



WP1-L1.2
Raport privind definirea conceptuala a
instalatiei ELF
Pachet de Lucru: WP1
Activitatea: A1.1-2

Responsabil livrabil: Marin CONSTANTIN (RATEN)
Autori: Marin CONSTANTIN (RATEN)
Marian HOROROI (RATEN)

Termen: 25.11.2019

Proiectul PRO ALFRED este finantat de Ministerul Cercetarii si Inovarii prin Sub-Programul 5.5 – Program de cercetare, dezvoltare si inovare pentru reactori de Generatia a IV-a - ALFRED, Contract 5/18.09.2019

Avize si semnături			
Functia	Nume	Data	Semnatura
Șef compartiment MC	Doru SAVU		
Director Științific:	Alexandru TOMA		
Director/Responsabil Proiect:	Daniela DIACONU		
Responsabil Pachet de Lucru	Marin CONSTANTIN		
Responsabil Livrabil	Marin CONSTANTIN		
Autori:	Marin CONSTANTIN		
	Marian HOROROI		

CUPRINS

Rezumat.....	4
1. Introducere	5
2. Scop si obiective.....	8
3. Necesitatea si oportunitatea realizării investiției.....	9
4. Fenomenologie investigata.....	10
5. Rezultate aşteptate.....	17
6. Performante tehnice.....	18
7. Structura conceptuala	19
8. Elemente de investigație pentru proiectul conceptual.....	25
9. Recomandări.....	26
10. Concluzii	27
11. Referinte.....	28
Anexa – Tema de proiectare.....	29
Glosar	40

Rezumat

Prezentul raport conține elementele de definire conceptuală pentru instalația ELF. Aceasta este o instalație tip piscină, cu plumb pur, operată în regim de circulație naturală sau forțată și este destinată testelor de durabilitate pentru funcționarea componentelor, echipamentelor și sistemelor aferente reactorului de demonstrație ALFRED, precum și a măsurării caracteristicilor de fiabilitate. Elementele prezentate sunt cerințe pentru activitatea de proiectare conceptuală. Pe baza proiectului conceptual se va realiza studiul de fezabilitate.

Raportul prezintă într-o secțiune separată fenomenologia investigată, indicând elementele de investigație experimentală necesare pentru dezvoltarea tehnologiei LFR și implementarea demonstratorului ALFRED. Rezultatele așteptate și performanțele tehnice solicitate sunt de asemenea prezentate în secțiuni dedicate. Raportul prezintă structura conceptuală a instalației experimentale. De asemenea sunt formulate recomandări pentru elaborarea proiectului conceptual și concluzii.

1. Introducere

În ultimii ani au fost depuse eforturi importante pentru dezvoltarea unor sisteme nucleare inovative (de Generație IV, GenIV [1] orientate către: (1) creșterea gradului de securitate, (2) creșterea eficienței utilizării resurselor, (3) reciclarea combustibilului, (4) reducerea volumului și toxicității deșeurilor, (5) competitivitate economică înaltă.

Forumul Internațional GenIV [1] a selectat 6 sisteme care pot atinge obiectivele, între acestea tehnologia reactorilor rapizi răciți cu plumb, LFR (Lead Fast Reactor). Comisia Europeană susține dezvoltarea LFR și a inclus demonstratorul tehnologiei (reactorul ALFRED [2]) în documentele sale strategice SET Plan [3], SNETP Strategic Agenda [4], ESNII Roadmap [5]. În martie 2018, în urma analizei maturității tehnologice [6], Comitetul Executiv ESNII a avansat ALFRED în prima linie de priorități, prevăzând construcția acestuia până în 2028.

Infrastructura ALFRED constă în [7]:

- (1) Reactorul de demonstrație a viabilității tehnice și economice a tehnologiei reactorilor cu neutroni rapizi, răciți cu plumb (LFR, Lead Fast Reactors), ALFRED
- (2) Un set de 6 instalații experimentale (infrastructura suport) destinate susținerii activităților de autorizare, precum și a celor de cercetare-dezvoltare-inovare în tehnologia LFR. În acest sens sunt vizate activități de testare, demonstrare, calificare a componentelor LFR, precum și validării și verificării instrumentelor/metodologiilor de calcul.
- (3) realizarea unui centru de coordonare (Hub).

Instalațiile experimentale suport sunt destinate realizării de cercetări specifice tehnologiei LFR (regimuri termohidraulice, controlul chimic al oxigenului și impurităților, comportarea materialelor în regimuri de coroziune și eroziune, transportul elementelor și speciilor chimice în mediu de plumb topit și în gazul de acoperire, precum și testării, demonstrării și calificării componentelor LFR, a validării și verificării instrumentelor/metodologiilor de calcul. Sunt vizate, pe de altă parte, cercetări sinergice cu alte domenii (precum folosirea sistemelor LFR pentru stocare energetică).

În cadrul infrastructurii suport vor fi proiectate și realizate următoarele instalații experimentale:

- (1) ATHENA,
- (2) ChemLab,
- (3) HELENA2,
- (4) ELF,
- (5) HansdON,
- (6) Meltin'Pot.

ATHENA și ChemLab sunt două instalații experimentale cuplate. ATHENA este o instalație de tip piscină destinată testării regimurilor termohidraulice în volume mari



de plumb, precum si comportării echipamentelor in regim de curgere, coroziune si eroziune).

ChemLab este un laborator dedicat investigării chimiei plumbului si gazului de acoperire. El dispune de instalații si aparatura specifica de analiza. Laboratorul va acoperi cerințele de investigații chimice in tehnologia LFR, deservind întreg clusterul de instalații experimentale suport. Din punct de vedere al activităților principale ChemLab va funcționa in mod cuplat cu instalația ATHENA. Din acest motiv, precum si pentru reducerea costurilor de investiție si a celor de operare ATHENA si ChemLab au fost proiectate sa fie realizate într-o clădire unica.

Cele doua instalații nu fac obiectul documentațiilor tehnice propuse sa fie realizate in cadrul pachetului 1 al proiectului PRO-ALFRED, deoarece documentația tehnica a fost elaborată anterior, prin eforturi ale parteneriatului internațional FALCO (consorțiul pentru implementarea ALFRED in Romania). Cele doua instalații au fost propuse in cadrul unui proiect comun pentru finanțare in cadrul POC, secțiunea „Mari infrastructuri de cercetare”. Proiectul este intitulat „ALFRED – Etapa 1 ATHENA si ChemLab” (ATHENA- Instalația Avansată pentru Experimente Termohidraulice în Aplicații Nucleare, ChemLab - Laboratorul Chimic LFR). In momentul de fata proiectul se afla in procesul de evaluare tehnica si financiara in cadrul POC.

In cadrul proiectului PRO-ALFRED, pachetul de lucru WP1, va fi realizata documentația tehnica pentru instalațiile: HELENA2, ELF, Melting’Pot, HandsON, precum si pentru centrul de coordonare (Hub).

Documentația va consta in:

- (1) elemente de definire pre-conceptuala (pentru HELENA2, ELF, Melting’Pot, HandsON si Hub),
- (2) proiecte conceptuale (pentru HELENA2, ELF si Hub)
- (3) studii de fezabilitate (pentru HELENA2 si ELF).

Tot in cadrul pachetului WP1 va fi investigata posibilitatea de amplasare optima a instalațiilor experimentale, reactorului de demonstrație ALFRED, precum si a centrului de coordonare, pe platforma nucleara de la Mioveni, având in vedere suprafețele de teren propice construcțiilor si disponibile, proximitatea utilităților, precum si ansamblul de instalații nucleare existente pe platforma.

O prezentare sintetica a ansamblului de instalații experimentale si a centrului de coordonare este conținută in Tabelul 1.1.

Tabelul 1.1 Prezentare sintetica a instalațiilor experimentale din proiectul PRO-ALFRED si a Centrului de Coordonare

	Obiectivul de investiție	Rol si funcționalitate
1	HELENA2, Instalație de tip bucla pentru testarea componentelor in diverse regimuri termohidraulice	- testarea comportării casetelor de combustibil, precum si a barelor de control din reactorii nucleari de tip LFR, - investigarea comportării componentelor si echipamentelor (spre exemplu pompe si vane) in regimuri termohidraulice de



		curgere forțată si curgere naturala, inclusiv testarea la coroziune. - testarea, la scara reala, a comportării casetelor de combustibil pentru demonstratorul ALFRED in regimurile specifice de curgere.
2	ELF, Instalație de tip piscina pentru realizarea testelor de anduranță pentru componente, echipamente, sisteme LFR	- simulare electrica a zonei active ALFRED pentru reprezentarea termohidraulica la o scara cat mai apropiata de cea reala, - realizarea de teste de anduranță pentru funcționarea componentelor, echipamentelor si sistemelor aferente reactorului de demonstrație ALFRED, precum si măsurarea caracteristicilor de fiabilitate
3	HandsON, Instalație pentru testarea manevrabilității casetelor de combustibil si a barelor de control si securitate	- manipularea casetelor de combustibil si a castelor conținând elementele de control-comanda si de securitate, precum si a casetelor de reflector la scara reala a demonstratorului ALFRED - testarea funcționarii sistemului de transfer a combustibilului ars prin intermediul containerului si al ecluzei de transfer
4	Meltin’Pot, Instalație pentru investigarea transportului de produși de fisiune si a fragmentarii combustibilului intrat in contact cu plumbul lichid	- investigarea fenomenologiei asociate accidentelor severe in sisteme nucleare cu neutroni rapizi si răcire cu plumb pur - obținerea de date experimentale despre depozitarea produșilor de fisiune in plumb si pe materialele structurale, precum si despre transferul in gazul de acoperire - investigarea fenomenologiei interacțiune a pastilelor de combustibil cu plumbul topit si obținerea de date experimentale privind transportul fragmentelor si formarea de configurații stabile
5	Hub, Centrul de Coordonare	- găzduirea logisticii pentru management in acces deschis si a activităților de educație si formare

Prezentul raport este dedicat prezentării rezultatelor studiului de definire a elementelor de baza pentru demararea activităților de realizare a proiectului conceptual, pentru instalația experimentală **ELF**.



2. Scop si obiective

ELF este o instalație experimentală de tip piscină cu plumb pur, operată în regim de circulație naturală sau forțată, destinată **testelor de duranță** pentru funcționarea componentelor, echipamentelor și sistemelor aferente reactorului de demonstrație ALFRED, precum și a măsurării caracteristicilor de fiabilitate.

Scopul instalației experimentale ELF este de a realiza toate testele de duranță care să demonstreze funcționalitatea, pe termen lung, la nivelul parametrilor operaționali proiectați, a principalelor echipamente și sisteme ale reactorului de demonstrație ALFRED.

Obiectivele ELF constau în:

- (O1) **realizarea unei instalații capabile**, prin încălzire electrică a zonei active, **să simuleze în întregime regimurile de lucru ale reactorului ALFRED**, în condiții de stabilitate și control complet, pe termen lung,
- (O2) folosirea instalației pentru **testarea în regim de duranță a principalelor echipamente** (pompe de circulație în primar, generatori de abur, sistemul DHR, etc.) în vederea demonstrării capacităților de funcționare a acestora, pe termen lung, în domeniul operațional proiectat,
- (O3) **investigarea comportării, pe termen lung, a materialelor și acoperirilor.**

Zona activă va fi simulată prin încălzire electrică (elemente combustibile simulate), Domeniul de temperatură, viteza de curgere a plumbului lichid, conținutul de oxigen sunt cele specifice tehnologiei LFR și ALFRED vor fi simulate un număr reprezentativ de casete, bare de control și bare de securitate.

