



TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE  
Faculty of Electrical Engineering and Informatics



# Electrical Engineering and Informatics X

Proceedings of  
the Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
of the Technical University of Košice

ISBN 978-80-553-3342-7

**Electrical Engineering and Informatics X**  
**Proceedings of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics**  
**of the Technical University of Košice**

Published by: Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
Technical University of Košice  
Letná 9, 04200 Košice, Slovak Republic

Date of publication: August 2019 Language: English, Slovak  
Printing: 50 pieces CD Pages: 544

Editorial board chairman: prof. Ing. Alena Pietriková, CSc.

Proceedings reviewers: prof. Ing. Pavol Galajda, PhD.  
prof. Ing. Dušan Levický, CSc.  
prof. Ing. Stanislav Marchevský, CSc.  
prof. Ing. Ján Paralič PhD.  
prof. Ing. Alena Pietriková, CSc.  
prof. RNDr. Ján Plavka, PhD.  
prof. Ing. Peter Sinčák CSc.  
prof. Ing. Ján Šaliga, CSc.  
prof. Ing. Iveta Zolotová CSc.  
assoc. prof. Ing. Norbert Ádám, PhD.  
assoc. prof. Ing. František Babič PhD.  
assoc. prof. Ing. Anton Baláž, PhD.  
assoc. prof. Ing. Marek Bundzel PhD.  
assoc. prof. Ing. Peter Butka PhD.  
assoc. prof. Ing. Ľubomír Doboš, PhD.  
assoc. prof. Ing. Miloš Drutarovský, PhD.  
assoc. prof. Ing. Jaroslav Džmura, PhD.  
assoc. prof. Ing. Ján Gamec, PhD.  
assoc. prof. Ing. Ján Genči, PhD.  
assoc. prof. Ing. Zdeněk Havlice, CSc.  
assoc. prof. Ing. Milan Lacko, PhD.  
assoc. prof. Ing. Marián Mach CSc.  
assoc. prof. Ing. Alexander Mészáros, PhD.  
assoc. prof. Ing. Ján Papaj, PhD.  
assoc. prof. Ing. Branislav Sobota, PhD.  
assoc. prof. Ing. Slavomír Šimoňák, PhD.  
assoc. prof. Dr. Ing. Ján Vaščák  
assoc. prof. Ing. Jaroslava Žilková, PhD.

Editors: prof. Ing. Alena Pietriková, CSc.  
Ing. Emília Pietriková, PhD.

# Contents

**Gabriela Demková, Kristína Machová**

*Detection of fake news in platforms of the social web* ..... 8

**Juraj Čarnogurský, Slavomír Šimoňák**

*Extension of the System for Visual Design and Analysis of Algorithms and its Application in Education* ..... 13

**Martin Fedor, Dušan Medved'**

*Inteligentné meracie zariadenia a ich obmedzenia* ..... 18

**Daniel Pál, Ľubomír Beňa, Jakub Urbanský**

*Význam stmievania na zníženie energetickej náročnosti budovy* ..... 23

**Ján Magyar, Norbert Ferencík**

*Interactive Game Therapy Using a Nao Robot* ..... 27

**Ján Mihalík, Iveta Gladišová**

*Obrysové deskriptory využívajúce waveletovú transformáciu* ..... 31

**Jakub Urbanský, Michal Špes, Daniel Pál, Ľubomír Beňa, Michal Márton**

*Simulation of Electricity Production from Small Wind Turbine in locality of Košice* ..... 36

**Tomáš Huszaník, Ján Turán, Ľuboš Ovseník**

*Vplyv konfigurácie čerpaceho zdroja EDFA na generovanie SPM vo WDM systémoch* ..... 42

**Martin Havrilla, Ján Gamec**

*Estimácia hrúbky steny pomocou UWB radarového systému* ..... 48

**Branislav Sobota, Štefan Korečko, Ľubomír Daniel Fedor, Marián Hudák, Martin Sivý**

*Využitie technológií zmiešanej reality v priemyselnom prostredí* ..... 53

**Slavomír Kardoš**

*Aplikácia low-g akcelerometra pre snímanie viskozity technických olejov* ..... 59

**Patrik Seman, Aleš Deák, František Jakab**

*Information automated portal for monitoring live records from a proxy server* ..... 65

**Stanislav Ondáš, Rastislav Husovský**

*SloGest – databáza na analýzu multimodality* ..... 71

**Eduard Pizur, Viera Maslej Krešňáková, Peter Butka**

*Detekcia spájania galaxií pomocou metód hlbokého učenia* ..... 76

**Patrik Kancír, Dušan Medved'**

*Analýza energetického zabezpečenia pre kláštor Krásny Brod* ..... 81

**Marek Krištof, Dominik Lakatoš**

*System for monitoring the movement of athletes* ..... 85

**Daniel Chovanec, Lukáš Hruška, Peter Sinčák**

*User centered design in cloud-based teleoperation system for social robotics* ..... 91

