

O ANALIZĂ A ENERGETICII NUCLEARE ROMÂNEȘTI

Dan ȘERBĂNESCU¹

dan.serbanescu1953@yahoo.com

ABSTRACT

The paper presents results of the evaluation of science considered as both a process to achieve knowledge and a set of knowledge results on various aspects for the given object, for its phases and specific paradigms. The evaluation of science emphasizes the dominant characteristics of certain phases and future trends, and this operation is of high interest. In order to perform this task a comparative method was set up so that to consider three groups of possible approaches: that of historical review, that of expert review, and a new method – a structural paradigm focused on (PASCUM).

Some results of nuclear physics and energetic technology (worldwide and in Romania) are presented. They show the complementary character of methods, and the fact that PASCUM can better identify, in a more refined and systematic manner, aspects related to the phases of sciences and their specific paradigms and trends of change. PASCUM can identify strong and weak points for a given phase and possible solutions of the object under review.

KEYWORDS: model, structure, paradigm, scenarios, nuclear physics, nuclear energetics.

Introducere

În lucrarea de față este prezentată o evaluare comparativă asupra rezultatelor obținute în energetica nucleară românească, privită ca un corp de cunoștințe acumulate (în știință – fizica nucleară și în tehnologie – tehnologia nucleară) din punctul de vedere a unor obiective, cum ar fi

¹ Dr. ing., expert analize de risc sisteme complexe.

elementele dominante caracteristice anumitor etape, precum și tendințele viitoare, cu reliefaarea unor posibile acțiuni de susținere. Sunt prezentate detalii care au un rol de exemplificare, dar sunt bazate pe experiența autorului atât în știința și energetica nucleară românească, cât și în cea mondială.

Această evaluare se face cu trei metodologii ("istoricizantă" – **IM**, de "evaluare – expert" – **EM** și "paradigmatică cu analiza structurii de cunoștințe" – **PASCUM**).

Se va analiza dacă abordarea de tipul **PASCUM** pentru studierea unui astfel de obiectiv conduce la concluzii, care permit evaluări mai bune, cu un grad ridicat de utilitate pentru un subiect de studiu de acest tip. Aceste evaluări ar trebui să permită stabilirea, într-un mod sistematic și verificabil, a diverselor etape ale științei și tehnologiei nucleare, cu definirea punctelor forte și a celor slabe ale diverselor paradigme specifice acestor etape.

Exemplificările se fac pentru un studiu de caz care se referă la fizica și energetica nucleară românească, dar autorul consideră metodologia ca având bune perspective de extindere asupra altor domenii, ceea ce poate duce la o foarte posibilă finalitate de a face generalizări asupra științei și tehnologiei în domenii de infrastructuri critice moderne. Autorul continuă în acest moment cercetări similare de utilizare a acestei metodologii, pornind de la experiența profesională dobândită și în sisteme critice complexe (de exemplu sisteme energetice naționale și regionale).

Importanța acestui subiect constă și în faptul că rezultatele sale pot constitui baza unor decizii și acțiuni de îmbunătățire și perfecționare în domeniul respectiv.

Limitele studiului sunt date de specificul metodologiilor utilizate și al studiului de caz. În acest sens se precizează faptul că noțiunile de risc și incertitudine sunt cele adoptate în domeniul energeticii nucleare^{[2];[3];[4]},

² Petre Ștefănescu, S. Ghiță, D. Șerbănescu (2002), Securitatea nucleară. Ed. BREN, 2002.

³ Șerbănescu Dan (1993) "A new approach in nuclear risk theory in The use of PSA in the regulatory process" IAEA Vienna, 26-29 April 1993.

⁴ Șerbănescu Dan, A.L. Vetere Arellano (2009) WP1 – Risk-Informed Decision Making Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications – Martorell et al. (eds) 2009 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48513-5.

detalierea și studiul lor conectat la problematica aceasta nefăcând obiectul acestei lucrări, dar fiind parte din proiectul menționat anterior al autorului de analiză și extindere metodologică. Precizăm că:

- *Se va înțelege prin risc un funcțional de optimizare a sistemelor energetice / nucleare în acest caz, care evaluează efectele asupra mediului, societății și populației - inclusiv asupra operatorilor instalației, pentru diverse evenimente, care pot pune aceste componente ale sistemului în pericol.*
- *Prin incertitudine se va considera măsura nivelului de încredere în evaluarea gradului de risc pentru aceste sisteme.*

Capitolul 1 Știința și tehnologia nucleară și învățămintele etapelor sale

1.1 Etapele din știința și tehnologia nucleară - obiect de studiu și metodologii de analiză

Obiectul de studiu prezentat în această lucrare este un caz particular al științei și tehnologiei, cea referitoare la domeniul nuclear, cu detalii la cazul românesc, privită ca o acumulare de cunoștințe cu rol de a îndeplini anumite funcții. Lucrarea își propune să evalueze unele aspecte asupra acestor cunoștințe, cum ar fi:

- O1 - elementele dominante caracteristice anumitor etape sau
- O2 - tendințele viitoare și posibile acțiuni de susținere.