3. Necesitatea si oportunitatea realizării investiției

Infrastructura ALFRED este caracterizata de o înaltă complexitate si specializare. Este destinata dezvoltării tehnologice. Rezultatele sunt aplicabile direct in tehnologie si se pretează în măsură foarte mare pentru transfer tehnologic.

In momentul de față experimentele realizate pentru tehnologia LFR sunt efectuate la scara de laborator. Pentru parcurgerea procesului de autorizare sunt necesare teste, demonstrații, încercări la scara 1:1 a componentelor, echipamentelor si sistemelor importante.

Realizarea testelor de duranță este o etapa obligatorie in calificarea unor echipamente si sisteme nucleare. Implementarea demonstratorului ALFRED in Romania presupune parcurgerea tuturor etapelor de autorizare cerute de legislația si reglementările existente.

Instalația experimentală ELF este destinata acoperirii următoarelor **necesități**:

- (1) Testarea la scara reala 1:1 a funcționării echipamentelor principale ale reactorului de abur: pompe, generatori de abur, schimbătorii de căldura DHR,
- (2) Testarea comportării materialelor si componentelor in regimul de curgere din ALFRED (circulație forțată realizata prin intermediul pompelor, respectiv circulație naturala in regim de oprire a pompelor) pe termen lung,
- (3) Testarea, pe termen lung, a acoperirilor materialelor, pe măsura dezvoltării acestora in cadrul tehnologiei LFR,
- (4) Testarea unor noi materiale, demonstrarea capabilităților acestora de a-si menține integritatea structurala si proprietățile pe termen lung
- (5) Investigarea efectelor produse, pe termen lung, de stratificarea agentului de răcire.

Oportunitatea susținerii investiției este determinata de:

- (1) Existenta unui program de activități pregătitoare pentru implementarea reactorului de demonstrație ALFRED in Romania,
- (2) Acumularea de experiența in domeniul operării instalațiilor experimentale, inclusiv a celor pentru LFR, in RATEN ICN,
- (3) Posibilitatea de accesare a fondurilor nerambursabile, dedicate dezvoltării infrastructurilor de cercetare din Romania,
- (4) Impactul imediat pe care il poate aduce un program de investigații tehnico-științifice, in condițiile oportunităților existente pe piața privind dezvoltarea sistemelor de Generație IV.



4. Fenomenologie investigata

Realizarea reactorului ALFRED are ca obiectiv principal demonstrarea viabilității tehnice a filierei LFR, precum și a celei economice, în condițiile care caracterizează piețele actuale/prognozate (pe termen mediu) de energie.

Pe de altă parte, strategia de dezvoltare a LFR și a demonstratorului ALFRED include obiectivul secundar al demonstrării caracteristicilor unui reactor mic modular (SMR).

În Tabelul 4.1 sunt prezentate principalele caracteristici tehnice ale demonstratorului ALFRED.

Tabelul 4.1 Principalele caracteristici tehnice ale demonstratorului ALFRED

Putere termică [MW _{th}]	300
Putere electrică [MW _e]	125
Agent de răcire (circuit primar)	Plumb pur
Sistemul primar	Tip piscină, compact
Circulația agentului de răcire în primar: - operare normal - situații de urgență	Circulație forțată Circulație naturală
Viteza maximă de circulație a plumbului [m/s]	2
Temperatura de intrare (zona activă) [°C]	400
Temperatura de intrare în generatorul de abur [°C]	480
Ciclul de răcire în secundar	Apa - abur supraîncălzit
Temperatura apei de alimentare (feed-water) [°C]	335
Presiunea aburului [(MPa)]	18
Eficiența ciclului [%]	40
Deteriorarea structurală maximă, DPA maxim [dpa]	2
Tip combustibil	MOX (imbog.max Pu 30%)
Grad de ardere maxim la descărcare [MWd/kg-HM]	90÷100
Deteriorarea maximă a tecilor prin interacțiunea cu neutronii [dpa]	100
Temperatura maximă a tecii la operare normală [°C]	550

În Fig. 4.1 este prezentată schema de concept a reactorului ALFRED. Acesta are un grad de compactitate ridicat, datorită structurii caracteristice unui reactor cu neutroni rapizi și, totodată, datorită simplificării circuitului primar prin alegerea configurației de tip piscină și prin inserarea generatorilor de abur direct în plumbul din vasul reactorului.

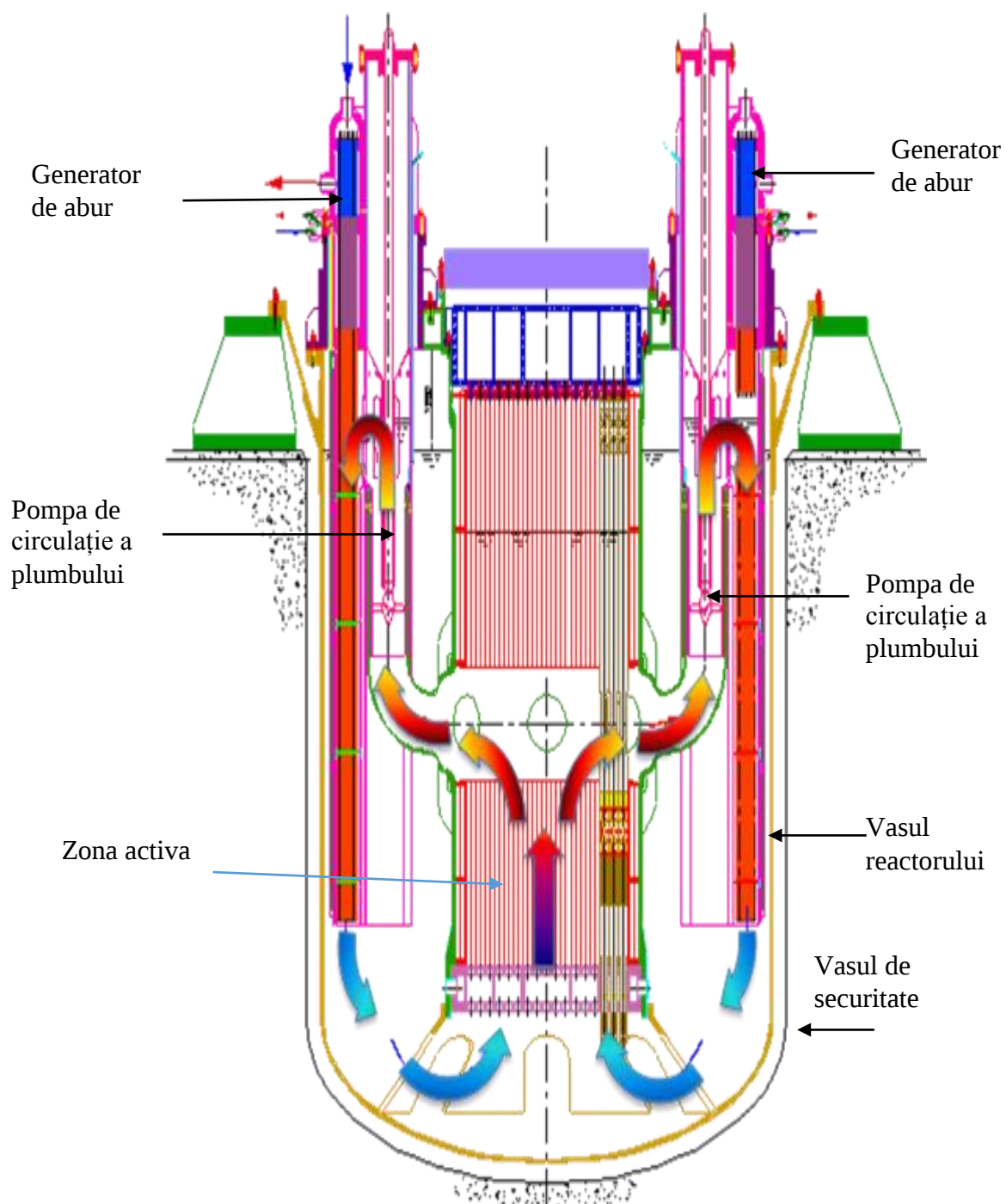


Fig. 4.1 Reprezentare simplificata a reactorului ALFRED

Configurația sistemului primar este de tip piscina, caracterizata de o geometrie compacta cu generatorii de abur direct inserați in plumbul topit din piscina. Fiecare generator de abur este prevăzut cu o pompa de circulație forțată a agentului de răcire.

Circuitul primar este simplu si are in componenta următoarele structuri: (1) riser, (2) pompa, (3) generator abur, (4) downcomer. Configurația favorizează circulația naturala in cazul opririi accidentale a pompelor.

Piscina este formata dintr-un vas cilindric (numit vasul reactorului, RV) având partea inferioara toro-sferica. Vasul este ancorat de cavitatea reactorului prin suportul de vas aflat in partea superioara.

Un al doilea vas (numit vasul de securitate, SV) este situat coaxial cu RV si solidar cu structura de beton a cavității reactorului. Intre RV si SV este prevăzut un interstițiu suficient de mare pentru realizarea activităților de inspecție (ISI). De asemenea, prin intermediul interstițiului vasul SV poate fi răcit de către același sistem care răcește structura de beton a cavității. Sistemul este inserat in beton si este independent de sistemul de răcire al reactorului. Prezenta RV si SV este gândita sa rezolve eventualitatea scurgerilor plumbului lichid din RV in cazul fisurării acestuia. Scurgerile vor fi reținute in SV, prevenind scăderea nivelului plumbului lichid in RV.

Circulația plumbului are loc ascendent prin zona activa, fiind stimulata de pompele de tip centrifugal care antrenează plumbul, precum si de configurația geometrica favorizând circulația naturala.

Plumbul intra ca ,plumb fierbinte' prin orificiile inferioare ale casetei in sunbcanalele de curgere si iese in zona pompelor, fiind împins in generatorii de abur. Aici pierde o parte din energie si coboară către partea inferioara a RV, ca ,plumb mai rece'. In Fig. 4.1 circulația ,plumbului mai fierbinte' este reprezentata prin săgeți roșii, in vreme ce circulația ,plumbului mai rece' este reprezentata cu săgeți albastre.

Prin urmare la nivel de caseta plumbul mai rece intra prin partea inferioara, preia căldură evacuata de combustibilul nuclear, si iese ca plumb cald in zona de pompe.

Zona activa este bazata pe casete de tip hexagonal specifice reactorilor cu neutroni rapizi (Fig. 4.2).

