



ACADEMIA ROMÂNĂ

Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii

– Divizia de Istoria Științei –

# STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS

Vol. XVI/2023

Editura MEGA

# SCURT ISTORIC AL DEZVOLTĂRII CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE DEDICATE DOMENIULUI NUCLEAR ÎN ROMÂNIA

Dumitra LUCAN<sup>1</sup>  
dumitra.lucan@nuclear.ro

**ABSTRACT:** The concrete aspect of the initiation of research activity in the nuclear field, in our country, consisted in the establishment, in 1949, of the Institute of Physics of the Romanian Academy provided with funds and personnel to ensure a material basis for research. The development of activities related to the nuclear field in Romania took place starting from 1969 when the State Committee for Nuclear Energy (CSEN) was established, which had as its main mission the coordination of all activities in the nuclear field. On this occasion, the first National Nuclear Program, elaborated by CSEN, was approved, which had as main components: nuclear research and engineering, production of natural uranium fuel, production of heavy water, development of nuclear industry and construction of nuclear power plants.

A mission of experts from the International Atomic Energy Agency recommended and favorably approved the project to establish the Institute of Nuclear Technologies from Pitesti (currently the Nuclear Research Institute) dedicated to ensuring scientific and technological support for the development of the Nuclear Program in Romania. It was established in 1971 with scientific research, design, technological engineering and technical responsibility for the development of nuclear energy in Romania.

This paper presents the significant stages of the development of the research activity and of the Nuclear Research Institute Pitesti, as well as the most important achievements obtained during the 52 years of activity of this institute.

---

<sup>1</sup> CSI, dr. ing., Institutul de Cercetări Nucleare, Pitești, România; Membru Corespondent, Academia de Științe Tehnice din România Membru asociat al CRIFST Argeș, absolventă a Cursului CRIFST 2023 „Inițiere în istoria și filozofia științei și tehnicii”.

**KEYWORDS:** scientific research, nuclear field, National Nuclear Program, Institute for Nuclear Research Pitesti Romania.

### **Introducere – Dezvoltarea domeniului nuclear în România**

*Contextul internațional și național care au creat posibilitatea dezvoltării domeniului nuclear în România – repere în timp*

24 ianuarie 1946 – în cadrul Adunării generale a ONU a fost aprobat proiectul de rezoluție privind înființarea Comisiei pentru energie atomică a ONU. Această comisie era compusă din două comitete: unul pentru schimburile de informații științifice și cel de-al doilea pentru prevenirea deturnării aplicațiilor energiei atomice de la scopurile pașnice.

1949 – la București, se înființează Institutul de Fizică al Academiei.

1950 – începe realizarea prospecțiunilor geologice pentru identificarea zăcămintelor de uraniu în România.

1951 – se obține pentru prima dată în lume energie electrică de natură nucleară, la reactorul experimental EBR-1 (Idaho, SUA) proiectat de Argonne National Laboratory.

1952, 1953 – societatea Sovrom – Kvaritit începe exploatarea zăcămintului de la Bița – Ștei, respectiv Garda – Apuseni, iar uraniul este dus în URSS ca despăgubire de război.

1954 – este dată în funcțiune prima centrală nucleare – electrică experimentală, de 5000 kW, la Obninsk, în URSS.

4 decembrie 1954 – se adoptă Rezoluția ONU nr.810 referitoare la cooperarea internațională pentru dezvoltarea folosirii pașnice a energiei atomice.

august 1955 – la Geneva, are loc prima Conferință internațională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri pașnice la care a participat și o delegație din România.

26 martie 1956 – se înființează Institutul Unificat de Cercetări Nucleare de la Dubna, URSS.

mai 1956 – se înființează, la București, Institutul de Fizică Atomică al Academiei sub conducerea lui Horia Hulubei.

26 septembrie 1956 – este adoptat în unanimitate, la ONU, de către cele 81 de state participante, Statutul Agenției Internaționale pentru Energie Atomică (AIEA). Printre statele participante la Adunarea ONU s-a numărat și România.

1957 – societatea Sovrom – Kvaritit începe exploatarea zăcămintelor din Banat iar uraniul este dus în URSS ca despăgubire de război.

29 iulie 1957 – se înființează Agenția Internațională pentru Energie Atomică, cu sediul la Viena. România este membră fondatoare a AIEA.

31 iulie 1957 – în cadrul Institutului de Fizică Atomică de la București, intră în funcțiune primul reactor de cercetare și producție de radioizotopi – VVR-S.

septembrie 1958 – are loc cea de-a doua Conferință internațională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri pașnice de la Geneva la care a participat și o delegație din România.

iulie 1960 – se înființează, în cadrul Consiliului de Ajutor Economic Reciproc (CAER), Comisia permanentă pentru utilizarea pașnică a energiei atomice. Începe cooperarea în domeniul nuclear a țării noastre în cadrul CAER.

1962 – Trustul de Metale Rare București preia activitatea de cercetare geologică pentru uraniu.

septembrie 1964 – are loc, la Geneva, cea de-a treia Conferință internațională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri pașnice la care România a fost reprezentată de o delegație.

1965 – încetează transportul uraniului în URSS.

1965 – URSS își exprimă disponibilitatea de a livra în România reactori VVER 440.

10 iunie 1968 – Adunarea generală a ONU adoptă textul final al Tratatului de neproliferare a armelor nucleare.

1 martie 1970 – a fost înființată la Râmnicu Vâlcea Uzina „G” cu denumirea „Instalație pilot experimentală de fabricare a hidrogenului sulfurat”.

30 ianuarie 1970 – România (RSR) ratifică Tratatul de neproliferare iar la 5 martie 1970 intră în vigoare Tratatul de neproliferare a armelor nucleare.

septembrie 1970 – are loc, la București, cel de-al XVI-lea Congres AMPERE iar în iunie 1971 se desfășoară, tot la București, lucrările celei de-a VIII-a Conferințe Mondiale a Energiei.

septembrie 1971 – are loc, la Geneva, cea de-a patra Conferință internațională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri pașnice la care a participat și o delegație din România [18].

1971 – a fost înființat Institutul pentru Tehnologii Nucleare (ITN) ca urmare atât a anticipării creșterii economice din acea perioadă cât și a industrializării României. Structura Institutului și direcțiile principale de activitate au fost definite pe baza raportului misiunii de experți AIEA

solicitată de către Guvernul României în anul 1970. ITN era definit ca unitate strategică având drept domeniu de activitate cercetarea științifică, proiectarea, ingineria tehnologică și responsabilitatea tehnică pentru dezvoltarea energiei nucleare în România.

1973 – au fost reluate discuțiile cu Atomic Energy of Canada Limited (AECL) pentru furnizarea tehnologiei CANDU (Canada Deuterium Uranium).

1975 – a fost pusă în funcțiune platforma ITN (Institutul pentru Tehnologii Nucleare) de la Pitești.

9 august 1976 – a fost produsă, pentru prima dată în România, apă grea cu o concentrație de 99,8% D(D+H).

1977 – ITN își schimbă denumirea în Institutul de Reactori Nucleari Energetici (IRNE). Sunt instalate și puse în funcțiune laboratoarele de cercetare la noul sediu, situat în județul Argeș, Colibași – Mioveni, localitate aflată la 130 km N-V de București.

1977 – a avut loc încheierea acordului de cooperare în domeniul folosirii pașnice a energiei atomice între România și Canada.

1978 – a fost pusă în funcțiune uzina R de prelucrare a uraniului de la Feldioara și au fost semnate contractele cu AECL Canada pentru tehnologia CANDU.

1979 – a fost pus în funcțiune reactorul TRIGA de la Pitești (Mioveni) și a început organizarea șantierului la CNE Cernavodă.

1980 – a fost pusă în funcțiune Fabrica de combustibil nuclear de la Pitești (Mioveni).

1981 – au fost încheiate contractele cu ANSALDO și General Electric.

1988 – a avut loc punerea în funcțiune a primului modul la Uzina de apă grea ROMAG Drobeta Turnu Severin.

1990 – este evaluat programul de energetică nucleară al României de către o Misiune a AIEA. Tehnologia de producere a apei grele a fost brevetată și valorificată prin proiectarea și construcția Uzinei de apă grea ROMAG din Drobeta Turnu Severin. Se înființează RENEL (Regia Națională pentru Energie Electrică). Institutul de Reactori Nucleari Energetici (IRNE) este inclus în RENEL și devine Institutul de Cercetări Nucleare (ICN).

1991 – a fost semnat contractul cu AECL și ANSALDO pentru terminarea lucrărilor la Unitatea 1 CNE Cernavodă.

1992 – Secția de Producție Elemente Combustibile (SPEC) din

cadrul ICN devine unitate economică distinctă fiind încorporată în cadrul RENEL, sub numele de Fabrica de Combustibil Nuclear (FCN).

1996 – a fost pusă în funcțiune prima unitate de la CNE Cernavodă iar criticitatea<sup>2</sup> a fost atinsă la 16 aprilie 1996.

1998 – au fost înființate Societatea Națională Nuclearelectrică (SNN) și Regia Autonomă pentru Activități Nucleare (RAAN) cu sediul la Drobeta Turnu Severin (prin reorganizarea RENEL). ICN devine Sucursala Cercetării Nucleare (SCN) în cadrul RAAN prin Ordonanța de Urgență nr. 365/1998.

2001 – a fost semnat contractul pentru terminarea lucrărilor la Unitatea 2 de la CNE Cernavodă.

6 mai 2007 – a fost atinsă criticitatea la Unitatea 2 de la CNE Cernavodă.

1 octombrie 2013 – ICN devine sucursală a Regiei Autonome Tehnologii pentru Energia Nucleară (RATEN) înființată conform prevederilor Ordonanței de Urgență nr. 54 din 29 mai 2013, aprobată prin Legea nr. 302/2013.

24 – 25 martie 2014 – a avut loc, la Haga, Summit-ul pentru securitate nucleară iar unul dintre obiectivele acestui grandios eveniment l-a constituit îmbunătățirea cooperării internaționale.

5 – 9 decembrie 2016 – a avut loc, la Viena, Conferința internațională privind securitatea nucleară: angajamente și acțiuni (International Conference on Nuclear Security: Commitments and Actions) la finalul căreia a fost adoptată Declarația Ministerială al cărei element central era constituit din creșterea securității nucleare prin efortul comun al tuturor statelor membre ale AIEA.

30 octombrie – 1 noiembrie 2017 – a avut loc la Abu Dhabi, Emiratele Arabe Unite, Conferința Internațională Energia Nucleară în Secolul XXI (Conference International Ministerial – Nuclear Power in the 21st Century) eveniment care a dat posibilitatea participanților să se angajeze într-un dialog la nivel înalt cu privire la rolul energiei nucleare în satisfacerea cererii viitoare de energie, contribuind la dezvoltarea durabilă și la atenuarea schimbărilor climatice, precum și la discuții și schimburi de opinii asupra problemelor cheie legate de dezvoltarea și promovarea energiei nucleare.

