



Proceedings of the  
11th International Symposium  
on Reactor Dosimetry

# Reactor Dosimetry

in the 21st Century



Wagemans  
Amid Aït Abderrahim  
Pierre D'hondt  
Charles De Raedt

621.483.3  
R281

Proceedings of the  
11th International Symposium  
on Reactor Dosimetry

# Reactor Dosimetry

in the 21st Century

Brussels, Belgium 18-23 August 2002

editors Jan Wagemans  
Hamid Ait Abderrahim  
Pierre D'hondt  
Charles De Raedt

SCK•CEN, Belgium

THƯ VIỆN TRƯỜNG ĐHSPKT

SKN 006008

 **World Scientific**  
New Jersey • London • Singapore • Hong Kong

## Contents

Foreword	v
Organising Committee of the 11th International Symposium on Reactor Dosimetry	vii
<b>Reactor Surveillance Dosimetry I: PLIM</b>	<b>1</b>
Assessment of Irradiation Conditions in WWER-440(213) RPV Surveillance Location	3
<i>A. Ballesteros, L. Andersen, L. Debarberis, F. Sevini, D. Yu. Erak, S. Gezashchenko, A. Kryukov, Y. Shtrombakh, S. Goloschapov, A. Ionov, Y. Pytkin, Y. Anikeev, G. Banyuk, A. Plusch, F. Gillemot and A. Hovsepyan</i>	
VVER Pressure Vessel Neutron Dosimetry and Lifetime Prediction	10
<i>S. A. Adamchik, V. A. Grivizirsky, B. G. Gordon, I. V. Kaliberda, N. N. Khrennikov and G. I. Borodkin</i>	
Post-Annealing Ex-Vessel Dosimetry at Loviisa 1 – An International Exercise	18
<i>T. Serén, J. Hógel and W. P. Voorbraak</i>	
Review of a Methodology for Tracking the Neutron Exposure of Pressurized Water Reactor (PWR) Pressure Vessels During the License Renewal Period	26
<i>S. L. Anderson, A. H. Fero and G. K. Roberts</i>	
Retrospective Reactor Dosimetry for Neutron Fluence, Helium, and Boron Measurements	32
<i>L. R. Greenwood and B. M. Oliver</i>	
<b>Poster Session A</b>	<b>41</b>
Optimum Strategy for Ex-Core Dosimeters/Monitors in the IRIS Reactor	43
<i>B. Petrović, F. H. Ruddy and C. Lombardi</i>	
Benchmarking BWR Neutron Fluence Calculations	51
<i>E. P. Lippincott and M. P. Manahan Sr.</i>	

- Three Dimensional Radiation Transport Analysis in PWR with TORT and MCNP 59  
*K. Fukuya, H. Nakata, I. Kimura, H. Kitagawa, M. Ohmura, T. Ito and K. Shin*
- Benchmark Validation of TORT Code using KKM Measurement and its Application to 800 MWe BWR 67  
*T. Tsukiyama, K. Hayashi, M. Kurosawa, Y. Hayashida, K. Asano and K. Koyabu*
- Radiation Dosimetry of the Pressure Vessel Internals of the High Flux Beam Reactor 76  
*N. E. Holden, R. N. Reciniello, J.-P. Hu and D. C. Rorer*
- NPRIM Computer Code of Neutron Dose Calculation for Radiation Damage Estimation 84  
*S. Shimakawa, N. Sekimura and N. Nojiri*
- Damage Energy Analysis of Iron and Tungsten Irradiated by High Energy Protons 93  
*T. Yoshiie, Y. Satoh and M. Kawai*
- Information Fusion Approach for Radiation Embrittlement Prediction Models 101  
*J. A. Wang and N. S. Rao*
- Calculation Study of the WWER Decommissioning Problem 111  
*O. Grudzevich, D. Klinov, Y. Kurachenko and S. Yavshits*
- The Irradiation Characteristics of the KUR Heavy Water Facility (II) – Neutron and Gamma-Ray Dose Measurements with a Twin-Chamber 119  
*Y. Sakurai and T. Kobayashi*
- Characteristics of Neutron Fields for Radiation Protection and Other Applications at the Kinki University Reactor 127  
*Y. Ogawa, T. Fujiwara, H. Morishima, I. Urabe and H. Sagawa*
- Calculation-Experimental Evaluation of Gamma-Fields and Radiation Energy Release in the Irradiation Channels of the RBT-6 Reactor 135  
*Yu. V. Chernobrovkin, G. A. Shimansky, V. Sh. Sulaberidze and M. Yu. Tikhonchev*

