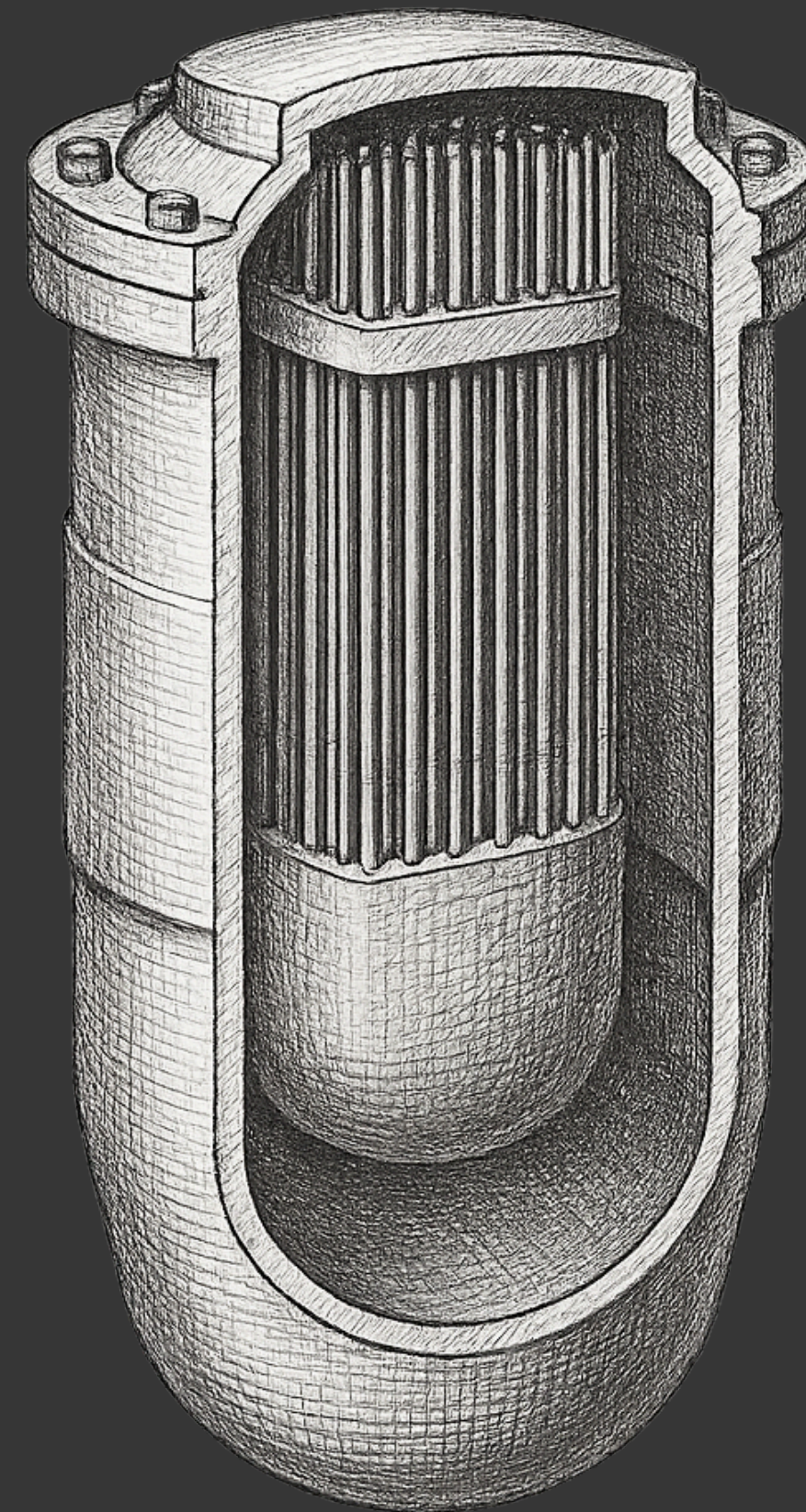


Může příliš mnoho chladiwa v jaderném reaktoru vadit?