24 mai 2018 – Statele Unite, Canada și Japonia lansează inițiativa

<sup>2</sup> Criticitatea reprezintă condiția în care reacția de fisiune în lanț se autoîntreține în condiții controlate. Prima criticitate – inițierea reacției de fisiune în lanț.

„Energia nucleară: energie curată a viitorului” *Nuclear Innovation: Clean Energy (NICE) Future*.

3 – 4 iunie 2019 – RATEN ICN a coordonat organizarea la Pitești a celei de-a IX-a ediții a Conferinței FISA – EuradWaste 2019 în colaborare cu Comisia Europeană, sub auspiciile Președinției României la Consiliul Uniunii Europene [20].

### *Ațiuni concrete pentru dezvoltarea domeniului nuclear*

Având în vedere stadiul de dezvoltare al activităților aferente domeniului nuclear din România precum și sarcinile multiple din acest sector de activitate, atât pe plan intern cât și pe plan internațional, în anul 1969 a fost înființat Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară (CSEN) care avea drept misiune principală coordonarea tuturor activităților din domeniul nuclear. CSEN, sub îndrumarea Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie (CNST) și în colaborare cu celelalte ministere și organe centrale, și-a exercitat atribuțiile organizând și răspunzând de dezvoltarea cercetărilor și tehnologiilor din fizică și din domeniile conexe, de folosirea energiei nucleare și de introducerea tehnicilor nucleare în activitatea economică și socială, având în vedere progresul științelor și necesitățile economiei naționale și ale vieții sociale.

În vederea accelerării procesului de dezvoltare a aplicațiilor industriale ale energiei nucleare în țara noastră, în anul 1969 a fost aprobat primul Program Nuclear Național, elaborat de către CSEN, care avea drept componente principale: cercetarea și ingineria nucleară; producerea combustibilului cu uraniu natural; producerea apei grele; dezvoltarea industriei nucleare; construcția centralelor nucleare – electrice.

Principalul obiectiv al acestui program îl constituia industrializarea energiei nucleare, prin instalarea în țara noastră, până în 1980, a unei puteri electrice de circa 1000 MW(e) în centralele nucleare – electrice și continuarea acestui proces, în deceniile următoare, la scară din ce în ce mai mare.

Pentru realizarea Programului Nuclear Național se prevedea crearea în paralel a unor industrii conexe, asigurarea unor capacități corespunzătoare, în cadrul industriilor existente, efectuarea unor cercetări fundamentale și aplicative pentru susținerea programului, precum și introducerea tehnicilor nucleare într-un număr mare de sectoare științifice, economice și sociale. Prevederile Programului Nuclear Național

puteau fi realizate atât prin eforturile susținute ale specialiștilor români cât și prin colaborare internațională.

### *Cercetarea în domeniul nuclear*

În țara noastră, activitatea de cercetare în domeniul nuclear a fost inițiată cu timiditate în perioada premergătoare celui de-al doilea război mondial. Contribuțiile românești din acea perioadă au fost realizate în cadrul unor activități incipiente de colaborare internațională.

După organizarea Academiei Republicii Socialiste România, activitatea de cercetare în domeniul nuclear, în țara noastră, a început să se dezvolte. Aspectul concret al acestei dezvoltări a constat în înființarea, în anul 1949, a Institutului de Fizică al Academiei prevăzut cu fonduri pentru asigurarea unei baze materiale a cercetărilor și, de asemenea, prevăzut cu personal.

În această perioadă de început a cercetării nucleare, cercetătorii au reușit să inițieze și să dezvolte domenii de cercetare bine conturate obținând rezultate notabile de cele mai multe ori aceste rezultate situându-se la nivelul rezultatelor obținute de colegii lor din țările vestice [18].

Odată cu înființarea CSEN, pentru realizarea obiectivelor sale, i s-au trecut în subordine o serie de unități nucleare de cercetare – proiectare, de producție, centre de învățământ și de informare la diverse nivele. Dintre aceste unități, printre cele mai importante se aflau:

- Institutul de Fizică Atomică, profilat pe cercetări fundamentale și aplicative de fizică și tehnică atomică și nucleară, producție de radioizotopi și aparatură electronică nucleară;

- Institutul de Fizică, profilat pe cercetări de optică, de fizica plasmei și de fizica materialelor semiconductoare;

- Institutul de Izotopi Stabili având preocupări în domeniul aplicațiilor izotopilor stabili și punerea la punct a metodelor de separare și detecție a acestora;

- Institutul pentru Tehnologii Nucleare având ca misiune elaborarea de tehnologii dedicate reactorilor nucleari energetici, alături de activitatea de cercetare, de proiectare sau de producție corespunzătoare [2].

## **1. Înființarea și dezvoltarea Institutului de Cercetări Nucleare Pitești**

### *1.1. Istoria înființării și dezvoltării Institutului de Cercetări Nucleare*



*Pitești (Mioveni) dedicat asigurării suportului științific și tehnologic pentru programul energetic nuclear național*

La sfârșitul anului 1970, în perioada 10 – 14 noiembrie, România a invitat o misiune a AIEA pentru a oferi consultanță în definitivarea unui program dedicat combustibilului nuclear. Misiunea formată din experți din Germania, Franța, Anglia, Islanda și Argentina a oferit consultanță în legătură cu propunerea de a se înființa Institutul pentru Tehnologii Nucleare și identificarea căilor posibile prin care s-ar fi putut obține asistență financiară din fondurile Agenției pentru Energie Atomică (AIEA) sau din cele ale Programului Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (PNUD) [3].

În acea perioadă au avut loc discuții cu persoane oficiale din cadrul CSEN și au fost vizitate următoarele instituții: Institutul de Fizică Atomică (IFA) de lângă București, Institutul de Cercetări pentru Cereale și Plante Tehnice de la Fundulea, Academia de Științe Agricole și Uzina de Mașini Grele București.

În debutul întâlnirii, membrilor misiunii le-a fost înmănat un document elaborat de CSEN conținând *informații de bază și propuneri referitoare la Institutul pentru Tehnologie Nucleară (ITN)* menționându-se că aceste propuneri nu erau definitive și că reprezentau alternative de program asupra cărora misiunii i se solicită să dea consultații. Propunerile conțineau o variantă constând într-un program minimal care prevedea ca reactorii energetici să fie obținuți la cheie pe bază de contracte și o variantă constând într-un program maximal care materializa intenția ca toate lucrările să fie realizate în România. În cadrul primelor discuții, profesorul Ioan Ursu, președintele CSEN, a subliniat ideea că o alternativă intermediară ar fi cea mai adecvată pentru România iar în momentul în care planul va fi stabilit ar fi de dorit o evaluare a gradului de asistență care s-ar putea obține din fondurile AIEA sau ale PNUD.

### **Informațiile de bază**

Rezervele energetice fosile ale României la acea vreme constau în lignit, ulei, petrol și gaze naturale. Lignitul, în mare parte, avea o calitate inferioară și utilizarea acestuia ar fi necesitat investiții foarte mari. Rezervele de petrol ale României ar fi fost suficiente pentru 30 de ani în condițiile în care nivelul producției nu s-ar fi modificat. Era de preferat ca petrolul să fie utilizat pentru industria chimică și nu pentru centrale electrice, pentru acestea din urmă se începuse deja importul de petrol.

Capacitatea instalată de energie electrică la momentul respectiv era de aproximativ 7.000MW(e). În ultima decadă, perioada de dublare a energiei introduse în sistemul energetic fusese de 5 ani și, în următoarea decadă, se aștepta să fie de 6 ani. S-a făcut estimarea că vor putea fi construite noi centrale hidroelectrice având o capacitate totală de 10.000MW(e). Se intenționa să se instaleze, cât mai curând posibil, două centrale nucleare – electrice având o putere totală de aproximativ 1.000MW(e) care ar fi urmat să intre în funcțiune în jurul anului 1980. Deoarece capacitatea totală, în anul 1985, urma să fie de 30.000MW(e), era ușor de observat că în primii ani ai decadei '80 va exista o nevoie urgentă de centrale electrice bazate pe combustibil fosil și/sau nuclear chiar în cazul utilizării la maxim a capacităților prevăzute pentru centralele hidroelectrice.

În perioada în care au avut loc consultațiile, industria României putea asigura construirea de centrale electrice, bazate pe combustibil fosil, de o putere de 300MW și exista în viitorul apropiat posibilitatea extinderii acestei capacități până la 600MW. Intenția era aceea de a adapta industria existentă la necesitățile impuse de procesul de construcție a centralelor nucleare-electrice.

Misiunii i s-a adus la cunoștință că a fost luată deja hotărârea ca programul dedicat centralelor nucleare – electrice să se axeze pe reactori termici din filiera apă grea – uraniu natural și să se stabilească un program intern care să asigure combustibilul nuclear pentru acești reactori. S-a precizat că există suficiente rezerve de uraniu disponibile în țară. În plus, era posibilă realizarea unei producții corespunzătoare de apă grea, în combinație cu producția planificată de îngrășăminte.

Comitetul de Stat pentru Energie Nucleară urma să poarte întreaga responsabilitate atât pentru lucrările de cercetare și dezvoltare aferente centralelor nucleare – electrice cât și pentru construcția și punerea în funcțiune a acestor centrale, în colaborare cu Ministerul Energiei și Ministerul Construcțiilor de Mașini.

În acea perioadă, CSEN avea în subordine următoarele institute: Institutul de Fizică Atomică (IFA), Institutul de Fizică București și Institutul de Izotopi Stabili Cluj. Personalul din aceste institute era de aproximativ 2.000, din care 600 erau cercetători iar 100 din aceștia dețineau titlul de doctor în științe tehnice.

CSEN coordona activitățile legate de aplicațiile radioizotopilor în toate domeniile (geologie, materiale, industria minieră, energetică, chimie,

agricultură, fizică, biologie, medicină), chiar în cazul când aceste activități erau direct administrate de departamentele respective.

### **Aprecieri referitoare la Institutul pentru Tehnologie Nucleară (ITN)**

Institutul pentru Tehnologie Nucleară propus constituia o parte necesară a programului de energetică nucleară al României întrucât putea constitui un focar atât pentru activitatea de cercetare și dezvoltare care se impunea a fi realizată cât și pentru aducerea industriei la nivelul necesar fabricării unor componente și ulterior a unor sisteme complete de reactori.

Misiunea a agreat ideea ca activitățile institutului să fie centrate pe reactorii termici urmând ca după un timp să se axeze și pe reactori rapizi prin fructificarea cunoștințelor și a experienței acumulate.

Misiunea a propus ca între ITN și industrie să existe o legătură foarte strânsă deoarece unul dintre obiectivele programului pe care România și-l propunea era acela ca industria autohtonă să fie capabilă să fabrice o parte cât mai mare a componentelor reactorilor. În același timp, s-a subliniat faptul că pentru industria nucleară nivelul calitativ al execuției se impune să fie mult mai ridicat în comparație cu cel normal din practica industrială.

Au fost solicitate păreri din partea membrilor misiunii referitoare la mărimea propusă a institutului în ceea ce privește numărul personalului și costul construcției și cel al funcționării acestuia. Deși s-a considerat că este dificil de răspuns, s-a făcut totuși o estimare referitoare la costul total al investiției incluzând instalațiile principale prevăzute care s-ar fi putut situa între 40 și 60 milioane de dolari SUA iar costul de funcționare putea să se ridice la aproximativ 15 milioane de dolari SUA pe an din momentul în care începea construcția institutului.

