

**Programul de dezvoltare a competențelor de leadership în
domeniul securității nucleare**

Proiectarea centralelor nucleareoelectrice

Bazele de proiectare

Mădălina Coca

Rev. 1, 02.10.2023

Bazele de proiectare

Bazele de proiectare reprezintă totalitatea cerințelor generate de condițiile și evenimentele considerate explicit în proiectarea SSCE (sistemelor, structurilor, componentelor și echipamentelor) ale unei instalații nucleare, astfel încât instalația nucleară să reziste la aceste condiții și evenimente fără ca dozele limită stabilite de legislația în vigoare să fie depășite și astfel încât obiectivele cantitative de securitate nucleară să fie îndeplinite.

Justificarea alegerii bazelor de proiectare este susținută de analize deterministe, probabilistice și judecată inginerască.

Atunci când vorbim de bazele de proiectare în ansamblu pentru instalația nucleară, ne referim la evenimentele majore la care a fost proiectată să reziste îndeplinind anumite criterii.

Fiecare SSCE are propriile baze de proiectare.

Bazele de proiectare ale întregii CNE reprezintă anvelopa bazelor de proiectare pentru toate SSCE.

Pentru o centrală nuclearelectrică (CNE), protecția în adâncime se bazează pe:

I. Barierele fizice prevăzute prin proiectul centralei:

- 1. matricea combustibilului nuclear (pastila de combustibil nuclear);**
- 2. teaca elementului de combustibil nuclear;**
- 3. circuitul primar de răcire a zonei active a reactorului nuclear (numit și sistemul primar de transport al căldurii – SPTC);**
- 4. anvelopa de protecție care adăpostește reactorul nuclear și sistemele aferente.**

II. Sistemele care asigură funcționarea fiabilă a centralei și sistemele care monitorizează și protejează barierele fizice mai sus menționate, în diferitele condiții de operare normală, tranzienți anticipați în exploatare, accidente bază de proiect și condiții de extindere a bazelor de proiectare, inclusiv accidente severe

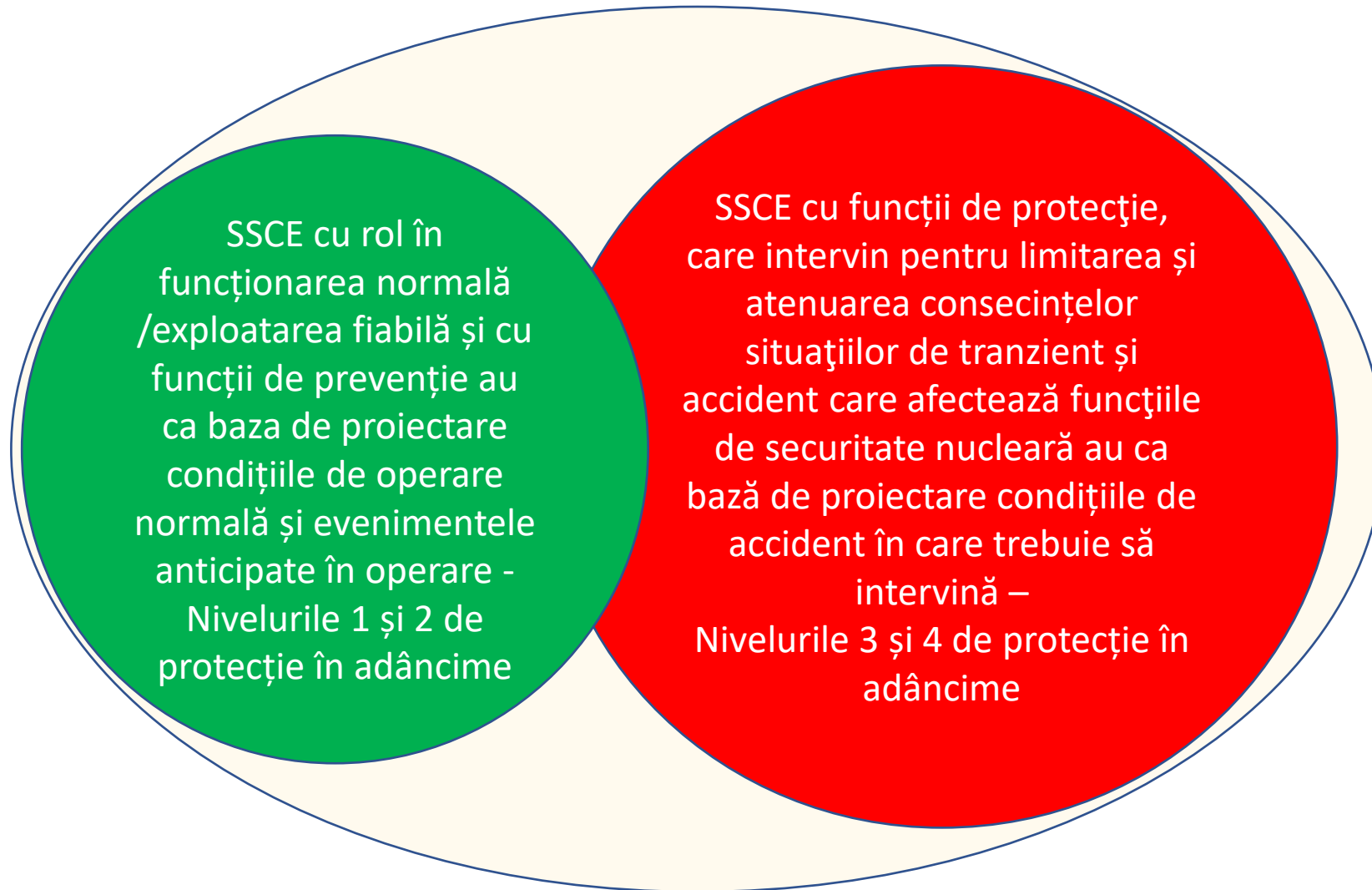
Atât barierele fizice, cât și sistemele care le protejează, precum și structurile, echipamentele și componentele asociate, trebuie să reziste la o varietate de evenimente postulate, astfel încât să asigure securitatea nucleară, în conformitate cu obiectivele și criteriile tehnice stabilite prin legislație, reglementări, coduri și standarde.

