

REACTOR TRIGA14MW
RAPORT FINAL DE SECURITATE
REZUMAT

Octombrie 2024

CUPRINS

1. INTRODUCERE.....	3
2. DENUMIREA ORGANIZAȚIEI SOLICITANTE.....	4
3. DENUMIREA INSTALAȚIEI PROPUSE PENTRU AUTORIZARE	4
3.1. Descriere generală și etapele de realizare a reactorului	4
3.2. Modificări ale reactorului	6
4. AMPLASAMENTUL.....	7
5. TIPUL DE AUTORIZAȚIE SOLICITAT.....	9
6. DENUMIREA ORGANIZAȚIEI PROPUSE SĂ COORDONEZE ACTIVITĂȚILE DIN FAZA DE AUTORIZARE: RATEN - Sucursala Institutul de Cercetări Nucleare Pitești (ICN Pitești).....	9
7. DESCRIEREA FILOZOFIEI DE SECURITATE CARE STĂ LA BAZA PROIECTULUI.....	9
7.1. Principii de securitate nucleară.....	9
7.2. Protecția în adâncime	10
7.3. Prevederi privind proiectarea barierelor de securitate	11
7.4. Prevederi pentru construcție	12
7.5. Operarea reactorului	12
7.6. Criterii de acceptare.....	13
7.7. Bazele de proiectare	13
7.7.1. Temperatura combustibilului.....	13
7.7.2. Coeficientul prompt negativ de temperatură	14
7.7.4. Puterea reactorului.....	14
7.7.5. Principalele sisteme, structuri și componente (SSC) cu funcții de securitate nucleară.....	14
7.7.5.1. Cerințe de proiectare ale SSC. Funcții de securitate.....	18
7.7.5.2. Sisteme speciale pentru prevenirea accidentelor severe	20
7.7.6. Cerințe de întreținere, supraveghere, inspecție și testare.....	20
8. DESCRIEREA CARACTERISTICILOR AMPLASAMENTULUI.....	21
8.1. Geologia	22
8.2. Hidrologia.....	22
8.2.1. Regimul precipitațiilor.....	22
8.2.2. Regimul eolian	23
8.2.3. Activități industriale și de transport rutier în zona amplasamentului	23
8.3. Seismologia amplasamentului	23
8.4. Programul de Monitorizare de Rutină a Radioactivității Mediului (P.M.R.M)	25
9. PRINCIPALELE ANALIZE ȘI EVALUĂRI DE SECURITATE NUCLEARĂ EFECTUATE.....	29
10. PRINCIPALELE MĂSURI ȘI SISTEME ORGANIZATORICE IMPLEMENTATE PENTRU PROTECȚIA ÎMPOTRIVA RADIAȚIILOR IONIZANTE.....	32
11. MANAGEMENTUL EFLUENȚILOR ȘI DEȘEURILOR RADIOACTIVE	33
11.1. Efluenții lichizi	34
11.2. Efluenți gazoși.....	35
11.3. Controlul deșeurilor solide	35
11.4. Programul de management al combustibilului nuclear uzat	36
11.5. Strategia de dezafectare	37
12. SISTEMUL DE MANAGEMENT.....	39
13. ASIGURAREA RESURSELOR FINANCIARE ȘI UMANE NECESARE PENTRU DESFĂȘURAREA ACTIVITĂȚII.....	40
14. PREGĂTIREA PERSONALULUI	41
15. PRINCIPALELE MĂSURI DE PLANIFICARE ȘI RĂSPUNS LA URGENȚE	41
16. PROTECȚIA FIZICĂ ȘI SISTEMUL DE GARANȚII NUCLEARE	43
16.1. Sistemul de protecție fizică.....	43
16.2. Sistemul de garanții nucleare.....	44
16.3. Protecția împotriva amenințărilor cibernetice.....	45
16.3.1 Sistemul de protecție al reactorului TRIGA SSR	45
16.3.2 Sistemul de control - comandă al reactorului TRIGA SSR (consola de operare).....	45
16.3.3 Sistemele de control - comandă ale circuitelor / sistemelor aferente reactorului TRIGA	46
16.3.4 Sistemul de detecție a evenimentelor seismice, alarmare operator de reactor și declanșare reactor TRIGA - SSR	46
16.3.5 Serverele de achiziție date de la sistemele de control-comanda ale circuitelor/sistemelor aferente reactorului TRIGA SSR si de transmitere date in INTRANET si la CNCAN.....	46
17. CONCLUZIILE ANALIZEI CONFORMITĂȚII CU LEGISLAȚIA ȘI NORMATIVELE ÎN VIGOARE	47

1. INTRODUCERE

Prezentul document reprezintă rezumatul Raportului Final de Securitate al reactorului de cercetare TRIGA 14MW de la Regia Autonomă Tehnologii pentru Energia Nucleară - Institutul de Cercetări Nucleare (RATEN-ICN) Pitești.

În anul 1974 firma *General Atomics* a elaborat Raportul Preliminar de Securitate pentru reactorul TRIGA14MW. După aceasta au fost elaborate mai multe revizii ale raportului ținând cont de etapele prin care s-a trecut de-a lungul timpului. Aceasta ediție a Raportului Final de Securitate ține cont de modificările suferite de reactorul TRIGA (conversia zonei active de la combustibil HEU la combustibil LEU, modernizarea sistemelor de control comanda ale reactorului și ale sistemelor aferente etc).

Analizele de securitate prezentate în prezentul Raport Final de Securitate demonstrează îndeplinirea efectivă a cerințelor aplicabile din documentul care stabilește nivelurile de referință de securitate nucleară pentru reactoarele de cercetare, emis de Asociația Autorităților de Reglementare în Domeniul Nuclear din Europa de West/Western European Nuclear Regulatory Association.

Raportul Final de Securitate a fost întocmit în conformitate cu prevederile Ghidului privind formatul cadru și conținutul raportului final de securitate nucleară pentru reactoarele de cercetare (GSN05).

Rezumatul Raportului Final de Securitate a fost întocmit ținând cont de prevederile și recomandările prevăzute în Ordinul Președintelui Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare pentru aprobarea Normelor privind transparența decizională în procesul de autorizare a instalațiilor nucleare publicat în Monitorul Oficial al României, partea I din 08 Mai 2019.

2. DENUMIREA ORGANIZAȚIEI SOLICITANTE

Regia Autonomă Tehnologii pentru Energia Nucleară - Institutul de Cercetări Nucleare (RATEN-ICN) Pitești.

3. DENUMIREA INSTALAȚIEI PROPUSE PENTRU AUTORIZARE

Reactor nuclear de cercetare TRIGA cu zona staționară de 14MW, zona pulsată de 20.000MW

3.1. Descriere generală și etapele de realizare a reactorului

Independența energetică a constituit unul dintre obiectivele majore ale economiei naționale. Pentru îndeplinirea acestui obiectiv a fost necesară dezvoltarea capacității tehnologice aferente fiecărui domeniu inclusiv domeniul tehnologiilor nucleare.

Înființarea Institutului pentru Tehnologii Nucleare în anul 1971 marchează începutul activităților de cercetare aplicativă și inginerie orientată către dezvoltarea cunoașterii tehnologiilor și proceselor necesare proiectelor viitoare.

Infrastructura de cercetare este constituită în prezent din laboratoare, standuri de încercare, reactorul de cercetare de 14 MW tip TRIGA, reactorul de cercetare pulsant de 20.000 MW de tip TRIGA, laboratorul de examinare post iradiere, stația de tratare a deșeurilor radioactive.

Reactorul este inclus în Infrastructura Critică Națională conform cu OUG nr. 98 din 03.11.2010 aprobată prin Legea nr.18 din 11.03.2011 modificată și completată prin Legea nr. 344/2015.

Contractul pentru procurarea unui reactor de cercetare proiectat de firma General Atomics Company (GA) a fost semnat la 31 Ianuarie 1972 de către GA și Întreprinderea de comerț exterior ROMENERGO.

În general firma GA se angajează să efectueze servicii și să furnizeze materiale și componente conform specificațiilor pentru un reactor de cercetare de tip TRIGA cu două zone active constând din:

- I. Un reactor de cercetare cu regim permanent de 14MW de tip TRIGA denumit ulterior SSR (*Steady State Reactor*);
- II. Un reactor de cercetare cu zona activă inelară cu funcționarea în impulsuri denumit ulterior ACPR (*Annular Core Pulse Reactor*).

Furnitura GA împreună cu echipamentele, sistemele și clădirile proiectate și construite de cumpărător conform specificațiilor vânzătorului vor constitui un reactor de cercetare de tip TRIGA cu miez dublu.

Progresiv pe durata de construcție a reactorului proiectele elaborate de unitatea de proiectare a cumpărătorului și specificațiile echipamentelor au fost supuse reviziei și aprobării reprezentanților firmei GA.

Punerea în funcțiune și demonstrarea performanțelor reactorului au fost efectuate sub conducerea GA de către echipe mixte în perioada Iunie 1979 - Februarie 1980.

Caracteristicile principale ale reactorului, cu zona activă în regim permanent SSR, au fost determinate în funcție de cerințele de utilizare stabilite în contractul de import (1973), aceste cerințe au fost considerate obiective de proiectare (parametrii de proiectare) astfel:

- Fluxul maxim determinat pentru neutronii termici/rapizi în canalul central din zona activă;

- Temperatura maxima in centrul elementelor combustibile;
- Puterea reactorului;
- Durata de viață a zonei active (gradul de ardere);
- Numărul de ansambluri combustibile la prima încărcare in configurația de referință;
- Numărul barelor de control;
- Reflectorul zonei active;
- Înălțimea zonei active - lungimea coloanei de combustibil cuprinsă într-un element combustibil;
- Canalele experimentale la periferia zonei active.

Zona activă SSR a fost proiectată, construită, pusă în funcțiune și operată confirmând realizarea obiectivelor de proiectare prezentate mai sus și sintetizate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristicile principale ale reactorului TRIGA14 MW SSR

Fluxul neutronilor termici în centrul zonei active (canal cu apă)	$2.9 \cdot 10^{14} \text{n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Fluxul neutronilor rapizi în centrul zonei active (canal uscat)	$2.6 \cdot 10^{14} \text{n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Puterea reactorului	14 MW
Temperatura maximă în combustibil	750 ⁰ C
Durata de viață a zonei active (gradul de ardere)	7000 MW zile
Numărul de ansambluri combustibile (casetă cu 25 elemente combustibile)	29 (725 elemente combustibile)
Numărul barelor de control	8
Reflectorul zonei active	Blocuri din beriliu (42 blocuri)
Înălțimea zonei active	560 mm (22inch)
Canale experimentale în zona activă	3
Canale experimentale la periferia zonei active	3

Reactorul este montat într-o piscină deschisă din beton armat căptușită cu un „liner” (căptușeală) din aluminiu având volumul de 330 m³ și o adâncime de 10m. Agentul de răcire este apa.

- Puterea termică nominală autorizată:14MW;
- Tipul combustibilului și îmbogățirea:
 - Combustibil tip bară, aliaj metalic Uraniu, Hidrura de Zirconiu, Erbiu, îmbogățire 19.7% ²³⁵U.
- Reactor tip piscină;
- Răcire în convecție naturală până la 500kW, în convecție forțată 7/14 MW;
- Agentul de răcire (fluidul) apă demineralizată, moderator hidrura de zirconiu și apă, reflector blocuri din beriliu;
- Regimul de putere staționar / rampă controlată;
- Conceptul bazat pe coeficientul prompt negativ al reactivității dependent de temperatura combustibilului;

3.2. Modificări ale reactorului

Reactorul TRIGA14MW a fost proiectat să fie operat cu combustibil cu uraniu puternic îmbogățit (93% ^{235}U). În anul 1992 a început procesul de conversie a zonei active de la utilizarea uraniului puternic îmbogățit, HEU (High Enriched Uranium) la uraniu slab îmbogățit-LEU (Low Enriched Uranium) proces care a fost finalizat cu succes în Martie 2007.

- Conversia zonei active a reactorului - trecerea de la utilizarea uraniului puternic îmbogățit HEU 93.3% ^{235}U la utilizarea uraniului ușor îmbogățit LEU 19.7% ^{235}U din considerente de neproliferare care privesc interzicerea utilizării uraniului puternic îmbogățit în aplicațiile civile. Programul de conversie a fost susținut de către Departamentul pentru Energie din Statele Unite ale Americii și de către Agenția Internațională pentru Energie Atomică-Viena începând cu anul 1999. Partea inițială a programului de conversie a reactorului a început în anul 1992 în colaborare cu Argonne National Laboratory (ANL) care a efectuat calculele neutronice și termohidraulice pentru o zonă mixtă HEU-LEU și a acordat asistența tehnică pentru încercarea primelor 4 ansamble combustibile în reactor. Conversia a continuat prin livrarea a 14 casete de către firma General Atomics în anul 1996 și livrarea a 16 casete în perioada 2003-2006 de către firma CERCA din Franța.
- De asemenea reactorul a fost supus unui amplu proces de modernizare a sistemelor de securitate în scopul asigurării îndeplinirii cerințelor de securitate nucleară și a unor cerințe specifice operării reactorului ținând cont de ultimele recomandări ale Agenției Internaționale pentru Energie Atomică-AIEA. În această perioadă au fost înlocuite barele de control inițiale cu unele noi, proiectate și fabricate în institut. Au fost modernizate sistemele de control comanda ale circuitelor de răcire, sistemul de ventilație, sistemul de colectare deșeurilor radioactive, sistemul de purificare, sistemul de dozimetrie.
- Turnurile de răcire din circuitul secundar al reactorului au fost complet reechipate cu schimbători de căldură de suprafață și cu ventilatoare noi asigurând o capacitate de schimb de căldură de circa 22MW față de 19 cât erau inițial.
- Un nou agregat (generator electric) Diesel a fost instalat în anul 2012 în locul celui instalat în anul 1983. Grupul actual Diesel este conectat cu sistemul electric din LEPI și cu sistemul electric din reactor asigurând încărcarea bateriilor de acumulatori în cazul unor întreruperi totale de energie electrică mai mari de 8 ore cât și alimentarea ventilatoarelor din sistemul de ventilație de avarie din reactor în cazul unor evenimente externe care au condus la oprirea alimentării cu energie electrică a amplasamentului.
- Compresoarele de aer instrumental cu piston de 7 și 11 atmosfere au fost înlocuite cu compresoare centrifugale cu șurub moderne și fiabile.
- În stația de 6kV au fost înlocuite întreruptoarele de înaltă tensiune care alimentează transformatorii reactorului și pompele din circuitul primar.
- În stația TP 5 - 0.4kV au fost înlocuite bateriile de condensatoare, pentru îmbunătățirea factorului de putere, cu altele noi în anul 2013. Noile baterii sunt prevăzute cu modul de control care permite conectarea treptelor de compensare atât în regim manual cât și în regim automat.
- Datorită uzurii înaintate, pompa de avarie a reactorului a fost înlocuită cu o pompă nouă cu caracteristici tehnice similare;
- Au fost înlocuiți redresorii de curent continuu R1 230 V cc, R3 230 V cc, R3 24 V cc;
- S-au înlocuit întreruptoarele IT5, IT5.1, IT5.2 din stația TP5 cu unele noi;

- Au fost re tehnologizate tablourile de control – comanda ale podului rulant din hala reactoarelor TRIGA;
- S-a înlocuit întreruptorul celulei 15 (pompa P1) stația 6kV Reactor cu unul nou;
- Au fost modernizate circuitele de comanda si protecție ale celulelor de alimentare a pompelor din circuitul secundar;
- Au fost modernizate circuitele de comanda și protecție ale celulelor de alimentare a pompelor din circuitul primar;
- Modificările și modernizările menționate mai sus au condus la menținerea standardelor ridicate în instalațiile reactorului la creșterea fiabilității si a securității nucleare în ansamblu si a siguranței în operare.

În urma acestor lucrări de modernizare se estimează ca perioada de exploatare a reactorului TRIGA 14 MW se extinde până în anul 2035.

4. AMPLASAMENTUL

Amplasamentul Institutului de Cercetări Nucleare – Pitești a fost determinat în urma analizelor specifice funcționale pentru asigurarea cerințelor convenționale si a cerințelor specifice radiologice pentru instalații nucleare.

