



Interná prezentácia doktorandov

NESTABILITY PŘI SPALOVÁNÍ KAPALNÉHO PALIVA

- **Doktorant:** Ing. L. Golitko
- **Školitel':** prof. Ing. M. Jícha, CSc
- **Školitel' špecialista:** Ing. M. Forman, Ph.D



Obsah prezentácie

- **O projekte**
- **Problematika**
- **Súčasný stav**
- **Budúcnosť**



Limousine Project

Limit cycles of thermo-acoustic oscillations in gas turbine combustors

- zameranie sa na vplyv limitných cyklických oscilácií v plynových turbínach a ich výsledný vplyv na poškodenie materiálu
- Združuje šesť univerzít, dve výskumné centrá a päť priemyselných spoločností

UNIVERSITY OF TWENTE.



Imperial College
London



KEELE
UNIVERSITY



Electrabel



SULZER



Problematika

- **Sprej** – kvapalina vstrekaná do priestoru, ktorá sa delí pri interakcii s ním
- **Sprievodné javy**: zmena energie, vyparovanie, kolízie, deformácia kvapôčiek
- **Rovnice spreja** :
 - Metóda dvoch kontinuí (Euler)
 - Metóda samostatnej častice (Lagrange)
 - Pravdepodobnostná metóda



Metóda dvoch kontinuí

- Definované vlastnosti kvapaliny aj plynu v bode bez ohľadu na to, či sa nachádza v plynnom prostredí alebo v tekutom
- Rozlíšenie iba vo väčšej mierke než sú vzdialenosti medzi susednými kvapôčkami

- polomer kvapôčky:
$$\frac{d^{(k)}R^{(k)}}{dt} = -\frac{\dot{m}^{(k)}}{4\pi\rho_l^{(k)}[R^{(k)}]^2}$$

- pozícia kvapôčky:
$$\frac{d^{(k)}x_{li}^{(k)}}{dt} = u_{li}^{(k)}$$

- energetická rovnica:
$$\bar{\rho}_l^{(k)} \frac{de_l^{(k)}}{dt} = n^{(k)}\dot{m}^{(k)} \left[e_l^{(k)} - e_{ls}^{(k)} + \frac{\dot{q}_l^{(k)}}{\dot{m}^{(k)}} \right] + B^{(k)}$$



Metóda samostatnej častice

- Vyššie rozlíšenie
- Táto metóda sleduje každú kvapôčku osobitne a rieši tekuté pole a plyny okolo nej
- Dané sú buď vlastnosti plynu alebo vlastnosti tekutiny v každom bode a čase

- polomer:
$$\frac{dR}{dt} = -\frac{\dot{m}}{4\pi\rho_l R^2}$$

- poloha:
$$\frac{dx_i}{dt} = u_{li}$$

- energia:
$$\frac{de_l}{dt} = -\frac{3\dot{m}}{4\pi\rho_l R^3} \left(e_l - e_{ls} + \frac{\dot{q}_l}{\dot{m}} \right) + \frac{\sum_k B^{(k)}}{\rho_l(1-\theta)}$$



Pravdepodobnostná metóda

- Vysoké rozlíšenie
- Rozdeľuje kvapôčky do tried podľa ich vstupných parametrov ako veľkosť, rýchlosť, hustota, zloženie
- Môže byť definovaná pravdepodobnostná funkcia hustoty alebo distribučná funkcia pre každú triedu osobitne

- základná formulácia:
$$\frac{\partial f^{(k)}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} [u_{ij} f^{(k)}] + \frac{\partial}{\partial u_{ij}} [a_{ij} f^{(k)}] + \frac{\partial}{\partial R} [\dot{R} f^{(k)}] + \frac{\partial}{\partial e_l} [\dot{e}_l f^{(k)}] = 0$$

- zrýchlenie:
$$a_{ij} \equiv \frac{3\tilde{F}_{D_i}}{4\pi\rho_l R^3} + g_i \left(1 - \frac{\rho}{\rho_l}\right) + \frac{\rho}{\rho_l} \frac{du_i}{dt}$$

- charakteristiky:
$$\frac{d^{(k)}x_i}{dt} = u_{ii} \quad \frac{d^{(k)}u_{ii}}{dt} = a_{ii} \quad \frac{d^{(k)}R}{dt} = \dot{R} = -\frac{\dot{m}}{4\pi\rho_l R^2}$$