**Erika Buffová, Zdeněk Havlice**

*Engineering Processing of Requirements with Use of the OPM* ..... 96

|                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Martin Bražina, William Steingartner</b><br><i>Semantics of programming languages in categorical terms</i>                                                                                                | 102 |
| <b>Pavol Silagyi, Dušan Medveď</b><br><i>Analýza odstavenia jadrovej elektrárne A1</i>                                                                                                                       | 107 |
| <b>Ján Papaj</b><br><i>Odolné mobilné siete na doručovanie obsahu – REMONET</i>                                                                                                                              | 113 |
| <b>Matúš Mašlanka, Pavol Bobík, Ján Genči</b><br><i>Automatizácia spracovania dát zo siete AMONnet</i>                                                                                                       | 119 |
| <b>Marián Hudák, Branislav Sobota</b><br><i>Inteligentné používateľské rozhrania s posilnením interakcie človeka a systému virtuálnej jaskyne</i>                                                            | 125 |
| <b>Lukáš Ujházy, Aleš Deák, František Jakab</b><br><i>Smart meter data processing tool using energy disaggregation</i>                                                                                       | 131 |
| <b>Peter Girovský, Ján Kaňuch, Zoltán Gombos</b><br><i>Porovnanie vplyvu napájania na charakteristiky univerzálneho motora</i>                                                                               | 137 |
| <b>Dominik Gdovin, Dušan Medveď</b><br><i>Analýza elektromagnetického poľa v okolí vn stožiarov</i>                                                                                                          | 143 |
| <b>Tomáš Huszaník, Ján Turán, Ľuboš Ovseník</b><br><i>Analýza Er-Yb vlnovodného zosilňovača pre DWDM systém v pásme C</i>                                                                                    | 148 |
| <b>Renát Haluška, Ľuboš Ovseník, Peter Šulaj</b><br><i>Effective Algorithms for Multiview Video Coding</i>                                                                                                   | 153 |
| <b>Barbora Novotná, Valerie Novitzká</b><br><i>Coalgebras for concurrent processes using <math>\pi</math> – calculus</i>                                                                                     | 157 |
| <b>Michal Márton, Ľuboš Ovseník, Ján Turán, Michal Špes, Jakub Urbanský</b><br><i>Porovnanie špirálových antén pracujúcich na 2,4GHz, 5,2GHz a 9,2GHz pre experimentálny FSO/RF systém</i>                   | 162 |
| <b>Ján Presada, Dušan Medveď</b><br><i>Rozloženie elektromagnetického poľa v okolí transformátora</i>                                                                                                        | 165 |
| <b>Vladimír Hluška, Dušan Medveď</b><br><i>Elektromagnetické pole v okolí vybraných zariadení v domácnosti</i>                                                                                               | 171 |
| <b>František Koval', Pavol Bobík, Ján Genči, Michal Vrábel</b><br><i>Tsunami waves detection by Mini-EUSO detector</i>                                                                                       | 176 |
| <b>Maksym Oliinyk, Jaroslav Džmura</b><br><i>Features investment in projects related to renewable energy</i>                                                                                                 | 182 |
| <b>Ľuboš Ovseník, Ján Turán, Jakub Oravec</b><br><i>Vývoj difúzneho bloku pre obrazové šifrovacie algoritmy</i>                                                                                              | 186 |
| <b>Branislav Sobota, Patrik Žak</b><br><i>Distributed Visualization System</i>                                                                                                                               | 192 |
| <b>Michal Márton, Ľuboš Ovseník, Ján Turán, Michal Špes, Jakub Urbanský</b><br><i>Analýza vplyvu zmeny reflektora špirálovej antény pracujúcej na 5,2GHz aplikovateľnej v experimentálnom FSO/RF systéme</i> | 198 |

# Analýza odstavenia jadrovej elektrárne A1

<sup>1</sup>Pavol Silagyi, <sup>2</sup>Dušan Medved'

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika

<sup>1</sup>pavol.silagyi@student.tuke.sk, <sup>2</sup>dusan.medved@tuke.sk

**Abstrakt** — Proces vyrad'ovania jadrových zariadení je časovo a finančne veľmi nákladná činnosť. Porucha na jadrovom zariadení, akým je napríklad aj jadrová elektrárňa A1, so sebou nesie nie len riziko radiačne nebezpečného stavu, ale tak isto aj zvýšené finančné náklady, ktoré je potrebné vynaložiť vo vzťahu k vyrad'ovaniu jadrového zariadenia po poruche. V tomto príspevku je popísaná posledná a najdôležitejšia porucha na zariadení jadrovej elektrárne A1. Tak isto aj jej vplyv na ekonomickú stránku projektu vyrad'ovania tejto jadrovej elektrárne, v porovnaní s finančnými nákladmi, ktoré boli použité na vyrad'ovanie jadrovej elektrárne V1, v rámci ktorej nebola zaznamenaná vážna porucha.