Mai multe studii de soluții comparative cu alte centre nucleare din Europa au condus la alegerea prezentului amplasament.

Amplasamentul ICN se afla în zona subcarpatică în județul Argeș, la circa 32km nord est de orașul Pitești, si 1.7km de orașul Mioveni.

Amplasamentul se învecinează la vest cu Uzina de Autoturisme DACIA-RENAULT – 2.5km, la nord vest cu satul Contești – 5.5km, la nord cu satul Valea Stâniei – 5.5km, la est cu satul Negrești – 7km iar la sud cu satul Ploscaru – 5km (Figura 1).

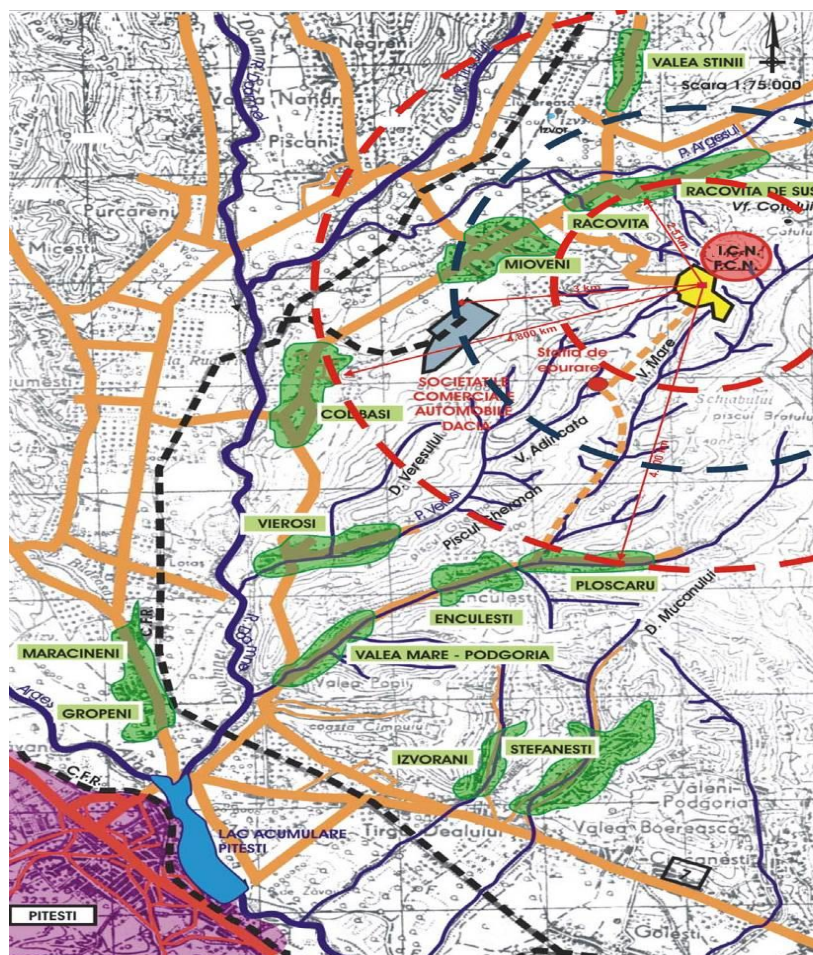


Figura 1. Încadrarea în teritoriu a platformei ICN Pitești

Amplasamentul este situat pe un platou împădurit care se continuă spre comunele învecinate cu livezi de arbori fructiferi către Orașul Mioveni. Cota generală a platoului este $420 \div 450\text{m}$ deasupra nivelului Mării Negre și cu circa 150 m deasupra albiei râului Doamnei.

Platoul este stabil din punct de vedere geologic nefiind afectat de alunecări de teren sau eroziuni intense, zona împădurită previne aceste fenomene.

Amplasamentul este încadrat în zona în care valorile accelerației terenului pentru proiectare, $a_g=0.25g$ și perioada de colț a spectrului de răspuns, $T_c=0.7\text{s}$. Valorile a_g corespund unui interval mediu de recurență $IMR=225$ ani (probabilitate de depășire de 20% în 50 de ani) conform P100. Terenul pe care se află amplasamentul este în fondul forestier și agricol fiind acoperit cu păduri și parțial cu pășuni.

Clădirile aflate pe amplasament au fost grupate prin proiect în trei zone urmând configurația naturală a terenului astfel:

- **Zona A** cuprinde obiectivele de uz general administrativ și utilități;
- **Zona B** cuprinde laboratoare, ateliere și standuri experimentale care pot utiliza cantități mici de materiale radioactive;

- **Zona C** cuprinde obiectivele tehnologice care utilizează materiale radioactive în cantități mari, reactorul TRIGA, Laboratorul de Examinare Post Iradiere (LEPI), Stația de Tratare Deșeuri Radioactive (STDR), Fabrica pentru Combustibil Nuclear (FCN).

Pentru funcționarea și deservirea obiectivelor de pe amplasament sunt prevăzute rețele de utilități pentru apa potabilă, apa industrială pentru răcire, apa pentru incendii, canalizări pentru apele menajere, canalizări pentru ape pluviale, canalizări pentru apele industriale provenite din zona C.

- Amplasamentul este prevăzut cu un racord în linie dubla la rețeaua națională de distribuție a energiei electrice la 110 kV, și un sistem interior de distribuție, stații și transformatoare de 6 kV aferente obiectivelor, inclusiv o centrala Diesel electrică de urgență pentru Reactor și LEPI. De asemenea, amplasamentul este racordat la rețeaua națională de distribuție a energiei electrice printr-o linie aeriană de rezerva de 20 kV.
- Amplasamentul institutului este împrejmuit cu un gard din elemente de beton prefabricate și cu puncte de paza / supraveghere, delimitând zona interioară supravegheată. Amplasamentul reactorului și Laboratorul de Examinări Post Iradiere este împrejmuit la rândul lui cu un gard metalic delimitând o zonă internă controlată pentru protecția fizică a instalațiilor nucleare.

5. TIPUL DE AUTORIZAȚIE SOLICITAT

Reînnoire Autorizație pentru desfășurarea de activități în domeniul nuclear – Autorizație de exploatare reactor de cercetare TRIGA, zonă staționară de 14 MW și zonă pulsată de 20.000 MW.

6. DENUMIREA ORGANIZAȚIEI PROPUSE SĂ COORDONEZE ACTIVITĂȚILE DIN FAZA DE AUTORIZARE: RATEN - Sucursala Institutul de Cercetări Nucleare Pitești (ICN Pitești)

7. DESCRIEREA FILOZOFIEI DE SECURITATE CARE STĂ LA BAZA PROIECTULUI

7.1. Principii de securitate nucleară

Principiile de securitate nucleară stabilite prin reglementările internaționale preluate în Normele CNCAN sunt aplicate pentru a demonstra și asigura securitatea nucleară a reactorului TRIGA-14MW începând cu proiectarea, construcția, operarea și dezafectarea instalației nucleare.

Obiectivele de securitate și cerințele generale de proiectare urmărite în proiectarea reactorului, au considerat toate stările posibile privind funcționarea normală, evenimentele operaționale anticipate și accidentele specifice bază de proiect, considerând prevenirea accidentelor.

S-au identificat trei obiective de securitate dintre care primul este un obiectiv cu caracter general.

Acest obiectiv general de securitate nucleară este susținut de două obiective de securitate complementare care privesc protecția împotriva radiațiilor și aspectele tehnice.

Ele sunt interdependente: aspectele tehnice împreună cu măsurile administrative și procedurale asigură protecția în adâncime împotriva pericolelor reprezentate de radiațiile ionizante. Aceste obiective sunt:

- a) **Obiectivul de securitate nucleară general:** Protejarea personalului, a populației, a societății și a mediului împotriva pericolelor prin stabilirea și menținerea în instalația nucleară a unei apărări efective împotriva pericolului radiologic;
- b) **Obiectivul de protecție radiologică:** Asigurarea faptului ca în toate stările de operare, expunerea la radiații în interiorul instalației sau datorată eliberării planificate de materiale radioactive din instalație sunt menținute sub limitele prescrise și la un nivel cât mai scăzut posibil rezonabil, și de a asigura măsurile necesare pentru limitarea consecințelor radiologice ale oricărui accident;
- c) **Obiectivul tehnic de securitate:** De a lua toate măsurile practice posibile pentru a preveni accidentele în instalația nucleară și de a limita consecințele acestora în cazul în care survin, pentru a asigura cu un nivel ridicat de încredere că, pentru toate accidentele posibile luate în considerare în proiectarea instalației, inclusiv acelea foarte puțin probabile, orice consecințe radiologice vor fi minore și sub limitele prescrise, și de a asigura ca probabilitatea apariției unui accident cu consecințe radiologice serioase este extrem de scăzută.

Reactorul a fost proiectat în așa fel încât obiectivele de securitate enunțate să fie îndeplinite în totalitate. În faza de proiectare s-a ținut cont nu numai de reactorul în sine, ci și de instalațiile auxiliare care pot afecta securitatea nucleară și de caracteristicile amplasamentului. Măsurile au fost prevăzute astfel încât consecințele radiologice ale oricărui accident care ar avea loc să fie diminuate.

Astfel au fost luate măsuri de siguranță ingineresti, s-au stabilit proceduri și planuri de intervenție în caz de accident de către organizația de operare pe amplasament și de asemenea planuri de intervenție ale autorităților abilitate pentru intervenții în caz de urgență radiologică în afara amplasamentului.

Cerințele de securitate de care s-a ținut cont la proiectarea reactorului acoperă trei domenii:

- a) Protecția în adâncime;
- b) Aspecte de management;
- c) Aspecte tehnice.

Pe baza acestor cerințe au fost implementate principiul protecției în adâncime, s-a stabilit o infrastructura legislativă și de reglementare, au fost adoptate măsuri pentru managementul și verificarea securității reactorului și nu în ultimul rând, au fost aplicate principiile tehnice (aspecte tehnice de securitate) atât pentru proiectarea cât și pentru toată durata de viață a reactorului.

7.2. Protecția în adâncime

La proiectarea reactorului s-au prevăzut multiple bariere de securitate succesive care previn eliberarea de produse radioactive în mediu.

Prima bariera în eliberarea de produși radioactivi o constituie combustibilul însuși (aliaj metalic din UZrHEr).

Cea de a doua bariera o constituie teaca elementelor combustibile (Incoloy 800HH). Analiza de securitate a acestor două bariere a fost făcută de către furnizorul reactorului.

A treia bariera de securitate o reprezintă circuitul primar de răcire al reactorului care preia o mare parte din inventarul de produși radioactivi pe care îl trece prin sistemul de filtrare al circuitului de purificare.

Pentru situații de urgență majora reactorul TRIGA este prevăzut cu o pompa de avarie alimentată din sistemul electric clasa 1 care în caz de avarie totală a sistemului de alimentare cu energie electrică asigură răcirea suficientă a zonei active a reactorului.

Pentru evitarea rămânerii zonei active fără apă de răcire în cazul unui accident de pierdere de agent de răcire circuitul primar este prevăzut redundant cu două vane pneumatice alimentate pe două canale diferite care asigură izolarea piscinei și evitând scăderea nivelului în piscină în cazul ruperii conductelor din primar. De asemenea circuitul primar este prevăzut cu un sistem anti sifon cu 4 vane cu flotor normal închise care previn de asemenea golirea piscinei prin ruperea sifonului în cazul ruperii conductelor circuitului primar. Pentru evitarea golirii piscinei și rămânerii zonei active fără agent de răcire în cazul ruperii unui tub orizontal de neutroni, camera țintelor este proiectată în așa fel încât asigură pe baza principiului vaselor comunicante a unui nivel de 1.7 m de apă peste zona activă a reactorului.

A patra barieră, hala reactorului, prin modul în care a fost proiectată și realizată reprezintă o barieră în calea eliberării de produși radioactivi în caz de accident. Clădirea reactorului în ansamblu cât și sistemele tehnologice aferente reactorului sunt prevăzute cu un sistem propriu de colectare, stocare și evacuare a deșeurilor lichide radioactive rezultate din operarea în condiții normale dar, și în caz de accident. Datorită acestui sistem de colectare și stocare nu este posibilă o deversare necontrolată a deșeurilor lichide radioactive în mediu, deșeurile rezultate după stocare în rezervoare speciale la cota -12m cu o capacitate totală de 100m³ sunt transferate controlat conform procedurilor aprobate la Stația de Tratare Deșeuri Radioactive care are o capacitate de stocare de peste 300 m³. Pe platforma ICN există un centru de control al urgenței care este echipat corespunzător pentru a putea aplica planul de urgență menționat. Sistemul de ventilație al clădirii reactorului este prevăzut să funcționeze în regim de avarie în caz de accident și are posibilitatea evacuării controlate la coș a aerului contaminat din hala reactorului sau din incintele tehnologice (Bucla A).

7.3. Prevederi privind proiectarea barierelor de securitate

Proiectul reactorului TRIGA asigură ca personalul de operare și celelalte categorii de personal din clădirea reactorului cât și persoanele din public nu vor fi expuse la doze de radiații care să depășească limitele legale și în același timp aceste doze vor fi menținute la nivele atât de scăzute care sunt rezonabil îndeplinite în toate stările operaționale ale reactorului pe toată durata de viață a instalației, cerință respectată și pentru condițiile de accident probabil (accidentul bază de proiect – DBA – Design Basis Accident).

Proiectul aplică principiul de protecție în adâncime prin prevederea unor bariere succesive care au scopul de a preveni consecințele accidentelor care ar putea avea efecte asupra personalului și a mediului cât și măsuri de limitare a consecințelor în cazul în care accidentul s-ar produce.

Proiectul prevede măsuri de supraveghere și verificare a funcționării și a performanțelor barierelor fizice pentru a preveni eliberarea materialelor radioactive în exteriorul instalației.

Proiectul asigură controlul comportării reactorului în toate stările de operare prin intermediul proceselor fizice inerente cât și prin sistemele ingineresti de securitate. Proiectul sistemului de control și protecție previne deviațiile de la starea de operare normală fără intervenția

operatorului și furnizează informațiile necesare pentru cunoașterea și înțelegerea cauzelor opririi reactorului. Proiectul încorporează sisteme inginerești (tehnologice) de securitate active și pasive pentru prevenirea și limitarea accidentelor.

Proiectul prevede independența structurilor și sistemelor de apărare în adâncime încât defectarea unei bariere să nu conducă la defectarea următoarei bariere.

Proiectul conține prevederi și măsuri de securitate nucleară și protecție fizică pentru gestiunea și controlul materialelor nucleare și sau radioactive integrate astfel încât să evite compromiterea uneia de către cealaltă.

Aplicarea abordării *gradate* a cerințelor de securitate este considerată în cadrul prevederilor normelor de securitate CNCAN cât și a standardelor și ghidurilor AIEA. Aplicarea gradată a cerințelor este justificată și susținută de analize de securitate nucleară sau judecată inginerească.

7.4. Prevederi pentru construcție

Structurile, sistemele și componentele importante pentru securitatea reactorului au fost proiectate, construite, livrate și instalate de către firma General Atomics în baza prevederilor contractului de import. În perioada 1975-1980 firma General Atomics avea o experiență dovedită în construirea a peste 55 de reactoare nucleare de tip TRIGA pe plan internațional.

Elementele importante pentru securitatea reactorului și pentru disponibilitatea și fiabilitatea instalațiilor au fost proiectate după ghiduri General Atomic Technical Requirements (GATR), proiectele au fost avizate de către contractantul principal. Procurarea componentelor și materialelor din țară și din import a fost efectuată de asemenea după specificațiile firmei General Atomics și după specificațiile proiectelor întocmite de către proiectantul general CITON.

Construcția a fost realizată de către companii din România cu experiență în domeniul construcțiilor industriale în special pentru industria chimică și pentru centrale termoelectrice cu puteri de 500-1000 MW. Angajarea firmelor de construcții industriale cu experiență în industria chimică și energetică este un exemplu de bună practică pentru respectarea cerințelor de fabricație și execuție pentru echipamentele și sistemele reactorului, fiind acoperite de calificarea și experiența firmelor asistate de personalul organizației de operare.

Conformitatea instalațiilor, sistemelor și echipamentelor cu documentația de proiectare și de execuție a fost asigurată de către reprezentanții organizației de operare.