II. Sistemele care asigură funcționarea fiabilă a centralei și sistemele care monitorizează și protejează barierele fizice mai sus menționate, în diferitele condiții de operare normală, tranzienți anticipați în exploatare, accidente bază de proiect și condiții de extindere a bazelor de proiectare, inclusiv accidente severe:

- 1. sistemele care asigură funcționarea normală a centralei;** (exemple de astfel de sisteme de la o CNE de tip CANDU-6: sistemul primar de transport al căldurii – SPTC, sistemul moderator, LZC, sistemul de aer instrumental, alimentarea cu energie electrică din clasa IV, sistemul turbină/generator, sistemul de apă de alimentare pentru generatoarele de abur, sistemele care asigură controlul chimismului etc.)
- 2. sistemele care asigură monitorizarea parametrilor de proces și detecția oricăror deviații de la valorile normale** (exemple de la CANDU-6: SLCD, GFP, AGS, TAM, AE13 & AE14 etc.) **și sistemele de control al proceselor centralei în funcționare normală, care acționează pentru limitarea deviațiilor de la condițiile de operare normală** (exemple de la CANDU-6: RRS cu subsistemele, programele de control al parametrilor din primar și secundar – HTC, BLC, BPC etc.);
- 3. sistemele de protecție, care intervin pentru limitarea și atenuarea consecințelor situațiilor de tranzient și accident care afectează funcțiile de securitate nucleară;** pentru o CNE de tip CANDU, acestea sunt sistemele speciale de securitate nucleară – cele două sisteme de oprire rapidă a reactorului (SDS#1 și SDS#2), sistemul de răcire la avarie a zonei active (SRAZA) și sistemul anvelopei, precum și sistemele suport pentru acestea (SDG, EPS, EWS, AFW);
- 4. sistemele utilizate pentru a menține etanșeitățile și integritatea anvelopei de protecție a reactorului și pentru a preveni eliberările necontrolate de produși de fisiune în mediul înconjurător în caz de accidente severe, care implică defectarea sistematică a combustibilului nuclear din reactor** (exemple de la CANDU-6: e.g. sisteme pentru controlul gazelor combustibile – arzătoare de hidrogen, recombinatoare pasive autocatalitice de hidrogen, sisteme pentru monitorizarea concentrației gazelor combustibile; EFCVS - sistem de depresurizare filtrată la urgență a anvelopei etc.).

- SSCE a căror funcționare este necesară doar pentru producția de energie electrică și termică și pentru exploatarea normală a CNE au ca bază de proiect condițiile așteptate în operarea normală (pornire, operare la diferite niveluri de putere, oprire, încălziri / răcirii, variații normale ale parametrilor etc.), inclusiv tranziții anticipați în exploatare (pierdere de clasă IV, pierdere de aer instrumental, pierderea calculatoarelor de proces, cutremur bază de amplasament etc.) – aceste SSCE sunt la nivelurile 1 și 2 de protecție în adâncime
- SSCE a căror funcționare este necesară doar pentru limitarea consecințelor accidentelor (în scopul protecției lucrătorilor, populației și mediului) sunt sisteme cu funcții protective și au ca bază de proiect diferite condiții de accident (e.g. Large LOCA, MSLB – Main Steam Line Break, cutremur bază de proiect, accidente severe etc.) – aceste SSCE sunt la nivelurile 3 și 4 de protecție în adâncime

Bazele de proiectare ale CNE în ansamblu



Obiective și criterii de securitate nucleară

În conformitate cu **Normele fundamentale de securitate nucleară** (emise de CNCAN - Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare și publicate în Monitorul Oficial, Partea I nr. 597 din 08 iulie 2020):

Obiectivul general de securitate nucleară care trebuie avut în vedere în proiectarea, amplasarea, construcția, punerea în funcțiune, exploatarea și dezafectarea unei instalații nucleare este **de a reduce la minimum riscurile asociate expunerii la radiații ionizante pentru personalul care desfășoară activități profesionale, populație și mediul înconjurător.**

Titularul, respectiv solicitantul de autorizație trebuie să ia toate măsurile rezonabile, posibile din punct de vedere tehnic și practicabile pentru prevenirea evenimentelor care ar putea conduce la expunerea personalului care desfășoară activități profesionale, a populației și a mediului peste limitele prevăzute de legislația în vigoare.