În general, studiul etapelor energiei nucleare poate fi făcut pentru a identifica obiective precum cele enumerate mai sus utilizând diverse metodologii. Din multitudinea de metodologii posibile ne vom referi la trei grupe menționate anterior și pe care le considerăm reprezentative:

- I. De tip ”istoricizant” de prezentare a rezultatelor și personalităților (se va denumi în continuare metodologia **IM**)
- II. De tip evaluare - expert de analiză a diverselor teorii, modele etc. (denumită în continuare metodologia **EM**)
- III. De tip paradigmatic cu analiza structurii de cunoștințe (denumită în continuare metodologia **PASCUM**)

Din perspectiva obiectului de studiu se va considera că abordarea asupra acestuia este făcută utilizând metodologii de tipul celor prezentate în Anexele 1 și 2 și paragraful 2.2, astfel:

- **Anexa 1** prezintă elemente pentru definirea obiectului de studiu în cea știință de interes pentru obiectivele O1 și O2. În anexă sunt prezentate cazurile particulare pentru studiul de caz care se referă la activități ale unor instituții ale științei și tehnologiei românești care au legătură directă sau indirectă cu energetica nucleară. Acest tip de informații se află la baza unor abordări metodologice de tip **IM**.
- **Anexa 2** prezintă elemente pentru definirea obiectului de studiu pentru obiectivele O1 și O2, cuprinzând evaluări de tip expert a realizărilor într-un domeniu al științei. În anexă este prezentată ca exemplu lista de personalități și instituții reprezentative ale științei și tehnologiei nucleare românești, care au legătură directă sau indirectă cu energetica nucleară, evaluată din perspectiva unui expert / sau al unui sistem de tip expert. Acest tip de informație este utilizat și / sau prelucrat în acest model pentru a fi utilizat în abordări de tipul **EM**.
- **Metodologia PASCUM** prezintă abordarea propusă de autor pentru obiectul de studiu știință – tehnologie nucleară, având ca scop obiectivele **O1** și **O2**, bazate pe abordarea paradigmatică propusă de Thomas Kuhn pentru știință^[5].

În metodologia **PASCUM** se vor considera următoarele trăsături de bază ale studiului de caz:

- știința și tehnologia nucleară formează, pentru evaluări de tipul **O1** și **O2** din cazul analizat, același corp de cunoștințe. Pentru sistemul știință – tehnologie nucleară se consideră faptul că el evoluează după anumite reguli (cercetare, dezvoltare și trecerea la noi abordări). Fiecare etapă constituie o paradigmă separată (cum este ilustrat în Figura 1) fiind guvernată de anumite teorii, metodologii și alte caracteristici (societate, mediu cultural etc) dominante.
- Definirea obiectului de studiu și a metodologiilor de analiză necesită o abordare dublu triadică, ce constă în utilizarea a două grupe de metodologii (fiecare din trei componente), una pentru obiectul de studiu și alta pentru metodologia utilizată pentru acest obiect de studiu. Aceste două triade definesc un spațiu mai rafinat

⁵ Kuhn, Thomas (1962). The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: University of Chicago Press.

al obiectului de studiu și al soluțiilor, care indică necesitatea de a răspunde unor întrebări, care detaliază **O1** și **O2** și se referă la:

- Sincronia și diacronia între elemente (de exemplu cele naționale / internaționale ale obiectului de studiu – fizica și tehnologia nucleară);
- Inter și transdisciplinaritatea în evaluarea răspunsurilor **O1** și **O2**, cu exemplificări din studiul de caz ales;
- ”Alte sisteme conexe” (societate, moștenire culturală) și știința - tehnologia românească în domeniul nuclear care au impact asupra lor.