Încercările, probele și programul de punere în funcțiune au fost realizate de organizația de operare.

7.5. Operarea reactorului

Operarea reactorului constă din operarea propriu-zisă a instalației nucleare, inclusiv activitatea de mentenanță, întreținere și reparare, testarea periodică și verificarea elementelor de securitate nucleară, a componentelor și sistemelor, în acord cu prevederile procedurilor dedicate / specifice, și cu programele de operare, de mentenanță, de verificare și inspecție periodică.

Operarea este un proces al sistemului de management integrat securitate - calitate bazat pe un set amplu de proceduri aferente activităților de operare și realizată cu personal autorizat de către CNCAN și, alte categorii de autorizații de radioprotecție, electric, instalații de ridicare și instalații sub presiune ISCIR, metrologie etc.

7.6. Criterii de acceptare

Criteriile de acceptare constau din criteriile de acceptare de bază și criteriile de acceptare specifice.

Criteriile de acceptare de bază se referă la limitele și condițiile de securitate nucleară rezultate din analizele de securitate, limite aprobate pentru funcționarea reactorului de către autoritatea de reglementare CNCAN.

Scopul acestor limite este de a asigura nivelul prevăzut de normative al apărării în adâncime.

Criteriile de acceptare specifice sunt utilizate pentru a include limite suplimentare ce depășesc criteriile de acceptare de bază, care consideră incertitudinile și, asigură nivele suplimentare pentru protecția în adâncime.

Exemple de criterii de acceptare specifice pot fi:

- Temperatura maximă a combustibilului în anumite condiții tranziente;
- Fluxul maxim de căldură care nu depășește fluxul termic specific unui anume tip de combustibil;
- Condiții privind limitele de debit de apă de răcire la care temperatura tecii depășește limitele aprobate.

Limitele de mai sus sunt stabilite prin calcul pentru stabilirea unor limite sigure de operare în domeniul cărora, cu toate incertitudinile, nu poate să se producă, de exemplu, defectarea tecii combustibilului.

7.7. Bazele de proiectare

În abordarea proiectării reactorului TRIGA14 MW, cu zonă staționară, s-a plecat de la existența câtorva obiective stabilite pentru utilizarea reactorului.

Reactorul are trei parametri importanți folosiți pentru a defini bazele de proiectare:

1. Temperatura combustibilului;
2. Coeficientul negativ prompt de temperatura;
3. Puterea reactorului.

Dintre acești trei parametri, numai temperatura combustibilului constituie o limitare reală.

7.7.1. Temperatura combustibilului

Valoarea temperaturii combustibilului este o limită importantă pentru funcționarea reactorului. Aceasta limită provine din eliberarea hidrogenului din combustibilul prin disocierea Er-U-ZrH în funcție de temperatură și efortul produs în materialul tecii de creșterea presiunii hidrogenului în spațiul liber („gap” și „plenum”). Rezistența tecii în funcție de temperatură stabilește limita superioară a temperaturii combustibilului.

A fost aleasa o limită de securitate nucleară a temperaturii la valoarea de 1150 °C pentru Er-U-ZrH_{1,65} pentru a exclude avariarea tecii elementului combustibil, când temperatura acesteia este sub 300°C.

Când temperatura tecii este egală cu temperatura combustibilului, limita temperaturii combustibilului este de numai 940°C.

Este stabilită o temperatură de proiectare pentru funcționarea combustibilului de 750°C.

Această temperatură a fost aleasă pe baza umflării și deformării combustibilului ca urmare a iradierii și a degajării produselor de fisiune.

Temperatura maximă de 750°C a fost folosită ca valoare de proiectare, deoarece ea este o temperatură medie a combustibilului la care rezultă creșteri nesemnificative ale combustibilului ca efecte ale iradierii și temperaturii.

7.7.2. Coeficientul prompt negativ de temperatură

Parametrul de bază care permite reactorului să funcționeze cu un grad ridicat de siguranță în exploatare este coeficientul rapid negativ de temperatură care constituie “caracteristică de proiectare a combustibilului și zonei active”.

Coeficientul de temperatura (∞) intervine automat și permite o mare libertate de funcționare, el fiind un efect al schimbărilor accidentale de reactivitate, temperatură și putere, schimbări care au loc datorită amplasării experimentelor în zona activă.

7.7.4. Puterea reactorului

Temperatura combustibilului și tecii limitează operarea reactorului. Totuși, se stabilește o limitare a puterii în exploatare care este dictată de temperatura combustibilului.

Analizele termice și hidrodinamice (termohidraulice) arată ca la un nivel de putere de **14 MW**, cu un debit de apă de răcire de 8000 g.p.m.=504.27l/s, (g.p.m.=gallon per minute; 1g.p.m.=3.78 l/min) se întrunesc criteriile de temperatură de proiectare ale combustibilului. Și aceasta pentru o mulțime de configurații ale zonei așteptate și realizate în timpul vieții zonei, ținând cont și de toleranțele de execuție și incertitudinile de proiectare.

Aceste toleranțe și incertitudini se referă la proprietățile și dimensiunile elementelor combustibile, tecii, și a interstițiilor teacă-combustibil.

Au fost analizate cazurile în care debitele de apă de răcire mai mari (10000 g.p.m.=630.902l/s, 11000 g.p.m.=2498.372l/h=694l/sec) constituie mijloace pentru creșterea nivelului de putere.

Astfel 14 MW_t este o putere limită de proiectare, dar nu este o putere limită de funcționare.

Alți parametri determină limitarea puterii de funcționare, și anume: temperatura combustibilului, debitul de apă de răcire, limitările de reactivitate și bara de reglaj blocată, precum și considerente legate de accidente de reactivitate.

7.7.5. Principalele sisteme, structuri și componente (SSC) cu funcții de securitate nucleară

Conceptul funcțiilor de securitate s-a dezvoltat și a evoluat în timp în paralel cu dezvoltarea tehnologiei reactoarelor nucleare.

Pentru îndeplinirea funcțiilor de securitate prin activitatea / procesele de proiectare au fost concepute, sisteme și structuri, părți integrate ale instalației nucleare astfel încât operarea instalației în toate stările definite să satisfacă obiectivele fundamentale de securitate.

Abordarea clasificării **Sistemelor, Structurilor și Componentelor (SSC)** în funcție de modul în care acestea contribuie la îndeplinirea obiectivelor fundamentale de securitate nucleară a constituit o preocupare permanentă materializată prin prevederile Ghidului de securitate Nr. SSG-30.

Aplicarea gradată, SSG-22, a prevederilor acestui Ghid de Securitate împreună cu prevederile NMC-02, NMC-10, în procesul de clasificare a SSC ale reactorului de cercetare TRIGA 14 MW, contribuie la actualizarea și definirea clasificării SSC, necesar pentru a proteja populația și mediul de efectele dăunătoare ale radiațiilor ionizante, bazat pe rolul funcțiilor lor de a preveni accidentele și a limita consecințele în cazul în care acestea s-ar putea produce.

Clasificarea este rezultatul analizei combinațiilor dintre frecvența de defectare a fiecărui SSC, ca urmare a evenimentelor interne și externe și amploarea consecințelor, considerând efectul accidentelor asupra personalului, populației și mediului.

Fiecare SSC are funcții care trebuie îndeplinite în toate stările instalației nucleare și în cazul tuturor accidentelor specifice proiectului.

Starea de accident este definită ca fiind starea instalației în care SSC, care nu mai sunt capabile să își îndeplinească funcțiile de securitate ca răspuns la producerea evenimentelor externe, evenimentelor interne și factorului uman. În unele situații, scenariile de accident consideră combinații și succesiuni ale evenimentelor la care sistemele răspund prin exercitarea funcțiilor de securitate pentru care au fost proiectate.

Evenimentele externe sunt specifice amplasamentului și sunt definite prin bazele de proiectare.

O analiza inițială consideră toate evenimentele externe din care pe baza unor justificări sunt selecționate numai "**evenimentele specifice amplasamentului**", aplicabile proiectului și ulterior instalației.

Evenimentele interne sunt specifice proiectului, modului de exploatare și modului de îmbătrânire a instalației.

Funcțiile fundamentale de securitate nucleară definite în norme/ghiduri CNCAN și în standardele naționale, cât și în standardele internaționale sunt aceleași pentru toate instalațiile nucleare și acestea trebuie aplicate în toate stările instalației nucleare:

- I. Controlul reactivității;
- II. Răcirea combustibilului nuclear; pentru un reactor nuclear, această funcție se referă atât la răcirea combustibilului din reactor, cât și la răcirea combustibilului uzat din instalațiile de depozitare aferente;
- III. Reținerea materialelor radioactive, inclusiv menținerea barierelor fizice în calea eliberării acestora în mediul înconjurător;
- IV. Monitorizarea stării instalației nucleare și furnizarea serviciilor-suport necesare pentru menținerea funcțiilor prevăzute; serviciile-suport menționate includ furnizarea de energie electrică, agent de răcire, aer instrumental și gaze tehnice, după cum este necesar.

Funcția permanentă de monitorizare a îndeplinirii funcțiilor de securitate și a stărilor reactorului trebuie asigurată prin mijloace de monitorizare.

Termenul “**funcție de securitate**” include **funcția primară**, definită ca funcție de securitate derivată din funcțiile de securitate fundamentale, cât și **funcțiile suport** care se presupune a fi îndeplinite, pentru a asigura îndeplinirea funcțiilor primare și a celor fundamentale în toate stările instalației nucleare inclusiv în stările aferente operării normale și la toate nivelele aferente protecției în adâncime, pe scurt prevenirea, detecția, controlul, prevenirea deteriorării zonei active.

Prevenirea, limitarea, se referă la prevenirea deviațiilor de la operarea normală și la prevenirea defectării componentelor importante pentru securitatea nucleară. Evenimentele interne sunt cele care, în marea lor majoritate, produc defectarea componentelor.

Detecția privește detectarea acelor deviații de la operarea normală care, în continuare pot conduce la stări tranziente anticipate care trebuie controlate pentru a preveni escaladarea către situații de accident (PIE).

Controlul privește controlul efectuat de sistemele pasive și active specifice care contribuie la aducerea instalației în stare sigură. Controlul este automat, iar controlul periodic efectuat conform procedurilor, contribuie la confirmarea eficienței, disponibilității și încrederii că aceste sisteme își vor îndeplini funcția atunci când va fi necesar.

Prevenirea deteriorării zonei active însoțită de potențiale eliberări în afara amplasamentului și aducerea instalației în stare sigură prin sistemele de reținere (confinare).

Limitarea consecințelor radiologice și a eliberărilor radioactive inclusiv funcțiile și sistemele care susțin monitorizarea și comunicațiile pentru planul de urgență, asociate cu condițiile de extindere a bazelor de proiectare; acestea reprezintă un subset al evenimentelor din afara bazelor de proiectare.

Stările reactorului

Stările reactorului sunt definite în cadrul procesului de proiectare al instalației nucleare și sunt utilizate în scopul determinării funcțiilor de securitate aplicabile.

Stările reactorului sunt caracterizate prin frecvența lor în ansamblul duratei de viață a reactorului.

Clasificarea condițională a stărilor reactorului în general privește:

a) Stările operaționale:

- Operarea normală, activitate autorizată în baza “**LCTO**”;
- Operarea ca urmare a apariției evenimentelor anticipate în exploatare, însoțită de deviații de la procesul de operare normală fără a interveni condiții de accident.

b) Stări determinate de condițiile de accident caracterizate prin deviația de la operarea normală care au o frecvență mai mică însă consecințele lor sunt mai mari decât consecințele evenimentelor anticipate în exploatare;

- Starea reactorului ca urmare a producerii accidentelor baza de proiect. Accidentul bază de proiect este un accident pentru care reactorul a fost proiectat în acord cu cerințele de proiectare printr-o metodologie conservativă pentru care defectarea combustibilului și eliberările de materiale radioactive sunt menținute în limite acceptate, reglementate.
- Starea reactorului în condiții de extindere a proiectului.
- Condițiile de extindere a bazelor de proiectare, **CEBP/DEC**, (*Design Extension Conditions*) în alți termeni, condiții severe care nu au fost considerate în definirea accidentului bază de proiect, **DBA**, dar care sunt considerate în procesul de proiectare în

acord cu metodologia de analiză pentru care eliberările de material depășesc limitele autorizate.

- În cazul reactorului de cercetare TRIGA 14MW sistemele și componentele au fost proiectate și construite în anii '70 și unele din ele modernizate pentru a satisface reglementările actuale de securitate nucleara. Reclasificarea lor este utilă pentru a integra cerințele actuale de securitate.

Structurile, Sistemele și Componentele, pentru a fi clasificate sunt divizate în două categorii mari de SSC **active** care, în general, necesită un sistem suport pentru îndeplinirea funcției de securitate, și SSC **pasive**, ale căror funcții intrinseci / inerente sunt predeterminate prin proiectare și construcție, și nu necesită sisteme suport pentru funcționare sau acționare, pe durata întregului ciclu de viață.

Proiectul reactorului TRIGA-14MW consideră cu prioritate sistemele inerent sigure pasive, care își îndeplinesc funcțiile de securitate fără intervenția altor sisteme de securitate independente.

Neîndeplinirea funcțiilor de securitate pentru care au fost proiectate are o probabilitate foarte mică, însă defectarea lor poate conduce la consecințe severe.

Din categoria sistemelor inerent sigure pentru scopul clasificării considerăm următoarele:

- Zona activă a reactorului cu coeficientul reactivității prompt negativ în funcție de temperatura combustibilului;
- Oprirea reactorului prin introducerea barelor de control acționate gravitațional;
- Vanele anti sifon acționate gravitațional pentru menținerea în piscina a unei cantități predeterminate de apă, suficiente pentru răcirea zonei active prin convecție naturală;
- Structura din beton armat a piscinei care asigură protecția contra radiațiilor.

Tabelul 2 prezintă o primă clasificare a sistemelor și componentelor în categoriile active și pasive.

Tabelul 2. Clasificarea SSC active și pasive

Nr.crt.	Clasa	Sisteme și componente	Componente critice	Mecanisme de degradare	Durata de viață (ani)
1.	P	Hala reactorului	Structura de rezistență	M14	100
2.	P	Piscina reactorului, structura de beton	Beton structural	M4.1.1	100
3.	P	Camera de comandă	Sisteme electronice și calculatoare	M7, M8, M10	20
4.	P	Suportul zonei active a reactorului	Element singular	M6.1	50
5.	P	Grila de bază a zonei active	Da	M3.2.1.; M3.3.1	50
6.	A	Ghidurile barelor de control	Da	M4.2.1	50
7.	A	Sistemul de control al reactivității - barele de control, parte cu absorbant	Da	M4.1; M6.1	20
8.	A	Vanele de izolare a piscinei	Da	M4.1	50
9.	A	Vanele anti - sifon	Da	M6.1	50
10.	P	Piscina reactorului, căptușeală din aliaj de aluminiu T6061	Da	M6.1	50

11.	P	Tuburile orizontale pentru fascicule de neutroni	Da	M6.1.2	50
12.	A	Electromagneții barelor de control	Da	M7.1.1	40
13.	A	Sistemul de dozimetrie fixă	Detectori / calculatoare	M7,M8,M10	20

A = sisteme / componente active, SSC active;

P = sisteme / componente pasive, SSC pasive.

M1 ÷ M14 - Mecanisme de degradare conform „Programul pentru Managementul Îmbătrânirii Instalației Nucleare” reactorul de cercetare TRIGA de la ICN - Pitești.

7.7.5.1. Cerințe de proiectare ale SSC. Funcții de securitate

Îndeplinirea funcțiilor de securitate enumerate mai jos constituie una din principalele cerințe de proiectare pentru SSC, considerând în același timp și filozofia protecției în adâncime.

Limitele de proiectare sunt stabilite în corelare directă cu parametrii fizici în care trebuie să funcționeze SSC considerate în fiecare din stările instalației cât și pentru condiții de accident.

I. Controlul reactivității

- Controlul configurației zonei active a reactorului;
- Oprirea reactorului;
- Controlul configurației depozitarii combustibilului proaspăt și a combustibilului iradiat;
- Asigurarea coeficientului de temperatura prompt negativă prin concepția combustibilului și prin construcția zonei active.