De asemenea trebuie luate toate măsurile rezonabile, posibile din punct de vedere tehnic și practicabile pentru limitarea consecințelor accidentelor nucleare, pentru situațiile în care astfel de evenimente ar putea avea loc.

Obiective și criterii de securitate nucleară

În conformitate cu **Normele fundamentale de securitate nucleară**:

În scopul îndeplinirii obiectivului general de securitate nucleară, instalațiile nucleare trebuie să fie proiectate, amplasate, construite, puse în funcțiune, exploatate și dezafectate astfel încât să se prevină accidentele și, în cazul unui accident, să se atenueze consecințele acestuia și să se evite:

a) eliberările timpurii/intempestive de materiale radioactive, care ar impune luarea de măsuri de răspuns la urgență în afara amplasamentului fără să existe suficient timp pentru punerea în aplicare a acestora (această cerință înseamnă, că dacă este necesară evacuarea populației în caz de accident nuclear să existe suficient timp pentru pregătirea și finalizarea evacuării; practic, se cere ca proiectul să nu permită scenarii de accident cu dezvoltare rapidă, iar anvelopa de protecție a reactorului să reziste suficient de mult timp, i.e. minimum 24 de ore)

b) eliberările masive de materiale radioactive, care ar necesita măsuri de protecție care nu pot fi limitate în spațiu sau timp. (această cerință înseamnă, în esență, să nu fie necesară relocarea populației în caz de accident nuclear)

Aceste cerințe transpun cerințele din directiva europeană de securitate nucleară și sunt conforme cu prevederile din standardele internaționale de securitate nucleară.

Obiective și criterii de securitate nucleară

Pentru a facilita îndeplinirea obiectivului de securitate nucleară din art. 4 din NSN-21 (preluat din directiva europeană de securitate nucleară), au fost revizuite criteriile de doză pentru analizele deterministe de securitate nucleară, prin emiterea normei NSN-24 (Normele privind analizele deterministe de securitate nucleară pentru instalațiile nucleare <http://www.cncan.ro/assets/NSN/NSN-24.pdf>) :

Criterii de doză pentru analiza evenimentelor bază de proiect pentru instalațiile nucleare

Clasa de evenimente	Categorია de evenimente		Frecvența anuală estimată de apariție a unui eveniment sau a unei secvențe de evenimente	Valoarea maximă a dozei efective pentru cea mai expusă persoană aflată în afara zonei de excludere, calculată pentru 30 de zile de la începutul emisiei, pentru toate căile de expunere așteptate
Clasa 1	Evenimente anticipate în exploatare	Evenimente bază de proiect	$f > 1E-2$	0.5 mSv
Clasa 2	Accidente bază de proiect		$1E-2 > f > 1E-5$	20 mSv
Clasa 3	Condiții de extindere a bazelor de proiectare de tip A	Condiții de extindere a bazelor de proiectare; acestea reprezintă un subset al evenimentelor din afara bazelor de proiectare	$f < 1E-5$	Nu sunt stabilite criterii de doză, dar au fost stabilite obiective cantitative în GSN-03
Clasa 4	Condiții de extindere a bazelor de proiectare de tip B			Nu sunt stabilite criterii de doză, dar au fost stabilite obiective cantitative în GSN-03

Obiective și criterii de securitate nucleară

Pentru a facilita îndeplinirea obiectivului de securitate nucleară din art. 4 din NSN-21 (preluat din directiva europeană de securitate nucleară), au fost emise recomandări într-un ghid CNCAN (GSN-03), cu stabilirea următoarelor obiective cantitative de securitate nucleară:

*a) frecvența de eliberare în mediul înconjurător a unei cantități de materiale radioactive care ar necesita evacuarea temporară a populației din vecinătatea amplasamentului instalației nucleare, cuantificată ca **suma frecvențelor tuturor secvențelor de accident cu termenul-sursă mai mare de 1000 TBq de Iod-131, să fie mai mică de $1E-5$ /an***. Acest obiectiv cantitativ are ca scop evitarea eliberărilor timpurii/intempestive de materiale radioactive, care ar impune luarea de măsuri de răspuns la urgență în afara amplasamentului fără să existe suficient timp pentru punerea în aplicare a acestora. Pentru secvențele de accident pentru care termenii-sursă depășesc 1000 TBq de Iod-131 se va demonstra că emisia de materiale radioactive nu se poate produce într-un timp atât de scurt încât să nu permită evacuarea populației din vecinătatea amplasamentului instalației nucleare;

*b) frecvența de eliberare în mediul înconjurător a unei cantități de materiale radioactive care ar necesita relocarea populației din vecinătatea amplasamentului instalației nucleare, cuantificată ca **suma frecvențelor tuturor secvențelor de accident cu termenul-sursă mai mare de 100 TBq de Cesium-137, să fie mai mică de $1E-6$ /an***. Acest obiectiv cantitativ are ca scop evitarea eliberărilor masive de materiale radioactive, care ar necesita măsuri de protecție care nu pot fi limitate în spațiu sau timp;