- hustota triedy kvapôčiek:
$$n^{(k)} = \int f^{(k)} du_{ii} dR de_l$$



Problematika

- **Nestability spaľovania**
 - **prirodzené** – nestability chemickej kinetiky, termálne, hydrodynamické
 - **nestability zapríčinené spaľovacou komorou** – akustické, rázové
 - **systémové nestability** – prísun reaktantov, výfuk

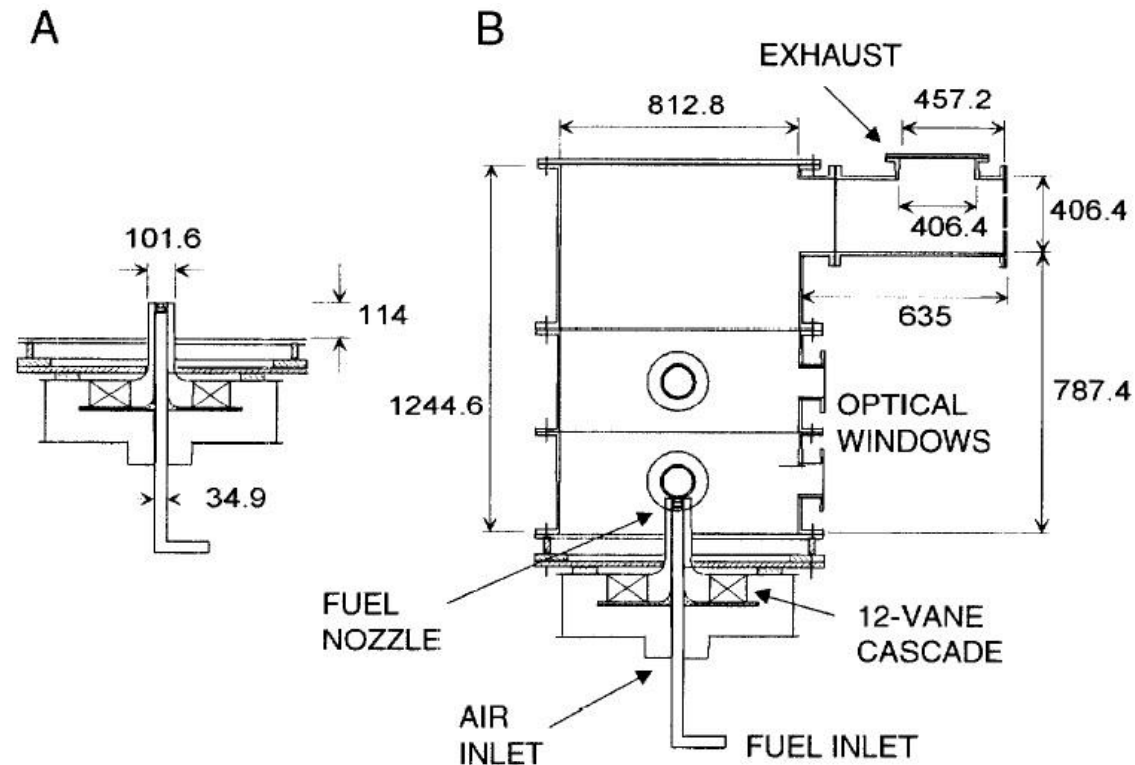


Nestability spaľovania

- **Príčina** – zmena akustických vln
- Tlmenie – v dýze, kondenzované čiastočky, trením o stenu, relaxačné
- Amplifikácia – spaľovaním, zmenou energie toku na akustickú energiu,
- Zmeny tlaku
- Hydrodynamické a difuzívne nestability