Mixed-Field Dosimetry of A Fast Neutron Beam at the Portuguese Research Reactor for the Irradiation of Electronic Circuits – Measurements and Calculations	143
<i>A. C. Fernandes, I. C. Gonçalves, J. G. Marques, J. Santos, A. J. G. Ramalho and M. Osvay</i>	
Development of Helium Accumulation Fluence Monitor for Fast Reactor Dosimetry	150
<i>C. Ito, T. Sekine and T. Aoyama</i>	
Use of Solid State Track Recorders and Neutron Transport Calculations to Characterize the Actinide Contents of a High-Level Waste Tank	158
<i>A. H. Fero and F. H. Ruddy</i>	
Neutron Energy Spectra in the Vicinity of a Nuclear Reactor Measured with a Liquid Scintillation Detector with Bismuth Shield	166
<i>I. Urabe, H. Sagawa, Y. Ogawa and K. Kobayashi</i>	
Optimization Studies of An Optical Fibre Neutron Sensor Based on a Neutron to Proton Conversion Mechanism	173
<i>B. Brichard, Th. Aoust and N. Messaoudi</i>	
The Application of Long ESR Sensor Rods for Neutron and Gamma Dosimetry of the “Weak” In-Reactor Irradiation of the HTGR Fuel	178
<i>A. F. Usaty, G. V. Momot, V. B. Kaynov and A. I. Kuznetsov</i>	
Is the Co/Ag Method for the Simultaneous Determination of the Thermal and Epithermal Neutron Flux Reliable?	186
<i>K. van der Meer, C. Delveau and B. Kriener</i>	
Multiparameter Multichannel Analyser System for Characterisation of Mixed Neutron-Gamma Field in the Experimental Reactor LR-0	194
<i>Z. Bureš, J. Cvachovec, F. Cvachovec, P. Čeleda and B. Ošmera</i>	
Towards Low-Dose Reactor Compartment Dosimetry with MOSFET Devices	202
<i>C. Benson, M. J. Joyce, D. J. Kestell, D. L. Stevens, R. A. Price, A. Mathewson and J. Silvie</i>	
Dosimetry Plan for the First Irradiation Test in the HTTR	211
<i>T. Shibata, T. Kikuchi and S. Shimakawa</i>	
Self-Powered Neutron Detector Qualification for Absolute On-Line In-Pile Neutron Flux Measurements in BR2	219
<i>L. Vermeeren and M. Wéber</i>	

Features of Neutron Dosimetry in the "KORPUS" Facility of the RBT-6 Reactor <i>E. E. Lebedeva, V. V. Lichadeev, D. K. Ryazanov, G. A. Shimansky, A. I. Tellin and M. Yu. Tikhonchev</i>	226
Determination of Baffle Bolt Operating Parameters <i>A. H. Fero and D. R. Forsyth</i>	233
<b>Reactor Surveillance Dosimetry II: Operational Monitoring</b>	<b>243</b>
MCNP-Based Methodology to Calculate Helium Production in BWR Shrouds <i>S. Sitaraman, R.-T. Chiang and B. M. Oliver</i>	245
Neutron Dosimetry in EDF Experimental Surveillance Programme for VVER-440 Nuclear Power Plants <i>M. Brumovsky, O. Erben, L. Zerola, J. Hógel, J.-P. Massoud and C. Trollat</i>	251
Dosimetry of the Experimental Surveillance Assemblies of WWER-1000 Balakovo Unit 1 <i>S. M. Zaritsky, E. B. Brodtkin, A. L. Egorov, V. I. Vikhrov, D. Yu Erak, A. V. Borodin, V. N. Kochkin, H. Ait Abderrahim, K. van der Meer and R. Gérard</i>	258
<b>Exposure Parameters of Irradiated Materials</b>	<b>267</b>
A Decade of Dosimetry for MAGNOX Reactors <i>T. A. Lewis and D. A. Thornton</i>	269
Irradiation Growth in Zirconium at Low Temperatures by Direct Athermal Deposition of Vacancies at Extended Sinks <i>A. T. Motta, R. A. Holt and Ü. Çolak</i>	278
Neutron and Gamma Fluence and Radiation Damage Parameters of Ex-Core Components of Russian and German Light Water Reactors <i>B. Böhmer, J. Konheiser, K. Noack, A. Rogov, G. I. Borodkin, E. Polke and P. Vladimirov</i>	286
Calculation of Activations in PWR Structures <i>R. de Wouters, A. Quoidbach, Ph. Beguin and P. Havard</i>	295