*c) **frecvența cumulativă a secvențelor de accident care pot conduce la doze efective de peste 100 mSv în primele 7 zile***, pentru care este necesară evacuarea populației din vecinătatea amplasamentului instalației nucleare, conform criteriilor generice din Regulamentul privind gestionarea situațiilor de urgență specifice riscului nuclear sau radiologic, aprobat prin Ordinul ministrului afacerilor interne și al președintelui Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare nr. 61/113/2018, ***să fie mai mică de $1E-5$ /an***;

*d) **frecvența cumulativă a secvențelor de accident care pot conduce la doze efective de peste 100 mSv în primul an***, pentru care este necesară relocarea temporară a populației din vecinătatea amplasamentului instalației nucleare, conform criteriilor generice din Regulamentul privind gestionarea situațiilor de urgență specifice riscului nuclear sau radiologic, ***să fie mai mică de $1E-6$ /an***.

Condițiile de operare normală

Condițiile întâlnite în operarea normală trebuie incluse în bazele de proiectare ale tuturor SSCE.

Acestea includ temperaturile, presiunile, debitele, umiditatea, încărcările mecanice, condițiile chimice, condițiile pentru circuitele electrice și electronice etc. precum și variațiile normale ale acestora.

Trebuie luate în calcul mecanismele de degradare, impactul acestora asupra SSCE, modurile de defectare și efectele acestora.

Trebuie luată în calcul durata estimată de viață a SSCE în instalație (e.g. unele echipamente și componente se pot înlocui și trebuie înlocuite periodic, ca parte a activităților de întreținere preventivă, iar anumite structuri, cum este anvelopa reactorului, nu pot fi înlocuite).

Trebuie luate în calcul regimurile tranzitorii normale (opriri, porniri, condiții de testare), pentru relevante pentru echipamentele individuale, precum și pentru instalația în ansamblu. Pentru anumite echipamente se definește un număr de cicli de funcționare, luând în considerare și durata de viață estimată în instalația nucleară – aceste considerente sunt importante atât în faza de proiectare, cât și în supravegherea SSCE pe toată durata de exploatare.

Evenimente anticipate în exploatare

Exemple de evenimente anticipate în exploatare

Evenimentele de inițiere analizate și considerate în categoria evenimentele anticipate în exploatare pentru o CNE de tip CANDU includ:

- Defectarea sistemelor de control ale reactorului;
- Defectarea sistemului de aer instrumental;
- Pierderea alimentării normale cu energie electrică (pierdere de clasă IV);
- Declanșarea în funcționare a unei pompe principale din sistemul primar de transport al căldurii;
- Deschiderea intempestivă a armăturilor de control al presiunii sau de descărcare ale sistemului primar de transport al căldurii sau ale sistemelor conectate la acesta;
- Indisponibilitatea sau degradarea funcționării sistemului moderatorului.

Aceste evenimente sunt din categoria tranzițiilor suficient de importanți pentru a fi analizați în mod deterministic pentru a demonstra îndeplinirea cerințelor din norme în vigoare.

Pe lângă acestea, în operarea normală, mai pot surveni și alte evenimente, care duc la reducerea puterii reactorului și chiar la opriri neplanificate, cu consecințe pentru producția de energie electrică și termică, dar fără un impact semnificativ din punct de vedere al securității nucleare.

Exemple de accidente bază de proiect

Evenimentele de inițiere analizate și considerate în categoria accidentelor bază de proiect pentru o CNE de tip CANDU includ:

- Ruperea oricărei conducte sau a oricărui colector din sistemul primar de răcire a reactorului;
- Ruperea unui tub de presiune și a tubului calandria asociat acestuia;
- Ruperea tuburilor generatorului de abur;
- Defectarea unui fitting terminal al unui canal de combustibil;
- Blocarea curgerii în canalul de combustibil;
- Defecțiuni ale mașinii de încărcare – descărcare combustibil;
- Avarii ale sistemului de apă de alimentare a generatorilor de abur sau a sistemului de abur viu, inclusiv ruperi de conducte.

În analizele deterministe de accident, aceste evenimente sunt analizate și în combinație cu pierderea alimentării normale cu energie electrică.

