

Vývoj matematických metod a softwarových nástrojů pro optimalizaci palivových vsázek

Roman Čada

Katedra matematiky
ZČU v Plzni

60 let pro jadernou energetiku

12.5.2016

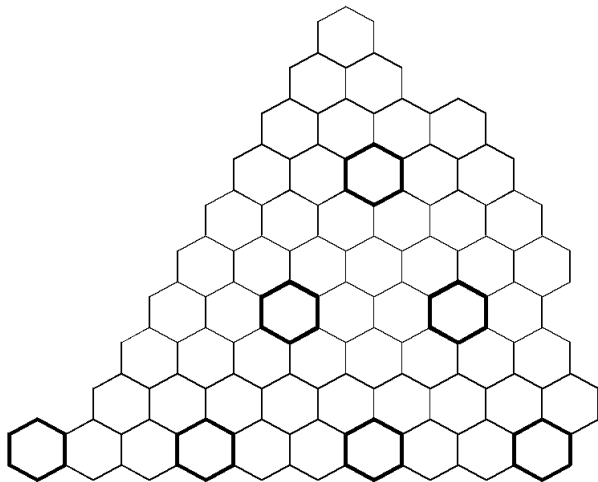
- historie vývoje softwarových nástrojů pro jaderné elektrárny na Západočeské univerzitě v Plzni
- potřebné matematické zázemí (know-how)
- důležitost základního a smluvního výzkumu

Palivový cyklus jaderného reaktoru

- bezpečnost provozu
 - analýzy (palivo)
 - monitorování provozu
 - podpora výpočetními nástroji
- ekonomie provozu
 - plánování délek cyklů
 - vývoj typů paliv
 - optimalizace palivových vsázek

- 15 let vývoje na ZČU v Plzni pro Škoda JS a.s.
- vývoj softwarových nástrojů pro optimalizaci palivových vsázek
- 2004 softwarový systém Athena
 - přeměna na univerzální nástroj pro optimalizaci zón VVER 440 a 1000
 - napsáno v jazyce C
 - víceprocesorové systémy
 - pseudoparalelní a paralelní výpočty
 - optimalizace na řadu sledovaných kritérií

- řez aktivní zónou reaktoru má tvar pravidelného šestiúhelníku



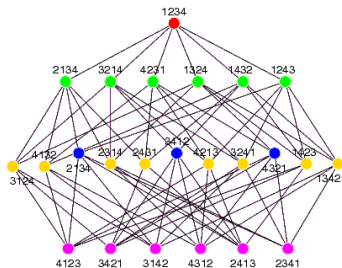
- reaktor **VVER440**
 - 349 palivových článků v celé zóně
 - každý palivový článek obsahuje 126 palivových proutků
- reaktor **VVER1000**
 - 163 palivových článků v celé zóně
 - každý palivový článek obsahuje 317 palivových proutků
- pokazetové, poproutkové výpočty (přesnost výpočtů)

najít: palivové vsázky umožňující optimální provoz
(posloupnost takových vsázek)

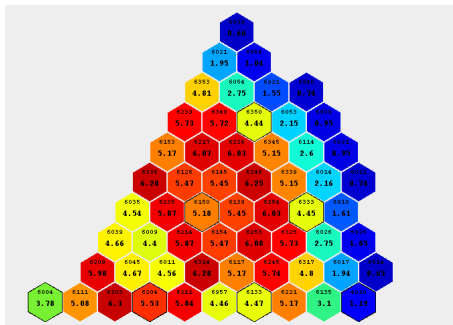
- pro dostupné sortimenty čerstvých kazet
- s využitím bazénu skladování
- za splnění požadavků (bezpečnostní a provozní kritéria, délky cyklů, omezení daná palivem)

Potřebná matematika aneb základní výzkum

- kombinatorika, teorie grup, teorie grafů
- spektrální vlastnosti zobrazení (vlastnosti funkcí, geometrie)
- parciální diferenciální rovnice
- stochastické procesy
- optimalizační algoritmy pro *těžké* (kombinatorické) úlohy
- nelineární programování



- provádění studií dlouhodobé provozovatelnosti za různých scénářů s využitím různých typů paliva (výměna jednoho typu paliva za jiný)
- příklad nízkoúnikové – L3P (low leakage loading patterns)
 - vsázky (rozložení výkonu)



Stále je co řešit a vyvíjet

- **vývoj paliv** – palivo má jiné vlastnosti a následně zóna má nové vlastnosti
- adaptace aproximací a optimalizačních kritérií
- korelace mezi přibližnými rychlými odhady parametrů a přesnými výpočty
 - s novými palivy korelace slábne
- rozšiřování sledovaných a optimalizovaných parametrů

- smluvní výzkum (objednávky, SoD)
- dohoda o mlčenlivosti – NDA
- problém formulace přesného zadání - vícekriteriální úlohy

- Škoda JS, a.s.
- Technologická agentura České republiky (TAČR)

Děkuji za pozornost!