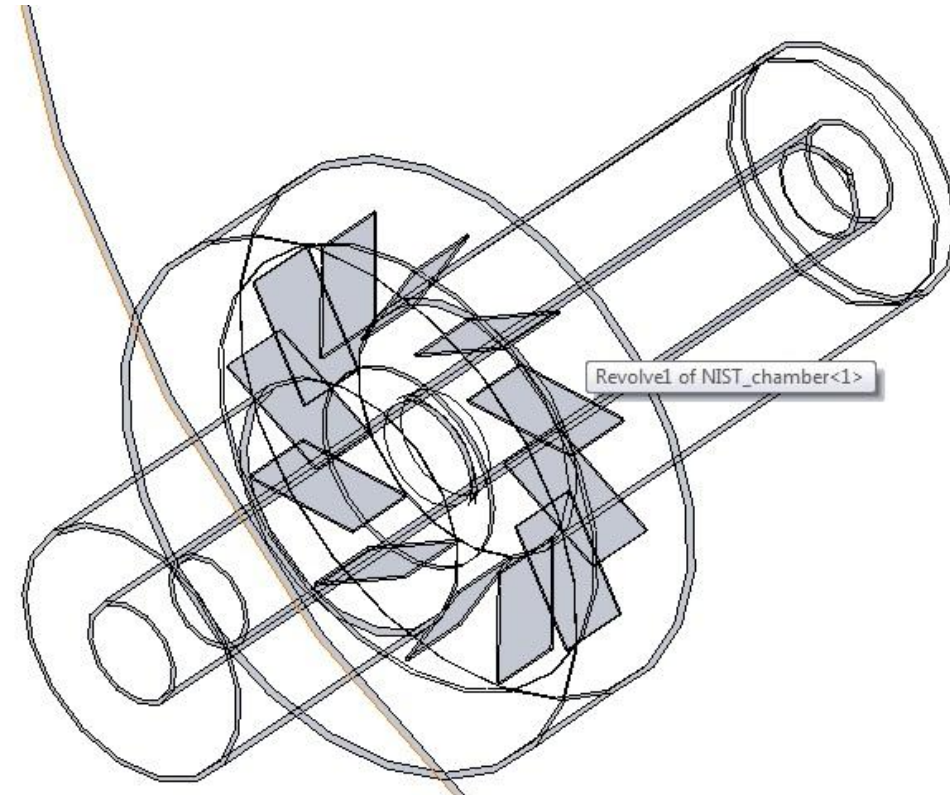
Experiment

- NIST (National Institute for Standard and Technology)



NIST Experiment

- tlak atomizéra 689 kPa
- hmotnostný tok metanolu: $8,33 \times 10^{-4}$ kg/s
- priemer trysky: 0,1 mm
- koeficient priepustnosti: 0,5
- vstupná rýchlosť spreja: 26,7 m/s





Súčasný stav

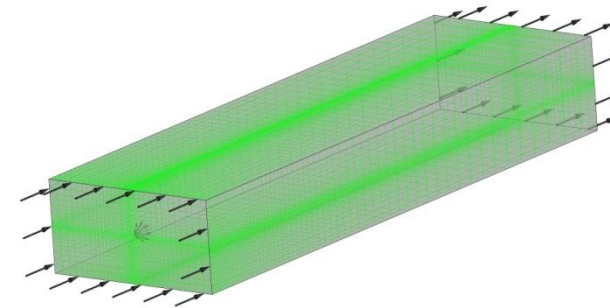
- **Simulácie v programe ANSYS 12 CFX**
 - výpočetná doména
 - konvergencia
- **Nastavenie spaľovania**
 - odparovanie paliva
 - zmena paliva



Simulácia v programe ANSYS 12 CFX

ANSYS

- Zjednodušená doména
- palivo N – Heptán (C_7H_{16})
- Teplota 400 K
- Hmotnostný tok 8,33 g/s
- Uhol 30°
- Rýchlosť 5 m/s
- Vzduch 1 m/s, 750 K

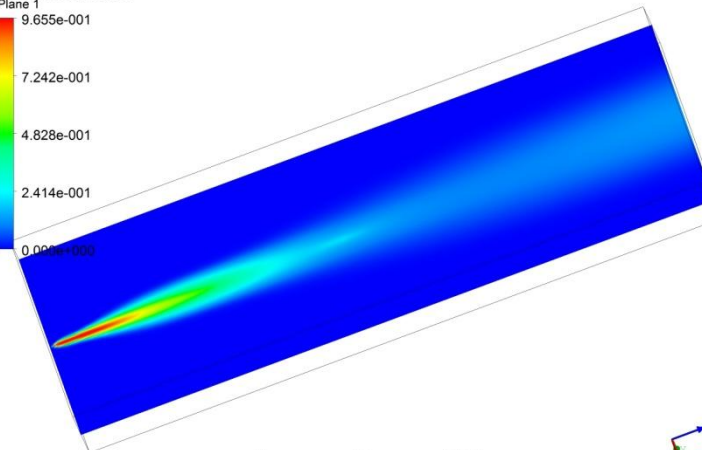
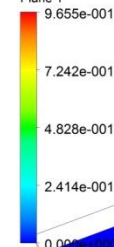