**Kľúčové slová** — vyradenie jadrovej elektrárne, jadrová elektrárňa A1, ekonomické aspekty

## I. ÚVOD

Jadrové zariadenia predstavujú v dnešnej dobe jeden z najdôležitejších zdrojov elektrickej energie. Každá poruchová a nehodová udalosť na jadrovom zariadení so sebou nesie riziko vzniku radiačne nebezpečného stavu. Okrem toho však môže poruchovú udalosť sprevádzať nutnosť celkového vyradenia jadrového zariadenia, ktorá je ovplyvnená jeho rozsiahlym poškodením.

V rámci prevádzky jadrovej elektrárne JE A-1 došlo k nehodovej udalosti, ktorá zapríčinila jeho okamžité odstavenie a následne aj okamžitý začiatok prác na vyrad'ovaní jadrovej elektrárne JE A-1. Jedná sa o v poradí druhú z dvoch vážnych nehôd počas prevádzky JE A-1. Táto nehoda ovplyvnila výšku finančných, časových a ľudských zdrojov, ktoré museli byť vynaložené počas procesu vyrad'ovania JE A-1. Prednostne sa však táto práca zaoberá použitými finančnými zdrojmi, ktoré boli a budú vynaložené počas procesu vyrad'ovania elektrárne JE A-1.

Pre utvorenie predstavy, ako táto nehoda vplýva na výšku nutných finančných zdrojov, je vhodné porovnanie s jadrovým zariadením, ktoré bolo vyradené po skončení bezporuchovej prevádzky. Ako vhodný príklad poslúži jadrová elektrárňa V-1, ktorá je v procese vyrad'ovania po ukončení prevádzky bez vplyvu poruchy alebo nehody. [1]

## II. NAJVÁŽNEJŠIA NEHODA Z DŇA 22.2.1977

Jedná sa o najvážnejšiu haváriu na jadrovom zariadení JE A-1. Dá sa povedať, že táto havária bola do veľkej miery spôsobená chybou ľudského faktora. Personál elektrárne, najmä kvôli nedokonalým znalostiam o vplyvoch rôznych elementov na funkciu reaktora, nevyhodnotil vzniknutú situáciu správne a došlo k havárii, ktorá mala v konečnom dôsledku za následok celkové odstavenie jadrovej elektrárne A-1. [2]

Havária vznikla v čase, keď prebiehala výmena vyhoreného palivového článku z kanála C05, počas prevádzky reaktora. Vybratie článku z reaktora prebiehalo v poriadku, a počas tohto výkonu nevznikli žiadne nežiaduce procesy. Problémy nastali pri zavážaní nového palivového článku do reaktora, kedy sa tento článok prehrial a nastala jeho deštrukcia. Vplyvom prehriatia došlo k poškodeniu kesónovej rúrky a ťažká voda sa dostala do plynovej časti primárneho okruhu. [3]

### A. Príčina havárie

Počas procesu zväžania palivového článku do aktívnej zóny reaktora bol výkon reaktora na úrovni 93 MW. Vtedy sa začala výmena vyhoreného palivového článku z kanála C05, kedy bol vyhorený palivový článok vybraný a uložený do krátkodobého skladu vyhoreného paliva. Ešte v tom čase začalo zavážanie nového palivového článku do kanála. V čase zavážania

palivového článku do reaktora sa v priestore zátky spodného dielu ocitlo vrecúško so silika gélom, ktorý slúžil na pohlcovanie vlhkosti z okolia článku pri jeho preprave a uložení v sklade palivových článkov. Došlo k roztrhnutiu tohto vrecúška a tento silika gél prenikol aj do vnútra palivového článku a aj do jeho okolia. Pracovníci, ktorí pracovali na zavážaní článku do kanála sa tento gél pokúsili odstrániť dostupnými prostriedkami, avšak nepodarilo sa im odstrániť všetok silika gél a malá časť ostala vo vnútri palivového článku. Na túto skutočnosť mali upozorniť personál prevádzky, k čomu však, aj zo strachu o zamestnanie, nedošlo a tak bol odovzdaný protokol, v ktorom bolo uvedené, že daný palivový článok je pripravený na prevádzku. [3], [4]

Tieto kúsky silika gélu následne spôsobili, že pri zvyšovaní výkonu reaktora nedochádzalo k dostatočnému odvodu tepla z povrchu článku, na ktorom došlo k poškodeniu kesónovej rúrky, a došlo k masívnemu prieniku ťažkej vody do plynovej časti primárneho okruhu. [5], [3]

K chybe však došlo aj na strane vedúceho operátora, ktorý si neuvedomil vplyv teploty na článok počas zvyšovania výkonu reaktora. Počas zvyšovania výkonu reaktora prerušil kontinuálne meranie teploty palivového článku, čím vlastne zmrazil poslednú možnosť predísť havárii. [4], [3]