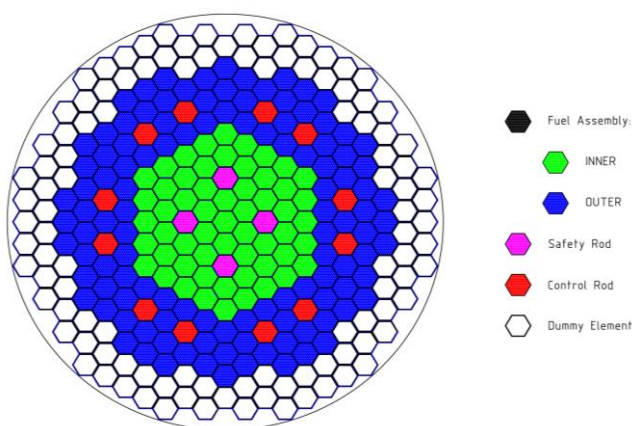


Fig. 4.2 ALFRED –configurația zonei active

Structurarea zonei active in zona interioara (de îmbogățire mai mica) si cea exterioara (de îmbogățire mai mare) este prezentata in Fig. 4.3. La periferia zonei active sunt așezate casetele de reflector in scopul menținerii neutronilor in domeniul geometric al zonei active. In Tabelul 4.2 sunt prezentate principalele caracteristici ale zonei active.

Din punct de vedere al opririi reactorului, ALFRED este echipat cu doua sisteme diferite, redundante:



- (1) sistemul de bare de control (CR) utilizate pentru controlul normal al reactorului (pornire, oprire, controlul reactivității în timpul ciclului de combustibil), precum și pentru oprirea în caz de urgență (SCRAM),
- (2) sistemul de bare de securitate (SR) utilizat doar pentru SCRAM.

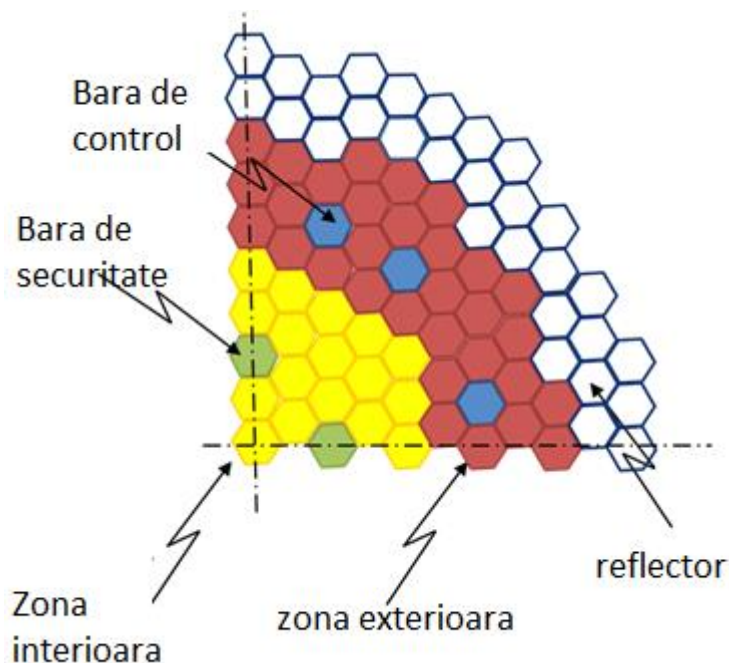


Fig. 4.3 Structurarea radială a zonei active a reactorului ALFRED

Tabelul 4.2 Caracteristicile principale ale zonei active a reactorului ALFRED

Casete de combustibil	171
Zona interioară	57
Zona exterioară	114
Combustibil	MOX
Îmbogățirea în Pu (zona interioară/exterioară)	21.7/27.8
Bare de control/oprire	12
Bare de securitate	4
Casete de reflector	110
Intervalul de manevrare al casetelor	1 an
Ciclul unei încărcături în reactor	5 ani

Pentru ambele sisteme materialul absorbant utilizat este B₄C îmbogățit în B-10 (90%), iar tuburile de ghidaj sunt realizate din T91, tecile sunt din 15-15 Ti iar ZrO₂ (95%) - Y₂O₃ (5%) sunt utilizate pentru izolare și reflector.

Structura barelor CR consta dintr-un cluster de 19 pini absorbanți. Răcirea este asigurată prin circulația forțată/naturală a agentului din sistemul primar. Pinii sunt prevăzuți cu o zonă de acumulare a gazelor (gas plenum), în partea superioară, în vederea colectării heliului și tritiului produse în reacțiile nucleare ale B-10. Barele sistemului CR sunt extrase în direcția inferioară (de sus în jos) și introduse prin deplasarea lor în sus datorită forței arhimedice.

Barele SR stau în situație normală în agentul de răcire. Barele sunt extrase în sus și inserate în jos împotriva forței arhimedice. Din acest motiv inserarea se realizează cu ajutorul unui sistem pneumatic. În cazul defectării acestuia este prevăzută utilizarea unui sistem de balast (din tungsten) care să forțeze căderea gravitațională.

Generatorii de abur (SG) și pompele sistemului primar (PP) sunt integrate într-o unitate unică, dispusă vertical. Fiecare SG consta din 542 tuburi baioneta imersate în piscina reactorului, pe o porțiune de 6 m din lungimea totală. Numărul de SG, precum și de PP, este de 8. Atât SG, cât și PP, sunt amplasate între vasul interior și pereții RV. PP este plasată în partea caldă a SG și antrenează prin partea de secțiune plumbul topit către SG. Acesta trece prin zona centrală a pompei (elicea de antrenare), apoi trece, prin orificiile de intrare, în SG, coboară prin tuburile baioneta și iese din SG. Motorul pompei este amplasat deasupra RV.

ALFRED este prevăzut cu două sisteme independente, pasive și redundante de evacuare a căldurii reziduale (în cazul pierderii sistemului primar): DHR1 (Decay Heat Removal) și DHR2. Fiecare este compus dintr-un sistem de condensare a vaporilor de apă (Isolation Condenser, IC) conectat la partea secundară a fiecărui SG.

Sistemul secundar este bazat pe o configurație duală de turbină cu trei extracții în partea de presiune înaltă (HP) și încă trei în partea de presiune scăzută (LP).

De asemenea, ALFRED este prevăzut cu un sistem de încălzire a agentului de răcire. Sistemul lucrează atunci când reactorul este oprit (iar căldura reziduală insuficientă) în scopul asigurării unei temperaturi minime a plumbului pentru a preveni solidificarea acestuia.

Plumbul topit oferă câteva avantaje importante pentru folosirea sa ca agent de răcire în sistemele nucleare bazate pe neutron rapizi. Spre deosebire de sodiu, care reacționează violent atât cu apa, cât și cu aerul, plumbul este inert chimic atât în raport cu atmosfera, cât și cu apa. Din acest motiv nu este necesară o buclă intermediară între circuitul primar (zona activă) și cel secundar (turbină), ceea ce permite inserarea directă a SG în primar.

Plumbul are o temperatură de fierbere ridicată (1745°C) și o presiune de vapori scăzută ($3 \cdot 10^{-5}$ Pa la 400°C) [8]. Acest fapt reduce drastic riscul de creare a unei configurații cu zona activă ne-imersată în agent de răcire (obținută în majoritatea configurațiilor de reactor, prin intermediul vaporizării agentului de răcire sau prin ruperea unei conducte, accidentul LOCA).

Plumbul are proprietăți de moderare scăzute. Aceasta permite păstrarea unui spectru rapid dur cu efecte în realizarea unei performanțe ridicate a sistemului bazat pe neutroni rapizi. Pe de altă parte, plumbul are proprietăți absorbante scăzute pentru neutroni. Acest fapt elimină amplasarea foarte compactă a casetelor de combustibil și a barelor combustibile, permițând o circulație mai lejeră a agentului de răcire. De



asemenea căderea de presiune pe zona activa scade contribuind la o cerință mai scăzută pentru puterea de pompare, precum și la îmbunătățirea proprietăților care favorizează circulația naturala.

Plumbul este compatibil cu materialele de întecuire, precum și cu cele structurale (15-15 Ti, T91) [8]. Totuși este nevoie de controlul oxigenului pentru a preveni fenomenul de coroziune. De asemenea, în cazul ALFRED temperatura de operare normală este limitată sub valoarea de 500°C în vederea evitării intrării în zona de favorizare a coroziunii. În cazul folosirii unor acoperiri cu straturi adecvate (spre exemplu prin aluminizare) domeniul de lucru poate fi crescut în zona 550-600 °C, cu efecte directe în performanța globală (creșterea randamentului centralei). Controlul oxigenului presupune prezenta senzorilor de măsurare a concentrației și a unui sistem de menținere a concentrației sub valoarea de prag.

Instalația experimentală ELF este destinată simulării condițiilor de funcționare cât mai realistă a reactorului ALFRED. Instalația va fi în categoria instalațiilor ne-nucleare, zona activă fiind simulată prin încălzire electrică. În acest mod instalația va putea testa, în condițiile de temperatură și presiune planificate de situațiile operaționale, comportarea în regim de duranță a echipamentelor. Pe de altă parte instalația va putea fi pregătită pentru simularea unor condiții de accident (tranzienți) în vederea confirmării ipotezelor de scenariu, precum și a investigării comportării materialelor, componentelor, echipamentelor și sistemelor în astfel de condiții.

Funcționarea pe termen lung, în condițiile de performanță și siguranță proiectate, este dependentă de comportarea materialelor, componentelor, sistemelor și echipamentelor. În cazul reactorului ALFRED acestea sunt supuse la următoarele solicitări:

- (1) interacțiunea cu neutronii rapizi, generați în reacțiile de fisiune, caracterizată de fluențe mari,
- (2) câmp mare de radiații datorat radioactivității produsilor de fisiune și a celor de activare,
- (3) câmp de temperaturi înalte (peste 400°C),
- (4) mediu cu coroziune ridicată,
- (5) curgere caracterizată de declanșarea de procese de eroziune,
- (6) interacțiuni de tip chimic.

În cazul instalației ELF nu se va investiga impactul neutronilor și nici cel al iradierii, deoarece instalația simulează electric condițiile de temperatură din reactorul ALFRED.

Elementele vizate pentru cercetare prin folosirea instalației experimentale ELF constau în:

- (1) aspectele operaționale de funcționare pe termen lung, în regim de duranță a componentelor, echipamentelor și sistemelor din ALFRED, în primul rând a celor considerate critice (pompele din circuitul primar, generatorii de abur, sistemele de evacuare a căldurii reziduale); în acest sens instalația va acoperi simularea regimurilor și ciclurilor de lucru planificate,
- (2) comportarea pe termen lung a materialelor și suprafețelor aflate în contact cu mediul de plumb topit, în special în ceea ce privește aspectele de coroziune și eroziune,



- (3) evoluția proprietăților mecanice ale materialelor structurale cu timpul de rezidență în sistem,
- (4) influența depunerii de impurități în interiorul sistemului,
- (5) capacitățile privind controlul oxigenului, în volume mari de plumb lichid, pe termen lung,
- (6) capacitățile de filtrare a impurităților, în volume mari de plumb lichid, pe termen lung,
- (7) evoluția performanțelor echipamentelor, componentelor sistemelor reactorului ALFRED în funcție de regimul de operare și de influența factorilor de coroziune, eroziune, filtrare, controlul oxigenului.

