# Asigurarea Conformității Tehnologice în Fabricarea Combustibilului Nuclear: Rolul și Capabilitățile Laboratoarelor de Control Calitate

***Elisabeta Roxana Arva***
*Fabrica de Combustibil Nuclear, Pitesti*
*Roxana.Arva@nuclearelectrica.ro*

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Reactor physics and nuclear safety | ☐ |
| 2. | Physics and engineering of nuclear materials | ☒ |
| 3. | Applied Chemistry of Nuclear Systems | ☐ |
| 4. | Nuclear Facility Engineering | ☐ |
| 5. | Robotics and automation in nuclear facilities | ☐ |
| 6. | Radioactivity: applications, dosimetry, radiation protection, radioactive waste management | ☐ |
| 7. | Vocational training and education for the nuclear field | ☐ |
| 8. | Advanced reactors, SMRs and emerging technologies | ☐ |
| 9. | Artificial Intelligence and Digital Twin in Nuclear | ☐ |
| 10. | Nuclear Photonics | ☐ |
| 11. | Nuclear fusion | ☐ |

# Asigurarea Conformității Tehnologice în Fabricarea Combustibilului Nuclear: Rolul și Capabilitățile Laboratoarelor de Control Calitate

***Elisabeta Roxana Arva***
*Fabrica de Combustibil Nuclear, Pitesti*
*Roxana.Arva@nuclearelectrica.ro*

## ABSTRACT

Fabricarea fasciculelor de combustibil nuclear de tip CANDU reprezintă un proces industrial de înaltă tehnologie, în care fiecare componentă trebuie să respecte criterii stricte de calitate pentru a garanta securitatea și fiabilitatea în exploatare.

În cadrul Fabricii de Combustibil Nuclear (FCN) Pitești, unicul producător autorizat de combustibil nuclear din România, Laboratorul de control calitate are ca misiune principală monitorizarea, măsurarea și validarea produselor pentru a garanta că fasciculele de combustibil nuclear respectă cu strictețe toate specificațiile tehnice, standardele de securitate nucleară și cerințele de calitate impuse.

Activitatea curentă a echipei laboratorului de control este integrată în fluxul de producție și acoperă o gamă vastă de inspecții geometrice, analize microstructurale și încercări mecanico-fizice. Laboratorul evaluează continuu conformitatea materiilor prime, a produselor intermediare și a fasciculelor finite. Obiectivul strategic al laboratorului de control este minimizarea riscurilor tehnice și alinierea integrală la cerințele riguroase impuse de organismele de reglementare naționale (CNCAN) și internaționale (AIEA) din domeniul nuclear.

Pe componenta de procesare a materialului fisionabil, laboratorul asigură controlul integrat de proces pentru pastilele de dioxid de uraniu ($UO_2$) în toate etapele cheie ale fluxului tehnologic: presare, sinterizare și rectificare. Această etapă este urmată de o inspecție finală exhaustivă, atât dimensională, cât și vizuală, a pastilelor rectificate, asigurându-se toleranțele geometrice necesare transferului optim de căldură.

În paralel, caracterizarea materialelor structurale și a ansamblurilor sudate reprezintă un pilon major de activitate, susținut de o infrastructură avansată de microscopie. Utilizând microscoape optice și microscoape metalografice inversate, optimizate pentru examinarea probelor și a secțiunilor pregătite metalografic, echipa laboratorului realizează evaluarea microstructurală detaliată a pastilelor sinterizate de $UO_2$ și expertiza metalografică complexă a zonelor critice din fascicul. Inspecția microscopică permite analiza de precizie a îmbinărilor brazate, verificarea depunerilor de Beriliu și evaluarea integrității structurale a sudurii dop-teacă. Pentru analize de rezoluție sub-micronică și topografie de suprafață de înaltă fidelitate, laboratorul

folosește un microscop electronic cu baleiaj (SEM), echipament util în investigarea micro-defectelor și a morfologiei materialelor.

Tot prin tehnici de microscopie metalografică se efectuează și controlul de recepție al materiei prime Zircaloy-4, monitorizându-se parametri precum mărimea de grăunte, orientarea hidrurilor și aspectul vizual de suprafață. Integritatea structurală a tuburilor și componentelor este testată complementar prin condiții simulate de operare și încercări distructive: testarea la coroziune a semifabricatelor de Zy-4, procesul de autoclavizare a fasciculului de combustibil, testarea la explozie, testarea la tracțiune și determinarea precisă a durității materialelor.

Monitorizarea microscopică și structurală sistematică reduce la minimum riscul de cedare a tecii de combustibil în reactor, contribuind direct la menținerea ratei scăzute de defectare a fasciculelor raportate în operare la CNE.

Lucrarea de față evidențiază rolul indispensabil pe care controlul calității îl joacă în menținerea culturii de securitate nucleară. Modernizarea tehnică continuă a sistemelor de microscopie și rigoarea procedurală a echipei rămân piloni fundamentali în garantarea performanței combustibilului produs de FCN Pitești pentru asigurarea funcționării a celor două unități ale centralei nucleare de la Cernavodă.

Un pilon fundamental în activitatea de control calitate îl reprezintă implementarea controlului statistic. Prin utilizarea diagramelor de control Xbar-R și analiza capabilității procesului (Cp, Cpk), laboratorul trece de la o abordare pur reactivă, prin detectarea defectelor, la una proactivă, prin prevenirea acestora. Monitorizarea statistică a valorilor obținute și a variabilității acestora permite identificarea din timp a posibilelor cauze de apariție a defectelor și asigură stabilitatea pe termen lung a parametrilor tehnologici și eliminarea derivelor de proces.