Príčinou havárie teda nebola porucha zariadenia alebo jej chybná konštrukcia, ale výhradne chyby v komunikácii personálu a jeho nedbalého prístupu pri odstraňovaní silika gélu z palivového článku. Vyplývalo to nielen z nedbanlivosti, ale aj nedostatočných skúseností o vplyve rôznych cudzích predmetov na odvod tepla z okolia článku aj napriek ich veľkosti a materiálu, z ktorého sú vyrobené. [2], [3]

### *B. Dôsledky havárie na zariadenie JE A-1*

Zisťovanie rozsahu poškodenia na reaktore trvalo najdlhšie. Rozhodlo sa o vyvezení celej palivovej náplne z reaktora, čo bolo vykonané dňa 26.6.1977. Následne sa z kanála C05 vytiahli zvyšky palivového kompletu, ktorý bol vytiahnutý po častiach, pričom sa v spodnej časti nachádzali už iba roztavené časti z rôznych komponentov. V laboratórnych podmienkach sa zistilo, že havária bola zapríčinená silika gélom nachádzajúcim sa vo vnútri palivového článku. Okrem toho, že sa až do výšky 15cm nad prvou vrstvou dištančných mreží našla roztavená hmota bielej farby, ktorá vznikla roztavením silika gélu, sa našlo aj niekoľko celých granúl gélu. [3]

Teplota, pôsobiaca na palivový článok, bola odhadnutá na 1400°C, keďže pri tejto teplote dochádza k taveniu sa silika gélu. Palivové prútky, pod prvou vrstvou dištančných mreží, boli vplyvom takto vysokej teploty v podstate premenené na prach. [3]

Kesónová rúrka, v ktorej bol daný palivový článok umiestnený, si svoj tvar zachovala iba v dolnej časti, pričom vo zvyšnej časti tejto rúrky bolo zaznamenané jej rozšírenie. [3]

Po tejto nehode bolo pozorovaniami zistené poškodenie reaktora do tej miery, že akákoľvek oprava by bola, vzhľadom na výšku dodávaného výkonu a častú poruchovosť počas prevádzky, nerentabilná. K tomuto kroku sa pristúpilo aj vzhľadom k tomu, že sa v tesnej blízkosti budovali bloky jadrových elektrární V1 a V2. [2]

## III. EKONOMICKÉ ASPEKTY VYRAĐOVANIA JE A-1

Financovanie vyradovania JE A-1 je dnes v plnej réžii Slovenskej republiky a spoločnosti JAVYS, a.s.. Keďže vyradovanie bolo predelené zmenou politického režimu, viacnásobnými zmenami meny a vstupom do Európskej únie, je ťažké určiť jednotlivé náklady s úplnou presnosťou pred vydaním správy o celkových nákladoch na realizáciu vyradovania JE A-1. Odhadované náklady, za uplynulé obdobie a obdobie do konca vyradovania JE A-1, sú uvedené v tabuľke 2.

Najzásadnejším vplyvom, ktorý ovplyvnil výslednú, zatiaľ odhadovanú, cenu vyradovania JE A-1 bola jeho posledná, vyššie spomenutá, porucha. Dôvodom bolo, že okrem bežných postupov musela prebehnúť dekontaminácia elektrárne a veľmi náročná manipulácia s palivom, ktoré bolo vyvezené z reaktora. Palivové články boli poškodené do tej miery, že počas toho, ako prebiehalo ich vyvezenie z reaktora sa rozpadávali a museli byť umiestňované do špeciálnych túb v bazéne dlhodobého úložiska. [6]

Ďalšími zásadnými vplyvmi, ktoré ovplyvnili proces vyradovania JE A-1, boli nedostatočné zabezpečenie a vybavenosť pracovísk. Ako príklad možno uviesť jednostupňový obal podzemných nádrží, v ktorých bol umiestnený tekutý rádioaktívny odpad (RAO). Avšak pri určení ďalších- podobných chýb by bol ich počet značne vysoký. Finančne náročné vyvíjanie zariadení na odstránenie kontaminovanej zeminy z okolia spomínaných podzemných nádrží, a taktiež náročnosť samotného procesu, spojená s nutnosťou uloženia tejto zeminy, a jej následného spracovania boli jednými z následkov nedostatočných skúseností pri budovaní jadrového zariadenia JE A-1. Vybavenosť elektrárne, v zmysle technologických zariadení na

dekontamináciu a spracovávanie RAO, bola minimálna. Po nehode sa začalo s budovaním komplexu bitúmenačnej linky, vitrifikačnej linky a s rekonštrukciou krátkodobého úložiska. [7] Významný dopad na finančné náklady malo vybudovanie Republikového úložiska v Mochovciach, kam bol následne prevezený spracovaný RAO. Je to nepochybne jedna z najvýznamnejších stavieb, v súvislosti s radiačnou ochranou a spracovaním RAO, na Slovensku. Ak by k vybudovaniu tohto úložiska došlo skôr, a to v čase budovania JE A-1, boli by finančné náklady spojené s prvými etapami vyradovania JE A-1, krátko po jej odstavení, podstatne nižšie. [6], [7]

