

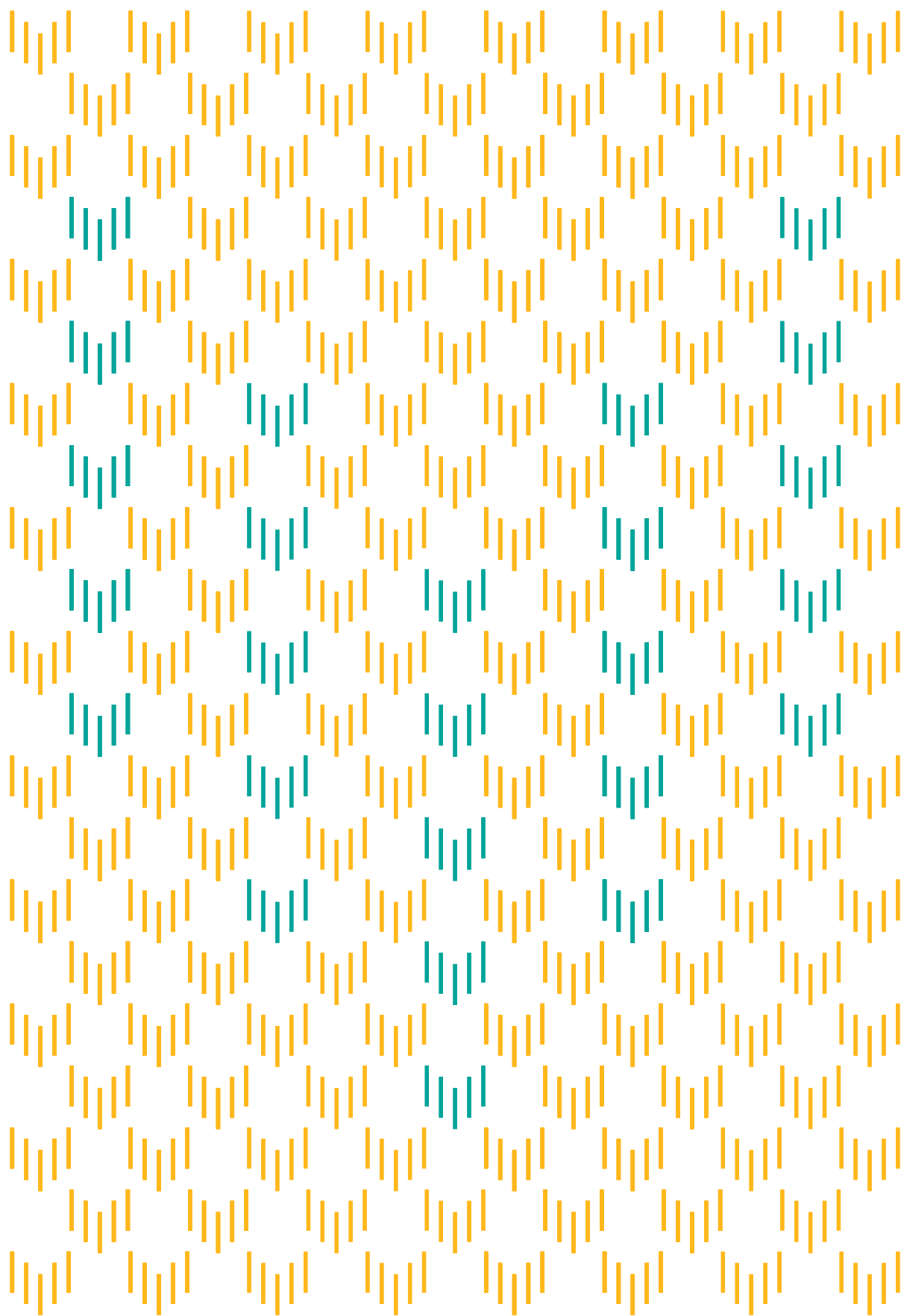
Bc. Jan Opletal

# Zhodnocení možnosti použití katalyzátoru u moderního lokálního topidla spalujícího dřevo

Diplomová práce

Ostrava 2022







# **Zhodnocení možnosti použití katalyzátoru u moderního lokálního topidla spalujícího dřevo**

## **Evaluation of the Possibility of Using a Catalyst in a Modern Local Wood-Burning Heater**

Autor: Bc. Jan Opletal

Vedoucí práce:

Ostrava 2022



## **Bibliografický záznam**

Autor: Bc. Jan Opletal, OPL0014

Název práce: Zhodnocení možnosti použití katalyzátoru u moderního lokálního topidla spalujícího dřevo