Anh Linh Tranová, Šárka Sotonová,
Lucie Kohoutková, Ema Lorencová

pod vedením Josefa Sabola
vypracováno na KJR FJFI ČVUT



Zadání

vliv různých moderátorů na výkon reaktoru:

**lehká voda, těžká voda, grafit, oxid beryllnatý,
hydrid zirkonu, směs lehké a těžké vody**

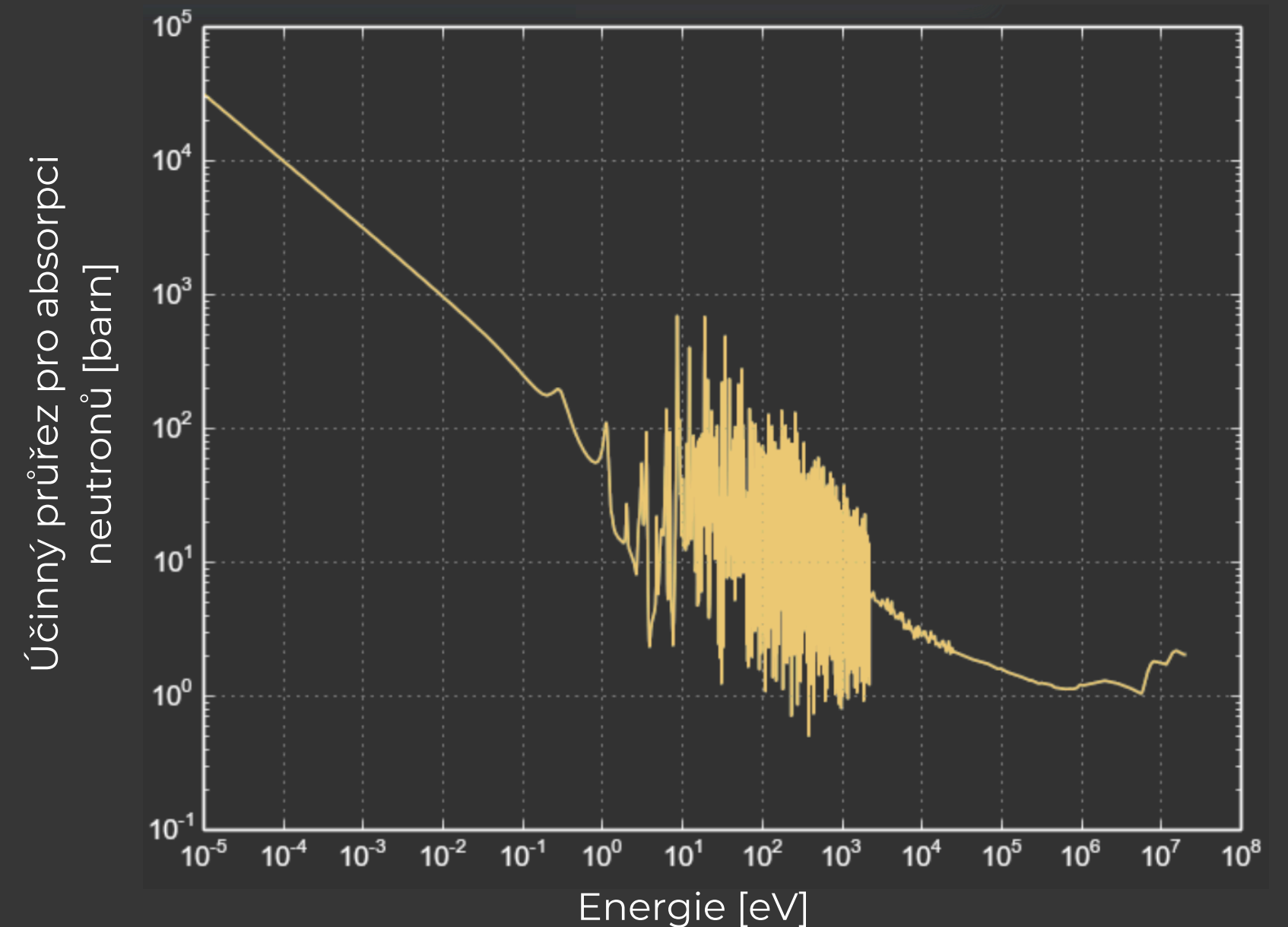
zpomalování neutronů

zmenšení kin. energie při interakci s jádrem

Realizace

zvětšování roztečí proutků
větší množství moderátoru
měření koef. násobení

Obr. 1: *graf pravděpodobnosti štěpení uranu
235 podle energie interakce*



Uvažované parametry