În privința amplasamentului, misiunea a considerat că acest institut nou trebuie să fie amplasat în zona Bucureștiului, la o distanță nu mai mare de 30 km de alte institute de cercetare industrială legate de programul nuclear care existau deja.

În cadrul consultațiilor pe probleme de combustibil și tehnologia reactorilor s-a subliniat faptul că ITN trebuie să inițieze cât mai curând posibil lucrări în domeniul elementelor combustibile necesare sistemului de reactori termici și să se preocupe prioritar de obținerea purității necesare pentru concentratele de uraniu.

În vederea obținerii *know-how*-ului pentru producția națională de

pastile de  $UO_2$  care trebuia să înceapă la sfârșitul anilor 70, era imperios necesară efectuarea de studii experimentale la scară de laborator. A fost recomandată realizarea mai întâi a unei stații pilot având o capacitate de aproximativ 2 tone de pastile de  $UO_2$  pe lună urmând ca apoi să se treacă la construcția unei fabrici.

În privința procesului de întecuire s-a discutat despre instalații și recomandarea a fost să nu se importe minereu de zirconiu și zirconiu poros fără hafniu care să fie folosite pentru obținerea aliajului Zircaloy. Producția tuburilor de Zircaloy în țară părea să fie posibilă deoarece existau instalații de extruziune și Pilger. Posibilitatea dezvoltării procesului de rafinare electrolitică a deșeurilor de zirconiu trebuia materializată deoarece exista deja experiență în domeniu. Producerea de tuburi de Zircaloy presupunea costuri ridicate și, din acest motiv, pentru prima etapă trebuia luat în considerare importul de produse semifinite.

Pentru realizarea programului propus în privința dezvoltării combustibilului se impunea existența unui reactor de încercare de materiale cu un flux de neutroni termici de aproximativ  $10^{14}$  neutroni/cm<sup>2</sup>s, ceea ce echivala cu o putere termică la ieșire de 20 – 30 MW. Reactorul trebuia să fie prevăzut cu bucle și capsule pentru iradiere și să existe celule fierbinți pentru lucrul cu combustibil iradiat. S-a considerat că tipul de reactor cu piscină ar fi cel adecvat și s-a făcut recomandarea ca proiectul de bază să fie cumpărat iar fabricarea și construcția acestuia să se realizeze cât mai mult în România. S-a discutat despre principalele clădiri care urmau să fie construite pentru amplasarea instalațiilor principale și a facilităților experimentale precum și despre cele necesare serviciilor generale și auxiliare. Înainte ca orice planuri să fie finalizate era de dorit să se realizeze consultații cu experți din alte țări care dețineau instalații similare.

Pentru început, asistența consta în asigurarea unor experți de la AIEA, oferirea unor burse pentru pregătirea specialiștilor în domeniu, posibilitatea organizării de vizite tehnice și când proiectul urma să fie mai bine conturat să se poată iniția acțiunea de accesare de fonduri prin PNUD.

Misiunea de experți ai Agenției Internaționale pentru Energie Atomică a recomandat și a avizat favorabil proiectul de înființare a Institutului de Tehnologii Nucleare de la Pitești dedicat asigurării suportului științific și tehnologic privind dezvoltarea Programului Nuclear din România. Acesta se înființează în 1971 ca Institutul pentru Tehnologii Nucleare – unitate strategică având drept domeniu de activitate cercetarea

științifică, proiectarea, ingineria tehnologică și responsabilitatea tehnică pentru dezvoltarea energeticii nucleare în România.

Direcțiile de cercetare au fost stabilite în corelare cu experiența statelor care în acel moment activau de circa 20 ani în domeniul utilizării pașnice a energiei nucleare trecând printr-o activitate de pionierat urmată de realizări semnificative pentru începutul anilor '70 [1].

Resursele inițiale pentru o astfel de instituție au fost stabilite printr-o *Hotărâre a Consiliului de Miniștri (HCM) din aprilie 1971* care prevedea transferul activităților de cercetare privind energia nucleară de la Institutul de Fizică Atomică București la noul Institut pentru Tehnologii Nucleare.

**Alte acte normative** care au stat la baza dezvoltării Institutului de Cercetări Nucleare:

- 1970 – *HCM 148* prin care se statua înființarea Institutului pentru Tehnologii Nucleare ca unitate cu gestiune economică proprie având ca obiect de activitate efectuarea de cercetări și dezvoltarea de tehnologii referitoare la aparatură, echipamente și materiale structurale pentru reactori nucleari și alte instalații nucleare, elemente combustibile pentru reactori precum și aplicații ale tehnicilor nucleare în biologie și agricultură;

- 1972 – *HCM 447* privind aprobarea amplasamentului și a profilului de activitate al ITN constând în:

- cercetări pentru realizarea tehnologiilor de fabricare și de perfecționare a reactorilor nucleari și a ciclului de combustibil nuclear;
- proiectare de echipamente și aparatură specifice tehnologiilor nucleare;
- realizarea de prototipuri pentru echipamente;
- asistență tehnică atât pentru punerea în funcțiune și exploatarea centralelor nucleare – electrice cât și pentru asimilarea fabricației de către industrie a echipamentelor și a aparatelor nucleare.

- *HCM 1323/1972* și *HCM 1059/1973* – acte normative referitoare la etapa I de dezvoltare a ITN;

- 1977 – *Decretul 6/1977* pentru schimbarea denumirii în IRNE având ca obiect de activitate cercetarea și ingineria tehnologică, în calitate de responsabil unic pentru realizarea tehnică a reactorilor nucleari și a obiectivelor conexe, de la conceptul de sistem până la punerea în funcțiune;

- 1978 – *Decretul 389/1978* prin care se aprobă etapa III de investiții, institutului revenindu-i următoarele sarcini:

- testarea, omologarea și fabricarea de elemente combustibile cu uraniu natural;

– cercetarea și ingineria tehnologică pentru construcția reactorilor nucleari energetici și a componentelor destinate reactorilor prin asimilarea tehnologiei, realizarea, încercarea și omologarea mașinii de încărcare – descărcare a combustibilului nuclear, precum și a sistemului de control al reactivității [2, 3].

### 1.2. Etape semnificative în dezvoltarea ICN

1977 – sunt instalate și puse în funcțiune laboratoarele de cercetare la noul sediu situat în Mioveni.

1978 – au fost stabilite cerințele de asigurare a calității pentru operarea reactorului și a fost aprobat de către Autoritatea Nucleară, primul Manual de Asigurarea Calității (MAC). În prezent, Sistemul de Management al Calității este extins la toate activitățile care se desfășoară în institut: cercetare, proiectare, fabricare de echipamente nucleare, tratarea și transportul deșeurilor nucleare, exploatarea instalațiilor din institut.

18 noiembrie 1979 – este atinsă prima criticitate la Reactorul de Încercări de Materiale -TRIGA, aflat în cadrul institutului.

1980 – este pusă în funcțiune Stația Pilot de Fabricație Elemente Combustibile tip CANDU.

1983 – are loc punerea în funcțiune a Laboratorului de Examinare Post – Iradiere (LEPI).

1984 – este pus în funcțiune Standul de Testare a Anduranței fasciculelor combustibile din cadrul departamentului Testări în Afara Reactorului (TAR) și a Stației de Tratare a Deșeurilor Radioactive (STDR).

1985 – începe fabricația fasciculelor de combustibil nuclear tip CANDU, pentru viitoarea Centrală Nucleară de la Cernavodă, în Secția de Producție Elemente Combustibile (SPEC) din cadrul institutului, devenită ulterior Fabrica de Combustibil Nuclear (FCN).

1984 – 1986 – are loc transferul tehnologiei de fabricație a pulberii sinterizabile<sup>3</sup> de  $UO_2$ , dezvoltate în institut, la Uzina „R” – Feldioara, împreună cu datele de proiectare pentru execuția liniei de fabricație la nivel industrial.

1989 – este pus în funcțiune Standul pentru testarea capetelor Mașinii de Încărcat – Descărcat Combustibil Nuclear (MID) odată cu sosirea capetelor 4 și 5 ale MID, destinate Unității 2 de la Cernavodă.

<sup>3</sup> Sinterizabil – care poate fi supus sinterizării (procedeu de lipire a pulberilor metalice, ceramice etc., în urma încălzirii și presării lor în forme speciale).

1992 – a început procesul de conversie a combustibilului nuclear din reactorul TRIGA.

1994 – specialiștii institutului participă la etapele de punere în funcțiune a Unității 1 de la Centrala Nucleară – Cernavodă.

1995 – a avut loc punerea în funcțiune, la Unitatea 1 – CNE Cernavodă, a Sistemului de Localizare a Combustibilului Defect (SLCD) și a Monitorului Radiațiilor Sistemului de Transport al Căldurii (MRSTC), echipamente proiectate și realizate în întregime în institut.

16 aprilie 1996 – se atinge prima criticitate a Unității 1 a Centralei CANDU – Cernavodă la care au contribuit și specialiști din ICN.

1999 – are loc returnarea în țara de origine, SUA, a combustibilului nuclear ars din reactorul de cercetare TRIGA.

2002 – se finalizează modelul experimental pentru fasciculul de combustibil nuclear avansat – SEU 43.

2003 – 2005 – au fost efectuate testele funcționale ale celui mai complex echipament robotizat utilizat în reactorul de la CNE Cernavodă – Mașina de Încărcat – Descărcat Combustibil (MID). În urma evaluării, calificării echipamentelor și tehnologiilor deținute, a testării personalului de către o echipă de specialiști canadieni, pentru prima dată în România și în Europa, ICN Pitești a încheiat cu succes testarea și livrarea la CNE Cernavodă – Unitatea 2, a două capete ale Mașinii de Încărcat – Descărcat Combustibil Nuclear.

2003 – pe platforma ICN – FCN, prin efortul conjugat al Agenției Nucleare și al ICN Pitești, se înființează Agenția Națională pentru Deșeuri Radioactive.

2004 – are loc aniversarea a 25 de ani de funcționare a Reactorului TRIGA.

2006 – este finalizată conversia Reactorului TRIGA – SSR, începută în anul 1992, de la funcționarea cu combustibil nuclear înalt îmbogățit – HEU (High Enriched Uranium) la cea cu combustibil slab îmbogățit – LEU (Low Enriched Uranium).

6 mai 2007 – are loc atingerea primei criticități a reactorului Unității 2 – CNE Cernavodă la care și-au adus contribuția și specialiștii din institut prin asistența științifică și tehnică, produsele și serviciile realizate pentru energetica nucleară.

2008 – se returnează cea de-a doua tranșă de combustibil nuclear HEU, de la ICN în SUA.

2008 – a fost lansată prima ediție a Conferinței *Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education – Nuclear 2008*.

2006 – 2010 – ICN Pitesti participă activ la realizarea conceptului dedicat reactorului rapid răcit cu plumb în cadrul proiectului ELSY (FP7-EURATOM).