Reaction Rates Measurements Across the Pressure Vessel of CHOOZ-A PWR by Self-Dosimetry Technique <i>D. Beretz, C. Destouches and A. Baché</i>	304
<b>Characterization of Neutron and Gamma Ray Environments</b>	<b>313</b>
Optimization of the Epithermal Neutron Beam for Boron Neutron Capture Therapy at the Brookhaven Medical Research Reactor <i>J.-P. Hu, D. C. Rorer, R. N. Reciniello and N. E. Holden</i>	315
Characterization of ACRR Reference Benchmark Field <i>P. J. Griffin, S. M. Luker, P. J. Cooper, D. W. Vehar, K. R. DePriest and C. V. Holm</i>	323
Improved Modelling of the Neutron Field at the Portuguese Research Reactor and Its Experimental Validation <i>A. C. Fernandes, I. C. Gonçalves and J. Santos</i>	332
Characterization of a Thermal Neutron Field at the Heavy Water Neutron Irradiation Facility of the Kyoto University Reactor <i>A. Uritani, C. H. Pyeon, K. Kudo, K. Kobayashi, T. Yoshimoto, Y. Sakurai, T. Kobayashi and C. Mori</i>	340
<b>Developments in Measurement Techniques</b>	<b>345</b>
Fast Neutron Spectrometry Using Silicon Carbide Detectors <i>F. H. Ruddy, A. R. Dulloo, B. Petrović and J. G. Seidel</i>	347
Experimental Study on Accelerator Driven Subcritical Reactor in the Kyoto University Critical Assembly (KUCA) <i>S. Shiroya, H. Unesaki, T. Ikeda, S. Nakano, M. Komeda, K. Miyoshi, C. Ichihara, H. Nakamura, K. Kobayashi and T. Misawa</i>	356
In-Pile Sub-Miniature Fission Chambers Testing in BR2 <i>L. Vermeeren, M. Wéber, Ch. Blandin and S. Breaud</i>	364
Reference Materials for Reactor Neutron Fluence Rate and Temperature Measurements <i>C. Ingelbrecht</i>	372

<b>Dosimetry for Irradiation Experiments, Fusion and Advanced Systems</b>	<b>379</b>
Characterization of Neutron Field in the Experimental Fast Reactor JOYO	381
<i>T. Sekine, S. Maeda and T. Aoyama</i>	
Evaluation of the Shielding Characteristics Test Around the Reactor Core in the Prototype FBR Monju	389
<i>S. Usami, Z. Suzuoki, T. Deshimaru, F. Nakashima and T. Hikichi</i>	
Au and Mn Reaction Rate Measurements for High-Energy Neutron Transport Code Validation for Spallation Sources	397
<i>K. van der Meer, E. H. Lehmann, H. Ait Abderrahim, D. Bar, D. Berkovits, M. Daum, S. Dekelver, Y. Foucher, J. Gerber, F. Van Gestel, W. Hajdas, P. Linder, E. Malambu, I. Mardor, J. Oeyen, D. Saphier, A. Shor, M. Willekens, Y. Yariv and M. B. Goldberg</i>	
Dosimetry Experiments on WWER-1000 Mock-Up with Model of Irradiation Rig of Novo Voronezh Unit 5 WWER-1000	405
<i>S. M. Zaritsky, E. B. Brodtkin, A. L. Egorov, D. Yu. Erak, V. L. Vikhrov, N. V. Markina(†), D. K. Ryazanov, V. V. Lichadeev, A. I. Tellin, S. S. Lomakin, E. I. Grigoriev, B. Ošmera, S. Posta, B. Jánský, E. Novák, F. Cvachovec and P. Tiller</i>	
<b>Calculations and Uncertainty Analysis</b>	<b>413</b>
Three Stage Adjustment of Fluences, Transport Parameters and Damage Parameters in Reactor Vessels	415
<i>J. J. Wagschal, J. G. Williams and Y. Yeivin</i>	
Identification and Reduction of Differences Between Multigroup and Continuous Energy Calculations in Shielding Applications	423
<i>F. A. Alpan and A. Haghghat</i>	
SIGUEVIVA: A New Application for Including Vessel Fluence in Loading Pattern Optimization and Its Benchmarking with Reactor Dosimetry	431
<i>P. M. Ortego, A. C. García and J.-M. Picapiedra</i>	
Sensitivity Analysis and Neutron Fluence Adjustment for VVER-1000 RPV	436
<i>S. Belousov, K. Ilieva and D. Kirilova</i>	