reaktor VVER-1000

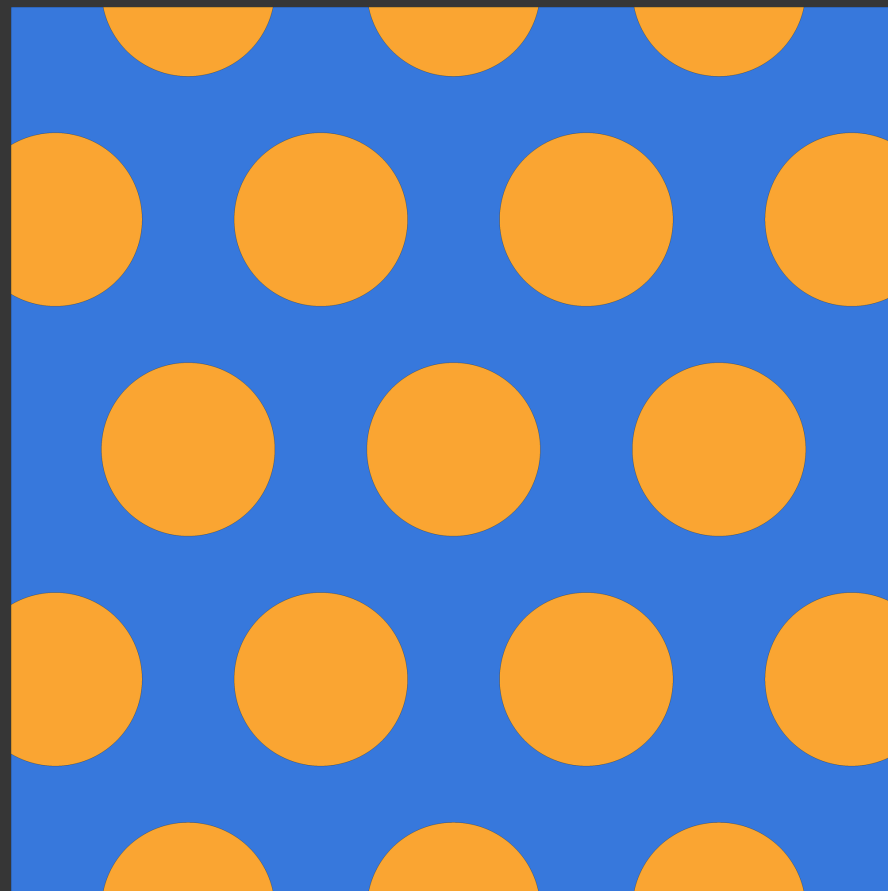
průměr palivové paletky	7,844 mm
rozteč mezi palivovými proutky	1,275 cm (uvažovány rozteče od 1,0 cm do 4,0 cm)
palivo	UO ₂ s 3,8% obohacením ²³⁵ U, hustota 10,7 g/cm ³

moderátory

H₂O	0,73 g/cm³ (při provozních podm. 300 °C) 1,00 g/cm³ (při standard. podm. 20 °C)
D₂O	1,11 g/cm³ (při standard. podm. 20 °C)
grafit	2,23 g/cm³ (při standard. podm. 20 °C)
směs H₂O a D₂O (1:1)	1,05 g/cm³ (při standard. podm. 20 °C)
BeO	3,01 g/cm³ (při standard. podm. 20 °C)
ZrH₂	5,73 g/cm³ (při standard. podm. 20 °C)