Prvotný odhad vplyvu poruchy na zariadení bol vyhodnotený tak, že táto porucha spôsobila približne dvojnásobné navýšenie nákladov na vyradenie JE A-1. Ak by sa teda rátalo s týmto predpokladom, a nákladmi uvedenými v tabuľke Tabuľka 2, dostali by sme sa na úroveň celkových nákladov v sume približne 810 mil. €. Jedná sa však iba o odhad, ktorý nebol doposiaľ potvrdený, ale ako príklad na porovnanie posluži dostatočne. Na odhadovaný výpočet nákladov, spojených s vyradovaním JE A-1, bez poruchy, by bolo nutné vykonať analýzu a simuláciu za použitia softvéru OMEGA, použitého pri vyradovaní JE A-1. Takáto simulácia by však bola z pohľadu samotného vyradovania elektrárne JE A-1 zbytočná a neefektívna. Jej spracovanie v budúcnosti a porovnanie týchto simulovaných nákladov pri prevádzke bez poruchy s celkovými nákladmi vyloženými na vyradenie JE A-1 by bolo zaujímavé a mohlo by slúžiť ako memento toho, ako dokáže zasiahnuť akákoľvek porucha jadrového zariadenia do chodu a života jadrového zariadenia od jeho uvedenia do prevádzky až po ukončenie prevádzky a celkové vyradenie a likvidáciu. [7]

Z tabuliek, Tabuľka 2. a Tabuľka 1., je zrejmé, že celkové predpokladané náklady na vyradenie JE V-1 sú menšie ako celkové predpokladané náklady na vyradenie JE A-1. Treba ešte pripomenúť, že JE V-1 pozostáva z dvoch blokov s výkonom 440MWe čo je oproti jednému bloku s výkonom 150MWe pri JE A-1, značný rozdiel. Teoreticky možno náklady na vyradenie JE V-1 rozdeliť na polovicu, čo činí zokrúhlene 620 miliónov eur na vyradenie jedného bloku. Táto suma tvorí približne polovicu z nákladov na vyradenie elektrárne JE A-1, ktoré boli na úrovni 1 232 miliónov eur za obdobie I. až V. etapy vyradovania JE A-1. Na tomto porovnaní je patrný vplyv poruchy na celkové náklady na vyradenie JE A-1. Do tohto porovnania neboli zahrnuté prostriedky, ktoré boli u oboch elektrární použité vo fáze odstavovania jadrových zariadení po skončení ich prevádzky. [1]

Tabuľka 1  
Predpokladané celkové náklady na vyradenie JE V-1 [8], [9]

| Zdroje financií                                            |                      |             |            |                    |
|------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|------------|--------------------|
| Rok                                                        | Národný jadrový fond | JAVYS, a.s. | BIDSF      | Celkové náklady(€) |
| I. etapa vyradovania JE-V1                                 |                      |             |            |                    |
| 2011                                                       | 7 835 280            | 7 298 773   | 10 936 129 | 26 070 182         |
| 2012                                                       | 7 868 682            | 12 990 653  | 25 448 338 | 46 307 673         |
| 2013                                                       | 17 556 993           | 1 191 782   | 25 774 314 | 44 523 089         |
| 2014                                                       | 19 482 985           | 989 870     | 46 605 562 | 67 078 417         |
| Celkové náklady na I. etapu vyradovania JE V-1             |                      |             |            | 183 979 361        |
| II. etapa vyradovania JE V-1                               |                      |             |            |                    |
| 2015                                                       | 17 821 832           | 1 534 266   | 32 389 849 | 51 745 947         |
| 2016                                                       | 17 216 178           | 784 606     | 27 853 127 | 45 853 911         |
| 2017                                                       | 17 312 759           | 1 045 145   | 35 817 132 | 54 175 036         |
| Celkové odhadované náklady na II. etapu vyradovania JE V-1 |                      |             |            | 1 055 020 639      |
| Celkové odhadované náklady na vyradenie JE V-1             |                      |             |            | 1 239 000 000      |

Tabuľka 2  
Celkové predpokladané náklady na vyradenie JE A-1. [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]