2010 – 2013 – ICN participă la realizarea proiectului centralei nucleare de demonstrație, ALFRED (100MWe), în cadrul proiectului LEADER (FP7-EURATOM).

februarie 2011 – Guvernul României aprobă Memorandumul MECMA privind găzduirea instalației nucleare de demonstrație ALFRED ca urmare a unui proces de dezbatere implicând Agenția Nucleară și pentru Deșeuri Radioactive (ANDR) și principalele instituții interesate. A fost avizată disponibilitatea privind amplasarea instalației nucleare de demonstrație ALFRED, în România.

mai 2011 – are loc aniversarea a 40 de ani de activitate a institutului, ocazie cu care a avut loc lansarea revistei „*Journal of Nuclear Research and Development*”, realizată în institut.

noiembrie 2011 – are loc inițierea MoU (Memorandum of Understanding) între ANSALDO, ENEA și ICN pentru construcția consorțiului ALFRED, având în vedere România ca amplasament de referință.

februarie 2012 – MoU este semnat de către cele trei părți: ANSALDO – Italia, ENEA – Italia și ICN Pitești – România.

mai 2012 – ICN aderă la ESNII (Inițiativa Industriei Nucleare Europene privind sistemele de Generație IV).

18 decembrie 2013 – a fost semnat Memorandumul de Cooperare între partenerii de la ANSALDO Nucleare și ENEA din Italia și Institutul de Cercetări Nucleare Pitești, RATEN ICN, România, pentru implementarea construcției proiectului ALFRED, constituindu-se Consorțiul FALCON (Fostering ALfred CONSortium).

18 – 20 noiembrie 2015 – ICN a organizat *workshop*-ul *Sitting and Licensing of Fast Neutron Reactor* în cadrul Proiectului Orizont 2020 ESNII Plus (European Sustainable Nuclear Industrial Initiative).

3–4 februarie 2016 – ICN a organizat, la București, Întâlnirea Regională dedicată Proiectului Orizont 2020 JOPRAD (*Towards a Joint Programming on Radioactive Waste Disposal*).

13 – 24 martie 2017 – ICN a organizat, la Pitești, *Regional Training*



*Course on Evaluation of Cost-Effective Energy Technologies, including Nuclear Power, as Nationally Determined Contributions to Climate Change Mitigation, în cadrul Proiectului regional al AIEA RER2013/002.*

3 – 7 septembrie 2018 – ICN a organizat *ETSON – JSPN Summer Workshop on „Radioactive Waste Management, Environmental Protection and Decommissioning”*, la Mioveni.

24 – 27 iunie 2019 – ICN în colaborare cu CNCAN a organizat, la Pitești, Seminarul regional al AIEA privind scenariile de implementare a reactoarelor modulare mici (*Small Modular Reactors – SMR*) în portofoliul global de energie [20, 2, 3].

*Principalele domenii de activitate:* fizica reactorilor și securitate nucleară; testări la iradiere; examinări post – iradiere a materialelor și combustibilului nuclear; tehnologii de iradiere și radioizotopi; materiale nucleare și coroziune; evaluare performanțe combustibil nuclear; testări în afara reactorului; caracterizarea și tratarea deșeurilor radioactive; electronică, instrumentație și control; teste și încercări de calificare pentru aparatură, componente și echipamente nucleare; protecția împotriva radiațiilor, protecția mediului și apărare civilă; proiectare echipamente nucleare; prototipuri nucleare; transfer tehnologic; control tehnic de calitate; metrologie și tehnică de calcul; managementul calității.

### 1.3. Organizarea ICN în prezent

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Secția Fizica Reactorilor, Performanțe Combustibil Nuclear și Securitate Nucleară</li> <li>▪ Secția Reactor TRIGA</li> <li>▪ Secția Materiale Nucleare și Coroziune</li> <li>▪ Secția Testări în Afara Reactorului</li> <li>▪ Secția Tratare Deșeuri Radioactive</li> <li>▪ Secția Electronică</li> <li>▪ Laboratorul Examinări Post – Iradiere</li> <li>▪ Laboratorul de Analiza Suprafețelor</li> <li>▪ Laboratorul Încercări și Fiabilitate</li> <li>▪ Laboratorul Radioprotecție, Protecția Mediului și Protecția Civilă</li> <li>▪ Laboratorul Metrologie și Tehnică de Calcul</li> <li>▪ Laboratorul Control Tehnic de Calitate</li> <li>▪ Serviciul Proiectare</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atelier Prototipuri Nucleare</li> <li>▪ Serviciul Managementul Calității</li> <li>▪ Secția Producere și Distribuire Utilități</li> <li>▪ Serviciul Mecanic Șef, Întreținere, Reparații</li> <li>▪ Servicii Suport (Programe, Contracte; Relații Externe, Transfer Tehnologic, Protocol; Administrativ; Resurse Umane; Financiar, Contabilitate; Aprovizionare, Marketing, Investiții, Patrimoniu; Situații de Urgență, Prevenire și Protecție; Juridic; Transporturi; Medical, Toxicologie, Analize; Protecție Fizică; Garanții Nucleare; Protecția Informațiilor Clasificate)</li> </ul> |
|---|--|

## 2. Realizări semnificative ale Institutului de Cercetări Nucleare Pitești

### 2.1. Combustibilul nuclear

Deși în prezent ICN și FCN (Fabrica de Combustibil Nuclear) sunt două organizații distincte, bazele procesului de producere a combustibilului CANDU au fost puse încă de la înființarea ITN.

Între 1979 și 1985, în cadrul ICN se pun bazele elementelor de cercetare care să sprijine testarea și fabricația combustibilului nuclear pentru Cernavodă.

Un obiectiv al programului nuclear românesc a vizat asimilarea tehnologiei de fabricație a combustibilului cu uraniu natural. Acest demers s-a bazat în primul rând pe existența unui stoc important de minereu de uraniu acumulat în țară după încetarea activității societății Sovrom – Kvarit și în al doilea rând pe cercetările de tatonare întreprinse în Secția de Materiale Nucleare a Institutului de Fizică Atomică. Deși tehnologiile de fabricare a combustibililor nucleari erau ținute sub embargo de marile puteri nucleare, după lansarea de către americani a programului „Atomi pentru pace”, anumite informații din acest domeniu au început să fie publicate în reviste de specialitate ori au fost prezentate la reuniunile

științifice aferente domeniului. Pornind de la acest nivel de informație, cercetătorii de la IFA au conceput și testat un combustibil nuclear „vitro-ceramic” cu performanțe promițătoare. Acest combustibil nu a găsit și un reactor nuclear în care să fie utilizat. Tot pe baza informațiilor desecretizate de marile puteri au început și cercetările privind combustibilul cu oxid de uraniu.

În cadrul ITN urma să se construiască o instalație pilot pentru producerea combustibilului cu uraniu natural, precum și instalațiile de testare a combustibilului nuclear constând dintr-un reactor pentru încercări de materiale și laboratoare cu celule fierbinți pentru examinarea materialelor iradiate. Până la realizarea bazei materiale a noului institut, misiunea de experți a AIEA a recomandat solicitarea unui program de asistență finanțat de Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare – PNUD, care să se concentreze pe specializarea în străinătate a unui număr de cercetători români și realizarea unei instalații demonstrative pentru tehnologia combustibilului cu uraniu natural. În vara anului 1971, Institutul de Tehnologii Nucleare își începe activitatea în spațiile puse la dispoziție de IFA Măgurele și cu personalul transferat voluntar de la acest institut.

Până în anul 1975, când s-a pus în funcțiune platforma de la Pitești – Mioveni, activitatea institutului s-a concentrat pe realizarea cu sprijinul PNUD a instalației demonstrative pentru tehnologia combustibilului cu uraniu natural. Au fost întreprinse cercetări pentru elaborarea tehnologiilor de obținere a pulberii de oxid de uraniu nuclear pur, a pastilelor sinterizate de dioxid de uraniu și de asamblare a unor elemente de combustibil experimentale ce urmau să fie testate la iradiere în reactorul BR-2 din Belgia și MZFR din Germania. Primele rezultate au fost încurajatoare și au pus bazele tehnologiei pentru producerea combustibilului nuclear. În 1975 sunt puse în funcțiune primele instalații ale Institutului de Tehnologii Nucleare și începând din anul 1976, activitatea de dezvoltare tehnologică în domeniul combustibilului nuclear s-a extins la nivel pilot, încercându-se imitarea combustibilului CANDU pe baza informațiilor sumare din documentația de licență furnizată de AECL Canada.

Dacă în domeniul tehnologiei de fabricare a dioxidului de uraniu lucrurile au evoluat aproape normal, nefiind întâmpinate dificultăți majore, în domeniul întecuirii și al asamblării fasciculelor de combustibil, anumite tehnologii canadiene nu au putut fi imitate.

În anul 1979 este pus în funcțiune reactorul de încercări de materiale

TRIGA, firma americană General Atomics livrând zona activă, iar restul echipamentelor, inclusiv vasul reactorului fiind produse în țară.

Cu acest reactor și cu laboratorul de examinare post-iradiere construit ulterior a fost realizat un program de testare a comportării la iradiere a combustibilului produs la Pitești. Pe baza acestor iradieri și a câtorva teste realizate în străinătate, factorii politici și de decizie au tras concluzia că România este gata să producă combustibil nuclear CANDU, fără ajutor din partea canadienilor.

În 1980 a fost pusă în funcțiune unitatea pilot de fabricare a combustibilului nuclear CANDU. Treptat, această instalație care avea doar rolul să probeze fezabilitatea unei tehnologii de fabricație a fost transformată în fabrică de combustibil și s-a trecut la producția industrială. Centrala de la Cernavodă abia începuse să se construiască. Această fabrică a produs câteva sute de tone de combustibil nuclear, care după revoluție s-a dovedit a fi inutilizabil. După revoluție, specialiștii care munciseră din greu să producă atâta combustibil au fost dezamăgiți când au aflat că produsul lor nu putea fi utilizat în reactorul CANDU și că pentru punerea în funcțiune a Unității 1 a trebuit să fie cumpărat combustibil din Canada. Încercarea de a produce combustibil nuclear în România, exclusiv prin forțe proprii, a avut și consecințe pozitive, printre care și aceea a formării și consolidării pregătirii profesionale a lucrătorilor din acest domeniu. Acest fapt a contribuit semnificativ la dezvoltarea ulterioară a Fabricii de Combustibil Nuclear.

În 1992 se înființează Fabrica de Combustibil Nuclear prin desprinderea Secției de Producție Elemente Combustibile din cadrul Institutului de Cercetări Nucleare.

În perioada 1992 – 1994, cu asistență canadiană prin AECL (Atomic Energy of Canada Limited) și ZPI (Zircatec Precision Industries), se desfășoară un program de dezvoltare tehnică și tehnologică.

În 1994, sub supravegherea AECL și ZPI sunt fabricate fasciculele din lotul de demonstrație, 202 bucăți, din care 66 de fascicule au fost introduse în încărcătura inițială a reactorului Unității 1 – Cernavodă. Fabrica de Combustibil Nuclear (FCN) a fost autorizată de AECL și ZPI ca producător de combustibil nuclear de tip CANDU 6.