Modelování

výpočetní program Serpent 2.2.1



využíván k simulaci pohybu neutronů
generuje náhodné dráhy neutronů
modeluje děj pomocí souřadnic částic
časově nákladný

*Obr. 2: Výstupní náčrt reaktorové mřížky
pro zadanou rozteč vytvořený v Serpent*

Modelování

Serpent 2.2.1 -- Static criticality source simulation

Input file: "master.serp"

Active cycle 14 / 500 Source neutrons : 9762

Running time : 0:01:22

Estimated running time : 0:07:32

Estimated running time left : 0:06:10

Estimated relative CPU usage : 399.9%

k-eff (analog) = 0.80543 +/- 0.00212 [0.80127 0.80960]

k-eff (implicit) = 0.80436 +/- 0.00135 [0.80171 0.80700]

(04) (OMP=4)

**počet simulovaných
neutronů v reaktoru**

odhadovaný čas běhu

využití procesoru, 4 jádra

koeficient násobení

Obr. 3: výstupní log jednoho testu

```

% --- GEOMETRY:

pin rod
U02      0.3922
moderator

surf hex hexxc 0.0 0.0 0.6
cell hex_in 0 fill rod -hex
cell hex_out 0 outside hex

% --- END OF FILE ---

%%%%%%%%%%%%%%
%% OTHER MATERIALS %%
%%%%%%%%%%%%%%

mat U02 -10.7 rgb 251 168 52
8016.10c 2
92235.10c 0.0506
92238.10c 0.9494

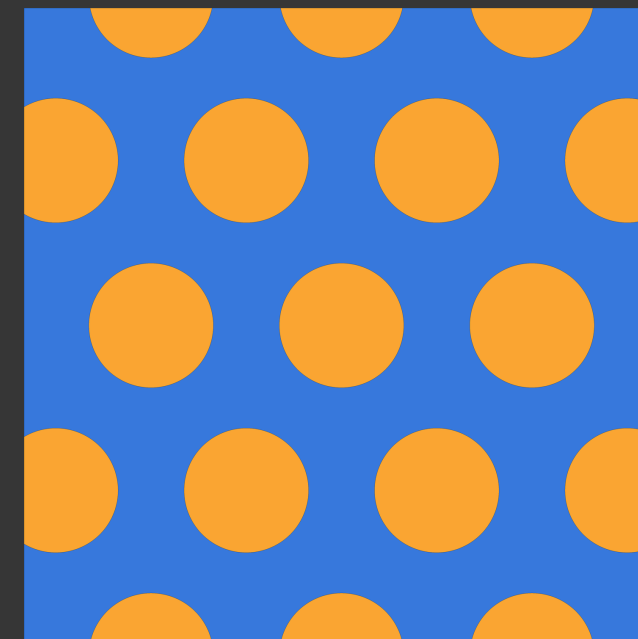
mat moderator -1.00 rgb 56 122 223
6012.10c 1

```

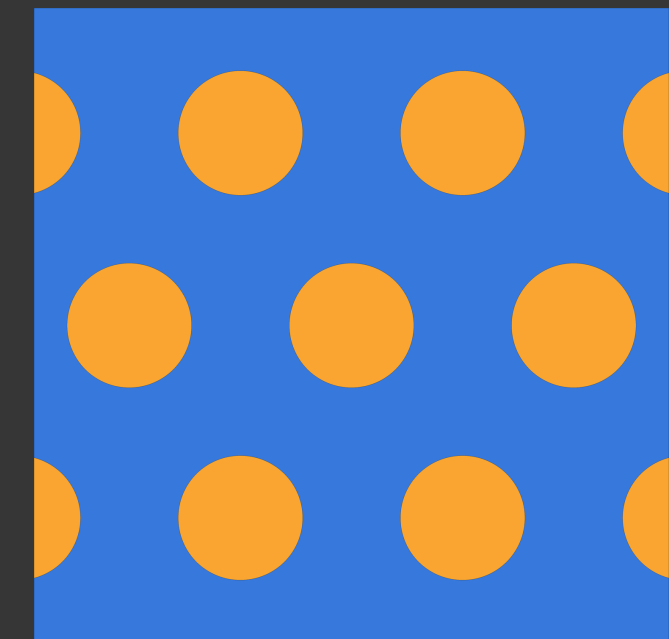
Obr. 4: vstupní soubor s parametry testu

definice palivového proutku

definice mřížky
(rozteče palivových proutků)