II. Răcirea / transferul căldurii din zona activă și din combustibilul depozitat în toate stările reactorului

- **În operare normală**
 - controlul configurației zonei active în scopul asigurării curgerii apei de răcire, debitul, temperatura, geometria elementelor de combustibil și ansamblelor de combustibil, canalelor pentru experimente și a dopurilor (elemente de închidere) pentru canalele libere pentru a preveni curgerea prin bypass.
- **La oprirea reactorului**
 - Transferul căldurii reziduale din zona activă;
 - Răcirea combustibilului iradiat în rastele de stocaj este asigurată prin convecție naturală.
- **În stare de accident - reactor oprit**
 - Transferul căldurii reziduale din zona activă către apa din piscina prin convecție naturală și ulterior, către structura din beton armat, prin conducție și atmosferă, prin convecție naturală și evaporare.
 - Evaporare - cantitatea de căldură transportată prin evaporare naturală la suprafața apei din piscină este compatibilă cu cantitatea de căldură reziduală generată de combustibilul din zona activă.

III.1. Confinarea – „Confinement”

Reținerea într-un volum predeterminat / proiectat / construit a materialelor radioactive în toate formele solidă, lichidă, gaze și aerosoli, al căror inventar a fost predeterminat prin proiectare și analize de securitate nucleară pentru toate stările reactorului, pentru a preveni eliberările neplanificate, DBA și CEBP.

- Matricea combustibilului și teaca elementului combustibil pentru reținerea și limitarea eliberării în caz de accident în termeni de inventar și distribuție în timp, DBA;
- Piscina reactorului prin factori de diluție, reținere și eliberare întârziată în hala reactorului, DBA;
- Circuitul primar al reactorului în măsura în care apa este contaminată cu produse de coroziune activate și cu produse de fisiune în cazul defectelor de teacă, combinat cu defectarea acestuia în cazul CEBP;
- Circuitul de purificare a apei din circuitul primar pentru reținerea produselor de coroziune activate și a unor specii din producții de fisiune.

III.2. Ecranarea împotriva radiațiilor emise de materialele conținute în reactor în toate stările reactorului cât și supravegherea câmpurilor de iradiere.

- Structura din beton armat a piscinei reactorului în condiții de operare normală și în caz de accident;
- Ecranele de protecție pentru tancul de întârziere din circuitul primar;
- Ecranele de protecție - filtre circuit purificare și rezervoare de deșeuri radioactive slab active inclusiv cuvele de colectare în toate stările anticipate ale reactorului;
- Sistemul de măsură / supraveghere a câmpurilor de iradiere în exteriorul ecranelor.

III.3. Controlul eliberărilor radioactive planificate / anticipate în toate stările reactorului, la nivelul fiecărei bariere, privind protecția în adâncime (DBA)

- Structura etanșă a halei reactorului și a sistemului de ventilație și filtrare asociat (DBA) confinare dinamică prin asigurarea unei presiuni relative mai mici în interior decât presiunea atmosferică din exterior în starea de operare normală și în situații de accident împreună cu sistemul de supraveghere a depresiunilor și debitelor de aer evacuat;
- Sistemul de supraveghere a radioactivității aerului în hala reactorului și a aerului evacuat la coș în situații normale de operare, în situații tranziente anticipate și în situații de accident, DBA;
- Sistemul de colectare a deșeurilor lichide radioactive construit în clădirea reactorului asigură gestiunea inventarului de ape și radioactivitate evacuate prin acest sistem în situații normale de operare cât și în situații de accident, DBA;
- Sistemul de purificare al apei din circuitul primar în starea oprită a reactorului sau a unei linii închise de purificare din sistem, asigură transferul rășinilor uzate la Stația de Tratare a deșeurilor Radioactive (STDR) din interiorul clădirii pentru condiționare.

III.4. Limitarea eliberărilor radioactive accidentale

- Cerințe de proiectare referitoare la SSC pasive destinate protecției personalului și a publicului contra efectului dăunător al radiațiilor în condiții normale de operare de exemplu ecrane, structuri, clădiri;

- Cerințe de proiectare referitoare la SSC pasive destinate protecției componentelor altor SSC care ar putea fi defectate în cazul evenimentelor interne sau externe, pereți despărțitori, planșeele spațiilor care adăpostesc echipamente clasificate;
- Cerința de proiectare referitoare la SSC pasive și active destinate să funcționeze pentru limitarea consecințelor unui accident care depășește DBA.

Tabelul 3. Funcțiile de securitate primare ale SSC Reactorului TRIGA

I	Controlul reactivității și criticității;
I	Oprirea sigură a reactorului cu marje de securitate garantate;
I	Asigurarea “coeficientului negativ de reactivitate” a combustibilului și a geometriei zonei active;
I și II	Menținerea configurației zonei active și integrității mecanice a combustibilului;
II	Evacuarea căldurii reziduale;
III.1	Prevenirea evacuării (eliberării) produselor radioactive în hala reactorului și în continuare în mediu, evacuări care ar conduce la depășirea limitelor derivate aprobate;
III.2	Asigurarea funcției de ecranare pentru radiații gama și neutroni în timpul funcționării și radiații gama pe timpul opririi;
III.3	Măsurarea, monitorizarea continuă și alarmarea depășirii pragurilor de radioactivitate specifică a aerului din hala reactorului și a aerului evacuat la coș;
III.4	Supravegherea și alarmarea în cazul evenimentelor interne în clădirea reactorului;
III.4	Comunicarea și prevenirea erorilor umane în timpul operării, interfața om / mașină (HMI);
Funcții de securitate suport asigurate de sistemele suport	
✓	Alimentare cu energie electrică;
✓	Asigurarea calității apei demineralizate pentru prevenirea coroziunii;
✓	Alimentarea cu apă demineralizată;
✓	Prevenirea eliberării de produse radioactive sub forma de deșuri radioactive lichide din instalațiile reactorului.

7.7.5.2. Sisteme speciale pentru prevenirea accidentelor severe

Zona Activă a reactorului TRIGA este, prin proiect, inerent sigură datorită coeficientului prompt negativ de temperatură. Acesta nu permite o excursie de putere care să ducă la topirea zonei active a reactorului. În plus, dacă s-ar produce o rupere a conductelor circuitului primar, datorită sistemelor ingineresti (vane cu flotor, vane de izolare piscină, camera tuburilor orizontale de neutroni), zona activă ar rămâne acoperită cu un strat de apă cu grosimea de aproximativ 1.5 m ceea ce ar permite evacuarea căldurii reziduale și blocarea topirii Zonei Active.

7.7.6. Cerințe de întreținere, supraveghere, inspecție și testare

Mentenanța instrumentației reactorului și componentelor mecanice este un factor important în prevenirea opririlor inadvertente intempestive și a fiabilității sistemelor de securitate.

Normele privind mentenanța sistemelor, NSN-16, cer ca responsabilitățile să fie definite și structurate într-un program logic privind aplicarea lor.

Personalul de execuție a intervențiilor tehnice la SSCE aferente reactorului are pregătirea profesională corespunzătoare, cunoaște foarte bine construcția și funcționarea SSCE la care

participă (inclusiv starea acestora înainte de începerea lucrărilor: în funcțiune, în rezervă, presurizată, sub tensiune) și, după caz, autorizat (pentru SSCE aflate sub incidența ISCIR, verificări PRAM). Acest personal este nominalizat din cadrul secției S2 și, după caz, din serviciul MSIR / personal extern specializat.

Pentru mentenanța preventivă a echipamentelor clasice și a celor cu importanță pentru securitatea nucleară, este elaborat un program privind planificarea reviziilor și reparațiilor pe un an calendaristic, conform cerințelor procedurilor **ICN-AD-15**, „*Planificarea, execuția și confirmarea activităților de întreținere / revizii, reparații*” și **EO-TH-546T**, „*Întreținere, revizii și reparații în instalațiile nucleare aferente reactorului TRIGA SSR-14MW*”.

În cazul mentenanței corective, rezultatele evaluării sunt utilizate pentru a determina dacă este necesară intervenția asupra altor structuri, sisteme sau echipamente, pentru a preveni defectarea lor.

De asemenea, se are în vedere ca, prin efectuarea înlocuirilor, reparațiilor sau modificărilor, să nu se introducă deficiențe noi, sistematice.

Modificările se supun prevederilor procedurii **EO-AC-02**, „*Controlul modificărilor*”.

Dacă în urma evaluării se constată ca există componente comune mai multor structuri sau sisteme, ce funcționează necorespunzător, se dispun acțiuni corective conform prevederilor procedurii **ICN-AC-02**, „*Acțiuni corective și preventive*”, pentru a preveni defectarea lor.

Eficacitatea programului de mentenanță este analizată anual cu ocazia elaborării *Raportului anual de exploatare* și cu ocazia analizelor efectuate de management.

SSCE cu implicații în securitatea nucleară presupun activități pentru realizarea programelor și inspecțiilor care se efectuează conform acestor limite și condiții tehnice de funcționare.

Periodicitatea inspecției este determinată de evaluarea tehnică a sistemului ținând cont de nivelul de implicare în securitatea nucleară a reactorului.

Conform acestor cerințe a fost elaborat un plan de teste de supraveghere și inspecții periodice în care se regăsesc:

- Denumirea testului ce trebuie efectuat;
- Procedura aplicabilă pentru efectuarea testului;
- Persoana responsabilă care evaluează rezultatele testului;
- Frecvența inspecțiilor efectuate;
- Rezultatele obținute în urma efectuării testului;
- Limitele de acceptanță conform limitelor și condițiilor tehnice.

Pentru reactorul TRIGA și dispozitivele de iradiere (experimentale) **Programul anual de teste și inspecții periodice** este elaborat și prezentat în Raportul Anual de Exploatare.

Toate activitățile de teste și încercări respectiv de intervenții tehnice se efectuează pe bază de autorizație de lucru, conform prevederilor procedurilor specifice.

8. DESCRIEREA CARACTERISTICILOR AMPLASAMENTULUI

Amplasamentul RATEN-ICN este situat la circa 18 km NE de Municipiul Pitești, județul Argeș, pe raza orașului Mioveni. Poziția obiectivului față de așezările umane vecine este următoarea:

- La Nord satul Racovița (cca 2.5 km);

- La Est satul Negrești (cca 7 km);
- La Sud satul Ploscaru (cca. 5 km);
- La Vest Uzina Dacia Renault și orașul mioveni (cca 2-2.5 km).

În mijlocul platformei se găsește lacul artificial Vieroși cu rolul de a prelua apele pluviale de pe platformă, lac realizat prin obturarea cursului superior al Văii Vieroși cu un dig.

În exteriorul platformei, la circa 2 km spre S se găsește Stația de epurare.

Toată platforma este înconjurată de un gard de beton iar la partea superioară cu sârmă ghimpată, având pază militarizată și acces controlat în conformitate cu normele CNCAN.

Amplasamentul este situat pe un teren ce aparține, din punct de vedere **morfologic**, extremității estice a unității Piemontul Getic (Podișul Getic), mai precis în partea de vest a Piemontului Căndesti.

8.1. Geologia

Din punct de vedere **geologic**, amplasamentul se află în perimetrul unității structural majoră având fosa Carpaților meridionali (sectorul Dâmbovița – Otașau al depresiunii getice), unitate cu o dispunere generală monoclinală a formațiunilor. În amplasamentul platformei ICN, forajele executate în limita de adâncime de 30 m au evidențiat prezența depozitelor psamo-pelitice constituite din alternante de pământuri coezive (argile, argile prăfoase, argile nisipoase, nisipuri argiloase) sincoezive (nisipuri, nisipuri cu pietriș).

8.2. Hidrologia

Din punct de vedere hidrogeologic, conform Hărții hidrogeologice a României, sc.1 1.000.000, amplasamentul este situat într-o regiune cu ape subterane cantonate în roci poroase permeabile, caracterizat prin strate acvifere întinse în roci cu granulație grosieră – pietrișuri, nisipuri (“Strate de Căndești”). În amplasament, nivelul hidrostatic a fost interceptat în foraje în jurul adâncimii de 25.5 – 25.7 m.

8.2.1. Regimul precipitațiilor

Regimul anual al precipitațiilor lichide înregistrează o medie multianuală de 773 mm, lunile cele mai ploioase fiind mai, iunie, iulie, cu valori între 85 – 95 mm / lunar, iar cele mai sărace în precipitații sunt lunile ianuarie și februarie, cu valori medii multianuale de 38 - 43 mm / lună.

- Numărul mediu anual cu zile senine este cuprins între 110 – 120 zile.
- Numărul mediu anual de zile acoperite = 140 zile.
- Numărul mediu anual de zile acoperite cu ninsoare = 20 – 25 zile.
- Numărul anual de zile cu strat de zăpadă = 60 zile.
- Durata stratului de zăpadă în zona atinge 40 - 50 zile / an.

Din datele puse la dispoziție de Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie (INMH) rezulta că grosimea maximă a stratului de zăpadă măsurat în perioada 2001 - 2018, la stația meteorologică Pitești, a fost de 56 cm înregistrat în 14.02.2012.

8.2.2. Regimul eolian

Numărul zilelor cu viteze mari ale vântului este redus, valorile cele mai mari fiind de 2 m/s (7.2km/h).

Din analiza datelor INMH rezultă ca direcțiile dominante ale vântului, în perioada 2000-2018, la stația meteorologică Pitești, sunt N și NNV, iar frecvența cea mai scăzută este cea a vântului din NE. Se remarcă frecvența deosebit de scăzută a situațiilor cu vânt calm.

8.2.3. Activități industriale și de transport rutier în zona amplasamentului

Activitățile industriale în apropierea amplasamentului (maxim 15 km distanță) se grupează în principal în orașele Pitești și Mioveni.

Niciuna din societățile comerciale din municipiul Pitești nu constituie un risc pentru funcționarea normală a reactorului.

În localitatea Mioveni la SE la 2,5 km de amplasamentul ICN se află Uzina de Autoturisme Dacia-Renault. Activitățile acestei societăți nu influențează funcționarea și activitatea normală a reactorului.

Întreaga zona de amplasare se situează la zona de contact dintre câmpie și munte, la convergența unor căi de comunicație importante:

- Autostrada București - Pitești cu un trafic important de autoturisme la cca. 13 km,
- DN 73 la cca. 5 km vest (Pitești - Câmpulung Muscel).

Aceste drumuri cu trafic intens se afla la distanțe mari de amplasament și în consecință, nu constituie un risc pentru funcționarea normală a reactorului.

Nu există conducte magistrale de gaze sau petrol.

În județul Argeș există Aeroportul Geamăna, localizat la aproximativ 15 km de Obiectivul Nuclear Pitești. Acest aeroport este utilizat în special pentru zboruri utilitare și de agrement cu aeronave de dimensiuni mici. Aeroportul Internațional Henri Coandă – București se află la o distanță de cca. 100 km de reactorul TRIGA, prin urmare reactorul se află în afara zonelor cu probabilitate semnificativă de prăbușire la decolare sau aterizare a aeronavelor.

8.3. Seismologia amplasamentului

Din punct de vedere seismologic, amplasamentul reactorului, situat pe str. Câmpului nr. 1, loc. Mioveni, jud. Argeș, este încadrat în zona de macro seismicitate $I = 7.1$ pe scara MSK (unde indicele 1 corespunde unei perioade medii de revenire de 50 ani), conform SR 11100 / 1-93 (Figura 1).