1.2 Studiu de caz privind analiza unor etape din știință și tehnologie

Detalii pentru studiul de caz pentru evaluarea obiectivelor **O1** și **O2** descrise în paragraful anterior sunt prezentate în Anexele 1 și 2. Studiul răspunde la întrebări de tipul **O1** și **O2** pentru energia nucleară românească și anume la una ce ar putea fi formulată astfel:

”De ce și cum s-a întâmplat că energia nucleară românească a evoluat, așa după cum se poate documenta (în informații de tipul celor prezentate pe scurt și selectiv în Anexele 1 și 2) și la ce ar trebui să ne așteptăm în continuare?”

Deși în analiză s-au utilizat și metodologiile **IM** și **EM**, în lucrare se vor prezenta detaliat rezultatele din perspectiva aplicării metodologiei **PASCUM** comparate cu celelalte două metodologii - **IM** și **EM**.

Capitolul 2 Rezultate și interpretări ale studierii etapelor unei științe și tehnologii nucleare

2.1 Rezultate generale

Prin utilizarea **IM** și **EM** (prezentate în Anexele 1 și 2) se ajunge la un set de concluzii, asupra cărora nu ne vom opri în detaliu, decât pentru a le prezenta comparativ față de cele obținute cu utilizarea metodologiei **PASCUM**, astfel încât să poată fi evidențiat specificul acestor metodologii și avantajele **PASCUM** (inclusiv la întrebarea dacă aceste avantaje există) în astfel de evaluări, în ceea ce privește capabilitatea lor de a răspunde la problemele formulate anterior în capitolul 1.

Prin utilizarea abordării paradigmatică în analiza etapelor unei științe nucleare (a se vedea paragraful 2.2), se poate spune că energetica nucleară și fizica reactorilor au evoluat în lume după structura descrisă de Figura 1. Momentele descrise se referă la cele de răscruce în evoluția științei fizicii reactorilor și a tehnologiei civile nucleare. Momentele de cădere tehnologică sunt caracteristice accidentelor majore, din perioada 1961 – 2011 ^[6].

Structurile ce descriu setul de cunoștințe pentru o etapă dată conduc la structuri topologice specifice diverselor tipuri de etape. Etapele și interconexiunile între ele sunt reprezentate sub forma unor varietăți sau poliedre ca în Figura 1 (în secțiunea „Paradigme”) și sunt obținute cu metodologia **PASCUM**, ale cărei principii au fost menționate în capitoul anterior și care este prezentată mai în detaliu în paragraful următor. Aceste interpretări sunt în concordanță cu cele obținute cu **IM** și **EM**, dar aduc în plus indicații și informații asupra principalelor puncte slabe și evoluții ale acestui sistem științific și subliniază clar importanța dezvoltării armonioase a unei științe în sincronie cu cultura - mitologia și artele, dar și național - internațional, precum și asupra specificului deosebit de marcat și marcant al științei românești de a fi inter și multidisciplinară în momentele sale de vârf.

Vom reține din multitudinea acestor rezultate și concluzii pe aceea că domeniul nuclear mondial – în știința fizicii nucleare și a tehnologiei nucleare – este într-un proces de nivel superior celui al decadelor anterioare de dezvoltare și integrare, din secolul trecut, privind nevoile științei și ale societății care s-au reflectat specific la nivel național sau internațional. Rămâne de văzut ce se întâmplă în studiul nostru de caz, întrucât concluziile pot avea urmări de o importanță fundamentală – chiar de supraviețuire - pentru porțiunea de societate structurată național în care trăim.

Aceste criterii sunt descrise în Tabelul 1, unde pe coloana impactului sunt evaluări încadrate în grupe calitative (Ridicat = R, Mediu = M sau Scăzut = S). Evaluările dau input pentru răspunsuri la O1 și O2 pentru o etapă dată și sunt evaluate utilizând metode ale teoriei deciziei (rezultate ale comparației sunt prezentate în subcapitolul 2.3 și în

⁶ Șerbănescu Dan (2011) Understanding major accidents – Shifting paradigms in safety and risk, Safety Summit, Vienna.

„Concluzii”). Prin prezentarea în rezumat, comparativ, a rezultatelor pentru știința globală în energetica nucleară și cazul particular analizat în această lucrare – cel al fizicii și energiei nucleare românești, sub formele din Figurile 1, 8 și 9 și Tabelul 3, se pot ilustra în mod sintetic principalele diferențe dintre cazuri, considerând abordarea comparativă, cu identificarea punctelor forte și slabe ale cazului particular analizat.