5 a)



5 b)

Obr. 5: porovnání výstupních nákresů mřížky pro rozteče a) 1,2 cm, b) 1,4 cm

<pre>% --- GEOMETRY: pin rod U02 0.3922 moderator</pre>	definice palivového proutku
<pre>surf hex hexxc 0.0 0.0 0.6 cell hex_in 0 fill rod -hex cell hex_out 0 outside hex % --- END OF FILE --- %%%%%%%%%%%%%% %% OTHER MATERIALS %% %%%%%%%%%%%%%% mat U02 -10.7 rgb 251 168 52 8016.10c 2 92235.10c 0.0506 92238.10c 0.9494</pre>	definice mřížky (rozteče palivových proutků)
<pre>mat moderator -1.00 rgb 56 122 223 6012.10c 1</pre>	definice paliva poměrové zastoupení atomů jednotlivých prvků
	definice moderátoru

Obr. 4: vstupní soubor s parametry testu

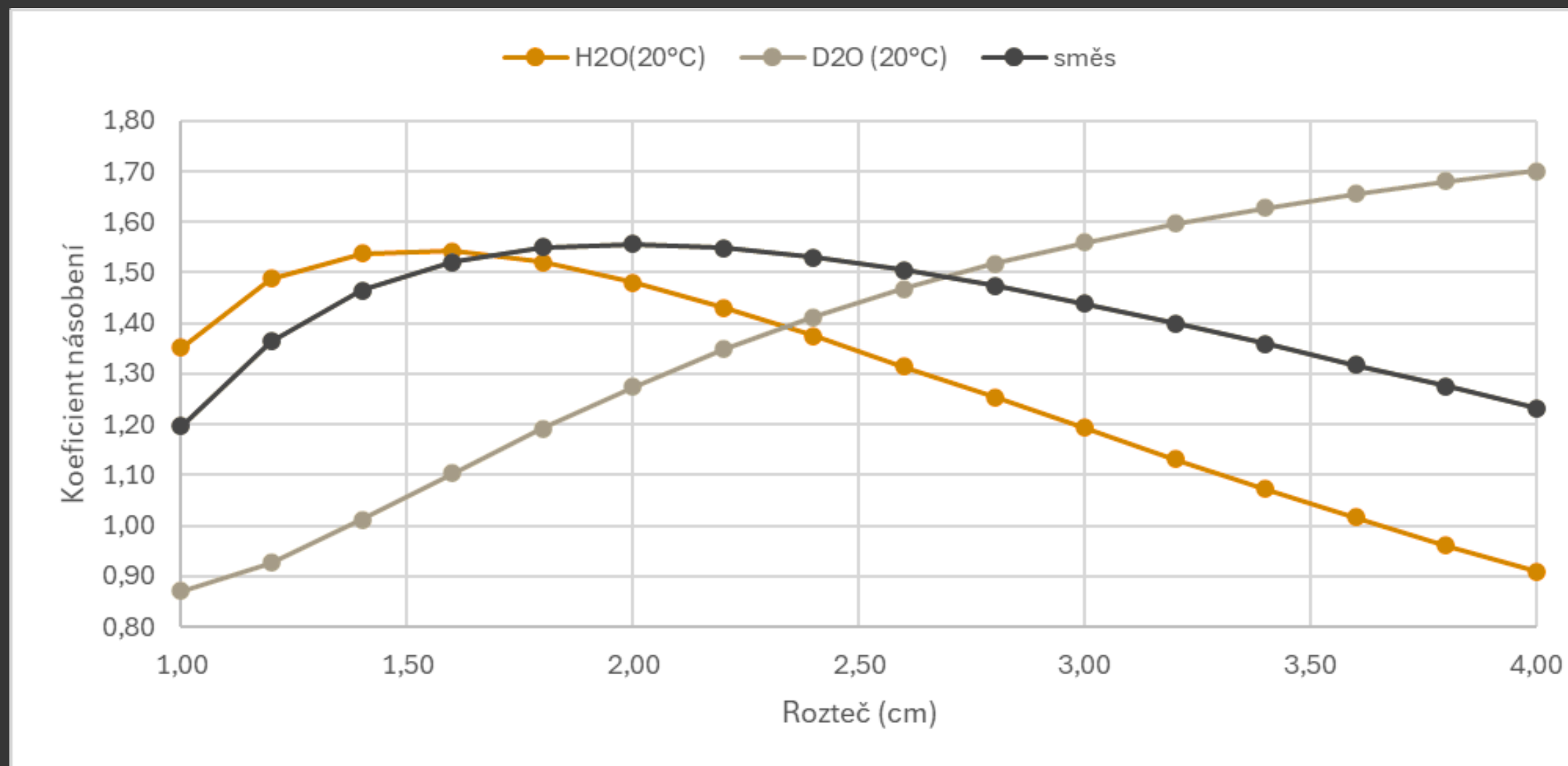
Výsledky

optimální rozteč pro různé moderátory

lehká voda (300 °C)	1,8 cm
lehká voda (20 °C)	1,6 cm
směs	2,0 cm
hydrid zirkonu	2,4 cm

protium vs. deuterium

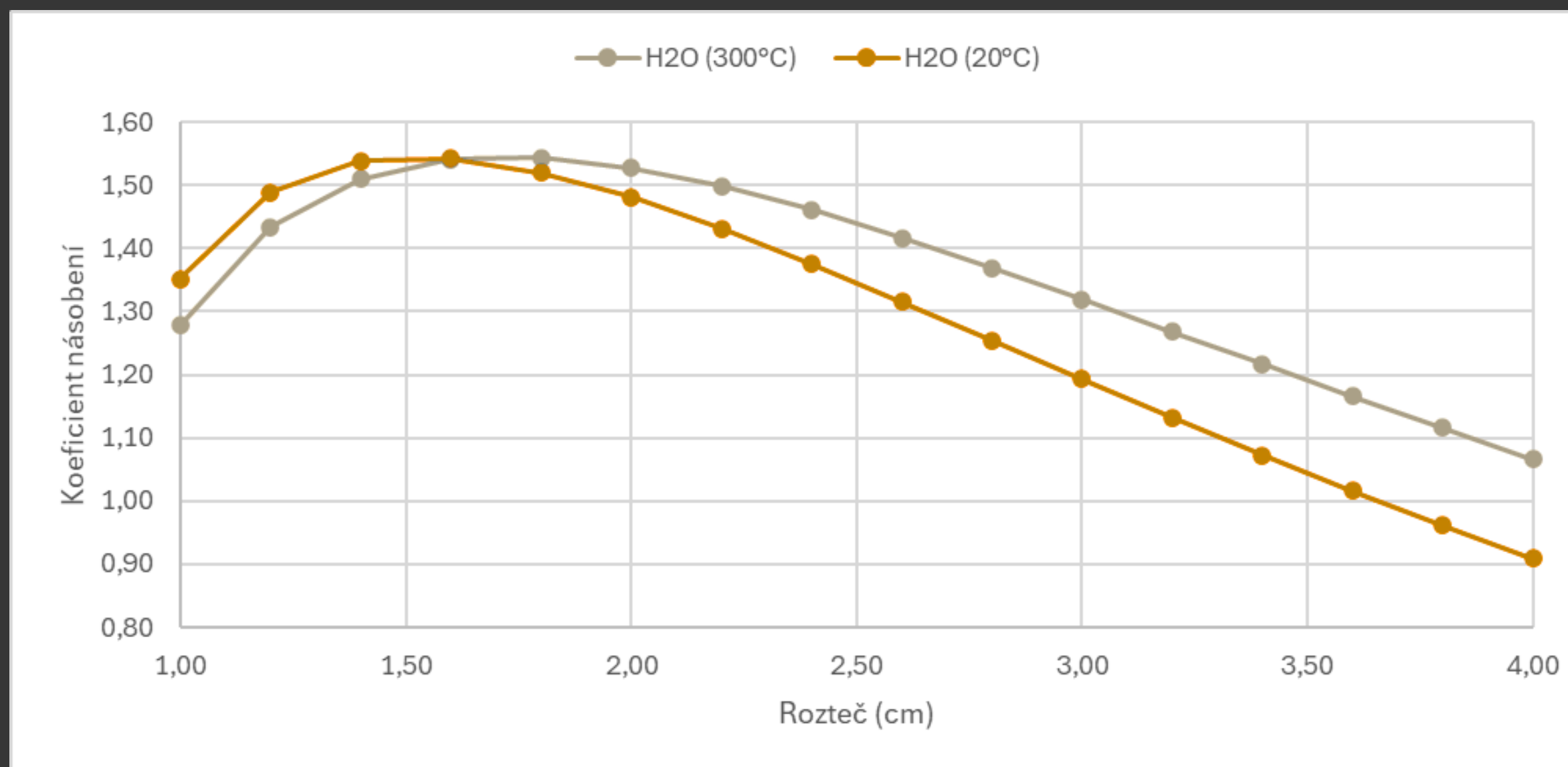
rozdíly z hlediska moderace i absorpčních účinků
podmoderovanost a přemoderovanost