Studijní program: N0713A070002 Energetické stroje a zařízení

Vedoucí práce:

Akademický rok: 2021/2022

Počet stran:

Klíčová slova:

## Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	v
Úvod	1
<b>1 PRINCIP TERMONUKLEÁRNÍ FÚZE</b>	<b>2</b>
1.1 Fyzika jaderné fúze . . . . .	2
1.2 Lorem ipsum . . . . .	3
<b>2 PŘESTUP TEPLA V TEKUTÝCH KOVECH</b>	<b>5</b>
Závěr	7
Seznam použité literatury	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
Seznam příloh	12



## Seznam použitých značek a symbolů

### Seznam symbolů

$E$	energie	[J]
$\Delta m$	úbytek hmotnosti	[kg]
$c$	rychlost světla ve vakuu	[m s <sup>-1</sup> ]
$F_c$	coulombova síla	[N]
$k$	Coulombova konstanta	[N m <sup>2</sup> C <sup>-2</sup> ]
$q_i$	elektrický náboj	[C]
$r$	vzdálenost dvou nábojů	[m]
$U$	elektrická potenciální energie	[J]
$e$	elektrický náboj	[C]
$Z_i$	atomové číslo prvku	[-]
$\epsilon_0$	permitivita ve vakuu	[F·m <sup>-1</sup> ]
$\sigma$	účinný průřez	[m <sup>2</sup> ]
$R$	četnost reakcí	[s <sup>-1</sup> ]
$N$	počet jader terčíku	[-]
$\Gamma$	tok odstřelujících částic	[m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
$T$	termodynamická teplota	[K]
$n$	hustota plazmy	[cm <sup>-3</sup> ]
$\tau_E$	doba udržení výboje	[s]
$Q$	faktor zisku energie	[-]
$P_{out}$	výstupní výkon	[W]

$P_{in}$	vstupní výkon	[W]
$P_+$	stupeň ionizace plazmy	[-]
$U_i$	ionizační potenciál plynu	[J]
$k$	Boltzmannova konstanta	[J·K <sup>-1</sup> ]
$\rho_Q$	prostorová hustota náboje	[J]
$\lambda_D$	Debyeova stínící délka	[m]
$e$	elementární náboj elektronu	[C]
$\omega_p$	plazmová frekvence	[Hz]
$m_e$	hmotnost elektronů	[kg]
$\rho_{Na}$	hustota sodíku	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\mu_{Na}$	dynamická viskozita sodíku	[Pa·s]
$\nu_{Na}$	kinematická viskozita sodíku	[m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
$c_{pNa}$	tepelná kapacita za stálého tlaku	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$\lambda_{Na}$	tepelná vodivost	[W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$a$	součinitel teplotní vodivosti	[m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
$C_s$	rozpustnost	[ppm]
$q$	hustota tepelného toku	[W·m <sup>-2</sup> ]
$I$	intenzita záření	[W·m <sup>-2</sup> ]
$\sigma$	Stefan-Boltzmannova konstanta	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-4</sup> ]
$\varepsilon$	emisivita	[-]
$Gr$	Grashoffovo číslo	[-]
$Nu$	Nusseltovo číslo	[-]

Pe	Pecletovo číslo	[-]
Pr	Prandltovo číslo	[-]
Re	Reynoldsovo číslo	[-]
L	charakteristická délka	[m]
v	rychlost proudění	[m·s <sup>-1</sup> ]
$\beta$	teplotní součinitel objemové roztažnosti kapalin	[K <sup>-1</sup> ]
g	gravitační zrychlení	[m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]

## Seznam zkratek

H	vodík ( <sup>1</sup> H)
D	deuterium ( <sup>2</sup> H těžký vodík)
T	tritium ( <sup>3</sup> H velmi těžký vodík)
Li	lithium
He	helium
B	bor
Na	sodík
NaOH	hydroxid sodný
Cl	chlor
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	uhličitan sodný
NaCN	kyanid sodný
Fe <sub>3</sub> C	karbid železa
Na <sub>2</sub> O	oxid sodný

Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	peroxid sodný
AC	Alternating Current
DC	Direct Current
CBFR-SPS	Colliding Beam Fusion Reactor Space Propulsion System
CFR	Compact Fusion Reactor
EAEC	European Atomic Energy Community
FRC	Field-Reversed Configuration
HTS	High-temperature superconductors
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
ST	spherical tokamak
tokamak	toroidálnaja kamera i magnitnyje katuški
TNT	trinitrotoluen
MHD	magnetohydrodynamická konvekce
TGC	termogravitační konvekce