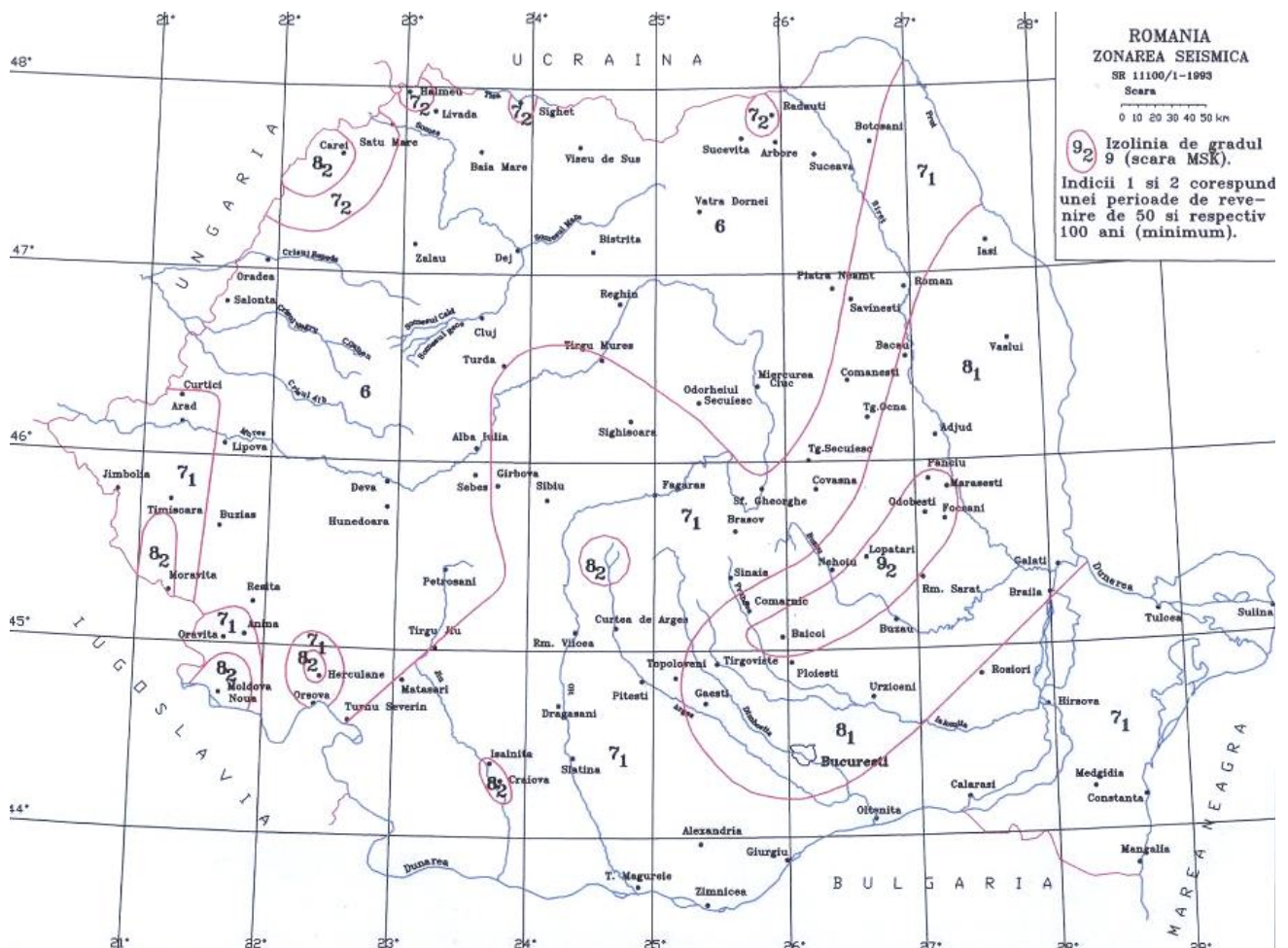


Figura 1. Macro zonarea seismică a teritoriului României

În conformitate cu prevederile normativului „Cod de proiectare – Partea I – Prevederi de Proiectare Pentru Clădiri – Indicativ P100-1/2013” (în vigoare din 01.01.2014), amplasamentul se află situat într-o zonă care se caracterizează prin următoarele valori:

- accelerația orizontală a terenului pentru proiectare (valoarea de vârf PGA) a $g = 0.25 g$, pentru un interval mediu de recurență $IMR = 225$ ani și 20% probabilitatea de depășire în 50 ani;
- perioada de control (colț) pentru proiectare: $T_c = 0.7$ sec.

Din analiza datelor avute la dispoziție rezultă că intensitatea maximă observată în amplasament a fost $IA = 8.4$ (MSK) și s-a datorat puternicului cutremur intermediar care s-a produs în zona Vrancea, în anul 1802.

Se evidențiază faptul că și pentru cutremurele din 1940, 1977 și 1986 care s-au produs în zona Vrancea, intensitățile în amplasament au fost mari: $IA = 7.8$ MSK (1940), $IA = 7.6$ MSK (1977), respectiv $IA = 7.1$ MSK (1986).

Analiza condițiilor geologice și hidrogeologice din zonă conduc la ipoteza că, local, pot exista condiții de amplificare semnificativă în timpul cutremurelor puternice care se produc în zona Vrancea, estimându-se că intensitatea maximă posibilă în amplasament poate fi: $IA = 8.5$ (MSK).

Pentru accelerația componentei verticale se recomandă $2/3$ din valoarea accelerației maxime orizontale ($a_v = 2/3 a_H$).

8.4. Programul de Monitorizare de Rutină a Radioactivității Mediului (P.M.R.M)

PMRM asigură prevenirea oricărui risc inacceptabil de iradiere sau de contaminare a populației, ca urmare a eliberării de substanțe radioactive în mediu, în conformitate cu cerințele CNCAN.

Baza programului de monitorizare de rutină a radioactivității mediului îl constituie documentul **“Limite Derivate de Evacuare”**, specific pentru ICN. Acest document identifică radio nuclizii care ar putea fi eliberați în mediu, cu cea mai mare probabilitate și căile de transfer în mediu cele mai probabile pentru acești radio nuclizi. PMRM prezintă modalitățile de monitorizare a nuclizilor sau grupurilor de nuclizi în factorii de mediu.

Principalele elemente ale programului de monitorizare sunt următoarele:

- Locațiile pentru monitorizare;
- Radio nuclizii și compartimentele de mediu specific care vor fi monitorizate;
- Frecvența de monitorizare;
- Frecvența de măsurare;
- Evaluarea eficacității controlului surselor.

În conformitate cu Normele privind monitorizarea radioactivității mediului în vecinătatea unei instalații nucleare sau radiologice, locațiile de monitorizare sunt selectate cât mai aproape de capătul căii de expunere. Există patru tipuri de locații de monitorizare:

- Locații indicator;
- Locații de fond;
- Locații de control;
- Locații suplimentare.

Tipurile de probe prelevate și determinările specifice pe tip de probă, conform programului de monitorizare a mediului aprobat de CNCAN și completat de Ministerul Mediului, sunt prezentate în Tabelul 4:

Tabelul 4: Tipurile de probe, frecvența de prelevare și determinările specifice pe tip de probă

Nr. crt.	Punct de investigare	Localizare	Tip locație	Mediul prelevat	Frecvența de investigare	Parametrul investigat
1. SOL / VEGETAȚIE SPONTANĂ						
1.1	SVI1	Platforma ICN- Poartă	Suplimentară	Sol și Vegetație	Semestrial	<ul style="list-style-type: none"> - spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrația U_{nat}
1.2	SVI2	Platforma ICN-STDR față				
1.3	SVI3	Platforma ICN- STDR spate				
1.4	SVI4	Platforma ICN- Reactor față				
1.5	SVI5	Platforma ICN- Reactor spate				
1.6	SVI6	Platforma ICN- FCN față				
1.7	SVI7	Platforma ICN - Centrala termică				
1.8	SVI8	Platforma ICN- FCN Hala I spate				
1.9	SVE1	Mioveni - în zona caselor de pe str. Buceag	Suplimentară	Sol și Vegetație	Anual	<ul style="list-style-type: none"> - spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrația U_{nat}
1.10	SVE2	Extremitatea NE a platformei DACIA				
1.11	SVE3	Lângă drumul ICN - Mioveni la distanța de 1150 m de coșul reactorului				
1.12	SVE4	Lângă drumul ICN - Stația de epurare la distanța de 1150 m de coșul reactorului				
1.13	SVE5	Lângă drumul ICN - Stația de epurare la 100 m amonte de stație				
1.14	SI8	Platforma ICN - Atelierul mecanic	Suplimentară	Sol	Semestrial	<ul style="list-style-type: none"> - Concentrația de Pb și Zn
1.15	SE9	Parcare- la intrarea pe platforma ICN - FCN	Suplimentară	Sol	Semestrial	<ul style="list-style-type: none"> - Concentrația de Pb
1.16	VI9	Platforma ICN - FCN	Suplimentară	Mușchi, licheni, ciuperci	Anual	<ul style="list-style-type: none"> - spectrometrie gamma - analiza beta globală
1.17	SE10	Lângă poarta de la intrare la bazinele cu șlam, localizate lângă Stația de epurare	Suplimentară	Sol	Semestrial	<ul style="list-style-type: none"> - uraniu natural - Be - Co-60
1.18	I1	Stația de epurare	Indicator	Sol și Vegetație	Anual	<ul style="list-style-type: none"> - spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrația U_{nat}
1.19	I2	Mărăcineni - Pod Colibași				
1.20	I3	Făgetu				
1.21	I4	Purcăreni- Râul Doamnei				

1.22	I5	Piscani - Râul Târgului				
1.23	C1	Pitești - Pod Argeș	Control			
1.24	F1	Coțești	Fond			
2. APĂ DE SUPRAFAȚĂ/SEDIMENTE						
2.1	I6	Pitești - Pod Ștefănești	Indicator	Apă de suprafață	Trimestrial	- spectrometrie gama - analize beta globale
2.2	C2	Pitești - Baraj Prundu	Control			
2.3	F2	Pod Colibași	Fond			
2.4	V1	La extremitate NE a lacului Vieroși 1	Suplimentară	Apă	Trimestrial	- spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrație U_{nat}
2.5	V2	Din lacul Vieroși 1 lângă baraj	Suplimentară	Apă	Trimestrial	
2.6	V3	Din pârâul Vieroși, aval 150 m de barajul Vieroși 1	Suplimentară	Apă	Trimestrial	
2.7	V4	Din lacul Vieroși 2	Suplimentară	Apă	Trimestrial	
2.8	V5	Din pârâul Vieroși la 150 m în aval de lacul Vieroși 2	Suplimentară	Apă	Trimestrial	
2.9	I6	Pitești - Pod Ștefănești	Indicator	Sedimente	Anual	
2.10	C2	Pitești - Baraj Prundu	Control	Sedimente	Anual	- spectrometrie gama - analize beta globale
2.11	F2	Pod Colibași	Fond	Sedimente	Anual	
2.12	Sed10	La extremitate NE a lacului Vieroși 1	Suplimentară	Sedimente	Semestrial	- spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrație U_{nat}
2.13	Sed11	Din lacul Vieroși 1 lângă baraj	Suplimentară	Sedimente	Semestrial	
2.14	Sed12	Din pârâul Vieroși, aval 150 m de barajul Vieroși 1	Suplimentară	Sedimente	Semestrial	
2.15	Sed13	Din lacul Vieroși 2	Suplimentară	Sedimente	Semestrial	
2.16	Sed14	Din pârâul Vieroși la 150 m în aval de lacul Vieroși 2	Suplimentară	Sedimente	Semestrial	
3. APĂ EVACUATĂ DIN STAȚIA DE EPURARE						
3.1	CE-SE	Din conducta cu apă evacuată din Stația de Epurare	Suplimentară	Apă	Lunar (pe proba compozită rezultată din prelevare continuă)	-spectrometrie gamma - analiza beta globală - concentrație U_{nat}
4. APĂ POTABILĂ						
4.1	P1	Puț Racovița	Suplimentară	Apă	Lunar	- spectrometrie gama - analiza beta globală
5. APĂ PLUVIALĂ						
5.1	Vieroși (V2)	Lac Vieroși	Suplimentară	Apă	Lunar	- analiza beta globală - parametrii fizico - chimici conform A.G.A

6. APĂ SUBTERANĂ						
6.1	F0	Lângă intrarea în incinta ICN-FCN	Control/Fond	Apă subterană	Lunar	- analiza beta globală - pH
6.2	F1	Platforma ICN - Secția 3	Suplimentară			-analize beta globale
6.3	F2.1	Platforma ICN- STDR spate				
6.4	F2.2	Platforma ICN- Reactor față				
6.5	F3	Platforma ICN- STDR față				
6.6	F4	Platforma ICN- Reactor spate				
6.7	F5	Platforma ICN- Centrala termică				
6.8	F6	Platforma ICN- poarta spre epurare				
6.9	F7	Platforma ICN- lac Vieroși				
6.10	F8	Platforma ICN- Sigma				
6.11	F11	La 600 m aval de gardul ICN-FCN	Suplimentară			- analiza beta globală - pH
6.12	F12	La 250 m aval de Stația de epurare	Suplimentară			
6.13	F13	La 20 m sud de bazinele cu șlam radioactive	Suplimentară			
7. DEPUNERI ATMOSFERICE						
7.1	Dep.	Pe acoperișul Secției 1 - ICN	Suplimentară	Depuneri atmosferice	Lunar (pentru proba compozită obținută din recoltări zilnice)	- analiza beta globală - concentrație U_{nat}
8. DEBITE DE DOZĂ						
8.1	TLD-ICN	8 locații pe gardul ICN-FCN	Suplimentară	N/A	Lunar	Doza (μ Sv)

9. PRINCIPALELE ANALIZE ȘI EVALUĂRI DE SECURITATE NUCLEARĂ EFECTUATE

Capitolul 16 „*Analize de Securitate*” este elaborat pe structura Ghidului privind formatul - cadru și conținutul Raportului Final de Securitate nucleară pentru reactoarele de cercetare (CNCAN) conținând punctele (capitolele) recomandate. Astfel sunt tratate:

- Caracteristici TRIGA -14MW pentru analiza de Securitate incluzând informații despre proprietățile fizice ale combustibilului, parametrii cinetici și despre limitele de operare ale reactorului;
- Selectarea evenimentelor de inițiere pe baza unei liste de evenimente inițiatore generice. Unele evenimente inițiatore sunt excluse din lista celor aplicabile pe baza unor considerente de proiect. Pentru acestea nu se face o analiză calitativă. Analiza calitativă bazată pe argumente ingineresti și pe experiența de operare constituie în Raport, într-o serie de cazuri, justificarea încadrării unor evenimente în clasa celor fără potențial de pericol de evoluție de accident. Pentru acestea din urmă analiza nu mai continuă cu cea cantitativă. Au fost analizate toate evenimentele ce pot duce la pierderea totală sau parțială a funcției de securitate asigurate de componentele sau sistemele a căror defectare definește evenimentul. Evenimentele includ: efecte de cauză comună, (prăbușire avion, seism, tornadă, incendiu, defecte de proiectare, erori de exploatare, de fabricație, montaj, etc.), efecte de mod comun (lipsa asigurării independenței, diversității), defecte de alimentare cu energie electrică. Analiza evenimentelor cuprinde determinarea frecvenței lor de apariție, posibilitatea producerii de erori umane. În cel mai rău caz, dozele calculate sunt inferioare limitelor de doză din reglementări (respectându-se astfel Limitele de doză).
- Evaluarea secvențelor de evenimente individuale utilizând modele construite pentru coduri de calcul de fizica reactoarelor și termohidraulică. Abordarea utilizată este conservativă, urmărindu-se obținerea unor rezultate pe cazurile cele mai defavorabile;
- Analiza consecințelor radiologice pornind de la ipoteze de formare a termenului sursă, calculând inventarul de radioactivitate și analizând consecințele a patru cazuri de eliberări de produși de fisiune în termeni de doze încasate de către personalul din hala reactorului și de către public.
- Anexa la Cap. 16 prezintă *un scenariu real de criticitate* accidental în timpul manevrării combustibilului. Această analiză de Securitate a unui eveniment deja produs este relevantă ca situație acoperitoare.

Analiza de securitate respectă cerințe actuale specifice și pornește de la date neutronice și hidraulice actualizate, ținând seama de configurația de zonă actuală cu combustibil LEU și de capacitatea de compensare a reactivității ale noilor bare de control în operare din 2006.

Este furnizată o descriere succintă a codurilor utilizate (**MCNP**, **RELAP5** și **COBRA**) și a domeniilor generale de utilizare. Aceeași abordare este folosită și pentru codul *Interras* de analiză a consecințelor radiologice. Modelele construite sunt prezentate împreună cu parametrii

de input. De asemenea, sunt date informații privind statutul de validare al acestor coduri pentru utilizarea la TRIGA.