Paradigmele în știința și tehnologia nucleară în general și în cea românească în particular pot fi considerate ca fiind descrise de criterii cum sunt cele menționate în Tabelul 1. Aceste criterii generează structuri algebrice specifice, descrise ca faze (A, B etc pentru cazul mondial sau ROA, ROB etc. pentru cel național) și care pot fi reprezentate sub forma unor structuri ca în partea de sus a Figurii 1. Detalierea semnificațiilor din secțiunea 'Paradigme' se va face în paragraful următor.

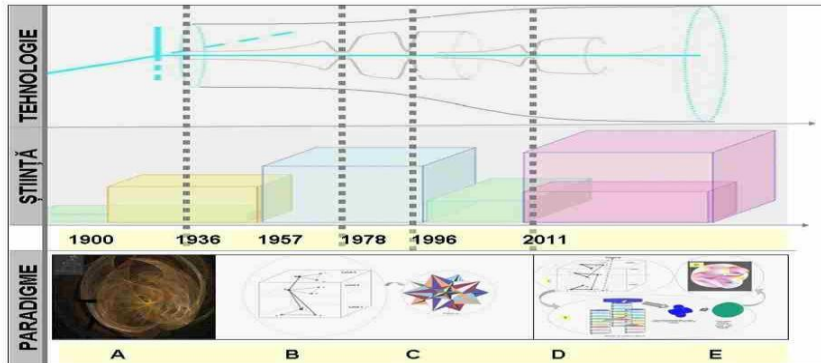


Figura 1. Modele, structuri și paradigme în energetica nucleară în lume ^[7]

2.2 Descrierea metodologiei PASCUM

Metodologia **PASCUM** de evaluare a etapelor în știința nucleară pornește de la realitatea necesității inter și multidisciplinare în cunoaștere,

⁷ Șerbănescu Dan (2014) Modele, structuri și paradigme în știință și tehnologie - Studiu de caz asupra unor probleme românești, Lucrare de absolvire, Curs de inițiere în istoria și filosofia științei și tehnicii, Academia Română, Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii.

crescânde în ultimele două secole, care să considere aspectele de sincronie și diacronie dintre știință, mitologie (în sensul de moștenire culturală) și artă.

Metodologia ia în considerare, ca punct de pornire, două aspecte:

- *pe de o parte necesități ale industriei nucleare și*
- *pe de altă parte nedumeriri pe care autorul le-a avut privind la uimitoarea ‘coincidență’ a unor forme, proporții, simetrii, în elemente ale așa-zisei, în opinia autorului, realități materiale și ale procesului și produsului cunoașterii. Realitatea pe care o constată autorul este că există asemănări greu de explicat, in lipsa unor abordări interdisciplinare, între diverse imagini ale unor sisteme complexe:*
 - *o imagine a universului cunoscut, așa cum este perceput de pe Hubble,*
 - *una a activității internetului,*
 - *o alta a creierului uman,*
 - *precum și reprezentări ale fractalilor din natură și tehnică,*
 - *poliedre utilizate în artă de titani ai acesteia*
 - *și alte exemple de acest fel.*

Tablul 1 Criterii de analiză a paradigmelor unei etape în știință

TRĂSĂTURI CARACTERIZARE PARADIGMĂ – exemplu		
0	1	2
A	TRĂSĂTURI ALE PARADIGMEI	R
A1	NOUTATE / CREATIVITATE ÎN DOMENIU	M
A2	IMPACT DE CONSOLIDARE SISTEM GLOBAL EXISTENT	R
A3	RELEVANȚA ȘTIINȚIFICĂ / TEHNICĂ	M
0	1	2
A4	SUSȚINERE SOCIAL / ECONOMICĂ A ȘTIINȚEI PENTRU SUPTOR TEHNOLOGIC	S
A5	EXISTENȚĂ SCHIMBURI GLOBALE ȘTIINȚĂ /	S

	TEHNOLOGIE	
B	URMĂRI PREVIZIBILE ALE PARADIGMEI	M
B1	ASUPRA DOMENIULUI ÎNSUȘI	R
B2	PARTICIPAREA SOCIETĂȚII LA NIVEL GLOBAL	M
B3	PARTICIPAREA ALTOR ELEMENTE LA NIVEL INTERNAȚIONAL	S
C	TOTAL IMPACT AGREGAT AȘTEPTAT	M

Acestea au constituit principalele puncte de plecare inițiale în motivarea dezvoltării metodologiei PASCUM. Alte puncte de plecare sunt generate de:

- *situații speciale ale obiectului de studiat și anume lipsa analizei sistematice a cauzelor situației energiei nucleare românești,*
- *precum și de rezultate ale autorului în analize anterioare, obținute în analiza unor sisteme de cunoștințe similare cu cele din energetica nucleară românească.*

PASCUM cuprinde trei etape:

- I. Dezvoltarea unui model al sistemului știință – tehnologie nucleară bazat pe metodele prezentate în lucrări anterioare ale autorului^{[8] [9] [10][11]}.
- II. Dezvoltarea caracteristicilor specifice pentru știință – tehnologie nucleară românească prin identificarea cazurilor particulare ce trebuie aplicate la metodologia generală menționată mai sus la punctul I de mai sus.
- III. Analiza structurilor generate la pașii anteriori.