0 0.075 0.150 0.225 0.300 (m)



ANSYS

C7H16, Mass Fraction
Plane 1



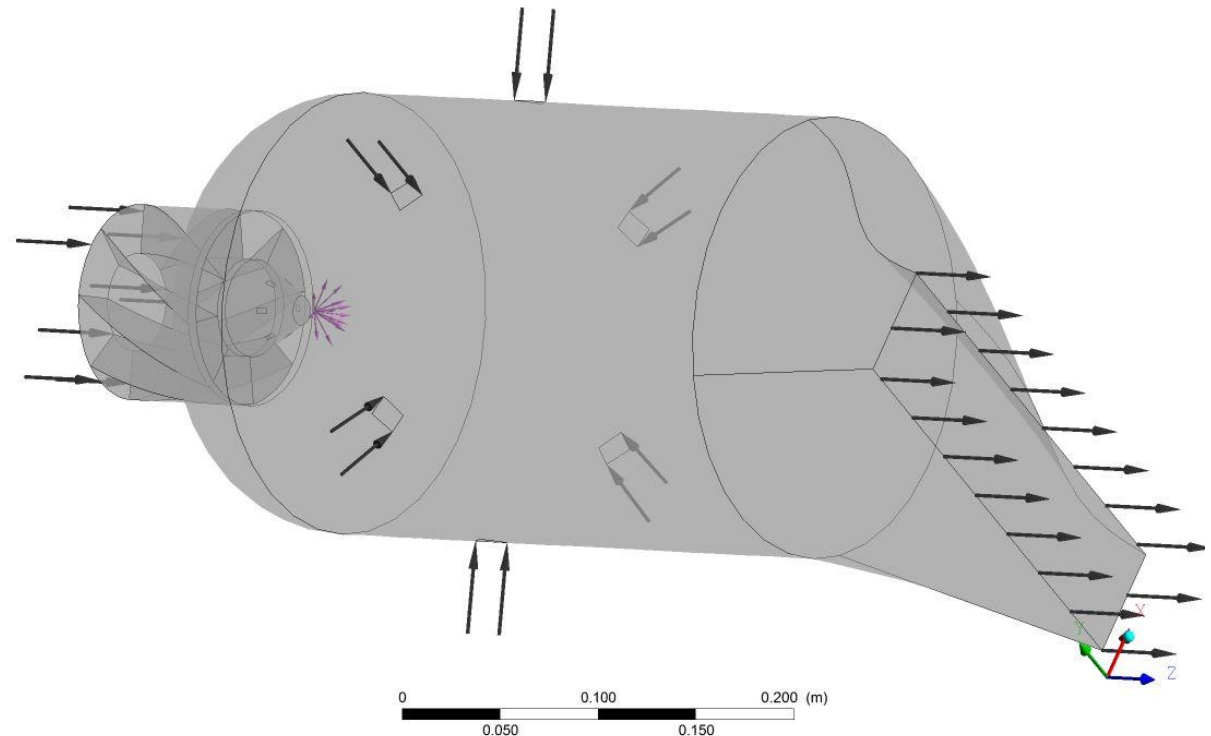
0 0.075 0.150 0.225 0.300 (m)



Simulácia v programe ANSYS 12 CFX

- **Spaľovacia komora**

- Spaľovanie leteckého paliva
- Teplota 300 K
- Hmotnostný tok 8,33 g/s
- Uhol $40^\circ \pm 10^\circ$
- Rýchlosť 1 m/s
- Vzduch 10 m/s, 300 K