Condiții de extindere a bazelor de proiectare

Exemple de condiții de extindere a bazelor de proiectare

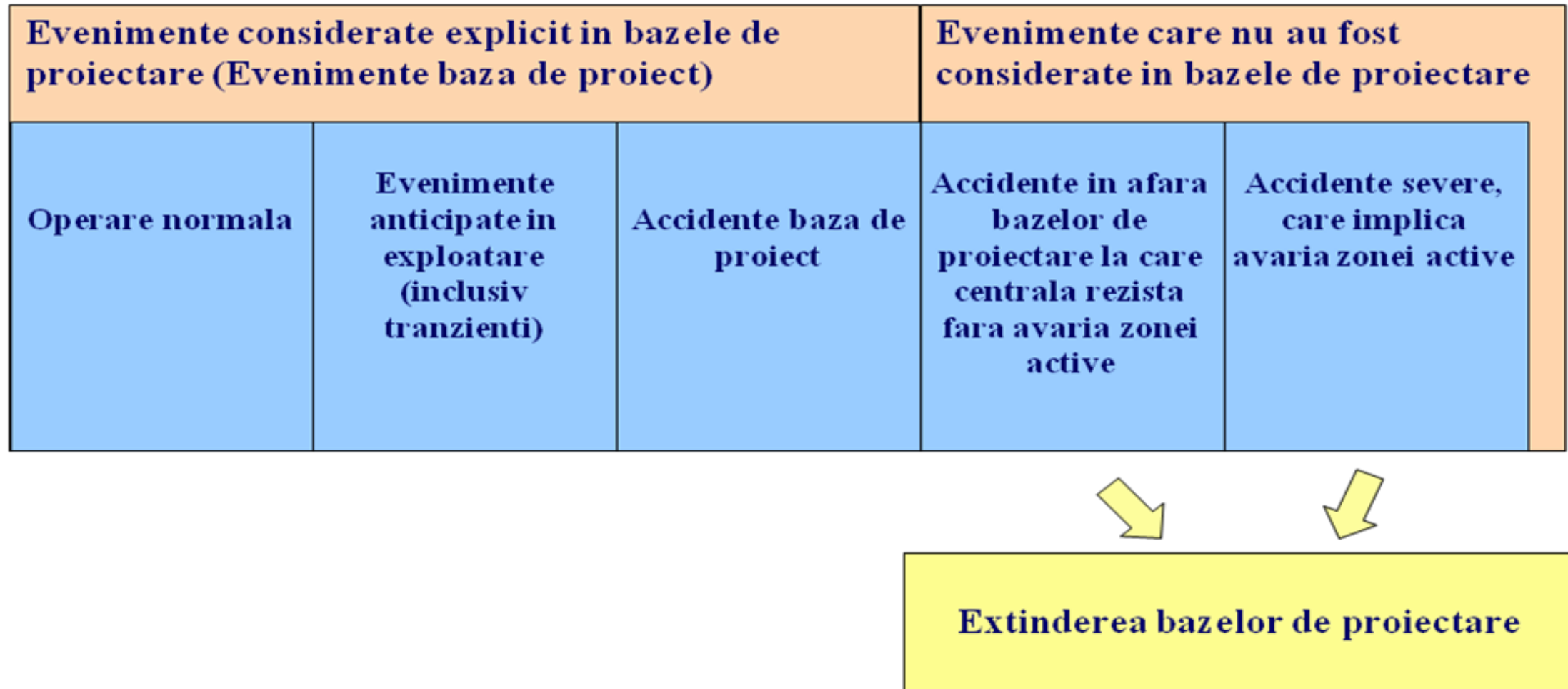
Pentru o CNE de tip CANDU, condițiile de extindere a bazelor de proiectare, conform normelor în vigoare, includ:

- avaria sistemului primar de răcire a reactorului fără intervenția sistemului de răcire la avarie a zonei active; (acest eveniment era considerat bază de proiect în conformitate cu normele canadiene și normele românești mai vechi, dar criteriile de acceptare pentru dozele calculate erau diferite de cele din prezent)
- ruperea conductei principale de abur plus ruperea unui număr de tuburi ale generatorului de abur;
- întreruperea totală a alimentării cu energie electrică din sursele de curent alternativ (Station Black-Out);
- pierderea funcției de transfer al căldurii către sursa finală de răcire.

Pentru centralele aflate deja în exploatare, pentru asigurarea protecției împotriva unor astfel de evenimente, mai grave decât accidentele bază de proiect, s-au prevăzut sisteme și echipamente suplimentare și s-au implementat modificări ale sistemelor existente, care să susțină răspunsul la aceste condiții, inclusiv managementul unui accident sever, în scopul reducerii consecințelor unui astfel de accident.

Procesul de modificare a proiectului original pentru a rezista la condiții care au fost luate în calcul în proiectul inițial reprezintă o extindere a bazelor de proiectare ale unei CNE.

Condiții de extindere a bazelor de proiectare



Categoriile de evenimente relevante pentru analizele de securitate pentru CNE

Analizele tehnice bază de proiect pentru SSCE ale CNE

- Pentru fiecare SSCE există analize tehnice bază de proiect (analizele, evaluările și calculele în baza cărora s-au stabilit parametrii de proiectare pentru SSCE respective).
- Analizele tehnice trebuie efectuate și verificate de personal bine pregătit și calificat, în conformitate cu metodologii bazate pe normele și standardele curente aplicabile.
- Aceste analize, care pot fi simple calcule sau pot fi analize complexe, care utilizează coduri de calcul avansate, precum și evaluări ingineresti, pornesc de la niște ipoteze.
- Ipotezele de intrare pentru analizele tehnice se referă la:
 - condițiile inițiale în care se află CNE și sistemul respectiv – puterea reactorului, temperatura în PHT, starea combustibilului nuclear, configurațiile și disponibilitatea sistemelor relevante, alimentarea cu energie electrică etc.
 - evenimentul supus analizei – mod de producere, eveniment de inițiere, defectări produse ca și consecință a evenimentului de inițiere
 - defectări aleatorii suplimentare care pot apărea în același timp cu evenimentul de inițiere sau după producerea acestuia