În 1995 sunt fabricate 1678 fascicule de combustibil nuclear sub supravegherea AECL și tot atunci FCN Pitești primește autorizația de furnizor pentru combustibil nuclear destinat reactorilor de tip CANDU 6.

În perioada 2004 – 2006, cu investiții reduse, FCN Pitești, și-a dublat

capacitatea de producție pentru a asigura combustibilul necesar funcționării a două unități la CNE Cernavodă.

FCN Pitești produce anual aproximativ 10.800 fascicule de combustibil nuclear pentru CNE Cernavodă.

Fabrica este autorizată de AECL Canada ca furnizor de combustibil nuclear de tip CANDU 6 și în prezent asigură necesarul de combustibil pentru Unitățile 1 și 2 de la CNE Cernavodă (aproximativ 11.000 fascicule combustibile).

Pe durata de viață a unui fascicul de combustibil nuclear CANDU 6 în reactor, aproximativ 1 an, acest fascicul de combustibil generează o cantitate de 1.115 MWh.

În anul 2015, Fabrica de Combustibil Nuclear a produs fasciculul cu numărul 150.000 [19].

Din anul 1992 și până în prezent, în cadrul Institutului de Cercetări Nucleare a continuat activitatea de cercetare legată de combustibilii nucleari. O realizare semnificativă în această direcție a constat în obținerea elementelor combustibile experimentale U-Zr-Er pentru reactorul TRIGA [20].

## *2.2. Principalele rezultate ale activității de cercetare desfășurată în cadrul celor 18 programe stabilite prin OUG 144/1999*

### *1.1.1 Securitate nucleară*

- Realizarea de pachete de programe de calcul și metodologii calificate pentru analizele probabiliste de securitate.

- Efectuarea de analize probabiliste de securitate pentru autorizarea/reautorizarea și îmbunătățirea performanțelor în exploatare și creșterea securității instalațiilor nucleare (modele și studii PSA pentru reactorul TRIGA și alte instalații nucleare).

- Realizarea de pachete de programe de calcul și metodologii calificate pentru analizele deterministe de securitate (dezvoltarea și documentarea programelor de calcul proprii. Asimilarea programelor de calcul achiziționate de ICN sau furnizate de partenerii externi în cadrul diverselor acorduri/proiecte internațional.

- Efectuarea de analize deterministe de securitate pentru autorizarea/reautorizarea și îmbunătățirea performanțelor în exploatare și creșterea securității instalațiilor nucleare (cuplarea calculelor neutronice cu cele de termo-hidraulică. Modelarea multi-canal a fenomenelor de

termo-hidraulică. Modelarea și analiza accidentelor LOCA pentru CNE Cernavodă. Analize de criticitate accidentală și protecție biologică pentru transportul și depozitarea intermediară a combustibilului nuclear uzat).

- Obținerea de rezultate experimentale utile calificării programelor de calcul și metodologiilor de lucru.

- Analiza interacțiunii om – mașină – organizație la exploatarea instalațiilor nucleare în condiții normale și de accident / incident.

- Estimarea resurselor tehnice, materiale și umane necesare dezafectării instalațiilor nucleare.

- Coordonarea de stagii de practică în cercetare a studenților din anii terminali, de lucrări de licență / masterate / doctorate și de proiecte de cercetare comune în parteneriat cu instituțiile de învățământ superior tehnic (realizarea de module de curs și laborator privitoare la metode numerice și experimentale în fizica reactorilor. Coordonarea de stagii de practică în cercetare și lucrări de licență, în parteneriat cu Universitatea Politehnica București și Universitatea Pitești).

- Acreditarea ICN pentru activități de educație/formare în domeniul securității nucleare.

- Analiza testelor de stres efectuate la diferite instalații nucleare.

- Includerea evenimentelor externe în analizele existente.

### 1.1.2 Canalul de combustibil

- Teste în condiții termo-mecanice specifice condițiilor de funcționare pe material iradiat și neiradiat (Zr–2,5%Nb).

- Studii de inițiere și propagare a fisurilor în condiții DHC (Delayed Hydride Cracking).

- Evaluarea parametrilor caracteristici mecanicii ruperii.

- Elaborare bază de date pentru aliajul Zr–2,5%Nb.

- Analize cu elemente finite pe componente cu defecte tip fisură sau defect teșit.

- Analize tip Fitness-for-Service, prin aplicarea metodologiei conform standardelor specifice.

- Evaluări tip Fitness-for-Service pentru Canalele de Combustibil, în concordanță cu cerințele Standardului canadian CSA CAN-N285.4-05 *Technical Requirements for In Service Evaluation of Zirconium Alloy Pressure Tubes in CANDU Reactors*.

### 1.1.3 *Combustibili nucleari*

- Dezvoltarea și validarea codurilor privind comportarea combustibilului nuclear.
  - Proiectarea fasciculului combustibil avansat (dezvoltare și optimizare proiect, evaluare proiect).
  - Analize de securitate combustibil.
  - Teste realizate în reactorul de încercări TRIGA. Examinări post – iradiere.
  - Teste în afara reactorului realizate la departamentul de Testări în Afara Reactorului (TAR).

### 1.1.4 *Sistemul de manevrare combustibil*

- Finalizarea contractului de testare a capetelor MID 4, MID 5 și RAM 7 destinate Unității 2 a CNE Cernavodă.
  - Dispozitiv pentru demontarea dopului MID, în caz de defectare.
  - Dispozitiv pentru instalarea în canalul de combustibil a elementelor de acționare ale echipamentelor de inspecție, prin intermediul închiderii canal speciale.
    - Testarea funcțională a dispozitivelor de transfer a combustibilului iradiat defect TRIGA – LEU din bazinul de recepție spre LEPI sau depozitul de stocare intermediară.
      - Dispozitiv pentru detașarea elementelor combustibile din ansamblul fascicul combustibil CANDU iradiat, în vederea examinării în LEPI.
      - Sistem de monitorizare în timp real și simultan a modulelor încălzitorului electric de 2,1 MW, aflat în componența standului de testare MID.
      - Realizare model experimental pentru simulatorul independent al Sistemului de manevrare combustibil (SMC).
      - Realizare sistem informatizat pentru instruirea, verificarea și evaluarea cunoștințelor personalului SMC.
      - Realizare secțiune de testare pentru vizualizarea curgerii agentului de răcire în zona sub – canal a combustibilului CANDU.

### 1.1.5 *Gestionarea deșeurilor radioactive și a combustibilului ars în condiții de securitate nucleară*

- Instalație mobilă de dimensiuni reduse pentru decontaminare deșeurilor lichide apoase și prin schimb ionic.

- Metode de mineralizare în câmp de microunde a diferitelor matrici de deșeu radioactiv, în vederea determinării conținutului de radioizotopi.

- Metodă și instalație experimentală pentru determinarea C-14 organic și anorganic din soluții apoase, rășini ionice uzate, grafit iradiat și Zy-4 iradiat.

- Metodă de separare și purificarea a emițătorilor alfa din deșeuri lichide, pentru măsurarea lor prin spectrometrie alfa.

- Soluții tehnice pentru optimizarea instalației de decontaminare deșeuri lichide apoase radioactive de la CNE Cernavodă.

- Metodă și flux tehnologic de tratare/condiționare site moleculare.

- Metodă și flux tehnologic de tratare în câmp de microunde a șlamului radioactiv.

- Instalație pilot de procesare prin osmoză inversă a deșeurilor radioactive lichide.

- Caracterizarea radiologică a grafitului iradiat din coloana termică a reactorului TRIGA.

- Instalație experimentală pentru studiul migrării gazelor prin compacte de bentonită.

- Baza de date cu caracteristicile amplasamentului Saligny selectat pentru amplasarea depozitului final de deșeuri slab și mediu active (DFDSMA) și cu parametrii de transport pentru principalii radionuclizi din deșeurile slab și mediu active prin barierele ingineresti (ciment) și naturale (loess, argile, calcare) ale sistemului de depozitare de suprafață, date ce au fost incluse în raportul preliminar de securitate a DFDSMA Saligny.

- Evaluări de performanță și securitate pentru DFDSMA Saligny.

- Program de monitorizare pre-operațională a amplasamentului.

- Metode de separare și purificare a izotopilor considerați dificil de determinat (I-129, Tc-99, Ni-63 și Sr-90) din deșeuri radioactive în vederea determinării activității radioizotopilor prin spectrometrie cu scintilatori lichizi (LSC).

- Metode de determinare a H-3 și C-14 din diferite deșeuri radioactive prin combustia în atmosferă de oxigen și determinarea activității radioizotopilor prin spectrometrie cu scintilatori lichizi (LSC).



### 1.1.6 Protecția mediului

- Studii privind evaluarea impactului asupra mediului, rapoarte publice.
- Proceduri, programe de monitorizare a radioactivității efluenților și mediului la funcționare normală și în situații de urgență.
- Metode noi de caracterizare radiologică cu aplicații în radioprotecție și la dezafectarea instalațiilor nucleare.
- Manual de pregătire a personalului în domeniul securității radiologice.

### 1.1.7 Generator de abur

- Identificarea proceselor de degradare corozivă a materialelor structurale în funcție de condițiile de material, de mediu și de parametri de testare.
- Stabilirea unei corelații între condițiile de operare și mecanismele de degradare a principalelor materiale structurale din circuitul primar și secundar al generatorului de abur și modelarea proceselor implicate.
- Elaborarea unor modele matematice având drept scop prognozarea intensității degradării corozive în anumite condiții de operare.
- Diminuarea coroziunii materialelor structurale prin îmbunătățirea chimiei apei sau aplicarea tratamentelor chimice de suprafață.
- Asigurarea expertizei în scopul identificării tipurilor de defecte apărute din cauza coroziunii unor componente structurale aflate în funcțiune și propuneri pentru diminuarea acestora.
- Caracterizarea depunerilor de pe placa tubulară a generatorului de abur și stabilirea influenței acestora asupra comportării la coroziune a materialului tubulaturii generatorului și a eficienței transferului termic.
- Program experimental dedicat stabilirii tehnologiei de obturare a tuburilor generatorului de abur în scopul redării integrității structurale.
- Implementarea rezultatelor experimentale obținute în laborator, a parametrilor înregistrați în procesul de operare care se constituie în istoricul operării, precum și a informațiilor și parametrilor din literatura de specialitate sau de la operarea unor centrale similare din alte țări, în baze de date pentru evaluarea comportării la coroziune a materialelor structurale și a formării și transportului produșilor de coroziune în circuitele generatorului de abur.