<b>Poster Session B</b>	<b>445</b>
Upgrade of Irradiation Test Capability of the Experimental Fast Reactor JOYO <i>T. Sekine, T. Aoyama, S. Suzuki and Y. Yamashita</i>	447
Pohang Neutron Facility Based on 100-MeV Electron Linac <i>G. N. Kim, H. Ahmed, R. Machrafi, D. Son, Y. S. Lee, V. Skoy, H. S. Kang, M. H. Cho, I. S. Ko and W. Namkung</i>	455
$^{60}\text{Co}$ As An On-Line Burnup Indicator for Multi-Pass Pebble Bed Reactors <i>A. I. Hawari and J. Chen</i>	462
The Use of Robust Estimators for Reducing Uncertainties in Thermoluminescence Dosimeter Measurements <i>D. W. Vehar, P. J. Griffin and C. V. Holm</i>	470
Influence of Multigroup Presentation of Neutron Data on VVER-1000 Fluence Calculation <i>S. Belousov and K. Ilieva</i>	477
Radiation Dosimetry of A Graphite Moderated Radium-Beryllium Source <i>N. E. Holden, R. N. Reciniello, J.-P. Hu and D. C. Rorer</i>	484
Analysis of the VENUS-1 Benchmark using TORT and BUGLE-96 <i>A. H. Fero and E. T. Hayes</i>	489
Neutron Excitation Function Guide for Reactor Dosimetry <i>O. Gritzay, M. Vlasov, L. Chervonna, N. Klimova, G. Kolota and V. Zerkin</i>	497
Results of Testing the Cross-Section and Related Uncertainty Data to be Used in the New International Reactor Dosimetry File IRDF-2002 <i>É. M. Zsolnay and H. J. Nolthenius</i>	505
The Gamma Ray Spectra Measurement in Reactor Pressure Vessel Simulator in WWER-1000 Engineering Benchmark <i>B. Ošmera, J. Kyncl, M. Mařík, F. Cvachovec, V. Smutný and M. Králík</i>	512

Comparison of Measured and Calculated Mixed Neutron and Gamma Fields in Iron and Water Benchmark Assemblies Driven by Cf-252 Neutron Source	519
<i>B. Jánský, E. Novák, Z. Turzík, J. Kyncl, F. Cvachovec, J. Klusoň, L. A. Trykov, V. S. Volkov and P. Čuda</i>	
Neutron Calibration Facilities of the IRSN Research Laboratory in External Dosimetry	528
<i>L. Van Ryckeghem, V. Lacoste, G. Pelcot and J.-L. Pochat</i>	
An Expert System for Automatic Mesh Generation for $S_N$ Particle Transport Method in Parallel Environment	536
<i>A. Patchimpattapong and A. Haghghat</i>	
New Methodologies for Generation of Multigroup Cross Sections for Shielding Applications	544
<i>F. A. Alpan and A. Haghghat</i>	
Evaluation of the Impact of Radial Gradient of Neutron Source in VVER Neutron Fluence Calculation	552
<i>K. Ilieva, S. Belousov, T. Apostolov, D. Kirilova and B. Petrov</i>	
Study for Improvement of VVER-440 Reactor Vessel Neutron Fluence Calculation	559
<i>K. Ilieva and S. Belousov</i>	
Pressure Vessel Calculations for VVER-440 Reactors	564
<i>G. Hordósy, Gy. Hegyi, A. Keresztúri, Cs. Maráczy, E. Temesvári, P. Vértes and É. M. Zsolnay</i>	
ANISN-DORT-ROZ-MCNP-TRAMO Neutron-Gamma Flux Intercomparison Exercise for a Simple Testing Model	572
<i>B. Böhmer, J. Konheiser, G. I. Borodkin, E. B. Brodtkin, A. Egorov, A. Kozhevnikov, S. M. Zaritsky, G. Manturov and A. Voloschenko</i>	
Application of the New Multitrans $SP_3$ Radiation Transport Code in Criticality Problems and Potential Use in Dosimetry	580
<i>P. Kotiluoto</i>	
Neutron Capture Cross Section Measurements of $^{129}\text{I}$ , $^{133}\text{Cs}$ and $^{141}\text{Pr}$ with LINAC Time-of-Flight Method	588
<i>K. Kobayashi, S. Y. Lee, S. Yamamoto and M. Igashira</i>	