Analizele tehnice bază de proiect pentru SSCE ale CNE

- Pentru a înțelege comportarea sistemului, trebuie să avem un model al sistemului, cât mai realist posibil. Acesta este o reprezentare simplificată a sistemului real, dar conține date bazate pe proiectul actual al sistemului (așa cum a fost construit, montat, instalat și pus în funcțiune, inclusiv cu modificările ulterioare).
- Instrumentele utilizate pentru analize (e.g. codurile de calcul) trebuie să poată simula toate fenomenele relevante dpdv fizic (acestea sunt cunoscute în baza experimentelor și experienței de exploatare). Codurile de calcul sunt verificate și validate.
- Rezultatele analizelor sunt interpretate de personal calificat și sunt comparate cu niște criterii de acceptare.
- Criteriile de acceptare sunt derivate din reglementări și din coduri și standarde industriale și sunt subordonate criteriilor de nivel înalt care, pentru condiții de accident analizat sunt legate de protecția populației, lucrătorilor și mediului, iar pentru tranzienți anticipați sunt legate de posibilitatea de a repune sistemul în serviciu în condiții de operare sigură (adică să se prevină apariția unui accident ca și consecință a unei vulnerabilități induse de tranzientul suferit – fitness for service).
- Se fac analize de sensibilitate și analize de incertitudini, ca să ne asigurăm că bazele de proiectare au marje suficiente.

Analizele tehnice bază de proiect pentru SSCE ale CNE

Analizele, calculele și evaluările tehnice care fac parte din bazele de proiectare pentru SSCE includ **(lista nu este exhaustivă)**:

1. Calculele și analizele de fizica reactorului care stau la baza proiectării zonei active a reactorului și a mecanismelor de reactivitate, precum și la baza limitelor și condițiilor tehnice de operare pentru zona activă (inclusiv a procedurilor pentru aducerea reactorului în stare critică, a programului și procedurilor pentru încărcarea reactorului cu combustibil nuclear, a procedurilor pentru aducerea reactorului în starea de oprire garantată și a procedurilor pentru descărcarea combustibilului nuclear din zona activă a reactorului)
2. Analizele termohidraulice care stau la baza proiectării sistemelor care asigură răcirea zonei active a reactorului, atât pentru condiții de operare normală, cât și pentru condiții de tranziții anticipați, accidente bază de proiect și a modificărilor pentru condiții de extindere a bazelor de proiectare;
3. Analizele de tip Leak-Before-Break (LBB)
4. Analizele deterministe de securitate nucleară pentru evenimentele bază de proiect, respectiv pentru evenimentele anticipate în exploatare și a accidentele bază de proiect
5. Analizele deterministe de securitate nucleară pentru condițiile de extindere a bazelor de proiectare, inclusiv analizele de accident sever
6. Evaluările probabilistice de securitate nucleară (de nivel 1, 2 și 3)

Analizele tehnice bază de proiect pentru SSCE ale CNE

Analizele, calculele și evaluările tehnice care fac parte din bazele de proiectare pentru SSCE includ **(lista nu este exhaustivă)**:

7. Analizele modurilor de defectare ale SSCE (sisteme, structuri, componente și echipamente) și ale efectelor acestora (Failure Modes and Effects Analysis)
8. Analizele de fiabilitate
9. Analizele de defect singular (Single Failure Analysis) pentru sisteme
10. Analizele de tensiuni pentru sisteme și structuri
11. Analizele de protecție la suprapresiune pentru sisteme
12. Analizele care stau la baza proiectării sistemelor de alimentare cu energie electrică (dimensionare în funcție de consumatori, proiectarea protecțiilor)
13. Analizele de pericol la incendiu și explozii (FHA – Fire Hazard Analysis, FSSA – Fire Safe Shutdown Analysis)
14. Analize și calcule de ecranare pentru protecțiile biologice
15. Analizele de hazard seismic și calculele de proiectare seismică
16. Analizele de pericol la inundații interne și externe

Analizele tehnice bază de proiect pentru SSCE ale CNE

Analizele, calculele și evaluările tehnice care fac parte din bazele de proiectare pentru SSCE includ (lista nu este exhaustivă):

17. Analizele de pericol pentru alte evenimente externe de origine naturală (e.g. vânt puternic)
18. Analizele și evaluările care țin de ingineria factorului uman (inclusiv Post-Accident Radiological Habitability Analyses)
19. Analizele cu ipoteze legate de timp relevante pentru managementul îmbătrânirii (Time-Limited Ageing Analyses - TLAA)
20. Analizele pentru dimensionarea și poziționarea anumitor echipamente cu funcții de securitate nucleară (e.g. site pentru sistemul de răcire la avarie a zonei active; recombinatoare și / sau arzătoare de hidrogen)
21. Calcule pentru proiectarea instalației de protecție împotriva trăsnetului
22. Calcule pentru proiectarea ecranelor electrice și magnetice
23. Calcule pentru proiectarea izolației fonice
24. Calcule pentru proiectarea sistemelor de ventilație
25. Calcule pentru proiectarea sistemelor electronice
26. Alte analize și calcule tehnice care stau la baza proiectării SSCE cu funcții de securitate nucleară sau cu rol în exploatarea fiabilă a instalației nucleare și la baza limitelor și condițiilor tehnice de operare (LCTO)

Analizele tehnice bază de proiect pentru SSCE ale CNE

Toate aceste tipuri de analize fac parte din bazele de proiectare pentru SSCE ale CNE și trebuie să se regăsească în documentația bază de proiectare.