5. Rezultate așteptate

- (1) Date privind funcționarea, în regim de duranță, a pompelor circuitului primar
- (2) Date privind funcționarea, în regim de duranță, a generatorilor de abur
- (3) Demonstrarea funcționalității sistemelor de evacuare a căldurii reziduale (DHR), în regim de duranță, în regim de defectare a generatorilor de abur
- (4) Date privind influența coroziunii, eroziunii, filtrării și controlului oxigenului asupra performanțelor sistemelor ALFRED

6. Performante tehnice

Instalația ELF va avea următoarele performante țintă:

- (1) Puterea electrica totala a zonei active simulate, 10 MW,
- (2) Domeniu de temperatura a plumbului in piscina: 400-480 °C,
- (3) Viteza de curgere a plumbului in circulație forțată, maxim 2 m/s
- (4) Configurație minimala: 30 casete de combustibil simulând structura radiala a puterii si 10 casete de reflector,
- (5) Numărul de pini (in caseta) simulați electric: 61,
- (6) Caseta de tip hexagonal, 110 mm, cu distanta intre pini de 13.53 mm, plasați in rețea hexagonala
- (7) Diametrul pinului, 10.25 mm,
- (8) Număr de pompe in circuitul primar, 2,
- (9) Debitul pompelor, 150 m³/h,
- (10) Temperatura maxima de operarea a pompelor, 480°C,
- (11) Debitul de intrare a apei in generatorul de abur, 7.2 kg/s,
- (12) Presiunea de lucru a apei in generatorul de abur, 180 bari
- (13) Putere evacuata per generator, 2.5 MW,
- (14) Număr de generatori de abur, 4
- (15) Gradientul maxim de temperatură in generatorul de abur, 75°C,
- (16) Puterea de evacuare a răcitorilor cu aer (simularea secundarului), 10 MW.

7. Structura conceptuala

În Fig. 7.1 este prezentată structura ELF caracterizată de:

- (1) Vasul reactorului, conținând plumbul topit (piscina cu plumb),
- (2) Sistemul de tip diafragma pentru dirijarea circulației plumbului și prevenirea formării de zone stagnante,
- (3) Pompele de circulație a plumbului,
- (4) Zona activă simulată prin casete încălzite electric,
- (5) Schimbătorii de căldură (care simulează generatorii de abur).

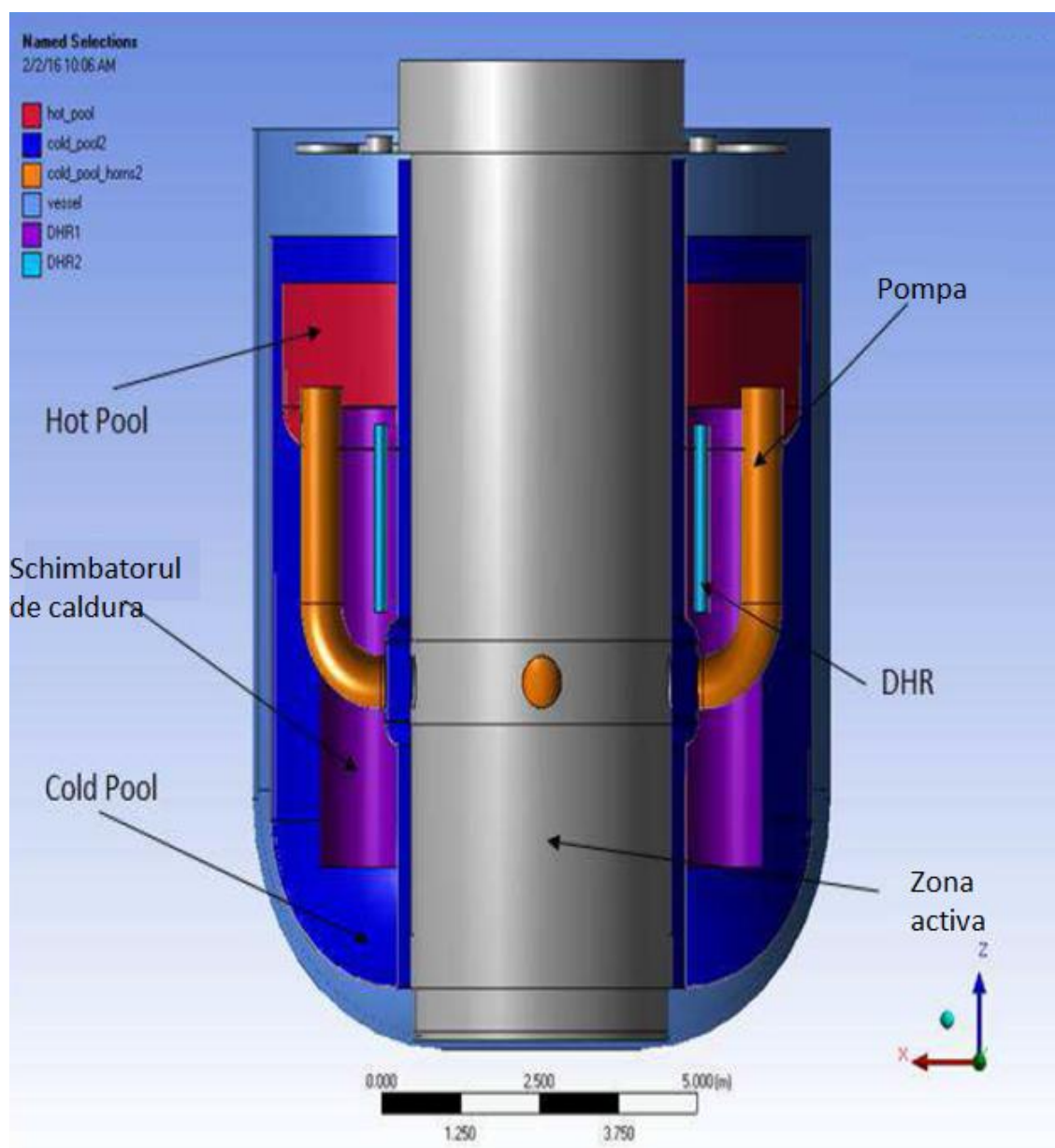


Fig. 7.1 Structura conceptuala a instalației ELF

Piscina va fi umpluta cu plumb pur si va suporta condițiile de operare pe termen lung la temperaturi de peste 400°C.

Puterea totala a zonei active simulate prin încălzire electrica este de 10 MW.

Vasul reactorului (RV) va conține:

- (1) Zona activa simulata,
- (2) 4 generatori de abur (GA),
- (3) Sistemul de evacuare a căldurii reziduale (DHR, Decay Heat Removal),
- (4) 2 pompe mecanice de circulație forțată a plumbului topit.

Generatoarele de abur, pompele si componentele DHR vor avea o așezare simetrica in interiorul piscinei.

Componentele vor fi realizate din materiale care sa reziste in mediul de plumb topit, in condițiile de temperatura si presiune ce caracterizează domeniul operațional al demonstratorului ALFRED. Un material recomandabil este otelul inoxidabil AISI316L.

Zona activa

Zona activa simulata va fi structurata si compusa astfel încât sa caracterizeze cat mai realist zona activa a reactorului ALFRED. O structurare recomandabila este:

- (1) o zona centrala formata din 30-40 de casete de combustibil (simulate prin încălzire electrica),
- (2) o zona periferica conținând 10-20 de casete de reflector.

In cadrul proiectului conceptual se va defini structura concreta a zonei active pe baza identificării unei soluții optime intre simularea de condiții de funcționare cat mai realiste si a reducerii costurilor de investiție si operare.

Fiecare caseta de combustibil va avea un număr de pini plasați într-o rețea hexagonala (Figura 7.2). Numărul de pini din caseta de combustibil ALFRED este de 61.

In simularea electrica numărul acestora poate fi redus prin echivalarea puterii termice produse la nivel de caseta. In acest sens detaliile la nivelul curgerii in caseta sunt nerelevante pentru experimentele propuse in instalația ELF. Pentru aceste regimuri de curgere sunt prevăzute capacități experimentale in instalația HELENA2 dedicata special investigării comportării casetei de combustibil pentru ALFRED.

Generatorii de abur

Generatorii de abur sunt plasați simetric in geometria radiala a vasului ELF. Cu ajutorul acestora se realizează cuplarea circuitului primar cu cel secundar.

Generatorii de abur vor reproduce cat mai fidel generatorii propuși in proiectul conceptual al reactorului ALFRED. Structura se bazează pe tuburi de tip baioneta (Fig. 7.3). Structura este proiectata astfel încât sa prevină situațiile accidentale de intrare a plumbului in contact cu aburul, spre exemplu prin ruperea unui tub clasic.

Apa de alimentare pătrunde prin tubul central, ajunge in partea inferioara a baionetei (Fig. 7.3) si pătrunde ascendent in spațiul dintre primul si al doilea tub. Al treilea tub se afla scufundat in plumbul topit. Interstițiul dintre al doilea si al treilea tub este



umplut cu gaz in vederea monitorizării scurgerilor in cazul unei rupturi de tub. Pentru a asigura conductivitatea in gaz sunt introduse sfere dintr-un material conductor. Prin transferul de căldură de la plumbul fierbinte apa se va transforma in abur care va fi condus prin circuitul secundar către turbina.

Apa va circula la un debit de 7.2 kg/s, presurizata la 180 bari. Valorile sunt prevăzute pentru evacuarea unei puteri totale de 10 MW (cate 2.5 MW per generator de abur). Gradientul de temperatura este estimat la circa 75°C.

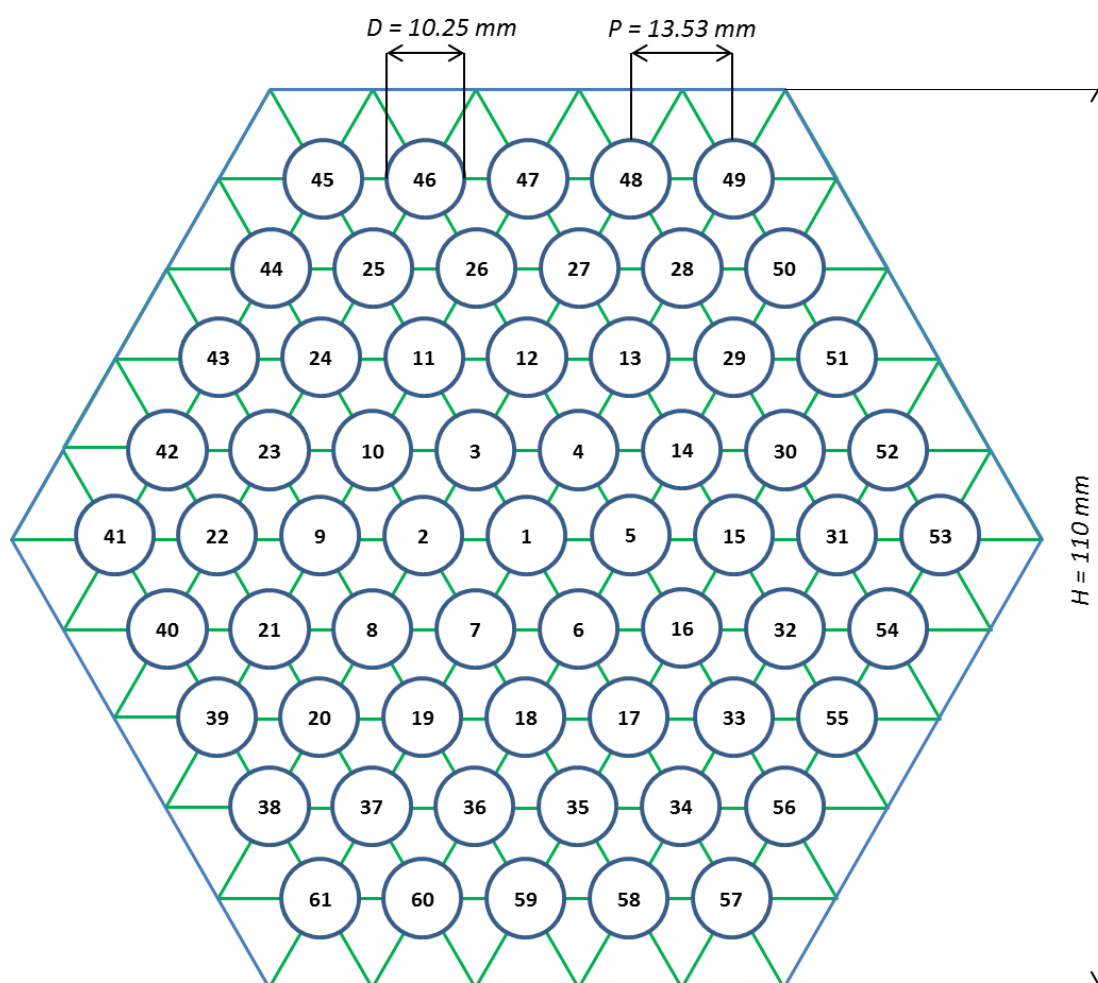


Fig. 7.2 Secțiune transversala a casetei de combustibil ALFRED (61 de pini)