Radioactivities and Cross Sections of Spallation Products Induced by Heavy Ions	597
<i>H. Yashima, Y. Uwamino and T. Nakamura</i>	
Measurements of Neutron Capture Cross Sections for Dy Isotopes in the Neutron Energy Region from 10 to 90 keV	605
<i>G. N. Kim, H. D. Kim, J. K. Ahn, T.-I. Ro, Y. Min, M. Igashira, S. Mizuno and T. Ohsaki</i>	
Measurement of Neutron Capture Cross Sections of $^{161}\text{Dy}$ and $^{163}\text{Dy}$ between 0.003 eV and 10 keV using Total Energy Absorption Detector	613
<i>G. N. Kim, Y. S. Lee, I. S. Ko, M. Hyun Cho, W. Namkung, T.-I. Ro, Y. Min, S. Y. Lee, S. Yamamoto, K. Kobayashi and Y. Fujita</i>	
<b>Nuclear Data</b>	<b>621</b>
Theoretical Calculation of Prompt Neutron Spectra from Fission of Curium Isotopes	623
<i>T. Ohsawa, K. Tani and Y. Kishimoto</i>	
Evaluation of Covariance Matrices for Resolved and Unresolved Resonance Regions	631
<i>T. Kawano and K. Shibata</i>	
Database Studies for The New International Evaluation of the Neutron Cross Section Standards	638
<i>A. D. Carlson</i>	
2002 Review of Neutron and Non-Neutron Nuclear Data	646
<i>N. E. Holden</i>	
International Reactor Dosimetry File: IRDF-2002	654
<i>R. Paviotti-Corcuera, V. Zerkin, É. M. Zsolnay, K. I. Zolotarev, W. Mannhart, L. R. Greenwood and P. J. Griffin</i>	
<b>Benchmarks and Standards</b>	<b>663</b>
Balakovo-3 Ex-Vessel Exercise: Analysis of Calculation Results Intercomparison and Comparison with Reference Data	665
<i>G. I. Borodkin, N. N. Khrennikov, B. Böhmer, J. Konheiser, G. Manturov, E. Polke, E. B. Brodtkin, A. Egorov and S. M. Zaritsky</i>	

Monte Carlo Assessment of Time Dependent Spectral Indexes for Benchmarking Neutron Transport in Iron <i>A. I. Hawari and J. M. Adams</i>	674
Improving Neutron Source Calibrations at the National Institute of Standards and Technology <i>J. M. Adams and D. M. Gilliam</i>	682
Review of Experimental Data for WWER Reactor Pressure Vessel Dosimetry Benchmarking <i>B. Ošmera and S. M. Zaritsky</i>	689
Sensitivity of Leakage from Iron Spheres to the Angular Distribution of Secondary Neutrons <i>R. L. Perel</i>	697
<b>Summaries of Workshop Meetings</b>	<b>705</b>
Workshop Session I	709
LWR Surveillance Dosimetry Dosimetry for Fusion and High-Energy Applications Cross-Section Files and Uncertainties	
Workshop Session II	713
Radiation Damage Correlations including Thermal and Low-Energy Neutrons Adjustment Methods and Uncertainties Mixed-Field and Gamma-Ray Dosimetry	
Workshop Session III	717
Dosimetry for Irradiation Facilities and Test and Research Reactors Benchmarks and Intercomparisons Retrospective Dosimetry	
Participants of the 11th International Symposium on Reactor Dosimetry	721
Author Index	735

Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

*Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!*

*Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !*

*Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !*



**Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !**

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại  
**Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM**  
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: [thuvienspkt@hcmute.edu.vn](mailto:thuvienspkt@hcmute.edu.vn)  
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

***Thông tin tài trợ!***



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for writing. There are 18 lines in total, providing a structured space for text.



**B**ạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

*Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!*

*Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !*

*Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !*



**Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM** để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại  
**Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM**  
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: [thuvienspkt@hcmute.edu.vn](mailto:thuvienspkt@hcmute.edu.vn)  
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

***Thông tin tài trợ!***



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for handwritten text. There are 15 lines in total, providing a structured area for the donor information.