Analizele deterministe pentru accidentele bază de proiect sunt prezentate în cap. 15 din RPS/ RFS (Raportul Preliminar de Securitate Nucleară / Raportul Final de Securitate Nucleară), analizele de accident sever și evaluările probabilistice de securitate nucleară sunt prezentate în cap. 19 din RPS / RFS.

Analizele de pericol la incendiu și analizele de hazard seismic sunt documentate în rapoarte separate.

Multe alte tipuri de analize sunt documentate în rapoarte separate și menționate ca referințe în RPS / RFS și în documente de tip DM – Design Manual.

În cadrul unor prezentări viitoare, vom trece în revistă, pe rând, toate aceste tipuri de analize.

Bazele de proiectare pentru un sistem, structură, componentă sau echipament trebuie să includă:

- (a) identificarea funcțiilor specifice (inclusiv a funcțiilor de securitate nucleară) care trebuie îndeplinite de respectivul sistem, structură, componentă sau echipament și clasa de securitate nucleară atribuită; în acest context, trebuie precizate funcțiile în operarea normală și / sau în condiții de tranzient și / sau în condiții de accident, după caz; pentru SSCE care trebuie să fie disponibile în situații de tranzient și / sau accident, trebuie precizate evenimentele în care intervin, acestea fiind evenimentele bază de proiect (e.g. accidentul de tip LOCA – pierderea agentului de răcire pentru un reactor nuclear este eveniment bază de proiect pentru mai multe sisteme de securitate nucleară, cum ar fi sistemele de oprire rapidă a reactorului, sistemul de răcire la avarie a zonei active, sistemul anvelopei de protecție a reactorului);
- (b) identificarea dependenței fizice sau funcționale de alte SSCE; trebuie specificată necesitatea alimentării cu energie electrică, agent de răcire, aer instrumental și gaze tehnice, după cum este necesar; trebuie precizate și sistemele de instrumentație și control aferente; de asemenea, trebuie specificate cerințele de independență fizică și funcțională față de alte sisteme, în baza cerințelor de securitate nucleară aplicabile;
- (c) identificarea condițiilor de mediu la care sistemul, structura, componenta sau echipamentul respectiv poate fi expus, în funcționare normală și / sau în condiții de accident și pentru care este necesară calificarea la condiții de mediu sau protejarea împotriva acestor condiții de mediu;

Bazele de proiectare pentru un sistem, structură, componentă sau echipament trebuie să includă (continuare):

(d) cerințele de calificare seismică;

(e) cerințele de protecție la incendiu;

(f) cerințele de protecție împotriva altor evenimente interne și externe care ar putea afecta funcționarea sistemului, structurii, componentei sau echipamentului respectiv (e.g. inundații, explozii, temperaturi extreme, efecte dinamice ale defectării echipamentelor sub presiune, ca de exemplu forțe de jet, lovituri de bici etc.);

(g) cerințele de disponibilitate și cerințele de performanță minimă admisibilă pentru situații de tranzient și accident; cerințele de performanță minimă admisibilă reprezintă setul de limite de operare sau domeniul condițiilor stabilite pentru componente sau subsisteme, prin care se definesc stările minime acceptabile pentru acele componente sau subsisteme, așa cum sunt considerate în analizele de securitate; pentru SSCE care trebuie să intre în funcțiune sau să continue să funcționeze în condiții de tranzient și accidente, trebui specificat și timpul pentru care ne bazăm pe funcționarea lor (“mission time”); se vor specifica și acțiunile care trebuie luate în caz de indisponibilitate a sistemului, structurii, componentei sau echipamentului respectiv;

(h) valorile specifice sau intervalul de valori alese pentru a controla parametrii de performanță ai respectivului sistem, structură, componentă sau echipament; aceștia depind de condițiile în care trebuie să funcționeze SSCE respectiv (i.e. stările și modurile de operare normală, condițiile de tranziții anticipați în exploatare, condițiile de accident);

(i) analizele deterministe de securitate nucleară, evaluările probabilistice de securitate nucleară și analizele de pericol / hazard în care este luat în considerare sistemul, structura, componenta sau echipamentul;

(j) analizele termohidraulice și analizele de protecție la suprapresiune, după caz;

(k) analizele de tensiuni, după caz;

Bazele de proiectare pentru un sistem, structură, componentă sau echipament trebuie să includă (continuare):