⁸ Șerbănescu Dan (2013) On Some Knowledge Issues in Sciences and Society ESCK13, Kaunas.

⁹ Șerbănescu Dan (1993) A new approach in nuclear risk theory in "The use of PSA in the regulatory process" IAEA Vienna, 26 - 29 April 1993, A9744187.

¹⁰ Șerbănescu Dan (2008) Science and mythology SRA conference Boston 2008.

¹¹ Șerbănescu Dan, (2013) Systematic biases in event review and their impact on learning process, 45th ESReDA Seminar on Dynamic Learning from Incidents and Accidents, Bridging the Gap between Safety Recommendations and Learning, Porto – Portugal.

IV.

În etapa I a metodologiei PASCUM are loc dezvoltarea unui model al sistemului știință – tehnologie nucleară. În această construcție autorul pornește de la modelul dezvoltat anterior pentru descrierea etapelor în știință, pentru cazul particular al modelării de risc a sistemelor complexe. Elemente de bază ale construcției cuprind ipoteze, elemente ale construcției metodologiei propriu-zise și algoritmi de interpretare și analizare a rezultatelor.

2.2.1 Ipoteze:

1. Reprezentarea unui sistem și constituirea unui set de cunoștințe (sub forma unei științe sau a altui set reglementat încheșat de reguli) se face în etapele propuse de autor în Tabelul 2. Din acestea rezultă că:
 - a. există anumite condiții pentru ca să se poată considera un sistem de cunoștințe în una dintre aceste stări (stările listate în Tabelul 2) și că
 - b. trecerea de la o fază la alta este guvernată de anumite mecanisme speciale.
2. Un cuvânt cheie al trecerii de la o fază la alta este existența unor paradoxuri insolubile cu inferențele utilizate în acel moment în știință pentru acele sisteme, datorate în principal existenței unor opinii apriorice puternice, care nu sunt de natura logică.
3. Trecerea la altă fază se realizează prin identificarea acestei ipoteze reformulate explicit, aflate la baza întregului eșafodaj teoretic anterior și înlocuirea sa cu un altul. Întregul proces al trecerilor prin faze este reprezentat în Figura 3.
4. Soluția de rezolvare a paradoxurilor va veni întotdeauna însă printr-o ”traducere” din zone nelegate de abordarea din știință în acel moment - din mit (în sens de cultura generică profundă) și / sau din artă, care se află într-o legătură triadică în grupul de metode utilizate de om în procesul de cunoaștere (există o dublă triadă – a obiectului de studiu și a metodologiilor care generează spațiul soluțiilor, al suprafeței ce descrie setul de cunoștințe dobândite). Triada obiectului de studiu se referă la aspectele sale ca obiect „științific”, “mitologic” și “artistic“.

Triada setului de cunoștințe se referă la evaluări “deterministe”, “probabiliste” sau “holistice”.

În Figura 2 se reprezintă modul de trecere de la o fază la alta în procesul de cunoaștere. De notat este că trecerile nu sunt liniare (de faza i la $i+1$) și că elementele oricărei faze se găsesc în oricare alta - cunoașterea este privită ca o recunoaștere, ca o rearanjare a unor soluții existente și anterior, dar neconsiderate din motive legate de crezul dominant al unei anumite parcurgeri la acea iterație a procesului de cunoaștere. Matricea de trecere dintr-o fază în alta este determinată de căutarea și găsirea ideilor dominante fundamentale - formulate explicit sau nu - ale fiecărei faze, care generează paradoxul de bază al etapei respective.

Rezultatul acestor tranziții efectuate de un număr foarte mare de ori, pentru diverse convingeri și paradoxuri date, sunt diverse spații topologice, așa cum se reprezintă în Figura 4.