Secvențele analizate cantitativ, calculându-se evoluțiile parametrilor fizici ai reactorului, sunt următoarele:

1. *Inserția de reactivitate*: pe ZA actuală a fost calculată extragerea rapidă a unei casete cu elemente false și ridicarea necontrolată a bancului de bare de control. Pe baza acestor cazuri analizate se poate trage concluzia că nu există risc de deteriorare a combustibilului. Chiar și în cazul prezentat în Anexă, în care a avut loc efectiv o inserție de reactivitate semnificativă datorită unor erori de manipulare a zonei active, nu au existat urmări observabile asupra combustibilului.
2. *Pierderea curgerii forțate*: a fost analizată pierderea debitului de circulație forțată prin bucla principală, cu și fără funcționarea pompei de avarie. A fost de asemenea calculată blocarea unui sub canal și supraputerea locală în caseta cea mai solicitată.
3. *Analiza de criticitate a rastelului de stocaj, utilizând în mod conservativ date pentru LEU proaspăt*. Rezultatele confirmă o marjă de siguranță mare în utilizarea rastelului de stocaj din piscina de stocaj, coeficientul de multiplicare în mediu infinit al super celulei rastelului fiind doar 0.60.
4. Evenimentul extern prăbușiri aeriene a fost analizat în termeni de frecvență de eveniment pe baza estimărilor de trafic aerian de înălțime medie și mare, utilizând un model analitic. Frecvența de prăbușire aeriană rezultată este de ordinul 10^{-8} /an.

Analiza consecințelor radiologice este realizată pentru **patru cazuri postulate de termen sursă** rezultate din defectarea mecanică:

- a unui element combustibil sub apă cu factori de eliberare specifici TRIGA – eveniment operațional anticipat;
- a unei casete (**25 de elemente combustibile**) în aer cu eliberare totală – accident bază de proiect;
- a unei casete (25 de elemente combustibile) sub apă cu factori de eliberare specifici TRIGA – accident bază de proiect modificat;
- a unei casete (25 de elemente combustibile) sub apă cu eliberare totală – accident bază de proiect modificat.

De menționat că deteriorarea unei întregi casete cu elemente combustibile TRIGA nu rezultă din analiza de securitate, dar această abordare este menținută în acord cu Planul de Intervenție, ea provenind din Raportul Final de Securitate General Atomic.

Criteriul de acceptare tehnic în analiza de tranzient este prevenirea deteriorării combustibilului traducându-se, pe baza caracteristicilor TRIGA-14 MW, în două criterii:

- temperatura maximă a combustibilului;
- minimul raportului DNB.

Dintre scenariile analizate, care pot fi incluse în trei mari tipuri: inserție de reactivitate, pierdere a curgerii forțate și blocare a curgerii, doar blocarea unui sub canal de curgere poate, teoretic,

deteriora combustibilul TRIGA-14 MW (maxim două elemente combustibile la obturare aproape totală a ariei de curgere), pe baza depășirii criteriului pe DNB. Aceasta este însă o deteriorare de combustibil locală, limitată, care poate fi încadrată la evenimente operaționale anticipate.

În ce privește criteriile de acceptare generale, legale, la un eveniment operațional de tipul celui de mai sus (**deteriorare mecanică a două elemente combustibile**):

- Analiza indică încălzirea unei doze de aproximativ 100 $\mu\text{Sv/h}$ de către un operator din camera de comandă, ceea ce ar conduce la depășirea limitei dozei efective anuale pentru personalul expus profesional după 200 ore de expunere. O supraexpunere profesională pe tiroidă ar putea apărea în acest caz dacă sunt prezenți lucrători în hală, datorită inhalării izotopilor radioactivi ai iodului.
- Dozele anuale în afara amplasamentului ating maximum la aproximativ 200 m (clasa de stabilitate D, neutră) și 400 m (clasa de stabilitate F, moderat stabilă) de coșul reactorului dar au valori neglijabile (sub 10^{-4} mSv).

La un accident bază de proiect cu eliberare totală de produși de fisiune dintr-o casetă în aer (cazul maxim postulat):

- În cazul foarte puțin probabil, un operator din camera de comandă încasează în 20 de secunde doza efectivă permisă pentru un an (20 mSv).

În afara amplasamentului: valoarea maximă a Echivalentului Total al Dozei Efective este de 3.5 mSv la 250 m de coșul reactorului pentru clasa D de stabilitate, iar la 1 km (distanța aproximativă până la zona locuită cea mai apropiată) este de 0.7 mSv, sub valoarea limitei legale anuale.

Limitele și condițiile tehnice de operare au fost stabilite pe baza analizelor inițiale de securitate și au fost verificate pe durata de operare a reactorului și a instalațiilor aferente. Analizele ulterioare de securitate nucleară au confirmat valabilitatea acestora motiv pentru care ele sunt menținute în continuare.

În concluzie, se poate afirma că analizele de securitate efectuate demonstrează îndeplinirea efectivă a cerințelor aplicabile din documentul care stabilește nivelurile de referință de securitate nucleară pentru reactoarele de cercetare, emis de Asociația Autorităților de Reglementare în Domeniul Nuclear din Europa de Vest / Western European Nuclear Regulatory Association.

10. PRINCIPALELE MĂSURI ȘI SISTEME ORGANIZATORICE IMPLEMENTATE PENTRU PROTECȚIA ÎMPOTRIVA RADIAȚIILOR IONIZANTE

Activitățile cu caracter nuclear se desfășoară în conformitate cu prevederile Legii nr. 111/1996 privind desfășurarea în siguranță a activităților nucleare, cu modificările și completările ulterioare. Fiecare unitate (instalație) nucleară autorizată de CNCAN este prevăzută cu dotările, amenajările și procedurile de lucru necesare pentru respectarea prevederilor legale.

Incinta RATEN ICN Pitești, ce include și spațiul împrejmuit din imediata vecinătate a structurilor obiectivelor și instalațiilor nucleare, este o zonă supravegheată, în conformitate cu cerințele privind zonarea din Normele fundamentale de Securitate radiologică, după cum urmează:

- Zona 1 (zona controlată) – conține instalații și echipamente care pot fi surse de expunere la radiații; include spațiile în care accesul personalului este în mod normal interzis din cauza nivelurilor ridicate ale câmpurilor de radiații sau alte contaminări, dar în condiții speciale (cum ar fi intervenții autorizate asupra utilajelor și echipamentelor) accesul poate fi permis numai conform unor proceduri de operare specifice;
- Zona 2 (zona controlată) – conține instalații și echipamente care pot fi surse de expunere la radiații; include spații în care accesul personalului este controlat. În mod normal este o zonă lipsită de contaminare, dar poate fi contaminată în anumite situații datorită mișcării personalului și echipamentelor; cuprinde spațiile în care există posibilitatea de iradiere la valori mici. Debitul de doză total în zona 2 trebuie să fie mai mic de 10 $\mu\text{Sv/h}$, cu excepția cazurilor aprobate, și va fi menținut la valori cât mai mici rezonabil de atins.
- Zona 3 (zona controlată) – conține spații pentru staționarea permanentă a personalului expus profesional. Nu conține sisteme radioactive, nu este permisă nici o contaminare radioactivă, nu conține surse radioactive, cu excepția celor aprobate.
- Zona 4 (zona supravegheată) – include toate spațiile în care riscul expunerii este minim și, din punct de vedere radiologic, este echivalentă cu spațiile publice în care nu este necesar controlul mișcării (circulației) personalului; include spațiul împrejmuit și clădirile auxiliare și este o zonă curată.

Protecția împotriva radiațiilor se realizează prin instalațiile/sistemele și măsurile stabilite în conformitate cu reglementările CNCAN.

Monitorizarea spațiilor de lucru se bazează pe experiența în exploatare a obiectivelor și instalațiilor proprii precum și a altor locuri de muncă similare. Programul de monitorizare de rutină include:

- Măsurători în zonele controlate:
 - debite de doză gamma, beta și neutroni;
 - concentrația de aerosoli (alfa, beta, gama);
 - concentrația de iod în aer;
 - nivelurile de contaminare a suprafețelor (alfa, beta, gama).

- Monitorizarea contaminării personalului.
- Monitorizarea materialelor și echipamentelor.
- Supravegherea câmpurilor de radiații.

Măsurarea și înregistrarea corectă a dozelor încasate de către personalul expus profesional al ICN Pitești reprezintă un element foarte important al Programului de radioprotecție.

Pentru a desfășura activități în Zona Controlată personalul trebuie să aibă statut de "lucrător expus profesional" conform definiției din normele CNCAN. Pentru aceasta, este necesară îndeplinirea cerințelor legale privind starea de sănătate și pregătirea în domeniul radioprotecției (să fie instruit în radioprotecție în funcție de activitatea desfășurată și de locul de muncă).

Fiecare lucrător este supus unui examen medical specific, înainte de angajare, tipurile și categoriile de examinări medicale fiind stabilite conform reglementărilor în vigoare. Pentru controlul stării de sănătate a angajaților, expuși profesional la radiații ionizante, a fost stabilit un sistem de examinare medicală periodică, în conformitate cu reglementările în vigoare ale Ministerului Sănătății.

11. MANAGEMENTUL EFLUENȚILOR ȘI DEȘEURILOR RADIOACTIVE

În vederea realizării unui management eficient al eliberărilor radioactive în mediu, s-a instituit un program de control al efluenților radioactivi având următoarele obiective:

- Este necesară corelarea dozelor încasate de populație cu cantitățile de materiale radioactive eliberate în mediu de ICN Pitești. Aceasta se realizează prin documentul elaborat de LRPMPC, denumit „**Limite derivate pentru eliberarea efluenților lichizi și gazoși**”, care este supus aprobării de către CNCAN.
- *Limitele derivate* au fost stabilite astfel încât să asigure că în urma eliberărilor în mediu de materiale radioactive, cu respectarea limitelor derivate, dozele încasate de către grupul cel mai expus să se situeze sub constrângerea de doză stabilită de CNCAN pentru ICN, sub forma unei fracții subunitare din limita expunerii pentru populație. Limitele derivate iau în considerare forma materialelor radioactive evacuate, dispersia și transportul lor în mediu, distribuția locală a populației și obiceiurile de dietă.
- Evacuările reale (de moment) ale efluenților lichizi și gazoși sunt controlate printr-o exploatare atentă a instalațiilor nucleare, în conformitate cu procedurile de operare. Caracteristicile de operare ale instalațiilor nucleare sunt verificate cu atenție, pentru a avea garanția că sistemele funcționează conform specificațiilor. Personalul de radioprotecție ia în permanență măsuri de identificare a căilor posibile de eliberare a efluenților. Tendințele în exploatare sunt fi evaluate și corectate astfel încât dozele încasate de către populație, datorate eliberărilor de efluenți gazoși și lichizi să fie sub 0,09 mSv pe an.

- Monitorizarea se realizează pentru căile semnificative de eliberare a efluenților, folosind echipamente care sunt exploatate de către personalul calificat, conform procedurilor aprobate.
- Echipamentele de monitorizare și cele de laborator sunt calibrate periodic, urmărind standardele naționale de calibrare.

11.1. Efluenții lichizi

Înainte de evacuarea efluenților lichizi din fiecare instalație nucleară se verifică de către responsabilul cu securitatea radiologică din fiecare instalație nucleară producătoare de efluenți potențial radioactivi dacă este respectată condiția:

$$\sum_i \frac{A_{\text{anuală}_i}}{A_{\text{maxanuală}_i}} \leq 1 \text{ (respectiv pe săptămână sau lună)}$$

Valorile maxime aprobate de către CNCAN prin adresa 23991/16.06.2015, sunt prezentate în tabelul 5.

Tabelul 5 Activitățile maxime pentru apele industriale uzate tehnologic, potențial radioactive, care pot fi evacuate de instalațiile nucleare din ICN

Radio nuclid	A _{anuală} ^{max} (Bq / an)	A _{lunară} ^{max} (Bq / lună)	A _{săptămânală} ^{max} (Bq/săpt.)	A _(Bq/zi) ^{max}
Co-60	1.41E+11	1.18E+10	2.71E+09	3.86E+08
Co-58	3.24E+10	2.70E+09	6.23E+08	8.88E+07
Cs-137	4.55E+09	3.79E+08	8.75E+07	1.25E+07
Mn-54	7.45E+09	6.21E+08	1.43E+08	2.04E+07
Mo-99	1.03E+11	8.58E+09	1.98E+09	2.82E+08
Sr-90	2.48E+09	2.07E+08	4.77E+07	6.79E+06
Zr-95	3.39E+10	2.83E+09	6.52E+08	9.29E+07
Nb-95	2.12E+10	1.77E+09	4.08E+08	5.81E+07
Sb-124	2.57E+09	2.14E+08	4.94E+07	7.04E+06
C-14	4.66E+07	3.88E+06	8.96E+05	1.28E+05
H-3	5.02E+12	4.18E+11	9.65E+10	1.38E+10
U natural	8.39E+08	6.99E+07	1.61E+07	2.30E+06

11.2. Efluenți gazoși

Limitele derivate de emisie în atmosferă sunt în conformitate cu prevederile Normelor privind limitarea eliberărilor de efluenți radioactivi în mediu și sunt stabilite pentru STDR și TRIGA în adresa CNCAN nr. 23991 din 16.06.2015. Valorile sunt prezentate în tabelele 6 și 7.

Tabelul 6. Limitele derivate aprobate pentru efluenții gazoși
(29.36% din constrângerea de doză anuală)

Nr.crt.	RADIONUCLID	Contribuția la constrângerea de doză ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	LDE propus (Bq/an)
1.	Ar-41	7.00	1.16E+15
2.	Xe-133	0.015	2.32E+14
3.	Kr-88	0.015	1.89E+12
4.	I-131	19.30	1.69E+11
5.	Cs-137	2.50	3.14E+07
6.	Cs-134	0.53	5.20E+05

Tabelul 7. Limitele derivate aprobate pentru efluenții gazoși eliberați în mediu de incineratorul de la STDR, cu respectarea constrângerii de doză de $0,1 \mu\text{Sv}/\text{an}$

Volum total evacuat (m^3/an)	Concentrația de activitate a U natural (Bq/g)	Concentrația U natural ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Concentrația de activitate a U natural (Bq/mc)	Concentrația U natural (g/an)	Activitatea U natural (Bq/an)
13.2E+06	25132	30	7.36	39.6	9.71E+06

11.3. Controlul deșeurilor solide

- Deșeurile radioactive produse în instalațiile nucleare sau radiologice din ICN sunt clasificate în funcție de caracteristicile lor fizice și radiologice, în scopul optimizării procesării și depozitării acestora.
- Procedurile și echipamentele sunt specificate (stabilite) și dezvoltate pentru a asigura o colectare și sortare adecvată a deșeurilor radioactive.

- Aceasta include spații și containere speciale, prevenirea contaminării materialelor și sculelor pentru împachetarea și monitorizarea echipamentelor.
- În cadrul ICN Pitești, există o Stație de Tratare a Deșeurilor Radioactive dotată corespunzător și autorizată să trateze și să condiționeze deșeurile radioactive solide provenite din activitățile de pe amplasament.
- Există proceduri de ambalare, transport, monitorizare și de folosire adecvată a structurilor de depozitare pentru a avea certitudinea că deșeurile sunt depozitate în condiții de securitate. Prin procedurile elaborate se realizează minimizarea dozelor pentru personalul expus profesional și populație.
- Modul de lucru stabilit prin proceduri asigură că deșeurile colectate din zonele controlate sunt corect ambalate, inscripționate, tratate, condiționate și transportate conform legislației naționale. Există un sistem de înregistrări pentru cantitățile de deșeuri și spațiile în care sunt depozitate. În funcție de cerințele din autorizații și procedurile ICN, sunt întocmite rapoarte referitoare la managementul deșeurilor radioactive, pentru conducerea ICN și autoritățile legale.

11.4. Programul de management al combustibilului nuclear uzat

De la punerea în funcțiune reactorul TRIGA a fost prevăzut cu rastele pentru stocarea combustibilului uzat în piscina reactorului. Rastelul de stocaj poate acomoda un număr de suficient de casete încărcate cu elemente combustibile după descărcarea din reactor. Aceste rastele sunt utilizate atât pentru manipularea combustibilului dar și pentru stocarea temporară în vederea calmării casetelor cu elemente combustibile.

Reactorul TRIGA este prevăzut cu o piscină care este folosită la stocarea intermediară a combustibilului uzat scos din zona activă a reactorului.