### 1.1.8 Sisteme de proces și echipamente

- Realizarea proiectului *hardware* și *software* pentru Sistemul de Localizare a Combustibilului Defect (SLCD) destinat CNE Cernavodă U3.
- Dezvoltări software pe baza analizei de zgomot pentru descrierea zonelor active ale reactorului CANDU.
- Soluții privind adaptarea și asimilarea Normelor Uniunii Europene în proiectarea și operarea centralelor nucleare din România.
- Dezvoltarea și integrarea unor facilități experimentale pentru ingineria suprafețelor, cu aplicații în integritatea și fiabilitatea structurilor și componentelor CNE.
- Metodă de detecție și localizare a scurgerilor de agent primar cauzate de ruperea/fisurarea *feeder*-ilor inferiori la CNE Cernavodă – U<sub>1</sub>/U<sub>2</sub>.
- Dezvoltarea infrastructurii și a capacității de expertiză privind predicția duratei de viață a componentelor CNE Cernavodă.

### 1.1.9 Chimie circuite

- Dezvoltarea de metode chimice accelerate pentru analiza coroziunii localizate, în vederea creșterii capacității de evaluare a integrității structurilor și componentelor din centralele nucleare.
- Identificarea unor metode de eliminare a stibiului din circuitul primar al unei centrale nucleare prin reținerea pe substraturi oxidice de Fe și Zr.
- Evaluarea degradării din punct de vedere microbiologic a îmbinărilor sudate aferente conductelor îngropate din sistemul de apă tehnică de serviciu, de la CNE Cernavodă.
- Identificarea unor soluții tehnice alternative, aplicabile la transferul rășinilor ionice uzate din bazinele de stocare de la CNE.
- Determinarea ratei de eliberare a C<sub>14</sub> pe baza evaluării vitezelor de coroziune a tecilor de Zircaloy-4 uzate, testate în mediul specific depozitării geologice.
- Identificarea soluțiilor tehnice de implementare a unor metode de conservare (pe termen scurt, mediu și lung) în vederea menținerii integrității sistemelor clasice de la CNE Cernavodă în perioada de re tehnologizare.
- Dezvoltarea capacităților de inginerie tehnologică și proiectare din domeniul coroziunii materialelor și tehnologiilor de fabricație pentru menținerea și îmbunătățirea performanțelor, fiabilității și mentenanței.
- Analiza și diagnoza componentelor degradate din circuitele CNE

Cernavodă, identificarea cauzelor defectării acestora și emiterea de recomandări pentru remediere.

#### 1.1.10 Instrumentație și control

- Proiectare și realizare echipamente, instrumentație și control pentru Unitatea 1 și Unitatea 2 ale CNE Cernavodă.

- Sistemul de localizare a combustibilului defect (SLCD).
- Sistemul de monitorizare a radioactivității din sistemul de transport al căldurii.

- Camere de ionizare.
- Amplificatori pentru detectorii de flux.
- Modul de compensare dinamică.
- Sistem de monitorizare a contaminării personalului și suprafețelor.
- Proiectare și realizare de instrumentație și control pentru reactorul de cercetare TRIGA.

- Proiectare și realizare sistem de procesare și colectare a datelor meteorologice.

#### 1.1.11 Analiză evenimente de exploatare CNE, îmbătrânire, calificare la mediu și creșterea duratei de exploatare a CNE

- Studii legate de comportarea simulatorului arc brățară distanțier în geometria similară cuplajului elastic intermediar central al unui ansamblu canal de combustibil reproduș în condiții de laborator.

- Dispozitiv de aprentare locală a suprafeței interioare a țevii de generator în zona mandrinată/roluită în placa tubulară (model experimental și încercări).

- Încercări de formare a dopului de gheață în conducta cu Dn 200 mm.
- Încercări ale ansamblului dispozitive de refacere a izolației termice îmbătrânite la ansamblele serpentine ale SLCD.

- Analiza comportării la îmbătrânire a colectoarelor de stropire a rezervoarelor TK1/TK2 urmărind reducerea stresului termo-mecanic generat de injecția de apă.

- Inspecția, monitorizarea și evaluarea îmbătrânirii cablurilor electrice.

- Managementul îmbătrânirii cablurilor electrice.
- Întreținerea băncii de date MDI (Mecanisme de Degradare prin Îmbătrânire).

- Estimarea impactului asupra încălzirii aerului din C/R la cote superioare prin creșterea grosimii de izolație termică cu ½” până la 1” la Presurizor, Încălzitor și Degazor/Condensator.

- Dezvoltarea metodei de identificare prin analiza zgomotelor traductoarelor de presiune absolută a frecvențelor vibrațiilor induse de curgerea unui lichid printr-o conductă.

#### **1.1.12 Reactori avansați și cicluri de combustibil**

- Tendințe de evoluție pe plan mondial în domeniul reactorilor nucleari.

- Analize suport privind dezvoltarea durabilă și energia nucleară.

- Cicluri de combustibili nucleari avansați în CANDU.

- Metode, programe și calcule pentru evaluarea caracteristicilor zonei active CANDU avansate.

- Materiale și combustibili nucleari pentru reactori de Generație IV.

- Materiale complexe nanostructurate și nanotehnologii pentru Sisteme Avansate de producere a Energiei Nucleare (SAEN).

- Studii de fizică și termo-hidraulică, asimilare și dezvoltare de tehnologii și infrastructură pentru reactori avansați.

#### **1.1.13 Asigurarea și creșterea performanțelor reactorului TRIGA – ICN**

- Conversia HEU-LEU a reactorului TRIGA.

- Dezvoltarea tehnologiei de fabricație combustibil TRIGA LEU.

- Proiectarea neutronică, mecanică și realizarea unei noi bare de control TRIGA.

- Determinarea borului și a gadoliniului prin spectrometria radiației gama prompte.

- Autorizarea ca etalon pentru măsurători de flux neutronic a coloanei termice.

- Analiza prin activare cu neutroni.

- Neutronografia.

- Difracția cu neutroni.

- Ingineria iradierilor de combustibil și materiale de structură în reactorul TRIGA ICN.

#### 1.1.14 Tehnologii de iradiere și radioizotopi

- Mărirea capacității de iradiere prin sistemul de dispozitive de iradiere nou creat.

- Dezvoltarea unei metodologii de calcul a fluxului gama și a încălzirii gama pentru materia primă și materialele din componența dispozitivelor de iradiere introduse în zona activă a reactorului TRIGA SSR, necesară în proiectarea experimentelor de iradiere pentru producția de radioizotopi.

- Construirea unui sistem integrat de coduri de calcule neutronice capabil să acopere problemele de proiectare a experimentelor de iradiere pentru producția de radioizotopi.

- Realizarea unei linii de fabricație a țintelor de iradiere din iridiu metalic sinterizat placat cu nichel, necesare fabricării surselor închise de radiații pentru radiografii industriale.

- Realizarea unei linii de fabricație a țintelor de iradiere din cobalt metalic sinterizat placat cu nichel, necesare fabricării surselor închise de radiații cu utilizare industrială și medicală.

- Producerea și livrarea surselor închise SR-Ir pentru radiografie industrială cu diferite caracteristici.

#### 1.1.15 Informatizare activități nucleare

- Portale de cunoștințe profesionale.
- Implementarea platformelor de e-learning.
- Simulator educațional pentru simulări dinamice ale comportamentului zonei active CANDU la tranzienți lenți.

- Aplicații pentru managementul programelor de cercetare.

- Proceduri pentru implementarea și utilizarea unor aplicații create în cadrul programului de cercetare sau achiziționate.

#### 1.1.16 Apă grea și tritiu

- Stabilirea comportamentului unor materiale structurale utilizate în instalațiile de producere a apei grele, materiale care au fost supuse acțiunii mediului apă – hidrogen sulfurat pe diferite durate și condiții de exploatare.

- Comportarea hidrurilor metalice la ciclaj<sup>4</sup> termic, în atmosferă de hidrogen.

---

<sup>4</sup> Ciclajul termic reprezintă procesul de modificare rapidă a temperaturii între două valori

- Studii teoretice și experimentale asupra vaselor de stocare a hidrurilor metalice. Investigarea transferului termic în vasele de stocare.
- Cinetica și mecanismul de absorbție/desorbție a hidrogenului în hidrurile metalice.
  - Investigații cinetice și calorimetrice asupra procesului de hidurare/dehidurare în sistemele TiU-H și Mg-H.
  - Obținerea de compuși intermetalici cu capacitate mare de stocare pe bază de uraniu metalic sărăcit.

#### 1.1.17 *Aplicații ale tehnicilor nucleare*

- Studii, metode și lucrări.
- Mecanismul de acțiune al inhibitorilor utilizați în soluțiile de curățare a alamelor.
  - Selectarea tipurilor de inhibitori pentru pasivarea oțelurilor carbon decrustate.
  - Mecanismele de acțiune a inhibitorilor utilizabili în soluțiile de pasivare a oțelurilor carbon.
  - Utilizarea protecției catodice (PC) în CNE cu accent pe tipurile de echipamente care se pretează acestui tip de protecție.
  - Principalii parametri ai protecției catodice și tipurile de materiale utilizate ca anodi solubili.
  - Promovarea cercetării privind protecția la radiații în domeniul medical.
  - Metode de caracterizare a materialelor avansate și a proceselor de obținere.
  - Dezvoltarea de tehnologii de obținere a materialelor avansate prin tehnici electrochimice.
  - Tehnici de obținere a filmelor carbonice ultra-dure rezistente la coroziune pentru domeniul industrial.

#### 1.1.18 *Suport pentru cooperarea internațională*

- Asigurarea asistenței pentru derularea acordurilor și a contractelor de colaborare ale ICN cu organizații internaționale și centre de cercetare din domeniul nuclear.

---

extreme, cu o frecvență foarte mare de schimbare, pentru a evalua rezistența mecanică a unui aliaj metalic în domeniul de temperatură specificat.

- Susținerea participării ICN în programele cadru ale Uniunii Europene [20].

### 3.3 Principalele activități dedicate colaborării internaționale

#### 3.3.1. Acorduri de colaborare:

– *AECL Canada*, colaborare inițiată în 1999 prin Memorandumul de Înțelegere între Departamentul pentru Resurse Naturale Canada și Ministerul Industriei și Comerțului România, prevede dezvoltarea unor activități comune de cercetare în domeniile: combustibil nuclear CANDU, securitate nucleară, managementul timpului de viață al centralei nucleare.

– *Laboratoarele cu specific nuclear ale DOE din SUA* activitate desfășurată în cadrul Acordului de schimb de informații și cooperare în domeniul utilizării pașnice a energiei atomice, încheiat în 1999 între cele două țări. Domeniile de interes comune sunt reprezentate de: securitatea nucleară, incluzând și managementul deșeurilor radioactive, caracterizarea materialelor nucleare, instruirea și educația în aspecte de garanții nucleare și protecție fizică, cu implicarea tinerilor din ICN dar și al studenților și profesorilor de la Universitatea din Pitești, modalități de raportare a materialelor nucleare/inventar de deșeurii radioactive la nivel internațional.

– *SCK CEN – Belgia* s-a oficializat în 2009 printr-un Memorandum de Înțelegere, punând bazele dezvoltării unei strânse colaborări între cele două centre în domeniile: securității nucleare, reactorilor și infrastructurii pentru cercetare, reactorilor de Generație IV, managementului deșeurilor radioactive, educației și pregătirii în domeniul nuclear.