Tablelul 2 -Principalele caracteristici ale fazelor istoriei unei științe

0	1	2
1-A	Definirea necesității	Avem o sursă unică de cunoaștere
2-B	Clarificarea diferențelor	Baza științei(lor) și a trăsăturilor sale / lor ca o abordare duală
3-C	Dezvoltarea principalelor ‘unelte’	Crearea unei noi științe / revoluționarea uneia existente ca fiind guvernată de o abordare din trei- unghiuri de vedere (posibil – imposibil - probabil)
4-D	Verificarea stabilității elementelor definitorii pentru știința respectivă - teorii etc.	Durabilitatea unui element metodologic (teorie etc) așa cum rezultă din robustețea sa la paradoxuri
5-E	Identificarea principalelor convingeri care împiedică evoluția	Fiecare fază definită în cheie istorică a respectivei științe este alimentată de anumite convingeri / credințe și intuiții
6-F	Rafinarea cunoștințelor dobândite și îmbunătățirea eficienței utilizării	Fiecare teorie trebuie să aibă un grad de utilitate în cadrul științei respective și al societății

	lor	
7-G	Încercarea de a unifica metode pentru obținerea unor rezultate mai bune	Cunoașterea absolută și cea relativă
8-H	Gestionarea cunoștințelor acumulate	Existența și / sau introducerea / modificarea de ierarhii și conexiuni între diversele teorii ale unei științe conduc către nevoia de a avea unelte cât mai bune de gestionare a edificiului.
9-I	Încercarea continuă de a rezolva probleme nerezolvate și de a extinde cunoașterea	Nevoia de neînfrânat de a atinge noi niveluri de perfecțiune și înțelegere, ca o cauză continuă, latentă, de reîncepere a întregului proces de la zero.

2.2.2 Elemente ale metodologiei descrierii etapelor în știință

Parcurgerea acestor etape duce la construirea unei matrici de tranziție și generare a spațiului topologic al cunoașterii pentru aceste cazuri analizate, proces pe care autorul propune să fie reprezentat ca în Figura 2. Trecherile multiple ale procesului de cunoaștere generează în opinia autorului structuri de genul celor reprezentate în Figura 3.

Reprezentarea triadică inițială a obiectului de studiu și a metodologiilor de utilizat conduce la unele aspecte importante pentru evaluarea rezultatelor acestor spații topologice ale cunoașterii dintr-o perspectivă nouă asupra inter și pluri disciplinarității.

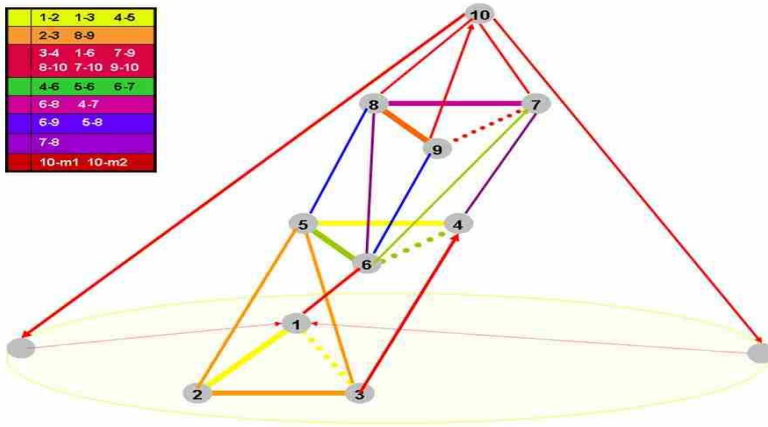


Figura 2. Fazele dominante ale generării de cunoaștere și matricea de tranziție dintr-o fază în alta – detalii în ^[12]

În Figura 2 numerele reprezintă faze conform Tabelului 2, iar tabelul din stânga figurii se referă la tranziții dintr-o fază în alta.

12

Șerbănescu Dan (2013) On Some Knowledge Issues in Sciences and Society
ESCK13, Kaunas

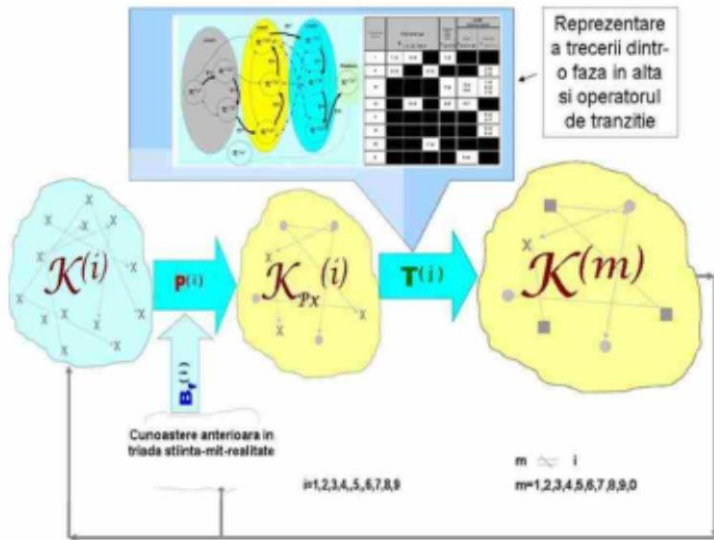


Figura 3. Matricea de tranziție și generarea spațiului topologic al cunoașterii - pentru detalii a se vedea ^[13]