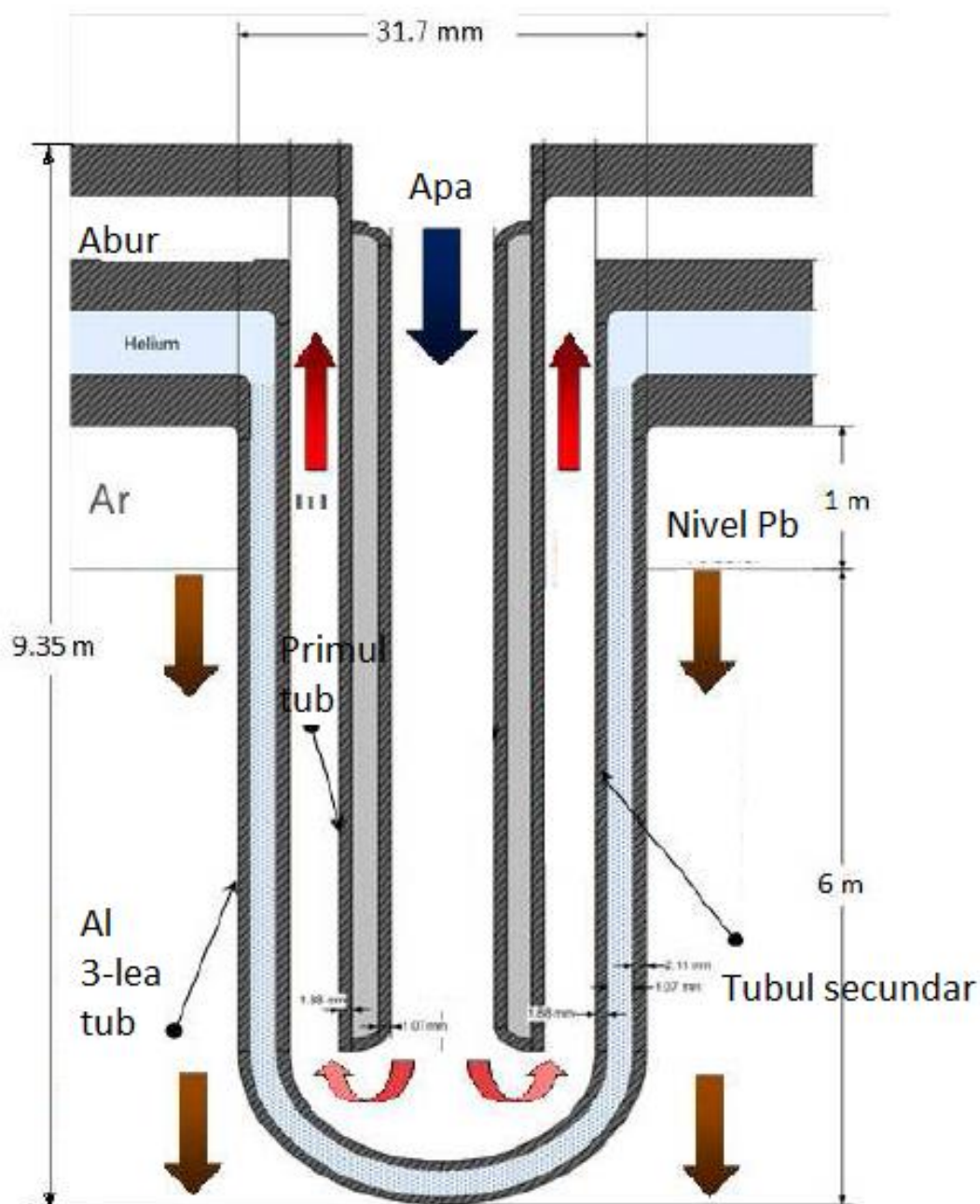


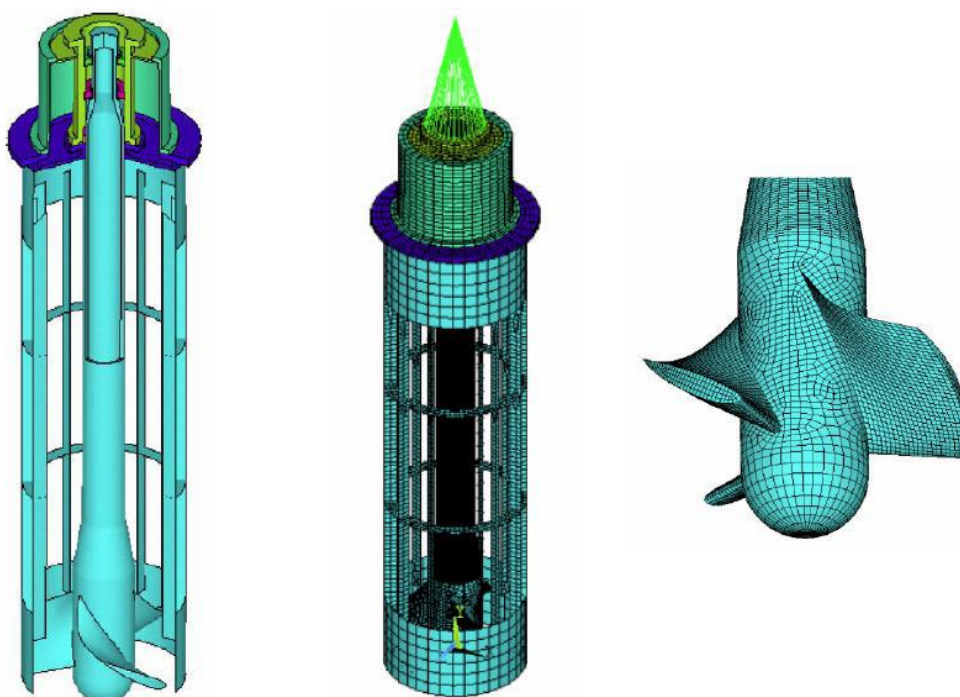
Fig. 7.3 Structura de tuburi tip baioneta pentru generatorul de abur al demonstratorului ALFRED

Pompele

Cele 2 pompe prevăzute sunt de tip centrifugal (Fig. 7.4) și sunt plasate simetric în vasul reactorului. Ele sunt instalate astfel încât (Fig. 7.1) să pompeze plumbul încălzit în zona activă în cele două regiuni denumite piscinele fierbinți („hot pools”) [9].

Temperatura de operare a pompelor este de circa 480°C.

Debitul estimat pentru circulația în pompe este de circa 150 m³/h.



Sistemul DHR

Sistemul DHR este compus din schimbători de căldură plasați simetric în piscina, în interiorul zonei denumită piscină rece („cold pool”). Sistemul DHR este gândit să elimine puterea de dezintegrare (puterea generată după oprirea reactorului) în situații accidentale de imposibilitate de evacuare a căldurii prin sistemul secundar. Puterea de dezintegrare este de circa 5-7% din puterea termică nominală.

Fiecare schimbător constă în 37 de tuburi cu pereți dubli alimentați cu apă la temperatura camerei și la presiunea de 3.5 bari.

Bucula secundara

Bucula secundara are ca scop circulația apei și are următoarele componente principale:

- (1) Pompa centrifugala,

- (2) Răcitori cu aer pentru evacuarea puterii totale de 10 MW
- (3) Un presurizor acționând și ca vas de expansiune
- (4) Elemente de încălzire, pentru creșterea temperaturii apei în secvențele de pornire ale instalației.
- (5) Conducte de circulație
- (6) Vane de securitate, control, oprire/deschidere.

Tancul pentru topirea plumbului

Tancul de topire este destinat operației de topire a cantității de plumb necesare pentru umplerea vasului reactorului. Este necesar să fie prevăzută o secțiune de filtrare instalată în conducta care leagă tancul de topire cu cel de stocare, precum și vane pentru operarea adecvată.

Tancul pentru stocarea plumbului

Stocarea plumbului topit, pe termen scurt sau lung (spre exemplu pentru a permite realizarea activităților de întreținere) se va realiza cu ajutorul unui tanc de stocare.

Tancul de transfer

Transferul plumbului din vasul reactorului în tancul de stocare (menționat anterior) se va realiza prin intermediul unui tanc de transfer. Operația de drenare va consta în transferul gradual al plumbului și va fi facilitată de presiunea gazului de acoperire. Tancul de transfer va facilita și operația de umplere a vasului reactorului, prin transfer de plumb topit din tancul de stocare. Și în acest caz configurația geometrică și presiunea gazului de acoperire vor fi elementele de control al transferului. Acestea vor fi determinate în cadrul proiectului conceptual.

8. Elemente de investigație pentru proiectul conceptual

Următoarele elemente vor fi acoperite prin investigațiile necesare elaborării proiectului conceptual:

- (1) Configurația optima minimala pentru zona activa (număr total de casete, număr de casete pe zona de îmbogățire, număr de caste de reflector, număr de bare de control, număr de bare de securitate),
- (2) Simularea electrica corespunzătoare distribuțiilor radiale si axiale de putere, pentru fiecare caseta si pin de combustibil,
- (3) Identificarea regimurilor de lucru specifice reactorului ALFRED si simularea, prin încălzirea electrica, a puterilor corespunzătoare ale elementelor combustibile,
- (4) Definirea secțiunilor de testare,
- (5) Dimensionarea tancurilor de stocare, transfer si topire, inclusiv a elementelor de încălzire a acestora,
- (6) Dimensionarea buclei secundare,
- (7) Definirea campaniilor pentru testele de anduranță (număr de zile minim necesar pentru fiecare echipament),
- (8) Metode de măsurare a parametrilor, achiziție si stocare,
- (9) Definirea investigațiilor pentru comportarea, pe termen lung, a materialelor (lungimea campaniei, condiții experimentale, secțiunea de testare, modalități de monitorizare, măsurare si achiziție de date).