(l) identificarea tuturor mecanismelor de degradare, a modurilor de defectare și a efectelor acestora, precum și frecvența de defectare estimată; trebuie specificate măsurile pentru prevenirea și reducerea la minim a efectelor adverse ale mecanismelor de degradare (acestea pot include: operarea în limitele specificate, controlul chimismului, monitorizarea, inspecțiile periodice, întreținerea predictivă, întreținerea preventivă / înlocuirea componentelor etc.); pentru sistemele în așteptare („stand-by”), care nu au rol în funcționarea normală a instalației nucleare, ci sunt prevăzute doar pentru a interveni în situații de tranzient și accident, trebuie analizată și eventualitatea acționării intempestive;

(m) cerințele de fiabilitate, inclusiv cerințele de redundanță și cerințele de diversitate pentru componentele sistemului, după caz, ținând cont și de cerințele de testare și întreținere;

(n) cerințele de verificare, calificare, fabricare, instalare, montaj, operare, testare, calibrare, monitorizare, supraveghere, inspecție și întreținere stabilite pentru a se asigura fiabilitatea sistemului, structurii, componentei sau echipamentului respectiv în conformitate cu intenția de proiectare; aceste cerințe trebuie să includă și condițiile de testare, precum și prevederile privind circuitele de testare necesare, acolo unde este cazul;

(o) durata de viață estimată în instalație (trebuie verificat cum este aceasta exprimată – în număr de ani sau în număr de cicli de funcționare); cerințele privind managementul îmbătrânirii, inclusiv analizele care utilizează ipoteze legate de timp relevante pentru managementul îmbătrânirii;

(p) cerințele de ecranare împotriva radiațiilor ionizante, pentru protecția lucrătorilor, după cum este necesar;

Bazele de proiectare

Bazele de proiectare pentru un sistem, structură, componentă sau echipament trebuie să includă (continuare):

- (q) cerințele și considerentele legate de ingineria factorului uman, inclusiv aspecte privind operabilitatea, ergonomia, accesibilitatea; se vor specifica cerințele și condițiile pentru acționarea manuală și eventualele acțiuni de operator cu limită de timp (o acțiune manuală sau o serie de acțiuni care trebuie finalizate într-un timp specificat pentru a respecta bazele de proiectare și/sau bazele de autorizare ale instalației nucleare);
- (r) cerințele de monitorizare și detecție a scăpărilor de fluide, după cum este necesar;
- (s) cerințele de controlul chimismului, după cum este necesar;
- (t) cerințe relevante pentru sănătatea și securitatea în muncă a lucrătorilor;
- (u) cerințe de protecție fizică și cerințe de securitate cibernetică, după cum este necesar;
- (v) codurile, standardele, normele și specificațiile tehnice utilizate în proiectarea sistemului, structurii, componentei sau echipamentului respectiv;
- (w) orice altă informație necesară pentru a se asigura fiabilitatea în funcționare.

Bazele de proiectare pentru SSCE sunt documentate în următoarele categorii de documente:

- Documentele de tip Safety Design Guides (SDG) – ghidurile de proiectare, elaborate de proiectantul instalației nucleare;
- Manuale de proiectare pentru sisteme și structuri (e.g. cum sunt documentele de tip Design Manuals (DM) pentru sistemele CNE), elaborate de proiectantul instalației nucleare și revizuite succesiv de titularul de autorizație pentru fazele de construcție, punere în funcțiune și exploatare pentru instalația nucleară;
- Documentele de tip Design Requirements (DR) și Technical Specifications (TS), elaborate de proiectantul instalației nucleare;
- Rapoartele de securitate nucleară pentru diferitele faze de autorizare a unei instalații nucleare.
- Toate aceste documente includ ca referințe cerințele de reglementare / normele și standardele tehnice aplicabile.

Bazele de proiectare trebuie menținute pe toată durata de viață a instalației nucleare și reactualizate atunci când este necesar pentru a reflecta modificări de proiect ale instalației nucleare, asigurând controlul configurației de proiectare.

Temă de studiu:

Pentru cei care au acces la documentația tehnică aferentă instalațiilor nucleare deținute sau controlate de organizația pentru care lucrează:

Documentați succint bazele de proiectare, utilizând toate categoriile de informații aplicabile menționate în această prezentare, pentru 3 sisteme, la alegere, din următoarele categorii:

- 1 sistem care are rol doar în funcționarea normală
- 1 sistem care are rol în funcționarea normală și intervine și în caz de tranzienți și accidente
- 1 sistem care nu are niciun rol în funcționarea normală și intervine doar în caz de tranzienți și accidente

Pentru cei care nu au acces la documentație tehnică în cadrul serviciului, puteți utiliza documentația disponibilă pe internet (e.g. pe pagina US NRC, în secțiunea dedicată proiectelor pentru care s-a finalizat certificarea <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/large-lwr/design-cert.html>) tot pentru 3 sisteme din categoriile menționate mai sus.

Găsiți un coleg / o colegă care să vă verifice documentarea succintă a bazelor de proiectare pentru sistemele alese. Alternativ, putem organiza sesiuni online în care să discutăm bazele de proiectare pentru diferite sisteme.