

# Simulace provozu jaderné elektrárny typu ABWR

O. Novák\*, L. Gavlová\*\*

\*Gymnázium AOA Mariánské lázně

\*\*Lékařské a přírodovědné gymnázium PRIGO

\*[o.novak6@seznam.cz](mailto:o.novak6@seznam.cz); \*\*[lucie.gavlova@gmail.com](mailto:lucie.gavlova@gmail.com)

## Abstrakt:

Příspěvek pojednává o simulaci provozu jaderné elektrárny typu ABWR. Simulaci si autoři zkusili, jakým způsobem automatické systémy řeší různé druhy poruch. Cílem práce bylo vyzkoušet si práci operátora jaderné elektrárny za typického provozu, abnormálních i havarijních stavů.

## 1 Úvod

Simulátory jaderné elektrárny se v dnešní době využívají k proškolení řídicího personálu jaderné elektrárny, školní výuce a modelování situací při běžném provozu jaderné elektrárny. Simulátory jaderné elektrárny se od sebe odlišují druhem elektrárny a náročností simulace. Mezi hlavní výhody simulátorů patří možnost vyzkoušení si havarijních situací bez reálného rizika. V tomto článku je rozebrána simulace jaderné elektrárny typu ABWR.

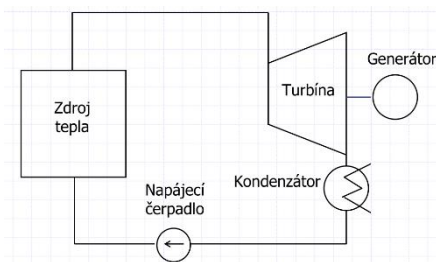
## 2 Teorie štěpení uranu

V jaderné elektrárně se jako palivo na výrobu energie využívá  $\text{UO}_2$ , které je uloženo v palivových tyčích. Uran je zde zastoupen v podobě obohaceného uranu, kde  $^{235}\text{U}$  zaujímá 3-5 % podíl. Štěpení probíhá v aktivní zóně reaktoru, kde jsou atomy uranu vystaveny toku neutronů. Poté, co atom uranu absorbuje neutron, dochází k rozštěpení atomu uranu na 2-3 odštěpky, 3 neutrony a další částice. Rychlé neutrony ze štěpení je nutné zpomalit pomocí moderátoru. Při zpomalování dochází ke ztrátám neutronů, avšak zbylé neutrony narazí do dalších jader uranu, čímž dochází ke kontinuální řetězové reakci.

### 3 Jaderná elektrárna typu ABWR

Jedná se o jediný varný reaktor 3. generace. Má pouze jeden vnitřní okruh. Výkon reaktoru je řízen za pomoci průtoku vody v aktivní zóně a regulačních tyčí.

První reaktory typu ABWR byly postaveny v elektrárně Kashiwazaki Kariwa v Japonsku, avšak z důvodu přírodních katastrof a zvýšení bezpečnostních požadavků se již od roku 2013 postupně upravují, aby nedošlo k dalším haváriím a byla dodržena všechna opatření.



Obrázek 1. schéma elektrárny ABWR

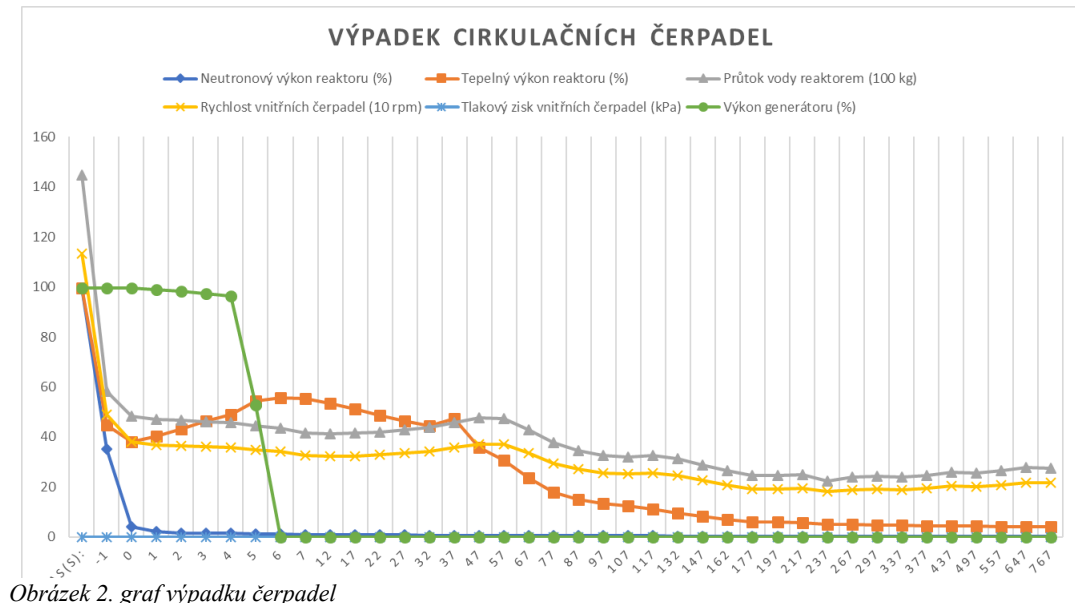
### 4 Simulované situace

V rámci našeho miniprojektu jsme měli za úkol nasimulovat a pozorovat jak běžný provoz, tak různé poruchy, které by se mohly vyskytnout při provozu jaderné elektrárny typu ABWR.

Pozorovali jsme reakci systému např. při úniku z parního kolektoru, či výpadku cirkulačních čerpadel. Porovnali jsme i automatické a manuální snížení výkonu na 70 % a následné zvýšení výkonu na původních 100 %.

#### Výpadek cirkulačních čerpadel

Při výpadku cirkulačních čerpadel dochází ke snížení průtoku vody v aktivní zóně. Z důvodu většího výkonu reaktoru než je při sníženém průtoku povoleno, dochází z bezpečnostních důvodů k odstavení reaktoru za využití regulačních tyčí (viz modrá křivka obr. 2). Po odstavení reaktoru se snižuje tlak v reaktoru a zvyšuje se suchost páry. Postupně dochází k poklesu výkonu elektrického generátoru a poté k odstavení turbín (viz zelená křivka obr. 2), což má za následek zvýšení tlaku v reaktoru. Tlak je následně redukován otevřením přepouštěcí stanice do kondenzátorů. Voda čerpaná z kondenzátorů nadále ochlazuje reaktor i za pomoci přirozené regulace.



## 5 Shrnutí

Simulace nám přinesla pohled do reálného provozu jaderné elektrárny typu ABWR. Zároveň nás i utvrdila v přesvědčení, že při řízení jaderné elektrárny je řídicí systém nejlepším přítelem člověka. Mnohdy totiž dokáže zareagovat rychleji a přesněji, než člověk, čímž zamezí mnoha potenciálním nehodám.

## Poděkování

Panu Dušanu Kobylkovi za konzultace a poskytnuté materiály.

## Reference

- [1] KOBYLKA, Dušan. *Týden vědy 2022 – Jaderné elektrárny*. ČVUT v Praze
- [2] World nuclear association [online]. [Cit. 2022-06-21]. Dostupné: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power.aspx>