Obr. 6: graf závislosti koeficientu násobení na rozteči pro lehkou a těžkou vodu a jejich směs

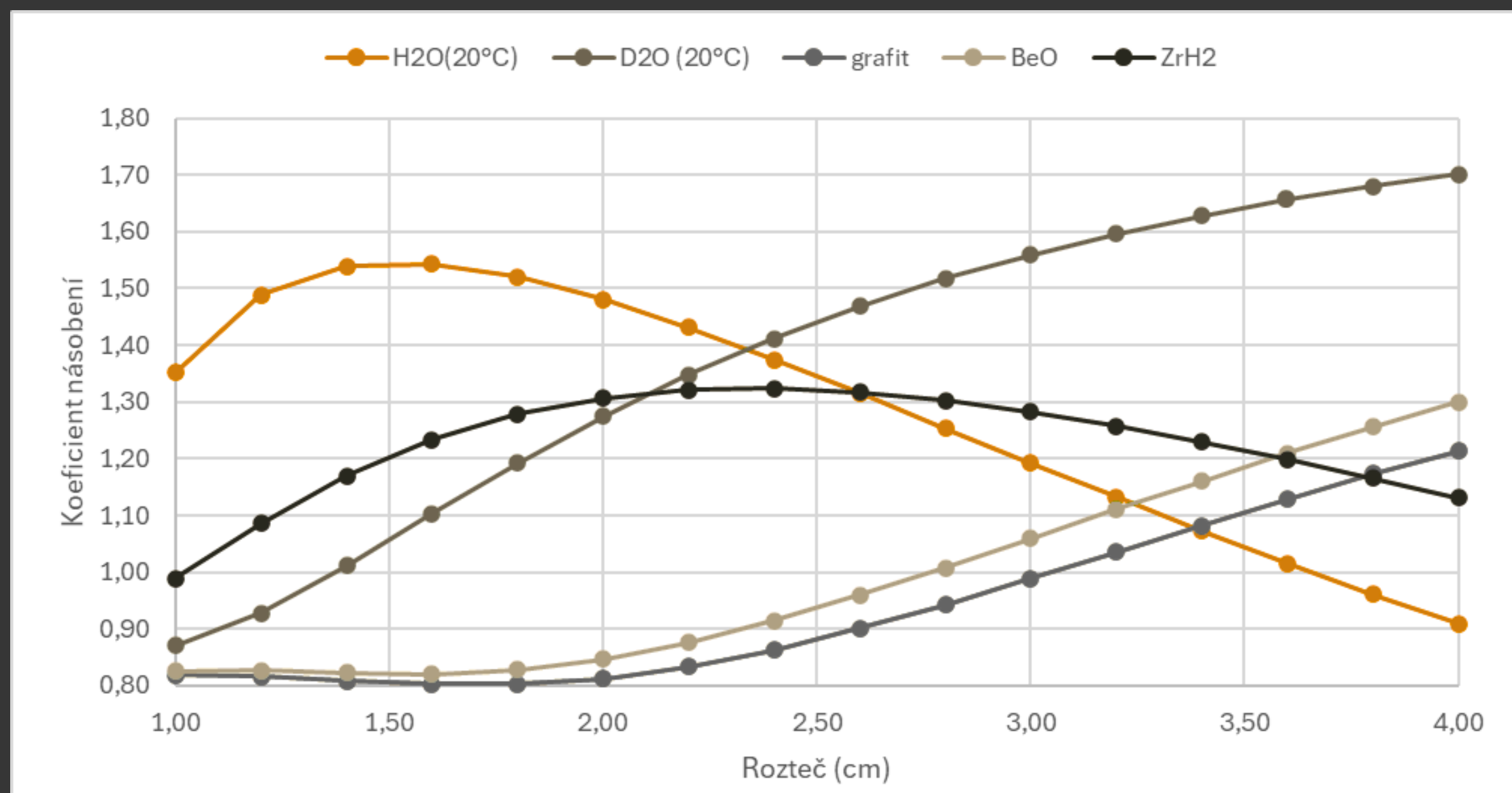
vliv hustoty

lehká voda za pokojové teploty a při provozních podmínkách
při nižší hustotě potřeba větší rozteč



Obr. 6: koeficienty násobení
pro H₂O při různých
podmínkách

další moderátory



