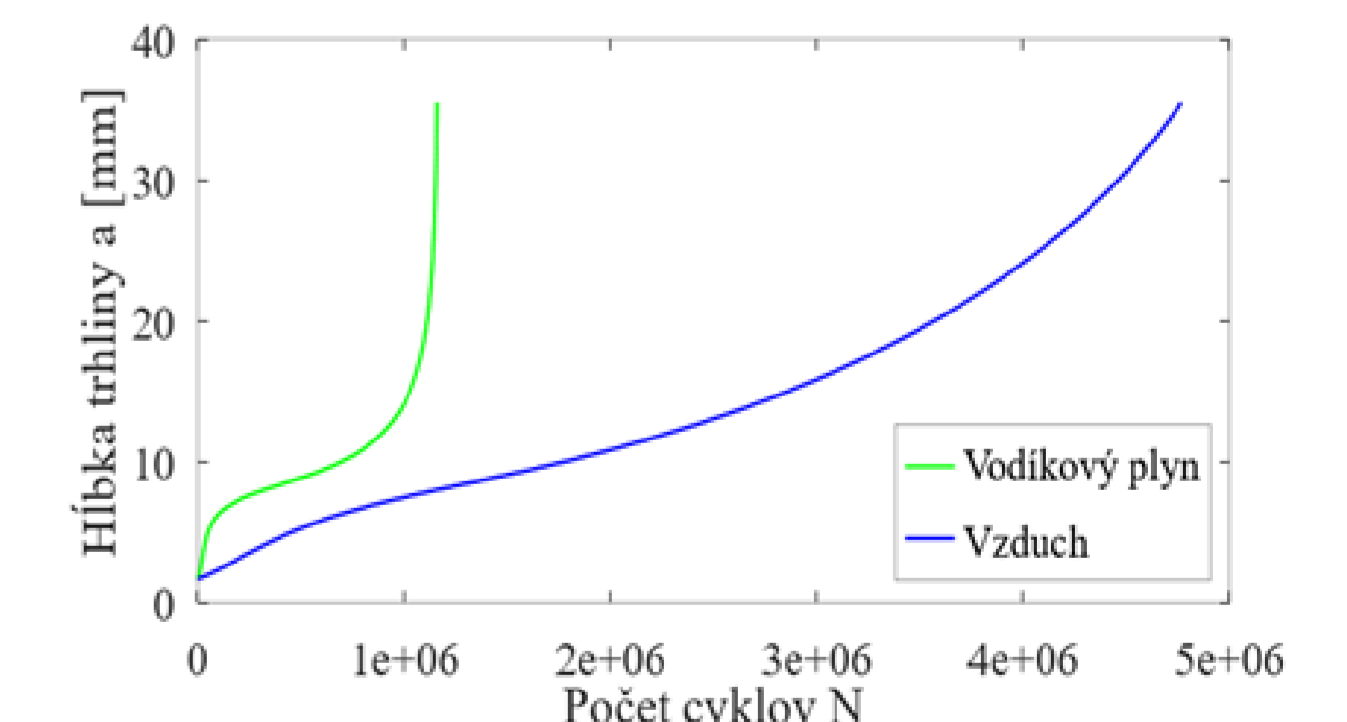
Tab. 1 – Stanovenie zvyškovej životnosti a inšpekčných intervalov



Obr. 6 – Rast trhliny s počiatočnými rozmermi $a_{90/95} = 1,65$ mm a $c_{90/95} = 1,65$ mm na vnútornej strane pozície 5-Z vo vodíkovom prostredí

Záver

- Prevádzkovanie možné aj po skončení životnosti pomocou **metód FFS**
- Započítanie vodíka** – štúdie rastu
- Pravidelné inšpekcie nebezpečných miest podľa rizikovej analýzy umožňujú **prevádzka s kontrolami NDT**
- Úspora až **76% NDT inšpekcií** v 15 rokoch
- Úspora cca **330 000€** na novom zariadení
- Bezpečnosť na prvom mieste



Obr. 7 – Rýchlosť rastu do hĺbky

Počet rokov	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Počet cyklov [10 ³]	66,9	133,7	200,6	267,5	334,4	401,2	468,1	535,0	601,8	668,7
1-Z										
2										
3-Z										
4-Z										
5-Z										
6-Z										
7										

Tab. 2 – Ušetrenie inšpekcií podľa RBI