| Zdroje financií                                            |                 |                       |                                 |                     |
|------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|
| Štátne financie                                            |                 |                       |                                 |                     |
| Rok                                                        | Štátny rozpočet | Štátny fond likv./NJF | Slovenské elektrárne/JAVYS,a.s. | Celkové náklady (€) |
| Ukončovanie prevádzky reaktora                             |                 |                       |                                 |                     |
| 1980-1994                                                  | 0               | 0                     | 198 269 830                     | 198 269 830         |
| Projekt vyradovania JE A-1 I.etapa                         |                 |                       |                                 |                     |
| 1995                                                       | 0               | 0                     | 37 311 860                      |                     |
| 1996                                                       | 11 383 870,00   | 8 386 580,00          | 13 823 700,00                   | 33 594 150,00       |
| 1997                                                       | 6 891 670,00    | 30 926 800,00         | 30 098 890,00                   | 67 953 360,00       |
| 1998                                                       | 10 875 720,00   | 46 380 530,00         | 24 809 190,00                   | 82 065 440,00       |
| I.etapa vyradovania JE A-1                                 |                 |                       |                                 |                     |
| 1999                                                       | 4 230 510,00    | 41 831 510,00         | 21 172 270,00                   | 67 234 300,00       |
| 2000                                                       | 3 300 040,00    | 13 019 430,00         | 20 682 840,00                   | 37 002 310,00       |
| 2001                                                       | 3 234 210,00    | 14 625 450,00         | 24 803 150,00                   | 42 662 810,00       |
| 2002                                                       | 0               | 22 814 310,00         | 25 054 760,00                   | 47 869 080,00       |
| 2003                                                       | 0               | 12 007 390,00         | 24 832 580,00                   | 36 839 970,00       |
| 2004                                                       | 0               | 22 617 680,00         | 9 517 880,00                    | 32 135 570,00       |
| 2005                                                       | 0               | 24 783 120,00         | 12 849 620,00                   | 37 632 740,00       |
| 2006                                                       | 0               | 26 670 050,00         | 0                               | 26 670 050,00       |
| 2007                                                       | 0               | 40 832 410,00         | 0                               | 40 832 410,00       |
| 2008                                                       | 0               | 34 847 460,00         | 0                               | 34 847 460,00       |
| Náklady na I. etapu vyradovania JE A-1                     |                 |                       |                                 | 403 726 700,00      |
| II. etapa vyradovania JE A-1                               |                 |                       |                                 |                     |
| 2009                                                       | 0               | 45 094 304            | 0                               | 45 094 304          |
| 2010                                                       | 0               | 47 385 566            | 0                               | 47 385 566          |
| 2011                                                       | 0               | 35 020 278            | 2 129 628                       | 37 149 906          |
| 2012                                                       | 0               | 16 800 024            | 20 145 244                      | 36 945 268          |
| 2013                                                       | 0               | 39 172 769            | 3 668 866                       | 42 841 635          |
| 2014                                                       | 0               | 37 628 573            | 3 900 736                       | 41 529 309          |
| 2015                                                       | 0               | 45 505 957,13         | 2 501 042,87                    | 48 007 000          |
| 2016                                                       | 0               | 43 456 442,94         | 3 117 557,06                    | 46 574 000          |
| Náklady na II. etapu vyradovania JE A-1                    |                 |                       |                                 | 345 526 988         |
| III.etapa vyradovania JE A-1                               |                 |                       |                                 |                     |
| 2017                                                       | 0               | 45 335 220,01         | nezistené                       | 45 335 220,01       |
| 2018                                                       | 0               | 45 257 880            | nezistené                       | 45 257 880          |
| 2019                                                       | 0               | 33 389 000            | nezistené                       | 33 389 000          |
| 2020                                                       | 0               | 33 717 000            | nezistené                       | 33 717 000          |
| Náklady na III. etapu vyradovania JE A-1                   |                 |                       |                                 | 157 699 100         |
| Predpokladané náklady na IV. a V. etapu vyradovania JE A-1 |                 |                       |                                 | 325 836 000         |
| Celkové predpokladané náklady                              |                 |                       |                                 | 1 614 671 568       |
| Predpokladané celkové náklady za obdobie I. až V. etapy    |                 |                       |                                 | 1 232 788 788       |

Tabuľka 3  
Porovnanie elektrární JE A-1 a JE V-1 [21], [23], [24]

| Elektrárň | Rok začiatku prevádzky | Rok ukončenia prevádzky | Predpokladaný rok vyradenia | Predpokladané náklady na vyradenie (€) | Dodaná energia(GWh) | Doba prevádzky (h) |
|-----------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------|
| JE A-1    | 1972                   | 1977                    | 2033                        | 1 614 984 468                          | 916                 | 19 261             |
| JE V-1    | 1978                   | 2006                    | 2025                        | 1 237 000 000                          | 159 010             | 399 625            |

Na vytvorenie predstavy o tom, ako sa tieto elektrárne líšia poslúži aj tabuľka Tabuľka 3. Tu možno vidieť odhadovanú dobu vyradovania týchto dvoch jadrových zariadení. A taktiež odhad nákladov na ich vyradenie. Z tohto porovnania je badateľný aj rozdiel časového horizontu vyradovania týchto jadrových zariadení. Doba vyradovania JE A-1 je oproti dobe vyradovania JE V-1 dlhšia o 39 rokov čo je alarmujúco dlhý čas. Tento posun bol spôsobený spomínanou poruchou, kedy samotné vyvážanie paliva z reaktora zabralo veľmi dlhý časový horizont.