Această piscină este situată adiacent piscinei reactorului și este localizată în clădirea vecină halei reactorului. Piscina de stocaj este legată de piscina reactorului prin intermediul canalului de transfer folosit la transferarea cu ajutorul unui cărucior subacvatic acționat cu motor electric a materialelor iradiate din piscina reactorului în Laboratorul de Examinare Post Iradiere (LEPI) și invers. Piscina de stocaj, căptușită cu tablă din inox cu grosime de 7 mm, are o adâncime 7 metri și un volum de aprox. 130 m³ și este izolată față de canalul de transfer printr-o poartă din inox etanșată cu o garnitură dublă din cauciuc, iar presiunea din garnitură este supravegheată cu ajutorul unui manometru. Pentru stocarea combustibilului uzat, s-a proiectat și construit un rastel de stocaj casete cu elemente combustibile uzate. Geometria rastelului a fost proiectată în așa fel încât factorul de criticitate să nu depășească 0.8 cu rastelul încărcat la capacitate maximă. De asemenea, pentru depozitarea combustibilului TRIGA - ACPR este construit un rastel pentru elemente combustibile iradiate.

Piscina de stocaj este prevăzută cu un sistem propriu de purificare bazat pe filtre mecanice și filtre schimbătoare de ioni astfel încât calitatea apei să fie similară cu cea din piscina reactorului. Din acest motiv calitatea apei (pH și conductivitate) sunt verificate zilnic (o dată pe schimb), iar pentru detectarea eventualelor neetanșeități apărute în tecile elementelor combustibile stocate

sunt prelevate săptămânal probe de apă care sunt verificate prin spectrometrie gamma de înaltă rezoluție.

Manipularea casetelor și a elementelor combustibile se face cu scule și dispozitive adecvate similare cu cele pentru manipularea în piscina reactorului.

Elementele combustibile scoase din zona activă și transferate în piscina de stocaj sunt menținute în baza de date de garanții nucleare și se supun procesului de evidență în conformitate cu cerințele AIEA, EURATOM și CNCAN.

Combustibilul cu care a funcționat inițial reactorul TRIGA de tip HEU a făcut obiectul programului inițiat și finanțat de Departamentul pentru Energie (DOE) al SUA de returnare a combustibilului HEU în țara de origine și întreg combustibilul HEU a fost trimis în SUA.

În ceea ce privește combustibilul care se află în reactor și cel care va fi utilizat până la oprirea definitivă a reactorului (2035), ținând cont de faptul că acesta este de origine SUA, se au în vedere următoarele opțiuni:

- Returnarea în SUA (contra cost)
- Depozitarea în depozitul final care va fi construit pentru combustibilul iradiat în centrala de la Cernavoda;
- Depozitarea uscată în puțuri de stocaj (opțiune puțin probabilă).

11.5. Strategia de dezafectare

Strategia de dezafectare se bazează pe caracteristicile de amplasare, informațiile despre proiectare, materialele selectate pentru reducerea activării și pentru a oferi o decontaminare ușoară, dezmembrarea și manipularea facilă a componentelor celor două instalații nucleare: Reactorul și Laboratorul de Examinare Post-Iradieră. De asemenea, tot critice sunt și aspectele privind operarea reactorului, precum practicile operaționale pentru reducerea activării materialelor și mentenanța înregistrărilor despre construcția și despre contaminările zonale din reactor.

Obiectivele dezafectării reactorului TRIGA ICN Pitești sunt descrise prin însuși procesul de dezafectare ce cuprinde următoarele etape:

- decontaminarea utilajelor și echipamentelor din instalații, acolo unde este necesar, pentru a putea fi dezasamblate;
- decontaminarea spațiilor de lucru din clădirea reactorului; aceste activități au rolul pregătirii instalației în vederea dezafectării;
- dezasamblarea utilajelor și echipamentelor ce nu sunt contaminate și îndepărtarea lor din zona reactorului;
- dezasamblarea utilajelor după decontaminare și îndepărtarea lor din zona reactorului;
- transportul și condiționarea deșeurilor rezultate la STDR (Stația de Tratare Deșeuri Radioactive) în vederea împachetării acestora pentru transportul spre depozitul final;

- dezasamblarea părților radioactive din instalații și tratarea lor ca deșeuri solide radioactive;
- demolarea sau reutilizarea construcției.
- Există trei stadii de dezafectare aplicabile reactorului TRIGA ICN Pitești:
 - **Stadiul 1 de dezafectare:** starea în care instalația nucleară este oprită definitiv și supravegheată sistematic; combustibilul nuclear este evacuat în totalitate din clădirea instalației nucleare; din clădirea instalației nucleare se pot evacua materiale, echipamente și structuri nenucleare; o parte din sistemele păstrate se reabilitează și se pregătesc în vederea executării lucrărilor propriu-zise de dezafectare; nu se efectuează lucrări de demontare sau îndepărtare a componentelor instalației nucleare.
 - **Stadiul 2 de dezafectare:** starea în care se execută lucrări de dezafectare: decontaminare, demontare, tratare, condiționare, îndepărtare a componentelor din obiectivul nuclear în conformitate cu planul de dezafectare aprobat; instalația nucleară nu atinge nivelurile de eliberare de sub cerințele de autorizare.
 - **Stadiul 3 de dezafectare:** starea în care combustibilul nuclear nu se află pe amplasamentul instalației nucleare; instalația nucleară este adusă la nivelul de eliberare de sub cerințele de autorizare.

Strategia de dezafectare

Conform cu Norma privind cerințele de securitate pentru dezafectarea instalațiilor nucleare și radiologice, NDR-07, strategia de dezafectare poate fi una din următoarele:

- a. dezafectare cu demontare imediată;
- b. dezafectare cu demontare întârziată.

Strategia de dezafectare trebuie să fie în conformitate cu politicile și strategiile naționale ale domeniului nuclear. În situații excepționale, ca urmare a unui accident sever, prin excepție de la strategiile menționate mai sus, poate fi luată în calcul și strategia de îngropare.

Strategia de dezafectare cu demontare imediată este definită ca strategia în care echipamentele, structurile și părți din instalație care sunt contaminate sau conțin materiale radioactive sunt îndepărtate sau decontaminate la niveluri ce permit eliberarea necondiționată de sub regimul de autorizare, eliberarea condiționată de sub regimul de autorizare cu restricții impuse de CNCAN. În acest caz, implementarea activităților de dezafectare începe la scurt timp după închiderea permanentă.

Strategia implică dezafectarea promptă și completă și implică îndepărtarea sau procesarea tuturor materialelor radioactive din instalație într-o altă instalație autorizată fie pentru stocare, fie pentru depozitare definitivă.

Strategia de dezafectare cu demontare întârziată – strategia de dezafectare în care părți din instalație care conțin contaminanți radioactivi sunt fie procesate, fie plasate în astfel de condiții, care să permită stocarea și menținerea în condiții de securitate până când pot fi decontaminate și/sau demontate la niveluri ce permit ca instalația să fie eliberată pentru alte utilizări. Perioada în care acele părți din instalație sunt stocate și menținute se numește perioadă de amânare.

Pentru reactorul TRIGA ICN strategia de dezafectare selectată este cea cu demontare întârziată. Finalizarea acestui stadiu implică și dezafectarea Laboratorului de Examen Post-Iradieră.

12. SISTEMUL DE MANAGEMENT

Sistemul de Management aplicat în exploatarea reactorului TRIGA face parte din Sistemul de Management Integrat - Calitate, Mediu, Securitate și Sănătate în Munca al ICN Pitești, care acoperă toate domeniile de activitate din institut (furnizare produse și servicii, proiectare, cercetare, exploatare instalații nucleare). Sistemul de Management Integrat este descris în *Manualul Sistemului de Management Integrat - Calitate, Mediu, Securitate și Sănătate în Muncă*, cod **MSMI- CMSSM-ICN** și în procedurile aferente.

Sistemul de Management Integrat este elaborat în baza prevederilor Legii 111/1996 “Lege privind desfășurarea în siguranță, reglementarea, autorizarea și controlul activităților nucleare”, republicată, cu modificările și completările ulterioare, a cerințelor normelor de management al calității și a cerințelor **SR EN ISO 9001:2015, SR EN ISO 14001:2015 și SR EN ISO 45001:2023, inclusiv standardul AIEA, GSR Part 2**. În dezvoltarea Sistemului de Management Integrat al ICN au fost luate în considerare și cerințele incluse în ultimele ghiduri ale AIEA privind sistemul de management aplicabil instalațiilor nucleare.

Procesul de exploatare al instalațiilor nucleare este controlat prin procedura cod **EO-AC-07, „Exploatarea instalațiilor nucleare”**, procedura elaborată pe baza prevederilor **Normelor de Management al Calității seria NMC-10, ”Norme privind cerințele specifice pentru sistemele de management al calității pentru exploatarea instalațiilor nucleare”**.

Sistemul de Management aplicat în ICN pentru exploatarea reactorului TRIGA asigură stabilirea și menținerea unei organizări corespunzătoare pentru confirmarea că toate echipamentele și sistemele sunt controlate, întreținute și se funcționează în limitele și condițiile tehnice (LCT) prevăzute în autorizațiile de funcționare și în documentația lor tehnică de proiectare aprobată.

Întregul personal implicat în exploatarea reactorului TRIGA și instalațiilor nucleare are responsabilitatea aplicării prevederilor Sistemului de Management descris în Manualul Sistemului de Management Integrat – Calitate, Mediu, Securitate și Sănătate în Munca și în procedurile la care acesta face referiri.

Conducerea ICN Pitești se asigură ca în toate procesele și activitățile institutului aspectele de securitate nucleară sunt tratate cu prioritate.

Sistemul de management al ICN este utilizat pentru promovarea și sprijinirea unei culturi de securitate nucleară solide prin:

- înțelegerea de către întreg personalul a factorilor care determină cultura de securitate nucleară în cadrul institutului;
- asigurarea mijloacelor prin care sunt sprijiniți angajații și organizația în realizarea sarcinilor care le revin în siguranță și cu succes, luând în considerare interacțiunile dintre indivizi, tehnologii și organizație;

- încurajarea unei atitudini interogative și de învățare continuă la toate nivelurile din institut;
- asigurarea mijloacelor prin care sa se dezvolte și să își îmbunătățească continuu cultura de securitate.

Orice activitate de pregătire (inițială, de bază sau avansată) include elemente specifice privind importanța aspectelor de securitate nucleară și atenția care trebuie acordată acestor aspecte în toate fazele de realizare a unei activități sau a unui proces.

Toate nivelurile de conducere acționează ca model în implementarea aspectelor de securitate prin promovarea atitudinii interogative și de învățare continuă, de înțelegere a modului de funcționare a sistemelor și componentelor instalațiilor nucleare, de semnalare a deficiențelor și participare în identificarea și corectarea cauzelor care le-au generat. Prin aceasta, se asigură un înalt grad de cultură de securitate nucleară în cadrul ICN Pitești.

Evenimentele potențiale care pot avea implicații asupra securității nucleare sunt prompt aduse la cunoștința personalului institutului iar lecțiile învățate din eveniment sunt prevăzute în practicile și procedurile de exploatare.

13. ASIGURAREA RESURSELOR FINANCIARE ȘI UMANE NECESARE PENTRU DESFĂȘURAREA ACTIVITĂȚII

Conducerea RATEN – ICN, prin conținutul declarației de politică de securitate nucleară, se angajează să asigure resursele financiare și umane pentru operarea cu respectarea cerințelor actuale de securitate nucleară, a reactorului TRIGA.

Resursele financiare pentru desfășurarea activităților reactorului sunt asigurate în cea mai mare parte din resurse bugetare prin activitățile de cercetare desfășurate în cadrul programelor de cercetare în care este utilizat reactorul TRIGA.

Reactorul TRIGA a fost și este utilizat la testarea și stabilirea performanțelor combustibilului de tip CANDU în diverse regimuri de operare, regimuri normale și regimuri tranzitorii. Reactorul este, de asemenea utilizat la testarea în câmp de radiații a materialelor de structură folosite în centrala nuclearelectrică.

Fasciculele de neutroni produse în reactorul TRIGA sunt utilizate pentru analiza multi-elementală prin activare cu neutroni, studii pentru dezvoltarea unor tehnologii pentru producerea de radioizotopi pentru medicină, investigarea proprietăților materialelor folosind tehnicile de difracție de neutroni, imagistica folosind neutronii etc.

În reactorul TRIGA se efectuează iradierii pentru testarea și stabilirea performanțelor unor elemente combustibile proiectate a fi utilizate în reactoarele de generație IV în baza unor contracte economice cu parteneri externi.

Tot în baza unor contracte economice, reactorul este utilizat la producerea de surse radioactive folosite la gamma grafia industrială.

14. PREGĂTIREA PERSONALULUI

Personalul cu funcții importante pentru securitatea nucleară împreună cu personalul de operare reactor sunt încadrați în programe de pregătire continuă și de specialitate, și sunt evaluați și autorizați să desfășoare activități de către CNCAN.

Programele de pregătire sunt elaborate la nivel de institut, aprobate de către conducerea RATEN-ICN și de către CNCAN.

Permisele de exercitare sunt emise de către CNCAN pe termen limitat - pentru personalul cu funcții importante pentru securitatea nucleară și pentru operatorii de reactor, pentru o perioadă de trei - cinci ani.

15. PRINCIPALELE MĂSURI DE PLANIFICARE ȘI RĂSPUNS LA URGENȚE

Posibilitatea apariției situațiilor de urgență radiologică este tratată în analizele de securitate, iar programul de radioprotecție include prevederi pentru acțiuni de urgență.

Acestea se realizează prin elaborarea planului de urgență „on-site”, denumit “**Plan de răspuns la urgență nucleară sau radiologică**” cu setul de proceduri de urgență aferente.

Planul și procedurile „on-site” asigură interfața cu planul și procedurile „off site”, care sunt elaborate de Autoritățile Publice Locale și Centrale. Planul de urgență „on-site” este supus aprobării de către CNCAN.

Planul de răspuns la urgență nucleară sau radiologică pentru amplasamentul ICN Pitești descrie aranjamentele (măsurile organizatorice) existente, referitoare la planificarea, pregătirea și răspunsul în caz de urgență nucleară sau radiologică pentru instalațiile nucleare de pe amplasamentul ICN Pitești.

Pe amplasamentul ICN Pitești funcționează următoarele instalații nucleare, în care se desfășoară activități autorizate în domeniul nuclear:

- Reactorul TRIGA;
- Laboratorul de Examinări Post-Iradieră - LEPI;
- Stația de Tratare Deșeuri Radioactive - STDR.

Planul de Urgență se aplică în instalațiile nucleare în care se desfășoară activități autorizate din domeniul nuclear, pe amplasament cât și în exteriorul acestuia, și descrie măsurile necesare pentru controlul situațiilor de urgență, evaluarea și reducerea consecințelor radiologice, în scopul protejării sănătății personalului și a populației, a bunurilor materiale și a mediului.

Documentul stabilește acțiunile de răspuns la urgență întreprinse de ICN Pitești și modalitățile de cooperare a institutului, cu autoritățile competente, locale sau naționale, în etapele de pregătire a răspunsului și de intervenție propriu - zisă.

Obiectivele generale ale Planului de Urgență corespund cerințelor și prevederilor legale pentru:

- Stabilirea dimensiunii și componenței *structurii de răspuns la urgență*;

- stabilirea atribuțiilor și responsabilităților persoanelor din structura de răspuns la urgență;
- identificarea *mijloacelor* de dezvoltare și menținere a capacității de intervenție a personalului din structura de răspuns la urgență;
- limitarea și înlăturarea consecințelor urgențelor radiologice, conform legislației naționale și a recomandărilor AIEA;
- pregătirea continuă și desfășurarea acțiunilor de răspuns la urgență.

Tipurile de urgențe luate în considerare pentru instalațiile ICN sunt clasificate după cum urmează:

1. Alertă;
2. Urgență în Instalația Nucleară;
3. Urgență pe Amplasament;
4. Urgență Generală (Urgență în afara Amplasamentului).

În funcție de tipul urgenței și de faza de desfășurare a acesteia, la reactorul TRIGA sunt stabilite două structuri de răspuns:

- Organizația de Răspuns la urgență pentru modul „Normal”, „Alertă” sau „Urgență”;
- Organizația de Răspuns la urgență pentru modul „Răspuns Complet”.