# Úvod

# 1 PRINCIP TERMONUKLEÁRNÍ FÚZE

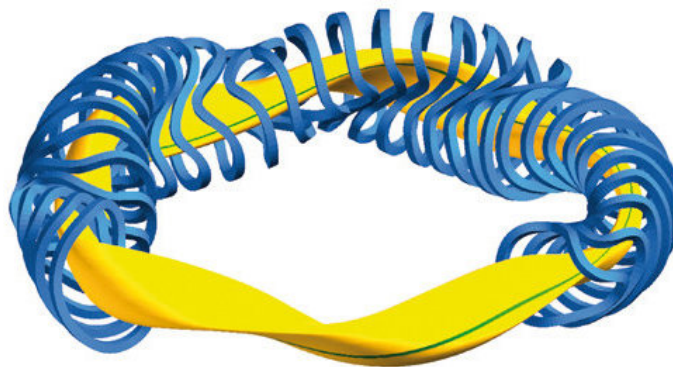
## 1.1 Fyzika jaderné fúze

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa. [1]

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.



**Obrázek 1:** Magnetické cívky a plazma stelarátoru Wendelstein 7-X.[2]

## 1.2 Lorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.  $F = a^2$

**Tabulka 1:** Parametry pohonu pro 100 MW CBFR-SPS. [3]

	D-T	D-He	H-B
Specifický impuls $I_{sp} \times 10^6$ (s)	1.3	1.4	1.4
Výkon v tahu, $P_T$ (MW)	29.9	67.8	50.8
$P_T / P_0$	0.3	0.68	0.51
Tah, $T$ (N)	3.8	9.6	28.1
$T / P_0$ (mN/MW)	37.8	95.5	281

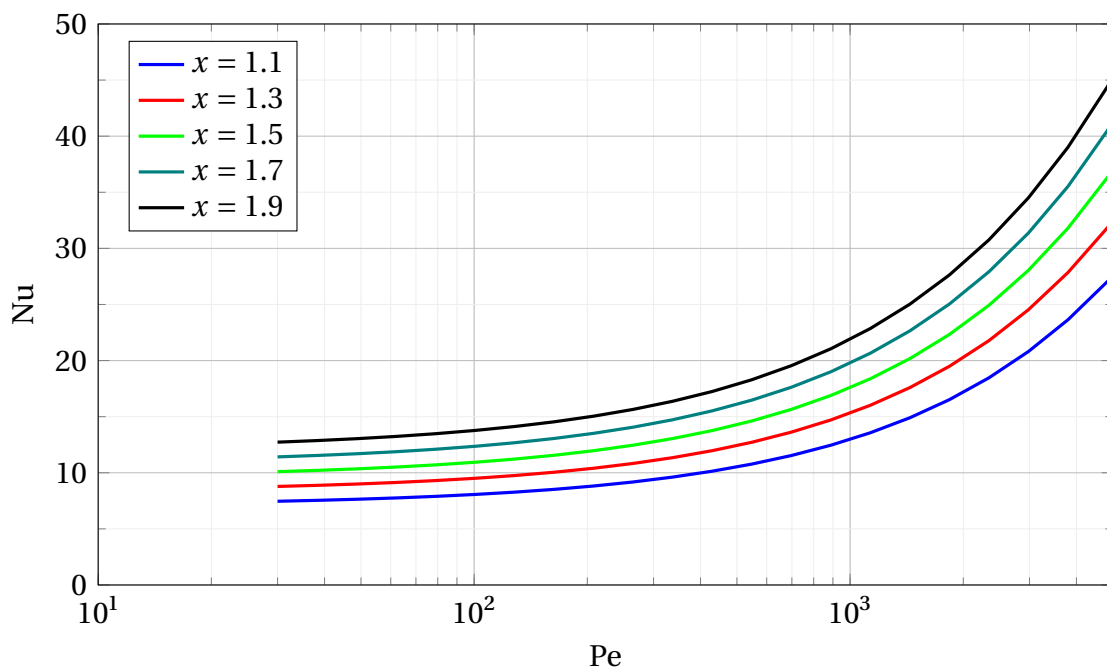


## 2 PŘESTUP TEPLA V TEKUTÝCH KOVECH

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

$$Nu = 0.25 + 6.2x + (0.032x - 0.007) \cdot Pe^{0.8-0.024x} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{L} \cdot \left[ 0.25 + 6.2x + (0.032x - 0.007) \cdot \left( \frac{L \cdot v}{a} \right)^{0.8-0.024x} \right] \quad (2)$$