Na cenu vyradenia JE A-1 mala vplyv najmä porucha a neznalosť konštruktérov. Preto je potrebné pri každej novej montáži jadrového zariadenia myslieť na bezpečnosť prevádzky

a oboznámenie sa s konštrukciou reaktora. Zároveň budovanie nových a rekonštrukciu starších zariadení na spracovanie RAO je potrebné uskutočňovať pred začatím prevádzky jadrového zariadenia alebo počas prevádzky zariadenia čo má následne pozitívny vplyv na časové náklady, jednoduchosť procesu a menšie náklady pri vyradovaní jadrového zariadenia. [6]

Náklady spojené s vyradovaním JE A-1 už nie je možné výrazne znížiť, nakoľko projekt vyradovania JE A-1 je z väčšej časti zrealizovaný. Avšak dokážeme sa poučiť z okolností, ktoré ovplyvnili náklady spojené s vyradovaním JE A-1. Vplyv poruchy je z predchádzajúceho porovnania zrejмый, teda sa k nemu netreba obšírne vyjadrovať. V súčasnosti je ochrana jadrových zariadení pred vznikom poruchových a havarijných situácií na oveľa vyššej úrovni ako tomu bolo v čase budovania a prevádzkovania JE A-1. Vznik poruchovej a havarijnej situácie však napriek tomu nie je s istotou vylúčený a isté percento možnosti vzniku poruchy tu stále ostáva. Výraznejšie ovplyvniteľné sú však náklady spojené so spracovaním rádioaktívneho odpadu a likvidáciou jadrového zariadenia. Použitie najnovších softvérových nástrojov, ktoré sú programované na výpočet nákladov na vyradovanie jadrových zariadení s prihliadnutím na typ zariadenia, ktoré má byť vyradené, je jedným z kľúčových faktorov ovplyvňujúcich náklady na vyradenie jadrových zariadení. Vplyv týchto programových prostriedkov na proces vyradenia jadrových zariadení spočíva v prepočte nákladov na jednotlivé etapy vyradenia, plánovanie prác v jednotlivých etapách a vypracovanie viacerých plánov vyradenia, ktoré sú následne schválené. [1]

Na našom území sa nachádza viacero jadrových zariadení, u ktorých sa dá predpokladať vyradenie v časovom horizonte desiatich až dvadsiatich rokov. Využitie technologických zariadení, ktoré boli použité pri vyradovaní JE A-1, môže pozitívne ovplyvniť náklady na vyradenie týchto zariadení a teda ich znížiť. Robotické manipulátory, ktoré boli využité pri vyradovaní JE A-1, najmä manipulátor MT-80A, boli usporiadané na dekontamináciu a odolávanie kontaminácii usporiadaním a krytím systémov umiestnených v tele zariadenia. Je teda možné ich znovu využiť na manipuláciu s kontaminovanými predmetmi v procese vyradovania jadrových zariadení. [1]

#### IV. ZHRNUTIE

Z uvedených porovnaní finančných nákladov na vyradenie jadrových zariadení JE A-1 a JE V-1, je možné badať vplyv poruchy na celkové finančné náklady spojené s projektom vyradovania JE A-1. Výrazne ovplyvnenie finančných nákladov, spojených s procesom vyradovania JE A-1, v tomto štádiu prakticky nie je možné. Je však možné vziať si ponaučenie z chýb, ku ktorým došlo počas prevádzkovania a následne aj v procese samotného vyradovania JE A-1.

Budúcnosť jadrovej energetiky, a jej rozvoj na našom území, je v značnej miere zabezpečená. S týmto súvisí nutné zabezpečenie blokov jadrových elektrární proti vzniku akejkoľvek poruchovej udalosti. Takáto udalosť spôsobuje okrem radiačne nebezpečného stavu tak isto aj navýšenie finančných, časových a ľudských zdrojov. Treba si teda vziať ponaučenie a nadobudnuté znalosti, získané z procesu vyradovania JE A-1, zužitkovať v procese vyradovania jadrových blokov v budúcnosti.

#### V. POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a SAV podporenej grantom VEGA 1/0372/18 a tiež v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: *Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií*, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

#### LITERATÚRA

- [1] P. Silagyi, *Analýza odstavenia jadrovej elektrárne A-1*. 2019. Bakalárska práca. 2019, [cit. 3.4.2019]
- [2] I. Galbička, M. Božík. *História prevádzky a vyradovania jadrového zariadenia A1*. 2015. Aktuality Javys [online]. 2015, [cit. 3.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/Publikacie/a1/a1-ukoncenie-prevadzky.pdf> >
- [3] K. Feik, J. Kmošena, et.al. 2010. *Jadrová elektrárň A1 v kocke*. Jaslovské Bohunice: SNS, 2010, [cit. 3.4.2019]. ISBN 978-80-89090-76-1.