9. Recomandări

În vederea implementării instalației experimentale ELF, în orizontul de timp planificat pentru realizarea reactorului de demonstrație ALFRED, sunt recomandate următoarele acțiuni:

- (1) realizarea proiectului conceptual prin care să fie definite detaliile constructive: dimensionarea instalației pe baza condițiilor necesare pentru simularea regimurilor de lucru pentru reactorul de demonstrație ALFRED, structura zonei active, soluțiile pentru încălzirea și controlul puterii pinilor combustibili,
- (2) investigarea posibilităților de amplasare pe platforma nucleară de la Mioveni ținând cont de setul complet de instalații experimentale propuse pentru investigațiile LFR, precum și de proximitatea altor instalații nucleare și non-nucleare, precum și de disponibilitatea utilităților necesare pentru funcționarea normală a instalației HELENA2,
- (3) investigarea posibilității de amplasare într-o clădire care să găzduiască și alte instalații experimentale ale infrastructurii ALFRED, în funcție de funcționalitatea integrată a acestora și de reducerea costurilor,
- (4) realizarea studiului de fezabilitate pentru implementarea instalației experimentale ELF, într-un studiu separat sau într-un studiu cuplat cu altele instalații experimentale în funcție de varianta aleasă (ELF într-o clădire separată, ELF în clădire comună cu alte instalații experimentale),
- (5) pregătirea elementelor necesare pentru realizarea aplicației pentru accesarea de fonduri nerambursabile în vederea depunerii în cadrul primei competiții pentru care instalația experimentală ELF poate fi eligibilă.

10. Concluzii

(C1) Raportul prezinta condițiile operaționale din sistemele de tip LFR în vederea definirii conceptuale a instalației experimentale ELF destinata simulării prin încălzire electrica a condițiilor de funcționare ale demonstratorului ALFRED si a testării în regim de anduranță a principalelor echipamente si sisteme.

(C2) În acest sens, cerința cea mai importanta consta în testarea comportării în regim de anduranță a principalelor echipamente si sisteme ale tehnologiei LFR si reactorului de demonstrație ALFRED. Între acestea generatorii de abur, sistemele de evacuare a căldurii reziduale si pompele sunt componente critice.

(C3) Lucrarea oferă elementele conceptuale principale (structura geometrica a instalației, componente, funcționalitate, instrumentație) în vederea lansării activității de proiectare conceptuala, pe baza căreia se va realiza, ulterior, studiul de fezabilitate.

(C4) Instalația va fi de tip piscina, la scara cat mai apropiata, preferabil 1:1, de cea a demonstratorului ALFRED, în vederea eliminării efectelor de scala care pot apare în sisteme de tip piscina cu cantități mari de plumb topit.

(C5) Lucrarea oferă un set de recomandări pentru realizarea proiectului conceptual, inclusiv formularea principalelor elemente de investigație necesare.

11. Referinte

- [1] https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_59461/generation-iv-systems
- [2] “ALFRED, Advanced Lead-cooled Fast Reactor Demonstrator”, GIF, September, 2018
- [3] EU, 2017, „The Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)”, DG RTD, DG Energy, JRC doi:10.27777/48982.
- [4] SNETP Strategic Research and Innovation Agenda, February 2013
- [5] <http://www.snetp.eu/esnii/>
- [6] P. Agostini, A. Alemberti, M. Apostol, M. Constantin, D. Diaconu, M. Frignani, G. Grasso, D. Gugiu, M. Nitoi, M. Tarantino, I. Turcu, G. Villabruna, „Elements of the ALFRED Project”, FALCON-PUB-GOP-001, prezentat la sedinta Comitetului Executiv ESNII, Brussels, 21 martie 2018
- [7] M. Constantin, „Elemente strategice privind dezvoltarea filierei LFR in cadrul FALCON”, RATEN-ICN, RI-11358-2017
- [8] NEA/OECD, „Handbook of LBE Alloy and Lead Properties, Materials Compatibility, Thermal-hydraulics and Technologies”, NEA, 7268, Paris 2015
- [9] I.Mircea, F. Magugliani, A. Alemberti, I. Turcu, M. Constantin, “Preliminary parametric analysis of the primary pump of the lead-cooled nuclear reactor ALFRED”, Int. Conf. Nuclear 2015, Pitesti, May 27-29

Anexa – Tema de proiectare

1.Denumirea temei, numărul și actualizarea :

Instalație experimentală pentru testare parametri termohidraulici ELF
Nr. 5-5137-TP, Act.0

2.Denumirea obiectivului:

Dezvoltarea infrastructurii ALFRED în vederea realizării de activități CDI în domeniul tehnologiei reactoarelor cu neutroni rapizi, bazate pe răcirea cu plumb topit (LFR, Lead Fast Reactors).

3.Client:

RATEN ICN Pitești

4.Număr contract:

4404/2019

	ÎNTOCMIT	VERIFICAT	SEF COMPARTIMENT	CLIENT
Nume și prenume	Marian HOROROI	Marius COMĂNESCU	Alina DEACONU	Marin CONSTANTIN
Semnătura				
Data				

P-TH-04-0,act.2

1. INFORMAȚII GENERALE

1.1 Denumirea obiectivului de investiții:

Instalație experimentală pentru testare parametri termohidraulici ELF.

1.2 Ordonator principal de credite/investitor:

Ministerul Cercetării și Inovării (MCI).

1.3 Ordonator de credite (secundar/terțiar):

Regia Autonomă Tehnologii pentru Energia Nucleară (RATEN).

1.4. Beneficiarul investiției:

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

1.5 Elaboratorul temei de proiectare:

RATEN ICN, Serviciul 6 Proiectare.

2. DATE DE IDENTIFICARE A OBIECTIVULUI DE INVESTIȚII

2.1. *Informații privind regimul juridic, economic și tehnic al terenului și/sau al construcției existente, documentație cadastrală*

Terenul propus pentru realizarea construcției necesare instalației ELF este situat pe platforma RATEN ICN Pitești. S-a luat în calcul ca în clădirea propusă pentru amplasarea instalației să fie montată și instalația experimentală HELENA 2. Această clădire va fi construită pe amplasamentul specificat la subpunctul 2.2 a).

Informații privind regimul juridic, economic și tehnic sunt precizate în Ordonanța 54/2013, publicată în M.O al României, Partea I, nr.369/20.06.2013.

2.2. *Particularități ale amplasamentului/ amplasamentelor propus/ propuse pentru realizarea obiectivului de investiții, după caz*

a) descrierea succintă a amplasamentului/ amplasamentelor propus(e) (localizare, suprafața terenului, dimensiuni în plan)

Terenul propus pentru realizarea clădirii în care se vor amplasa instalațiile ELF și HELENA2 este localizat între axele 9A+50 ÷ 10A și 9B+00÷9B+50, cu suprafața de 0,4 ha și dimensiunile(Lxl): 75x55 [m] – conform plan amplasament Anexa 1, întocmit în urma studiului geotehnic nr. 311/25.06.2018 realizat de către Geotec Consulting.

b) relațiile cu zone învecinate, accesuri existente și/sau căi de acces posibile



Terenul propus pentru amplasarea investiției se află pe platforma RATEN ICN Pitești, în zonă fiind căi de acces după cum rezultă din Anexa 1.

c) surse de poluare existente în zonă

Pe platforma RATEN ICN Pitești există unități care produc ape uzate industriale potențial radioactive (Reactor TRIGA, LEPI, STDR, Laborator Radioprotecție, Unitatea nucleară C6, Fabrica de combustibil nuclear FCN).

d) particularități de relief:

Aria ocupată de platforma RATEN ICN Pitești se încadrează în extremitatea sudică a Podișului Getic respectiv Platforma Căndești, la limită cu Câmpia Română. Cotă Platforma +450 N.M.B.

e) nivel de echipare tehnico-edilitară a zonei și posibilități de asigurare a utilităților

Amplasamentul fiind pe platforma RATEN ICN Pitești, există posibilitatea de racordare directă cu principalele utilități curente (alimentare cu apă, gaze, internet, etc.). Necesarul energetic al instalației ELF propune o putere electrică de 10 MW la care trebuie adăugată o putere 2 MW pentru HELENA2, ceea ce impune o stație electrică nouă, similară cu cea existentă.

f) existența unor eventuale rețele edilitare în amplasament care ar necesita relocare/protejare, în măsura în care pot fi identificate

Nu este cazul.

g) posibile obligații de servitute

Nu este cazul.

h) con condiționări constructive determinate de starea tehnică și de sistemul constructiv al unor construcții existente în amplasament, asupra cărora se vor face lucrări de intervenții, după caz

Nu este cazul.

i) reglementări urbanistice aplicabile zonei conform documentațiilor de urbanism aprobate - plan urbanistic general/plan urbanistic zonal și regulamentul local de urbanism aferent

Nu este cazul.

j) existența de monumente istorice/de arhitectură sau situri arheologice pe amplasament sau în zona imediat învecinată; existența condiționărilor specifice în cazul existenței unor zone protejate

Nu este cazul.



2.3. Descrierea succintă a obiectivului de investiții propus din punct de vedere tehnic și funcțional

a) destinație și funcțiuni

Obiectivul investiției îl reprezintă proiectarea, execuția și punerea în funcțiune a instalației experimentale ELF.

Instalația ELF

Este o instalație experimentală de tip piscină cu plumb pur, operată în regim de circulație naturală sau forțată, destinată testelor de durabilitate pentru funcționarea componentelor, echipamentelor și sistemelor aferente reactorului de demonstrație ALFRED, precum și a măsurării caracteristicilor de fiabilitate.

Scopul instalației experimentale ELF este de a realiza toate testele de durabilitate care să demonstreze funcționalitatea, pe termen lung, la nivelul parametrilor operaționali proiectați, a principalelor echipamente și sisteme ale reactorului de demonstrație ALFRED.

În Fig. 1 este prezentat conceptul instalației ELF alcătuită din:

- Vasul reactorului, conținând plumbul topit (piscina cu plumb);
- Sistemul de tip diafragmă pentru dirijarea circulației plumbului și prevenirea formării de zone stagnante;
- Pompele de circulație a plumbului;
- Zona activă simulată prin casete încălzite electric;
- Schimbătorii de căldură (care simulează generatorii de abur).

Piscina va fi umplută cu plumb pur și va suporta condițiile de operare pe termen lung la temperaturi de peste 400°C.

Puterea totală a zonei active simulate prin încălzire electrică este de 10 MW.

Vasul reactorului va conține:

- Zona activă simulată,
- 4 generatori de abur (GA),
- Sistemul de evacuare a căldurii reziduale (DHR, Decay Heat Removal),
- 2 pompe mecanice de circulație forțată a plumbului topit.

Componentele vor fi realizate din materiale care să reziste în mediul de plumb topit, în condițiile de temperatură și presiune ce caracterizează domeniul operațional al demonstratorului ALFRED.