– *ANSALDO și ENEA* Italia pentru pregătirea consorțiului necesar realizării demonstratorului pentru reactorul rapid răcit cu plumb ALFRED în România. ICN a inițiat în 2011 demersuri pentru încheierea unor acorduri cu ANSALDO NUCLEARE și ENEA, organizații interesate în egală măsură de acest proiect, care să stea la baza construirii consorțiului. Realizarea acestei mari infrastructuri asociată sistemelor de reactori de Generație IV necesită un efort financiar, material și uman semnificativ ce poate fi asigurat doar printr-un parteneriat puternic între diferite instituții europene cu experiență și potențialul necesar.

– *Comisariatul pentru Energie Atomică Franța (CEA)* în domeniul cercetării, tehnologiei și energiei nucleare. Acordul a fost încheiat între ICN și CEA-DEN în aprilie 2008 și acoperă domeniile: energetică nucleară, deșeurii radioactive, dezafectarea instalațiilor nucleare. Colaborarea

cu CEA a fost reînnoită în anul 2018 prin semnarea oficială a Acordului de parteneriat RATEN – CEA.

– *NEA/OECD (Agenția pentru Energie Nucleară/Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică) Franța*. În anul 2017 România a fost admisă în rândul membrilor cu drepturi depline a NEA/OECD și și-a desemnat reprezentanții în cadrul grupurilor de experți, o parte importantă dintre aceștia provenind din RATEN ICN.

– *DoE USA (Departamentul de Energie al SUA)*. În anul 2019, SUA și România au semnat un Memorandum de înțelegere (MoU) pentru cooperarea în domeniul energiei nucleare civile dintre cele două țări. Vizita de lucru a delegației române având ca tematică reactorii mici modulari și, în particular, proiectul NUSCALE, din care a făcut parte și un reprezentant al RATEN ICN, constituie un punct de plecare pentru obținerea de informații privind reactorul NUSCALE ce vor sta la baza elaborării unei propuneri viitoare de colaborare între RATEN și DoE.

– *Institutul de Radioprotecție și Securitate Nucleară (ISRN) Franța*, acord încheiat în anul 2004 prin acordul PHEBUS și acorduri de utilizare a unor coduri de calcul în domeniul securității nucleare.

– *KAERI – Coreea de Sud*, acord încheiat în 2006 pentru colaborare în domeniile combustibili nucleari și securitate nucleară.

– *Agenția Internațională pentru Energie Atomică (AIEA)*. Activitatea constă în participarea continuă a ICN la: Proiecte de Asistență Tehnică, Contracte de Cercetare Coordonată, Proiecte Regionale, Misiuni de experți, participarea cercetătorilor din ICN la întâlniri consultative de lucru, conferințe și cursuri AIEA, pregătire bursieri străini, organizarea unor cursuri și seminarii ale AIEA.

– *ICN și IAEA* au semnat în 2015 și 2019 două acorduri de tip *Practical Arrangements on Cooperation in the Area of Scientific and Technical Support to Member States in Nuclear Safety*.

– *RATEN ICN a fost desemnat de către IAEA Centrul Internațional bazat pe Reactori de Cercetare*. Cooperarea între cele două instituții s-a dezvoltat, astfel că în data de 17.01.2020, în urma evaluării de către International Atomic Energy Agency, Institutul de Cercetări Nucleare Pitești a fost desemnat „Centru Internațional bazat pe Reactori de Cercetare (International Centre Based on Research Reactor – ICERR)” pentru domeniile „Educație și Pregătire (Education and Training)” și „Proiecte Comune de Cercetare – Dezvoltare (Joint Research and Development



(R&D) Projects)”. Desemnarea institutului ca ICERR, alături de alte 6 institute de marcă din SUA, Franța, Korea, Rusia și Belgia, reprezintă o recunoaștere internațională a capacității cercetării în domeniul energiei nucleare românești reprezentate de RATEN ICN [20].

### 3.3.2. ICN – membru în platforme, rețele și asociații ale Uniunii Europene:

- EERA (European Energy Research Alliance);
- ETSON (European Technical Safety Organizations Network);
- NUGENIA (Nuclear Generation II&III Association);
- SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technical Platform) – contribuții la elaborarea Agendei Strategice de Cercetare;
- IGD-TP (Implementing Geological Disposal of radioactive waste Technology Platform);
- NET – Network on Neutron Techniques Standardisation;
- JRC – Joint Research Center – cooperare în cadrul rețelelor:
  - APSA – introducerea efectelor îmbătrânirii în evaluarea probabilistică de securitate;
  - rețeaua NET – standardizarea tehnicilor neutronice pentru integritatea structurală; armonizarea tehnicilor și a metodologiilor de măsurare a radioactivității în mediu [20].

### 3.3.3. Participarea ICN la Programele Cadru ale Comisiei Europene (CE):

Obiectivul participării ICN a urmărit integrarea cercetării nucleare românești în Spațiul European de Cercetare (ERA) prin contribuții la proiecte din Programele Cadru ale CE și Euratom și activități în cadrul Platformei Tehnologice „Sustainable Nuclear Energy” – SNETP. Astfel, Institutul de Cercetări Nucleare Pitești a contribuit în calitate de partener la realizarea proiectelor prezentate în continuare.

#### Programul Cadru 5:

– PHEBEN<sub>2</sub> – Validarea codurilor de calcul pentru accidente severe pe baza experimentelor programului Phebus în vederea aplicării lor în centrale nucleare, 2000–2004;

#### Programul Cadru 6:

– HOTLAB – Rețea europeană a laboratoarelor de examinare post – iradiere, 2004–2006;

– COWAM<sub>2</sub> – Îmbunătățirea guvernării în domeniul managementului deșeurilor nucleare și a depozitării lor în Europa, 2004–2006;

– *SARNET* – Rețea de excelență pentru studiul accidentelor severe, 2004–2008;

– *NULIFE* – Rețea de Excelență pentru Predicția timpului de viață a centralelor nucleare, 2006–2012;

– *ELSY* – Reactori de Generație IV – Sisteme europene cu plumb, 2006–2010.

Programul Cadru 7:

– *CARBOWASTE* – Tratarea și depozitarea grafitului iradiat și a altor deșeuri carbonice, 2008–2013;

– *SARNET 2* – Accidente severe, 2009–2013;

– *FORGE* – Evoluția gazelor din depozitul geologic, 2009–2013;

– *STYLE* – Integritatea structurală privind managementul duratei de viață – componente non –Reactor Pressure Vessel (RPV), 2010–2014;

– *LEADER* – Centrala de demonstrație avansată europeană racită cu plumb, 2010–2013;

– *ADRIANA* – Maparea și analiza necesităților pentru infrastructura suport ESNII, 2010–2011;

– *IPPA* – Implicarea publicului în demersurile privind participarea la depozitarea deșeurilor radioactive, 2011–2013;

– *MATTER* – Materiale, Încercări și Reguli, 2011–2014;

– *SEARCH* – Corelarea chimiei privind exploatarea în siguranță pentru reactori bazați pe tehnologia metalelor grele în fază lichidă Heavy Liquid Metals (HLM), 2011–2015;

– *NEWLANCER* – Conectarea noilor state membre pentru coeziune avansată în cercetarea Euratom, 2011–2013;

– *MATISSE* – Inovații de Materiale pentru o Energetică Nucleară Sigură și Durabilă în Europa, 2012–2015;

– *CAST* – Termen sursă C-14, 2013–2018;

– *ASAPMSA\_E* – Extinderea metodologiilor PSA privind amplasarea în siguranță, 2013–2016;

– *MARISA* – Acțiuni suport pentru infrastructura de cercetare MYRRHA (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications), 2013–2016;

– *MAXSIMA* – Metodologii, analize și experimente pentru evaluarea securității nucleare MYRRHA, 2012–2018;

– *ARCADIA* – Abordarea sustenabilității privind cercetarea regională pentru integrearea activă în Orizont 2020, 2013–2016;

– *PLATENSO* – Construirea unei platforme pentru o cercetare socială îmbunătățită corelată cu energia nucleară în Europa Centrală și de Est, 2013–2016;

– *EAGLE* – Îmbunătățirea proceselor de educație, formare și comunicare pentru crearea de comportamente informate și luare a deciziilor corelate cu riscurile radiațiilor ionizante, 2016–2020.

*Programul „Orizont 2020”:*

– *CEBAMA* – Materiale pe bază de ciment, proprietăți, dezvoltare, asigurarea protecției, 2015–2019;

– *FASTNET* – Instrumente rapide pentru urgență nucleară, 2015–2019;

– *CHANCE* – Caracterizarea deșeurilor nucleare tratate pentru stocarea sigură în Europa, 2017–2022;

– *GEMMA* – Maturitatea materialelor pentru Generația IV, 2019–2023;

– *MEACTOS* – Diminuarea fisurării asistate de mediu prin optimizarea prelucrării suprafeței, 2017–2021;

– *TRANSAT* – Acțiuni complexe dedicate tritiului, 2017–2022;

– *EURAD* – Program comun european pentru managementul deșeurilor radioactive, 2019–2024;

– *FISRAD* – Organizarea FISA și Euradwaste sub auspiciile Președinției României și a Consiliului Uniunii Europene, 2018–2020;

– *ECC-SMART* – Proiect comun Europa – Canada – China pentru dezvoltarea reactoarelor modulare mici cu apă la parametri supercritici, 2020–2024;

– *ORIENT-NM* – Organizarea comunității europene de cercetare în domeniul materialelor nucleare, 2020–2023;

– *PREDIS* – Managementul deșeurilor radioactive înaintea depozitării, 2020–2024;

– *INNUMAT* – Materiale structurale inovatoare pentru fisiune și fuziune, 2022–2026;

– *ENEN2 plus* – Construirea competenței europene în domeniul nuclear prin acțiuni performante și structurale continue de educație și pregătire, 2022–2026.

### 3.3.4. *Proiectul ALFRED – Advanced Lead Fast Reactor European Demonstrator*

România reprezintă opțiunea de referință pentru găzduirea centralei de demonstrație ALFRED a reactorului rapid răcit cu plumb (LFR), pe

baza avantajelor ce decurg din posibilitatea de accesare a fondurilor structurale, capabilităților tehnice existente, experienței în domeniul nuclear și acceptanța publicului pentru energia nucleară.

În cadrul ICN, activitatea de cercetare legată de dezvoltarea proiectului ALFRED s-a dezvoltat pe următoarele direcții:

- caracterizarea materialelor candidate pentru reactorii cu neutroni rapizi răciți cu plumb (LFR);
- testarea termo – mecanică a materialelor pentru reactorii LFR;
- studii privind efectul iradierii asupra materialelor candidate pentru reactori LFR;
- dezvoltarea de tehnici de măsurare ultrasonică în metale grele lichide;
- studii de fizică și termo-hidraulică, asimilare și dezvoltare de tehnologii și infrastructură pentru reactori avansați;
- analize de fizica reactorilor, programe de calcul specifice, analize neutronice dedicate reactorilor LFR;
- analize termo – hidraulice și studii CFD (Computational Fluid Dynamics) pentru reactori LFR;
- studii de securitate nucleară pentru reactori LFR;
- problematica controlului aferent reactorilor LFR: concept preliminar pentru arhitectura sistemului de control;
- soluții inovative de creștere a siguranței reactorilor nucleari avansați la cutremure fără afectarea părților fizice și tehnologice impuse de performanțele acestora [20].