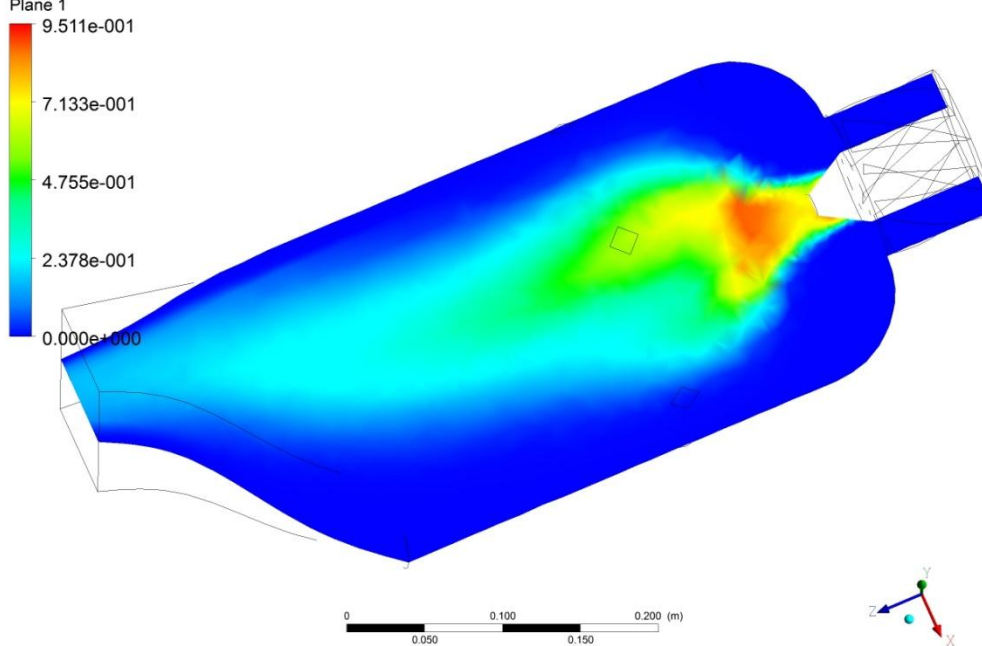




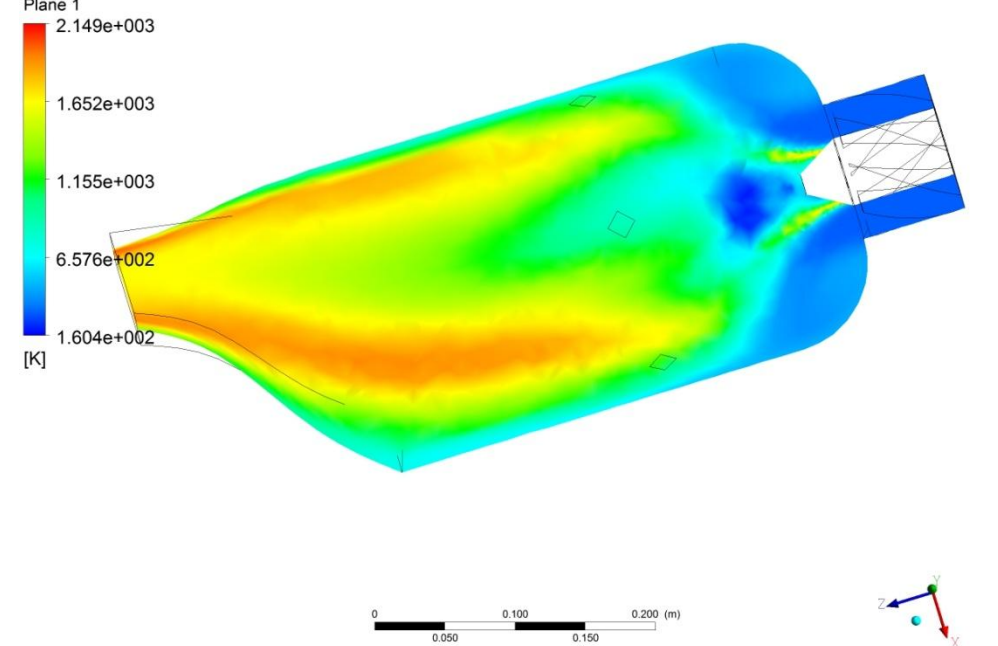
Simulácia v programe ANSYS 12 CFX

- **Výsledky**

JetA.Mass Fraction
Plane 1



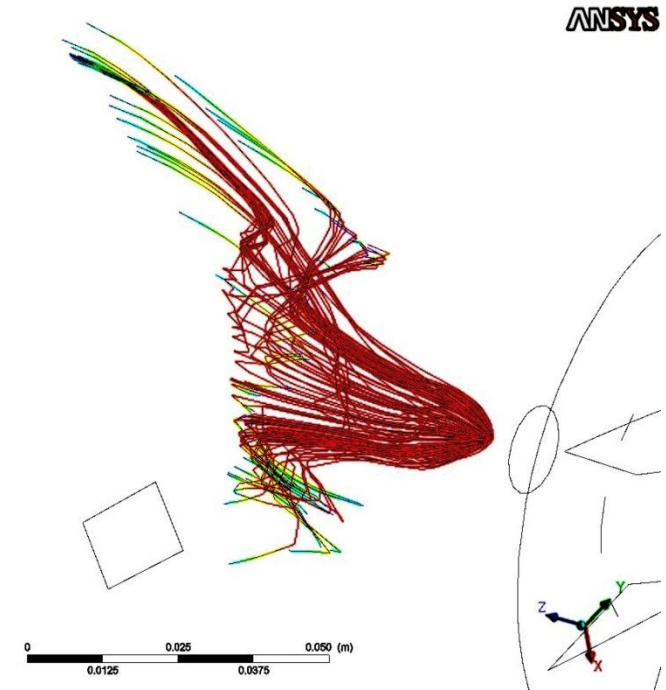
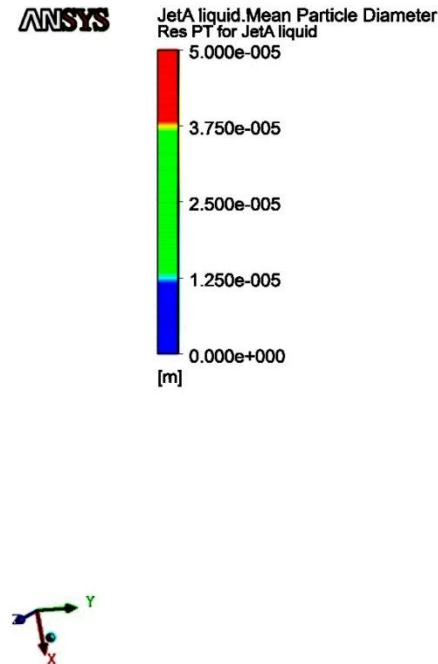
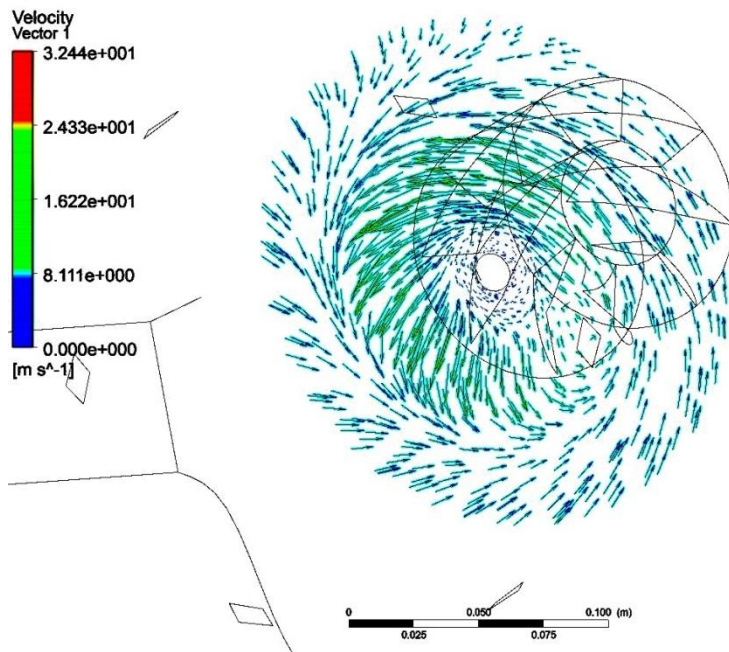
Temperature
Plane 1

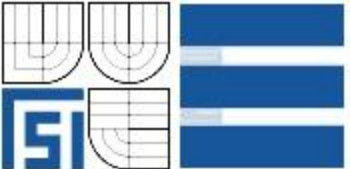




Simulácia v programe ANSYS 12 CFX

- Výsledky





Budúcnosť

rok	2009				2010				2011				2012			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Činnosti / Štvrťrok																
Literatúra / štúdium CFD nástrojov				X	X											
Študijný pobyt						X										
Model nestabilného spreja							X	X	X							
CFD overovanie								X	X	X	X	X	X			
Analýza										X	X	X	X	X		
Téza / správa											X	X	X	X	X	



Budúcnosť

- **Model spaľovania kvapálneho paliva**
- **Kinetická schéma**
- **Zahrnúť nestability**
- **Overovanie**



Ďakujem za pozornosť