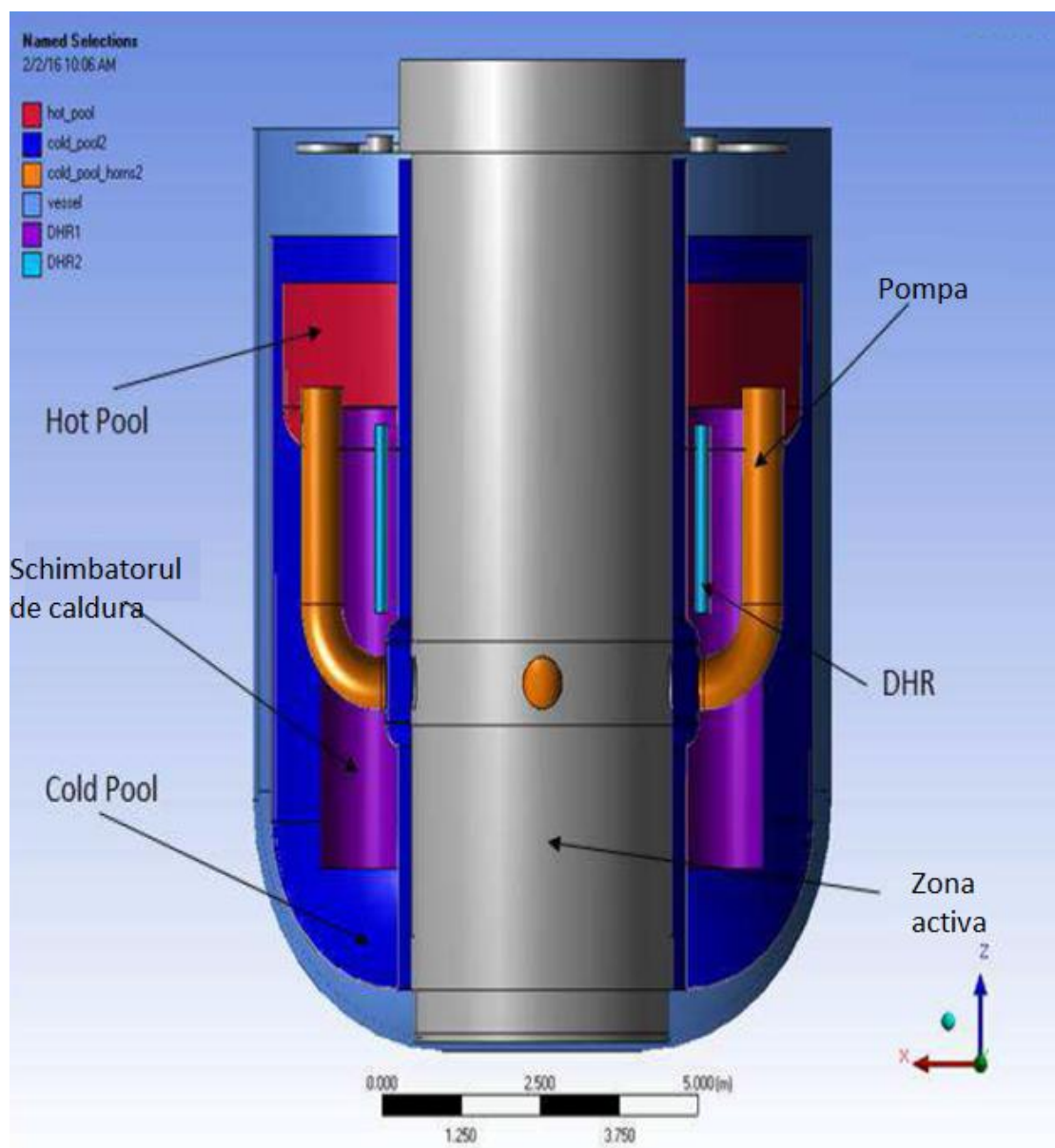


Fig. 1 - Concept instalație ELF

Zona activă simulată va fi structurată și compusă astfel încât să caracterizeze cât mai realist zona activă a reactorului ALFRED. O structurare recomandabilă este:

- o zonă centrală formată din 30-40 de casete de combustibil (simulate prin încălzire electrică),
- o zonă periferică conținând 10-20 de casete de reflector.

În cadrul proiectului se va defini structura concretă a zonei active pe baza identificării unei soluții optime între simularea de condiții de funcționare cât mai realiste și a reducerii costurilor de investiție și operare.

Fiecare casetă de combustibil va avea un număr de pini plasați într-o rețea hexagonală. Numărul de pini din caseta de combustibil ALFRED este de 61.

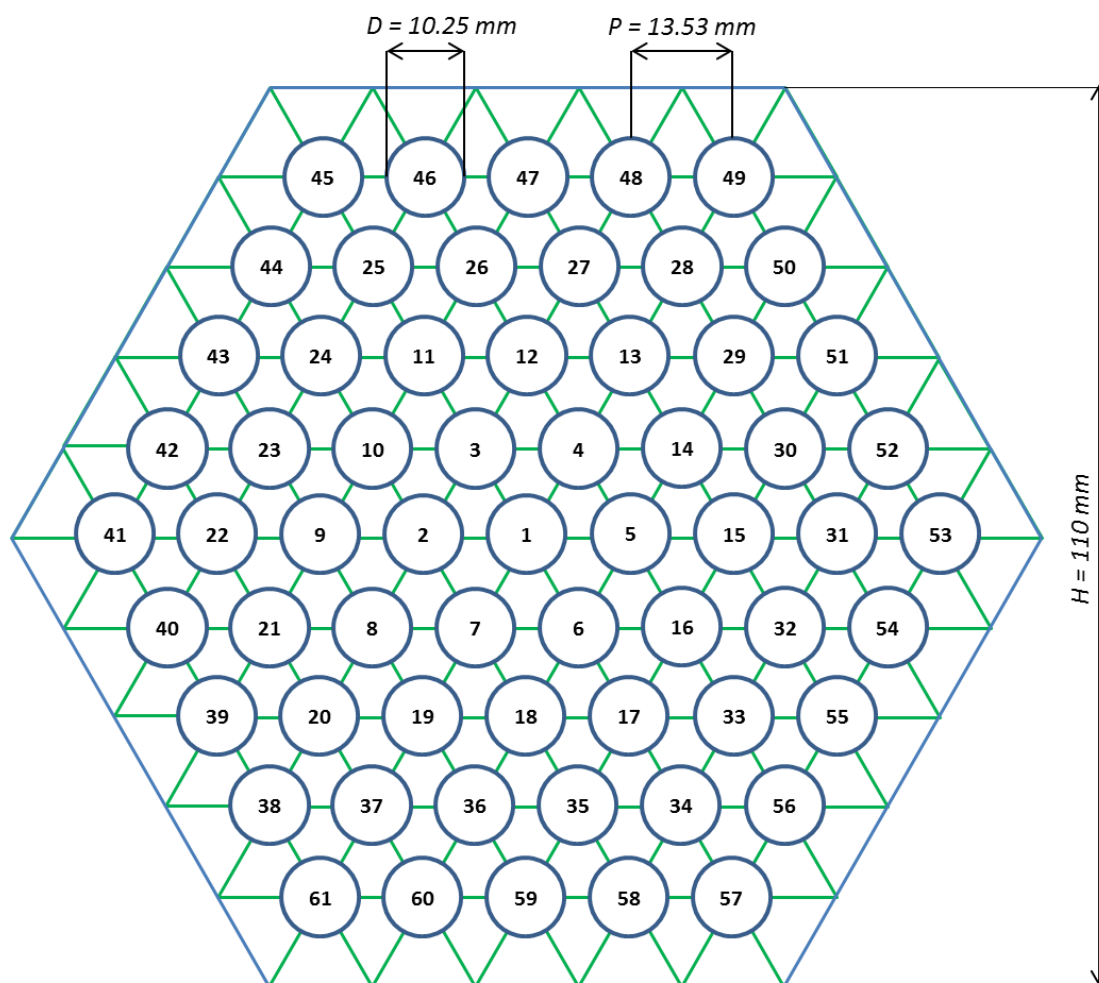


Fig. 2 Secțiune transversala a casetei de combustibil ALFRED (61 de pini)

Generatorii de abur sunt plasați simetric în geometria radială a vasului ELF. Cu ajutorul acestora se realizează cuplarea circuitului primar cu cel secundar.

Generatorii de abur vor reproduce cât mai fidel generatorii propuși în proiectul conceptual al reactorului ALFRED. Structura se bazează pe tuburi de tip baionetă (Fig. 3). Structura este proiectată astfel încât să prevină situațiile accidentale de intrare a plumbului în contact cu aburul, spre exemplu prin ruperea unui tub.

Apa de alimentare pătrunde prin tubul central, ajunge în partea inferioară a baionetei (Fig. 3) și pătrunde ascendent în spațiul dintre primul și al doilea tub. Al treilea tub se afla scufundat în plumbul topit. Interstițiul dintre al doilea și al treilea tub este umplut cu gaz în vederea monitorizării scurgerilor în cazul unei rupturi de tub. Pentru a asigura conductivitatea în gaz sunt introduse sfere dintr-un material conductor. Prin transferul de căldură de la plumbul fierbinte apa se va transforma în abur care va fi condus prin circuitul secundar către turbină.

Apa va circula la un debit de 7.2 [l/s] , presurizată la 180 bari. Valorile sunt prevăzute pentru evacuarea unei puteri totale de 10 MW (cate 2.5 MW per generator de abur). Gradientul de temperatura este estimat la circa 75°C .

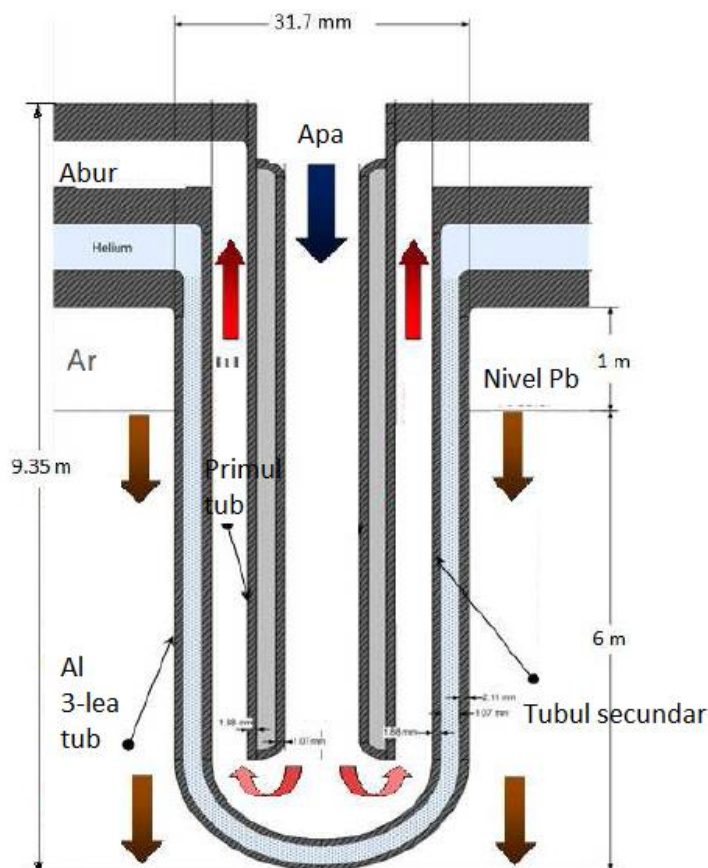


Fig.3 Structură de tuburi tip baionetă pentru generatorul de abur al demonstratorului ALFRED

Sistemul DHR este compus din schimbători de căldură plasați simetric în piscină, în interiorul zonei denumită piscină rece („cold pool”). Sistemul DHR este gândit să elimine puterea de dezintegrare (puterea generată după oprirea reactorului) în situații accidentale de imposibilitate de evacuare a căldurii prin sistemul secundar. Puterea de dezintegrare este de circa 5-7% din puterea termică nominală. Fiecare schimbător constă în 37 de tuburi cu pereți dubli alimentați cu apă la temperatura camerei și la presiunea de 3.5 bari.