În Figura 3 sunt aceleași notații pentru faze și următoarele notații noi:

- Notațiile $K(i)$ se referă la o anumită fază de acumulare de cunoștințe, $p(i)$ reprezintă probabilitatea de trecere dintr-o fază în alta, iar $T(i)$ se referă la operatorul de tranziție dintr-o structură de cunoaștere în alta.

¹³ Șerbănescu Dan (2013) On Some Knowledge Issues in Sciences and Society ESCK13, Kaunas.

- Matricea de tranziție urmând evoluții de tipul celor reprezentate în Figura 4, trecerile repetate în procesul de cunoaștere generează structuri topologice ce pot fi reprezentate ca Figura 4, în faza III de evoluție a cunoștințelor. Structurile sub forma unor diverse varietăți matematice arată precum cea reprezentată în Figura 4, la faza III. Constatăm, fără a face dezvoltări la această fază, că este o apropiere interesantă cu poliedrele platonice menționate încă din antichitate și reluate încontinuu de atunci.

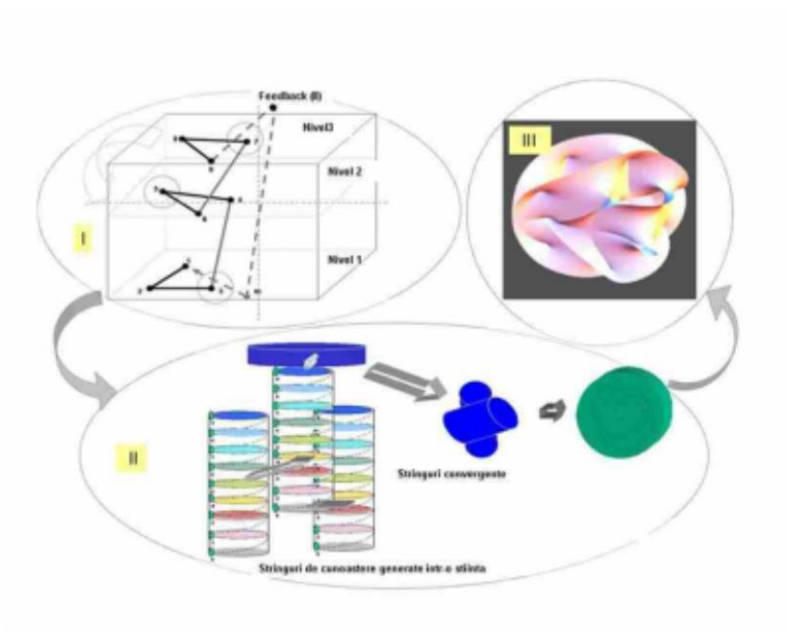


Figura 4. Matricea de tranziție și generarea spațiului topologic al

cunoașterii – detalii în ^[14]

Pe de altă parte se constată, ca un corolar al rezultatelor, că pot exista diverse tipuri de cunoaștere, care pot coexista cu concepte privind diverse abordări asupra unor tipuri de civilizație, în funcție de criterii cum ar fi (Figura 5):

- Relația dintre componentele triadei obiectului de studiu (mit, realitate, artă) menționate anterior.
- Relațiile de convergență sau intersecție dintre aceste elemente ale triadei cunoașterii.

Există de asemenea unele consecințe interesante, care confirmă similitudini considerate de interes pentru studiul ulterior al metodei, legate de legătura dintre structura de cunoaștere și spațiile topologice generate de rezultatele cunoașterii.