- [4] E. Ježík. 2017. *SMEblog* [online]. 2017. SME.sk, Aktualizované 25.1.2018. [cit. 3.4.2019]. Dostupné na internete < <https://ernestjezik.blog.sme.sk/c/471587/historia-atomky-a1-6-cast.html> >
- [5] JAVYS: *História* [online]. Dostupné na internete: <<https://www.javys.sk/sk/jadrove-zariadenia/jadrova-elektarren-a1/historia>. >
- [6] P. Gerhart, V. Nižňanský. 2007. *Projekt vyradovania JE A-1*. 2007. [cit. 5.4.2019]. Bezpečnosť jadrovej energie č.7/8.
- [7] V. Nižňanský, T. Fischer. 2007. *Vyradovanie jadrovej elektrárne A-1 po ukončení I. etapy*. 2007. [cit. 5.4.2019]. Bezpečnosť jadrovej energie č.7/8
- [8] JAVYS: *Výročná správa 2017*. [online]. 2017. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2017-sk.pdf> >
- [9] JAVYS:2018. *Čerpanie prostriedkov EÚ na likvidáciu JE V1* [online]. 2018. [cit. 5.4.2019] Dostupné na internete < <https://www.javys.sk/mobile/sk/informacny-servis/aktuality-tlacove-spravy-napisali-o-nas/aktuality/1924-cerpanie-prostriedkov-eu-na-likvidaciju-je-v1> >
- [10] JAVYS: *Výročná správa 2008* [online]. 2008. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vs-javys-2008-web.pdf> >
- [11] JAVYS: *Výročná správa 2009* [online]. 2009. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < [https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/VS\\_JAVYS%202009\\_web.pdf](https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/VS_JAVYS%202009_web.pdf) >
- [12] JAVYS: *Výročná správa 2010* [online]. 2010. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2010-web.pdf> >
- [13] JAVYS: *Výročná správa 2011* [online]. 2011. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/javys-vs-2011.pdf> >
- [14] JAVYS: *Výročná správa 2012* [online]. 2012. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2012-sk.pdf> >
- [15] JAVYS: *Výročná správa 2013* [online]. 2013. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/vyroczne-spravy/vs-javys-2013-sk.pdf> >
- [16] L. ěhn. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2014*. 2015. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < [http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna\\_sprava\\_o\\_hospod\\_a\\_cinnosti\\_njf\\_2014.pdf](http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna_sprava_o_hospod_a_cinnosti_njf_2014.pdf) >
- [17] Národný jadrový fond na vyradovanie jadrových zariadení a na nakladanie s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi. 2014. *Vnútroštátny program nakladania s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi v SR*. 2014. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < [http://www.njf.sk/dokumenty/politika\\_a\\_program/navrh\\_vnutrostatnej\\_politiky\\_a\\_vnutrostatneho\\_programu\\_ak\\_o\\_aktualizacia\\_strategie.pdf](http://www.njf.sk/dokumenty/politika_a_program/navrh_vnutrostatnej_politiky_a_vnutrostatneho_programu_ak_o_aktualizacia_strategie.pdf) >
- [18] L. ěhn. 2016. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2015*. 2016. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < [http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna\\_sprava\\_o\\_hospod\\_a\\_cinnosti\\_njf\\_2015.pdf](http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna_sprava_o_hospod_a_cinnosti_njf_2015.pdf) >
- [19] L. ěhn. 2017. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2016*. 2017. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < [http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna\\_sprava\\_o\\_hospodareni\\_a\\_cinnosti\\_njf\\_k\\_31\\_12\\_2016.pdf](http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna_sprava_o_hospodareni_a_cinnosti_njf_k_31_12_2016.pdf) >
- [20] L. ěhn. 2018 *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2017*. 2018. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < [http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna\\_sprava\\_o\\_hospodareni\\_a\\_cinnosti\\_njf\\_k\\_31\\_12\\_2017.pdf](http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna_sprava_o_hospodareni_a_cinnosti_njf_k_31_12_2017.pdf) >
- [21] L. ěhn. 2019. *Výročná správa o hospodárení NJF k 31.12.2018*. 2019. [cit. 5.4.2019]. Dostupné na internete < [http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna\\_sprava\\_o\\_hospodareni\\_31\\_12\\_2018\\_verzia%2027022019.pdf](http://www.njf.sk/dokumenty/rozpocet/vyroczna_sprava_o_hospodareni_31_12_2018_verzia%2027022019.pdf) >
- [22] I. Galbička, M. Božík. *História prevádzky a vyradovania jadrového zariadenia A1*. 2015. Aktuality Javys [online]. 2015, [cit. 4.4.2019]. Dostupné na internete: < <https://www.javys.sk/data/web/dokumenty/Publikacie/A-1/A-1-historia.pdf> >
- [23] JAVYS. *Výroba elektriny a životné prostredie. Jadrová elektrárň V1* [online]. [cit. 4.4.2019] Dostupné na internete < <https://www.javys.sk/sk/jadrove-zariadenia/jadrova-elektarren-v1/vyroba-elektрины-a-zivotne-prostredie> >
- [24] JAVYS. *Hodnotenie prevádzky. Jadrová elektrárň V1* [online]. [cit. 4.4.2019]. Dostupné na internete <<https://www.javys.sk/sk/jadrove-zariadenia/jadrova-elektarren-v1/hodnotenie-prevadzky>>