Zonele de planificare în cazul unei situații de urgență nucleară sau radiologică pentru amplasamentul ICN Pitești, caracteristice categoriei de pregătire pentru urgență II au fost definite în plan după cum urmează:

A. Zona de planificare a acțiunilor urgente de protecție (UPZ)

PENTRU ICN PITEȘTI, ZONA PENTRU ACȚIUNI PROTECTIVE DE URGENȚĂ SE ÎNTINDE PE O RAZĂ DE 1.5 KM FAȚĂ DE CLĂDIRIA REACTORULUI.

B. Distanța de planificare extinsă (EPD)

PENTRU ICN PITEȘTI, DISTANȚA DE PLANIFICARE EXTINSĂ (EPD) ESTE ZONA CARE SE EXTINDE DINCOLO DE UPZ (1.5 km în jurul clădirii reactorului) PÂNĂ LA O DISTANȚĂ DE 5 KM ÎN JURUL CLĂDIRII REACTORULUI.

C. Distanța de planificare pentru restricția produselor alimentare și nealimentare (ICPD).

PENTRU ICN PITEȘTI, DISTANȚA DE PLANIFICARE PENTRU RESTRICȚIA PRODUSELOR ALIMENTARE și NEALIMENTARE (ICPD) ESTE ZONA CARE SE EXTINDE DINCOLO DE EPD (5 km în jurul clădirii reactorului) PÂNĂ LA O DISTANȚĂ DE 15 KM ÎN JURUL CLĂDIRII REACTORULUI.

Planul și procedurile sunt exersate cu regularitate, pentru a menține capacitatea de răspuns și pentru a verifica aspectele legate de corelarea acțiunilor prevăzute în cadrul acestora și de disponibilitatea resurselor necesare.

Personalul de la reactorul TRIGA este special pregătit pentru răspuns la situații de urgență. În programul de pregătire la urgență sunt postulate evenimente care se pot produce în timpul operării reactorului. Pentru evenimentele postulate sunt elaborate proceduri pentru acționarea în situațiile create. Pentru aceasta personalul Secției Reactor participă la minim trei exerciții pe an. Pentru fiecare exercițiu este întocmit *“Planul desfășurării exercițiului de intervenție în situații de urgență la reactorul TRIGA cu tema:”*.

În acest plan sunt definite clar: Scopul, Domeniul, Obiectivele specifice, Îndrumări și reguli de baza pentru participanți, Limitele de competență pentru participanți, Lista persoanelor implicate, Personalul desemnat pentru controlul și evaluarea exercițiului, Scenariul exercițiului.

Planul este vizat de șeful secției și aprobat de către directorul RATEN-ICN.

Planificarea anuală pentru situații de urgență este transmisă la CNCAN o dată cu raportul anual de exploatare al reactorului.

Concluziile rezultate în urma desfășurării exercițiilor sunt prezentate personalului Secției, în cadrul programului de utilizare a experienței dobândite.

16. PROTECȚIA FIZICĂ ȘI SISTEMUL DE GARANȚII NUCLEARE

16.1. Sistemul de protecție fizică

Informațiile privind măsurile de protecție fizică ale reactorului sunt clasificate și sunt protejate conform legislației în vigoare.

Sistemul de Protecție Fizică al Reactorului de cercetare TRIGA asigură funcțiile prevăzute în normele CNCAN NPF-01.

Platforma ICN este asigurată cu un gard ce definește zona controlată, instalațiile nucleare majore – Reactorul de Cercetare și Laboratorul Examinare Post-Iradieră se află în interiorul unei zone protejate înconjurată de barieră fizică și asigurată cu mijloace pentru detecția intruziunii și evaluarea alarmelor. În clădirea reactorului este definită o arie interioară și o arie vitală. În interiorul zonei controlate se află forța de răspuns.

Funcționarea Sistemului de Protecție Fizică se bazează pe un set de proceduri: proceduri pentru controlul accesului și circulației persoanelor în zona controlată, în zona protejată, accesul vizitatorilor, accesul contractorilor; proceduri pentru accesul auto în zona controlată; proceduri pentru inspecții periodice, teste și întreținere.

Funcția Răspuns este efectuată de IJJ Argeș prin Detașamentul de Jandarmi ICN.

Sistemul de Protecție Fizică pentru instalațiile și materialele nucleare de la ICN respectă cerințele normelor și ghidurilor CNCAN.

Acest sistem este rezultatul cooperării internaționale organizat sub auspiciile AIEA, în care Sandia National Laboratories - SUA, Directorate of Civil Nuclear Security - Marea Britanie,

misiunile experților AIEA și Guvernul României împreună cu CNCAN, au adus contribuții la realizarea unui sistem modern și eficient.

16.2. Sistemul de garanții nucleare

În conformitate cu prevederile legale în vigoare, responsabilitatea instituirii, punerii în funcțiune și menținerii sistemului de control de garanții nucleare pentru zona de bilanț material a ICN Pitești revine titularului de autorizație. În RATEN - ICN este stabilit și implementat un sistem de control de garanții care are ca scop ținerea evidenței și circulației materialelor nucleare.

Bazele legale care stau la baza controlului de garanții sunt:

- Tratatul internațional / acorduri / recomandări:
 - Tratatul EURATOM (Capitolul 7)
 - Acordul multilateral dintre AIEA, EURATOM și statele membre (Statele membre care nu posedă arme nucleare)
 - INFCIRC/193/Add.8 Pentru statele ne deținătoare de arme nucleare.
 - Regulamentul comisiei (Euratom) No. 302/2005 de aplicare a controlului de garanțiilor nucleare
 - Recomandarea Comisiei din 2005 privind ghidurile de aplicare a Regulamentului (EURATOM) No.302/2005 privind aplicarea garanțiilor EURATOM.
- Legislația națională:
 - Legea 111 / 1996, republicată, cu modificările și completările ulterioare
 - Norma CNCAN NGN-01/2001 – „Normele de control de garanții în domeniul nuclear”.

În RATEN ICN este stabilit un Sistem de Evidență Contabilă a Materialelor Nucleare (NMAC) care permite cunoașterea în orice moment cantitățile exacte, tipurile și locul unde se află materialele nucleare (inclusiv combustibilul nuclear proaspăt și uzat). Sistemul NMAC include înregistrări pentru operare, înregistrări contabile și rapoarte contabile bazate pe documente suport.

Zona aferentă reactoarelor TRIGA cuprinde următoarele trei puncte principale de măsură. Sistemul intern de evidență și control al materialelor nucleare aferent reactoarelor TRIGA cuprinde:

- *înregistrări contabile* pentru variațiile de inventar apărute pentru fiecare punct de măsură principal (având la baza documente suport pentru fiecare tip de înregistrare).

Înregistrările contabile se păstrează pe suport de hârtie sub forma unor registre de evidență și mișcare a materialelor nucleare, și în format electronic într-o bază de date construită în Access și în format Excel.

În baza de date precum și în registre se completează toate variațiile de inventar care apar în cadrul zonei de bilanț, astfel încât în orice moment să se poată cunoaște inventarul scriptic și fizic al materialelor nucleare existente (liste de inventar cu materialele nucleare deținute). Acestea sunt puse la dispoziția inspectorilor CNCAN, Euratom și AIEA pentru verificare cu ocazia efectuării inspecțiilor anuale de verificare a inventarului fizic de materiale nucleare sau în cazul inspecțiilor speciale.

➤ *rapoarte contabile și speciale.*

Rapoartele contabile conțin informații disponibile la data raportării și pot fi corectate ulterior, după caz, în conformitate cu prevederile legale în vigoare. Responsabilul cu controlul de garanții nucleare întocmește și transmite următoarele tipuri de rapoarte: rapoarte privind variațiile stocurilor sau rapoarte asupra variațiilor de inventar (ICR – se transmite lunar Comisiei Europene); rapoarte de bilanț material (MBR) și situația stocurilor fizice (PIL) – se transmit o dată pe an Comisiei Europene.

Rapoartele contabile se transmit Comisiei Europene în format electronic, folosindu-se programul ENMAS LIGHT, cu excepția cazului în care Comisia solicită altfel. Rapoartele contabile se transmit în copie, anual, pe suport electronic (CD sau DVD) la CNCAN, la începutul fiecărui an calendaristic, prezentând-se situația transmisă la EURATOM pentru anul anterior.

Rapoartele speciale se întocmesc ori de câte ori apar împrejurările specifice întocmirii acestor tipuri de rapoarte, în conformitate cu prevederile legale în vigoare. Acestea se întocmesc de către responsabilul Garanții Nucleare din ICN Pitești, sunt aprobate de către Directorul ICN Pitești și se transmit la EURATOM pe suport de hârtie prin intermediul Ministerului Afacerilor Externe și la CNCAN (copie).

Activitatea de garanții nucleare este controlată și verificată de către inspectorii ai CNCAN, Euratom și AIEA.

16.3. Protecția împotriva amenințărilor cibernetice

16.3.1 Sistemul de protecție al reactorului TRIGA SSR

Este izolat fizic și funcțional de sistemul de control - comandă al reactorului TRIGA SSR și este tip hardware în totalitate.

Sistemul de protecție al reactorului este instalat în camera de comandă a reactorului, în care există personal de operare în permanență.

Acest sistem este instalat în rack-uri industriale, iar accesul fizic la componente este restricționat la personalul care deține cheile de acces.

Parametrii mășurați de bucele de măsură ale sistemului sunt afișați local și transmiși pentru afișarea pe display-urile sistemului de control - comandă (consola de operare) prin intermediul unor izolatori analogici.

16.3.2 Sistemul de control - comandă al reactorului TRIGA SSR (consola de operare)

Este izolat fizic și funcțional de sistemul de protecție al reactorului TRIGA SSR și conține componente hardware și software special. Pentru afișarea parametrilor, afișarea alarmelor, realizarea interblocărilor, este utilizat un software aplicație.

Serverul de date care deservește reactorul TRIGA și sistemele aferente *nu* este conectat la Internet.

Accesul la sistemul de control - comandă al reactorului este parolat și este partajat pe nivele de acces.

În funcție de parolă, utilizatorul poate avea acces la funcțiile specifice pentru: operator de reactor, șef de tură, administrator de sistem sau fizician de zonă (ZA).

Calculatorul industrial *nu are* instalată placă de rețea; datele stocate în calculatorul sistemului pot fi salvate doar pe CD/DVD, porturile USB fiind dezactivate; accesul la unitatea DVD/RW este restricționat fizic (cheie de acces).

16.3.3 Sistemele de control - comandă ale circuitelor / sistemelor aferente reactorului TRIGA

Aceste sisteme conțin componente hardware și software industrial. Pentru afișarea parametrilor și a stării instalațiilor, se utilizează un software aplicație dezvoltat de furnizorul sistemului.

Transmiterea parametrilor de proces se face prin intermediul a 2 routere, unul plasat în camera de comandă a circuitelor de ventilație și purificare, în tabloul circuitului de purificare a agentului de răcire, cel de-al doilea fiind plasat în camera de comandă a reactoarelor, în tabloul de control - comandă a circuitului primar de răcire.

În cele două camere există în permanență personal de operare, iar accesul la routere este restricționat fizic la personalul care deține cheile de acces la dulapuri.

16.3.4 Sistemul de detecție a evenimentelor seismice, alarmare operator de reactor și declanșare reactor TRIGA - SSR

Sistemul este alcătuit din:

1. Calculator industrial pentru achiziția datelor provenite de la detectorul de seismicitate amplasat în zona Vrancea, prelucrare și afișare date, pe care sunt instalate aplicații dezvoltate de INCDFP - Măgurele;
2. Interfața de alarmare și blocare.

Cele două componente ale sistemului sunt conectate la echipamentele Institutului National pentru Fizica Pământului (INCDFP) Măgurele, de unde se primesc datele necesare alarmării și declanșării reactorului la apariția unui eveniment seismic important (major). Comunicația cu INCDFP este asigurată de o linie securizată de S.T.S..

16.3.5 Serverele de achiziție date de la sistemele de control-comanda ale circuitelor/sistemelor aferente reactorului TRIGA SSR și de transmitere date în INTRANET și la CNCAN

Sunt calculatoare de proces, care preiau parametrii mășurați în instalații, îi stochează și îi transmit:

- spre Biroul de achiziție date, în vederea prelucrării și tipării;

- spre responsabilii de instalații, prin Intranet, pentru vizualizare on-line a parametrilor de interes;
- spre CNCAN, printr-o linie securizată, pentru vizualizare on-line a parametrilor.

La o analiză a vulnerabilității cibernetice, putem considera că sistemele descrise anterior sunt imune la acțiuni externe, deoarece:

- Rețeaua de date prin care sunt interconectate aceste sisteme nu are nici o legătură fizică în afara *Secției S 2 Reactor*;
- Sistemele descrise anterior sunt încorporate în tablouri de control - comandă, închise cu cheie. În plus, aceste tablouri de control - comandă sunt amplasate în camere de control - comandă în care există personal operator în permanență.
- Accesul la setările pragurilor parametrilor de lucru se face pe baza de „user” și parolă, la nivel de administrator de sistem;
- Accesul la interfața de operare (control - comandă) se face pe baza de „user” și parolă, la nivel de utilizator; fiecare operator are parola sa;
- Singurele sisteme care comunică cu exteriorul sunt sistemul de avertizare și acționare seismică și cel de transmitere date de operare către CNCAN.

Primul sistem primește date seismice de la Camera de Veghe a INCD-FP Măgurele pe o linie securizată, precum și un semnal de oprire a funcționării reactorului, atunci când evenimentul seismic detectat în zona Vrancea depășește o valoare de prag. În acest caz, orice acțiune malițioasă conduce la oprirea în siguranță a reactorului.

Al doilea sistem transmite parametri de operare de la toate sistemele de protecție și de control - comandă către CNCAN București, pe o linie securizată de S.T.S.

17. CONCLUZIILE ANALIZEI CONFORMITĂȚII CU LEGISLAȚIA ȘI NORMATIVELE ÎN VIGOARE

Raportul final de securitate a fost întocmit în conformitate cu prevederile „Ghidului privind formatul cadru și conținutul raportului final de securitate nucleară pentru reactoarele de cercetare” (GSN 05) și s-a ținut, de asemenea, cont de recomandările din ghidul AIEA,

- SSG-20 „Safety Assessment for Research Reactors and Preparation of the Safety Analysis Report”.

Reactorul TRIGA14MW este operat în baza Autorizației de Exploatare Nr. ICN-01/2019 valabilă până în data de 30.11.2024.

Autorizația a fost emisă de către CNCAN pe baza documentației întocmite de către RATEN ICN în conformitate cu prevederile normei CNCAN NSN-22, „Norme privind autorizarea instalațiilor nucleare”.

Înainte de emiterea autorizației reprezentanții CNCAN au efectuat inspecții în instalație pentru a constata modul în care sunt respectate limitele și condițiile tehnice de operare în conformitate cu:

- NSN-05, „Norme de securitate nucleara privind limitele și condițiile tehnice de operare pentru instalațiile nucleare”,
- starea instalației, modul de îndeplinire al dispozițiilor din procesele verbale de control ale CNCAN etc.

Toate opririle neprogramate ale reactorului au fost raportate la CNCAN în conformitate cu prevederile normelor:

- NSN-18 „Norme de securitate nucleara privind înregistrarea, raportarea, analiza evenimentelor și utilizarea experienței de exploatare pentru instalațiile nucleare” și
- GSN-08 „Ghid de securitate nucleara privind evaluarea instalației nucleare pentru repornire după opririle neprogramate”.

Starea instalației nucleare *Reactor TRIGA 14 MW* a fost urmărită conform prevederilor reglementării:

- NSN-17 „Norme de securitate nucleara privind managementul îmbătrânirii pentru instalațiile nucleare” și NSN-16 „Norme de securitate nucleara privind supravegherea, testarea și inspecțiile în exploatare pentru instalațiile nucleare”.

Pe durata valabilității autorizației de exploatare nu au fost înregistrate evenimente care să aibă consecințe în ceea ce privește expunerea la radiații a personalului expus profesional, a populației, a mediului conform cu normele:

- „Norme privind cerințele de baza de securitate radiologica”, NSR-22
- „Norme privind monitorizarea mediului în vecinătatea unei instalații nucleare sau radiologice” și
- „Norme privind calculul dispersiei efluenților radioactivi evacuați în mediu de instalațiile nucleare”, NSR-23.