**Obrázek 2:** Podélné obtékání trubek.

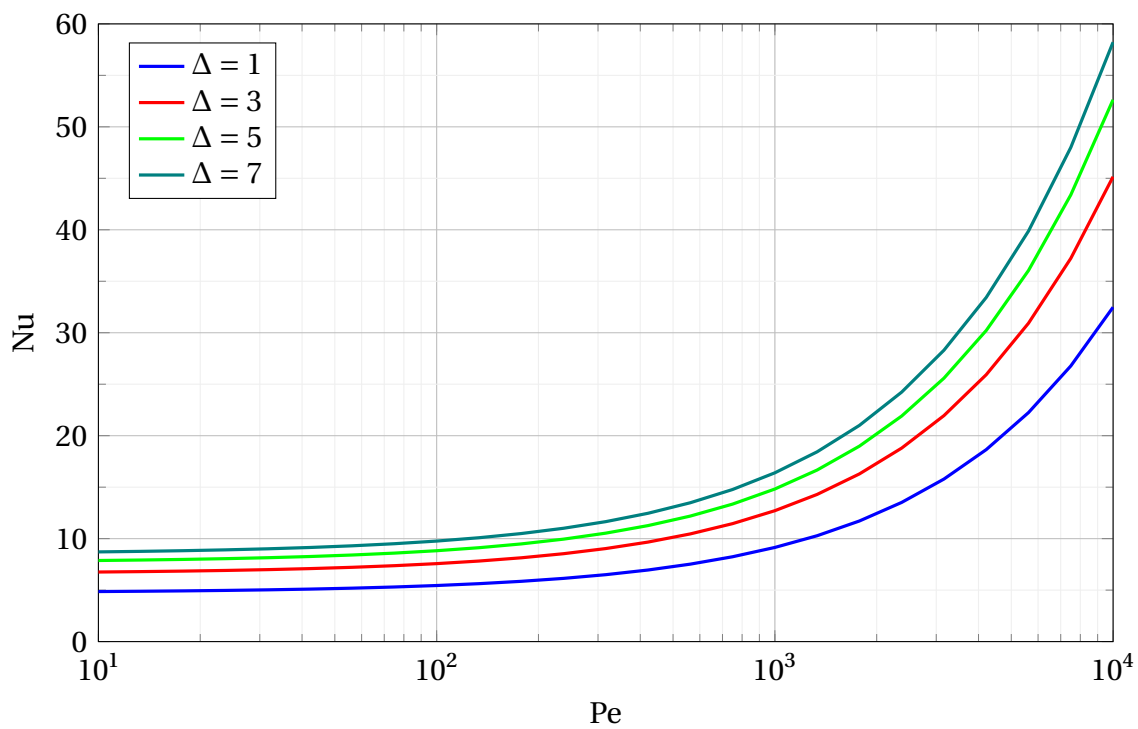
$$\text{Nu} = \Delta^{0.3} \cdot (x_1 + x_2 \cdot \text{Pe}^{x_3}) \quad (3)$$

Kde:

- $x_1 = 4.75$
- $x_2 = 0.0175$
- $x_3 = 0.8$
- $\Delta = \frac{D}{d} = 1 \div 7$

$$\text{Nu} = \Delta^{0.3} \cdot (4.75 + 0.0175 \cdot \text{Pe}^{0.8}) \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{L} \cdot \left\{ \Delta^{0.3} \cdot \left[ 4.75 + 0.0175 \cdot \left( \frac{L \cdot \nu}{a} \right)^{0.8} \right] \right\} \quad (5)$$



**Obrázek 3:** Predikce přestupu tepla v mezikruhovém kanálu.

## Závěr

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval vedoucímu práce...

## Seznam použité literatury

- [1] Hezlar, R.: *Stroje a zařízení jaderných elektráren 2. díl*. ČVUT FJFI, 2005.
- [2] Wendelstein 7-X. *Max Planck Institute for Plasma Physics* [online]. [cit. 01-05-2020].  
Dostupné z: <https://www.ipp.mpg.de/2815232/konzeptentwicklung>
- [3] Cheung, A.; Binderbauer, M.; Liu, E; aj.: Colliding beam fusion reactor space propulsion system. In *AIP Conference Proceedings*, ročník 699, American Institute of Physics, 2004, s. 354--361.

## Seznam obrázků

1	Magnetické cívky a plazma stelarátoru Wendelstein 7-X.[2]	3
2	Podélné obtékání trubek.	5
3	Predikce přestupu tepla v mezikruhovém kanálu.	6

## Seznam tabulek

1	Parametry pohonu pro 100 MW CBFR-SPS. [3]	4
---	---	---

## Seznam příloh