Bucula secundară are ca scop circulația apei și are următoarele componente principale:

- Pompa centrifugală;
- Răcitori cu aer pentru evacuarea puterii totale de 10 MW;
- Un presurizor acționând și ca vas de expansiune;
- Elemente de încălzire, pentru creșterea temperaturii apei în secvențele de pornire ale instalației;
- Conducte de circulație;
- Vane de securitate, control, oprire/deschidere.

b) caracteristici, parametri și date tehnice specifice, preconizate:

Instalația ELF va funcționa cu următoarele caracteristici:

- Tipul sistemului : piscină;
- Puterea electrica totala a zonei active simulate: 10 MW;
- Domeniu de temperatura a plumbului in piscina: 400-480 °C;
- Viteza de curgere a plumbului in circulație forțată: maxim 2 m/s;
- Configurație: 30 casete de combustibil simulând structura radială a puterii și 10 casete de reflector;
- Numărul de pini (în casetă) simulați electric: 61;
- Casetă: de tip hexagonal, 110 mm, cu distanța între pini de 13,53 mm, plasați în rețea hexagonală;
- Diametrul pinului: 10,25 mm;
- Număr de pompe în circuitul primar: 2,
- Debitul pompelor: 150 m³/h;
- Temperatura maximă de operarea a pompelor: 480°C;
- Debitul de intrare a apei în generatorul de abur: 7.2 kg/s;
- Presiunea de lucru a apei în generatorul de abur: 180 bar;
- Putere evacuată per generator: 2.5 MW;
- Număr de generatori de abur: 4;
- Gradientul maxim de temperatură în generatorul de abur: 75°C;
- Puterea de evacuare a răcitorilor cu aer (simularea secundarului): 10 MW;
- Conținut de oxigen: 10-7÷10-8 wt.%.

Instalația va respecta toate condițiile impuse de standardele românești în vigoare pentru acest tip de echipament dar nu trebuie să se limiteze la acestea.

De asemenea proiectul instalației va conține: structura de rezistență a instalației, căile de acces personal, structuri conexe instalației, etc.

c) nivelul de echipare, de finisare și de dotare, exigențe tehnice ale construcției în conformitate cu cerințele funcționale stabilite prin reglementări tehnice, de patrimoniu și de mediu în vigoare

Pentru clădirea, obiectul unei alte teme de proiectare, care se va construi pentru amplasarea instalației sunt prevăzute următoarele acțiuni:

- Amenajare platformă (aprobare defrișare, defrișare pădure, replantare pădure, etc.);
- Execuție clădire și sisteme auxiliare.

d) număr estimat de utilizatori: personal de operare estimat, 10 persoane



e) durata minimă de funcționare, apreciată corespunzător destinației/funcțiunilor propuse

- pentru instalație: 10 ani.

f) nevoi/solicitări funcționale specifice

Spațiul unde vor fi amplasate instalațiile trebuie să fie dotat cu:

- pod rulant de min.30 tone;
- instalație de ventilație pentru vapori de Pb cu filtrare de particule;
- puțurile precizate la subpunctul 2.3.b).

Configurația clădirii, obiectul unei alte teme de proiectare, va ține cont de cele două instalații HELENA 2 și ELF.

g) corelarea soluțiilor tehnice cu condiționările urbanistice, de protecție a mediului și a patrimoniului

Conform subpunctul 2.3.c).

h) stabilirea unor criterii clare în vederea soluționării nevoii beneficiarului

Se va ține cont de solicitările beneficiarului, în orice moment al elaborării documentației de proiectare, până la finalizarea lucrării prin actualizarea temei de proiectare.

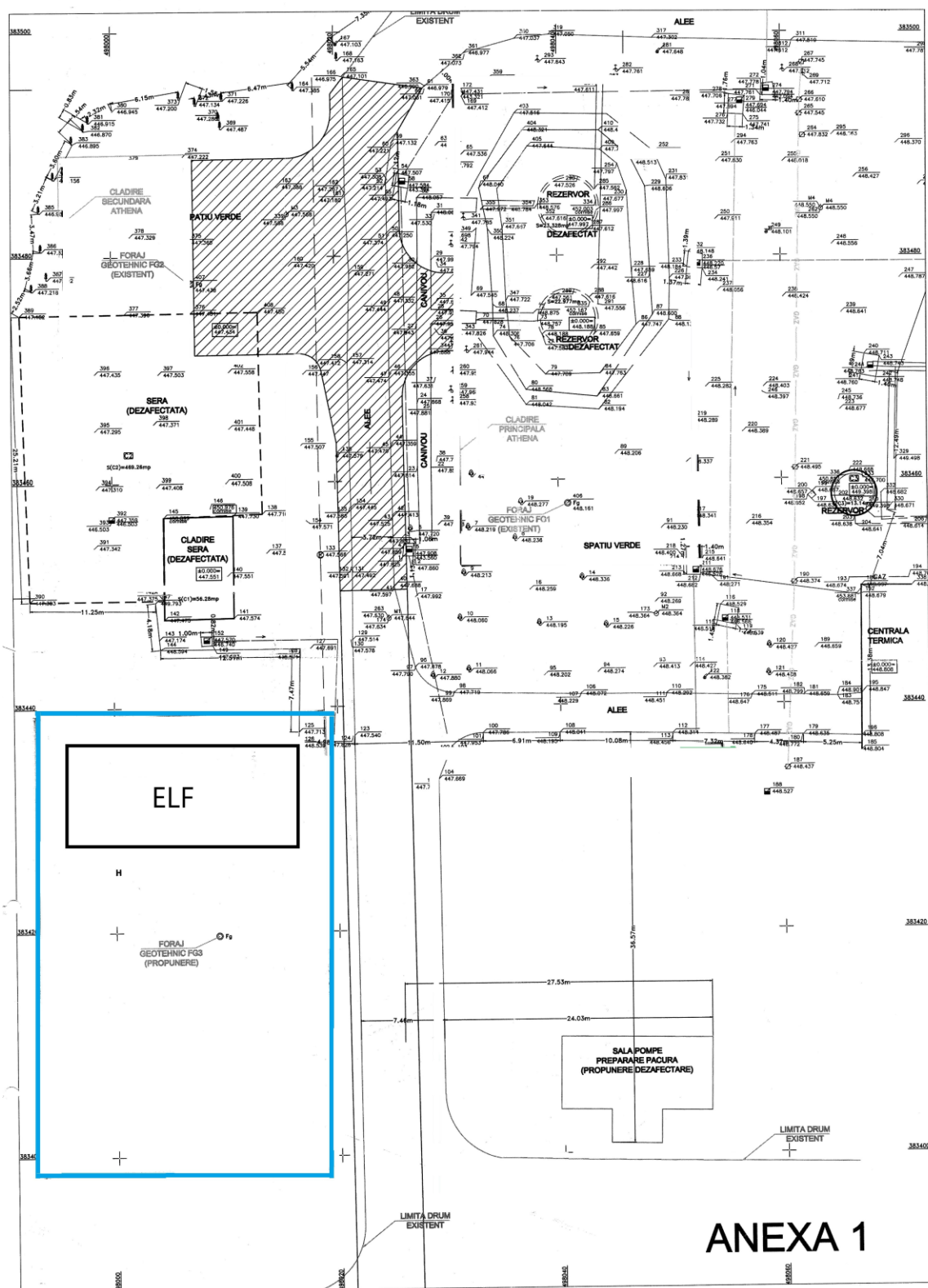
2.4. Cadrul legislativ aplicabil și impunerile ce rezultă din aplicarea acestuia

- Memorandum nr.2925/03.02.2011 privind construirea în România a reactorului nuclear de demonstrație, răcit cu plumb, ALFRED;
- Memorandum nr.21104 din 07.01.2014, privind construirea instalației ALFRED în Romania, pe amplasamentul de referință de la Mioveni.
- Strategia Națională de Cercetare, Dezvoltare și Inovare 2014-2020 (SN CDI 2020), aprobată prin HG 929/2014.
- Planul strategic European pentru tehnologii energetice (SET Plan) – obiectivul general din strategia UE pentru tehnologii energetice sustenabile privind realizarea a cel puțin unei instalații de demonstrație pentru tehnologii de generație IV.
- Acordul de colaborare (Consortium Agreement) al consorțiului internațional FALCON (FALCON – Fostering ALFRED Construction), coordonat de Ansaldo Nucleare, având ca obiectiv principal explorarea cerințelor de implementare și pregătire a consorțiului internațional pentru construcția demonstratorului ALFRED.
- Legislația română și europeană privind accesarea de fonduri europene structurale.
- Legislația privind autorizarea lucrărilor de construcție (50/1991 cu modificările).



- SR EN ISO 9001-2015 – Sisteme de management al calității. Cerințe;
- SR EN ISO 14001-2015 – Sistem de management al mediului. Ghid de utilizare;
- SR OHSAS 18001:2008 - Sistem de management al Sănătății și Securității

Anexa 1 (la Tema de proiectare) – Amplasarea instalatiei ELF



Glosar

AIEA=Agenția internațională pentru energie atomică,
ALFRED (Advanced Lead Fast Reactor European Demonstrator)=Demonstratorul european al tehnologiei reactoarelor rapide răcite cu plumb,
ATHENA=instalație experimentală de tip piscină, pentru tehnologia LFR,
ChemLab=laboratorul chimic dedicat tehnologiei LFR,
CR (Control Rods)=bare de control și comanda,
DHR (Decay Heat Removal)=sistemul de evacuare a căldurii reziduale,
Dpa (displacement per atom)=indicator de impact al radiației asupra materialelor, deplasări per atom,
EIA (Energy International Agency)=Agenția Internațională pentru energie,
ESNII (European Sustainable Nuclear Industry Initiative)=Inițiativa industriei nucleare europene,
HLM (Heavy Liquid Metal)= tehnologii bazate pe metale grele lichide,
HP (High Pressure)= partea de înaltă presiune,
IC (isolation condenser)= sistem de condensare a aburului,
ISI (in-service inspection)= activități de inspecție,
LFR (Lead Fast Reactors)= tehnologia reactorilor cu neutroni rapizi, răciți cu plumb,
LOCA (Loss of Coolant Accident)=accidentul de pierdere a agentului de răcire,
LP (Low Pressure)= partea de joasă presiune,
MOX (Mixed Oxide)=combustibil format din amestec de oxizi de uraniu și plutoniu,
NEA (Nuclear Energy Agency)= Agenția pentru energie nucleară,
PP (Primary Pump)=pompa de circulație în sistemul primar,
RATEN=Regia autonomă tehnologiei pentru energia nucleară,
RATEN ICN=Institutul de Cercetări Nucleare,
RV (Reactor Vessel)=vasul reactorului,
SET Plan (Sustainable Technology Plan)= Planul pentru tehnologii durabile,
SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform)=platforma tehnologică pentru energie nucleară sustenabilă,
SMR (Small Modular Reactor)=reactor modular mic,
SG (Steam Generator)=generator de abur,
SR (Safety Rods)=bare de securitate,
SV (safety vessel)= vasul de securitate.