#### *3.4. Cartea – mijloc eficient de transmitere a cunoașterii către generațiile viitoare*

În programele de cercetare derulate de-a lungul timpului, Institutul de Cercetări Nucleare Pitești a planificat editarea de cărți tehnice pentru stocarea sintetică a cunoștințelor științifice, cantitative și calitative, acumulate în timp. Cărțile se adresează atât studenților și absolvenților facultăților tehnice, cât și personalului specializat în domeniul cercetării materialelor și exploatării instalațiilor care funcționează în condiții de mediu dure. Lucrările sunt eficiente deoarece acoperă în mare parte fenomenologia dintr-o centrală nucleară, cu particularizare pentru centralele tip CANDU, precum și o actualizare a cunoștințelor diseminate pe plan mondial în domeniul abordat. Astfel, prin studierea acestor cărți,

cunoștințele transmise reprezintă o chintesență a informațiilor acumulate pe o perioadă lungă de timp, nefiind necesară parcurgerea a sute de lucrări pentru o informare corectă. În RATEN ICN au fost publicate peste 70 cărți.

O parte din cărțile publicate de autoarea acestui articol sunt prezentate în continuare:

– Dumitra Lucan, Gheorghiuța Jinescu, *Materiale și procese specifice pentru echipamente de transfer termic din reactoare de fisiune de Generație IV*, Editura Eikon, București, 2023, ISBN: 1-978-606-49-0844-5.

– Dumitra Lucan, *Primary Water Chemistry and Corrosion Management in a CANDU NPP*, Chapter 5 in *Advances in Chemistry Research*, Volume 69, James C. Taylor (Editor), Nova Science Publishing, New York, Series: *Advances in Chemistry Research*, 2021, pp.189-217, ISBN: 978-1-68507-014-4.

– Dumitra Lucan, *Advances in Composite Materials Development*, (editor) IntechOpen Publishing, UK, London, 2019, ISBN: 9781789841299;

– Dumitra Lucan, *Factori care contribuie la degradarea materialelor structurale ale Generatorului de Abur*, Editura SITECH, Craiova, 2018, ISBN 978-606-11-6615-2;

– Dumitra Lucan, *CANDU Steam Generator Corrosion Due to the Impurities Concentration and Deposition*, (Chapter) p.197-226, *Steam Generators: Design, Types and Applications (Book)* – Clayson Schellenberg, Nova Science Publishing, New York, Series: *Energy Science, Engineering and Technology*, 2017, ISBN: 978-1-53612-510-8;

– Dumitra Lucan, *Diminuarea coroziunii prin optimizarea chimiei apei în echipamentele de transfer termic* – Editura Universității din Pitești, ISBN 978-606-560-303-5, 2012;

– Dumitra Lucan, *Nuclear Power Plants*, Chapter 9 *Corrosion of the Secondary Side Steam Generator in the Presence of Impurities* pp.197-226, Nova Science Publishers, New York, USA, ISBN 978-1-61470-150-7, 2012;

– Dumitra Lucan, *Degradations of Incoloy 800 Steam Generator Tubing* (Chapter), *Steam Generator Systems: Operational Reliability and Efficiency (Book)*, edited by Valentin Uchanin, InTech – Open Access Publisher – Viena, March 3, 2011, ISBN 978-953-307-303-3;

– Dumitra Lucan, *Procese specifice generatorului de abur*, Editura PARALELA 45, Pitești, 2009, ISBN 978-973-47-0813-0.

*Revista Journal of Nuclear Research and Development (JNRD)*

Începând din anul 2008 Institutul de Cercetări Nucleare organizează Conferința NUCLEAR *Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education* care a ajuns la cea de-a XIV ediție. În anul 2011, la aniversarea a 40 de ani de activitate a Institutului, a avut loc lansarea revistei „Journal of Nuclear Research and Development” a cărei editare continuă și în prezent, frecvența fiind de două numere pe an [4–17].

*3.5. Sprijinirea învățământului pentru asigurarea de specialiști în domeniul nuclear – contribuția ICN la pregătirea profesională a studenților și a tinerilor angajați*

Transferul de cunoștințe între generații constituie una dintre principalele provocări ale domeniului nuclear în viitorul apropiat. Pentru înțelegerea proceselor tehnologice, programele de pregătire includ vizite în principalele obiective, instalații nucleare și laboratoare din institut: Reactorul TRIGA, Laboratorul de Examinare Post Iradiere, Secțiile de Materiale Nucleare și Coroziune, de Testări în afara Reactorului, Stația de Tratare Deșeurii Radioactive, Laboratorul de Încercări și Fiabilitate, Laboratorul de Radioprotecție, Protecția Mediului și Protecție Civilă.

În cadrul strategiei de resurse umane și de transfer tehnologic s-au realizat acțiuni de promovare a activității institutului în licee și universități care au avut drept scop atragerea tinerilor spre meserii specifice domeniului nuclear.

În acest scop RATEN ICN a încheiat acorduri de parteneriat cu instituții de învățământ, Universitatea din Pitești și Universitatea Politehnica București prin care a oferit studenților stagii de pregătire pentru efectuarea lucrărilor de licență, master sau instruire practică. Astfel, numai în anul 2019, un număr de 48 de studenți aflați în anii terminali la UPIT (de la facultățile Materiale și Tehnologii Nucleare și Energetică și Tehnologii Nucleare) au beneficiat de îndrumare din partea specialiștilor de la RATEN ICN pentru realizarea lucrărilor de licență și dizertație.

*3.6. Resursa umană – factor determinant al realizărilor tehnico – științifice*

În spatele instalațiilor, aparatelor și computerelor au stat și stau însă cei care prin activitatea lor zilnică reprezintă motorul permanent și inepuizabil ce a dat și dă viață și energie Institutului, contribuind zi de zi la

dezvoltarea și promovarea ICN Pitești, ca unitate de vârf într-un domeniu imperios necesar progresului societății.

Inima institutului a bătut și bate prin specialiștii dedicați profesiei cu abnegație și devotament, perfecționiști și exigenți în primul rând cu ei înșiși, competenți, de caracter, pasionați și de cele mai multe ori modești în fața realizărilor personale. Sunt oameni simpli, de cele mai multe ori, dar devotați fără rezerve profesiei pe care și-au ales-o, oameni care nu măsoară timpul petrecut pentru rezolvarea provocărilor științifice sau a problemelor ivite în exploatare, oameni deschiși dialogului profesional sau îndrumării colegilor aflați la început de carieră. Acești oameni au îmbogățit și îmbogățesc zestrea institutului prin simpla lor prezență activă și pasionată la locul de muncă, prin spiritul lor viu și dorința permanentă de a ridica ștacheta și a transforma institutul într-un centru științific modern și competitiv, apreciat în țară și peste hotare, implicat în transformările momentului și privind cu speranță spre viitor.

Institutul pulsează de viață și își continuă existența prin spiritul acelor oameni deosebiți care au constituit și constituie repere de valoare umană, pasiune pentru profesie, stabilitate și sensibilitate într-o lume tot mai grăbită.

### **Concluzii**

– Lucrarea prezintă aspecte generale și acțiuni concrete privind dezvoltarea domeniului nuclear în România cu accent pe dezvoltarea activității de cercetare în domeniu.

– Sunt abordate: istoria înființării și dezvoltării Institutului de Cercetări Nucleare Pitești (Mioveni) dedicat asigurării suportului științific și tehnologic pentru programul energetic nuclear național, etapele semnificative în dezvoltarea ICN precum și organizarea ICN în prezent.

– Sunt descrise realizările semnificative ale Institutului de Cercetări Nucleare Pitești constând în: combustibilul nuclear, activitățile de cercetare desfășurate în cadrul celor 18 programe stabilite prin OUG 144/1999, colaborarea internațională, publicarea de cărți și articole științifice constituind mijloace eficiente de transmitere a cunoașterii către generațiile viitoare, activități desfășurate pentru sprijinirea învățământului în vederea asigurării necesarului de specialiști pentru domeniul nuclear constând în pregătirea profesională a studenților și a tinerilor angajați etc.

– Informațiile cuprinse în această lucrare constituie o sinteză a

istoricului dezvoltării domeniului nuclear în România cu accent pe dezvoltarea activității de cercetare – dezvoltare și implicit pe activitatea Institutului de Cercetări Nucleare Pitești a cărei misiune principală constă în menținerea și dezvoltarea suportului științific și tehnologic pentru programul energetic nuclear național.

### **Bibliografie:**

- [1] AIEA, *Raport asupra misiunii speciale în R. S. România pentru consultații în problema înființării Institutului pentru Tehnologie Nucleară*, noiembrie 1970.
- [2] Andrei, V., Bilegan, I. C., Glodeanu, F., Racoveanu, C., 2007, *De la atom la kilowat în România*, Editura Modelism, București, ISSN 978-973-8101-21-0.
- [3] Moșincat, C., Poinar, D., Pietre de hotar, Vol.7, *Programul inițial de dezvoltare a capacităților nucleare românești destinate producerii de energie electrică (1966 – 1978)* (capitol autor Petre Opriș), Editura TIPO MC, Oradea, 2007, ISBN 978-973-87513-6-1, ISSN 1842 – 4511.
- [4] *Proceedings of the 1-st Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2008, Pitești, România, May 28–30, 2008, ISBN 978-973-0-05700-3.
- [5] *Proceedings of the 2-nd Annual International Conference on Sustainable Development Through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2009, 27–29 May, 2009, Pitești, România.
- [6] *Proceedings of the 3-rd Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2010, 26–28 May, 2010, Pitești, România.
- [7] *Proceedings of the 4-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, May 25–27, 2011, Pitești, România, ISSN 2066 – 2955.
- [8] *Proceedings of the 5-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, 16–18 May 2012, Pitești, România.
- [9] *Proceedings of the 6-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2013, 22–24 May, 2013, Pitești, România.
- [10] *Proceedings of the 7-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2014, 28–30 May, 2014, Pitești, România.
- [11] *Proceedings of the 8-th Annual International Conference on Sustainable*



- Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2015, May 27–29, 2015, Pitești, România.
- [12] *Proceedings of the 9-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2016, May 19–21, 2016, Pitești, România.
- [13] *Proceedings of the 10-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2017, May 24–26, 2017, Pitești, România.
- [14] *Proceedings of the 11-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, Nuclear 2018, May 23–25, 2018, Pitești, România.
- [15] *Proceedings of the 12-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, June 03-04, 2019, Pitești, România.
- [16] *Proceedings of the 13-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, May 26–28, 2021, Pitești, România.
- [17] *Proceedings of the 14-th Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education*, May 18–20, 2022, Pitești, România.
- [18] Ursu, I., *Energia atomică*, 1973, Editura Științifică, București.

**Surse internet:**

- [19] [www.nuclearelectrica.ro](http://www.nuclearelectrica.ro)
- [20] [www.nuclear.ro](http://www.nuclear.ro)