Obr. 7: koeficienty násobení pro všechny zkoumané moderátory
kromě směsi H₂O a D₂O

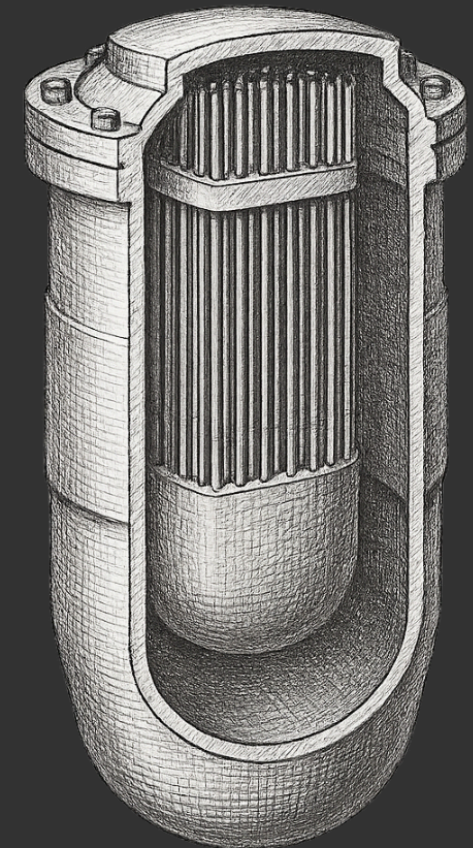
Prostor pro diskusi

poděkování:
Josef Sabol
KJR FJFI ČVUT

**Může příliš mnoho
chladiwa v jaderném
reaktoru vadit?**

Anh Linh Tranová, Šárka Sotonová,
Lucie Kohoutková, Ema Lorencová

pod vedením Bc. Josefa Sabola
vypracováno na KJR FJFI ČVUT



Děkujeme za pozornost