De asemenea un rezultat important este că există diverse tipuri posibile de poliedre și / sau spații topologice ce se obțin:

- *cu suprafețe pe exterior doar (poliedre / varietăți goale)*
- *sau poliedre / varietăți pline*

și care pot fi asimilate unor tipuri de cunoaștere specific anumitor civilizații, în funcție de ce aspecte dominante erau utilizate de către acestea pentru

14

Șerbănescu Dan (2013) On Some Knowledge Issues in Sciences and Society
ESCK13, Kaunas

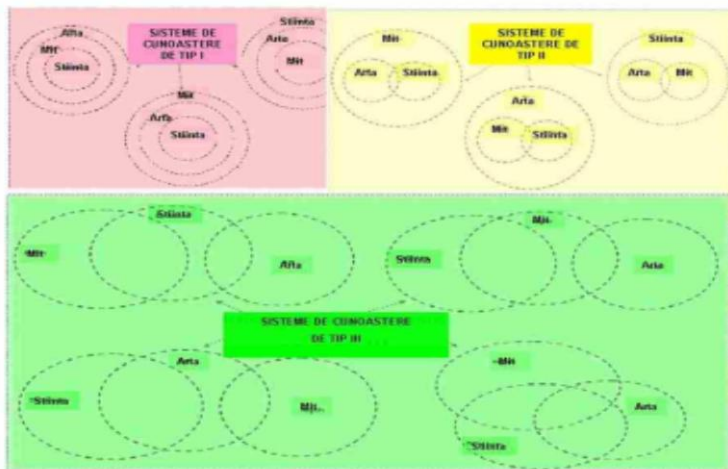


Figura 5. Tipuri de cunoașteri și tipuri de civilizații – detalii în ^[15]
 rezolvarea de paradoxuri (cele mitice, cele artistice). Se poate astfel vorbi de cunoașteri cu similitudini cu cele antice (ale unor societăți dirijate de artă sau mit), cu cele dominate de știință, cu cele renaștentiste, raționaliste etc.

În urma etapei I PASCUM se obțin reprezentări ale unei topologii de tipul celei reprezentate în Figura 4, care se încadrează unui ansamblu global al întregii societăți al unuia dintre tipurile ilustrate în Figura 5.

Și astfel, pornind de la reprezentarea inițială a stărilor posibile pentru un sistem știință și tehnologia nucleară în general, se trece la **etapa a II a PASCUM**.

În etapa a doua a metodologiei se rafinează stările generate pentru un astfel de sistem în funcție de tipul chestionarelor cu criteriile de definire a paradigmele pentru o etapă dată.

¹⁵ Șerbănescu Dan (2013) On Some Knowledge Issues in Sciences and Society ESCK13, Kaunas.

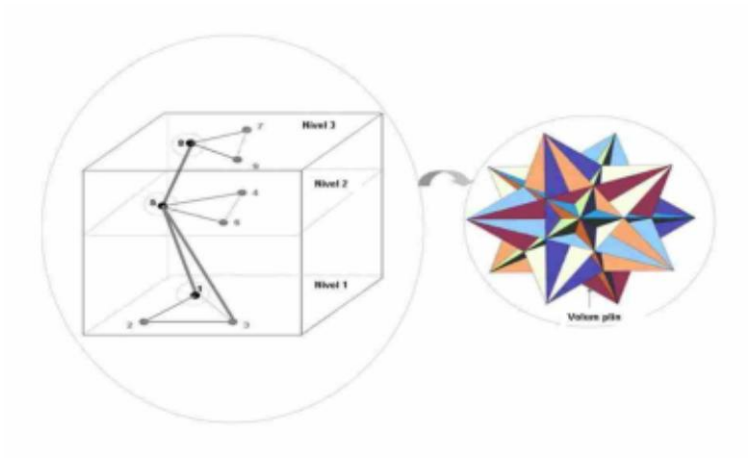


Figura 6. Reprezentarea unei topologii a cunoașterii pentru un sistem condus / dominat de știință ^[16]

În funcție de răspunsurile la întrebări / chestionare de tipul celor din Tabelul 1 se obțin diverse tipuri de topologii de cunoaștere pentru acele domenii. În cazul de studiu particular prezentat în lucrare se vor completa răspunsuri la întrebări de tipul Tabelului 1 și se obțin răspunsuri ca în Tabelul 3. Aceste răspunsuri generează spații de tipul celor reprezentate în Figurile 6 și 8. Aceste spații au indicații deosebite mult mai rafinate asupra specificului cunoașterii în acele sisteme (în cazul nostru fizica și energetica nucleară românească) și ne conduc la concluzii mai sistematice și cu precizie crescută spre măsurile posibile de luat pentru a asigura un control decizional optim asupra lor.

¹⁶ Șerbănescu Dan (2013) On Some Knowledge Issues in Sciences and Society ESCK13, Kaunas.

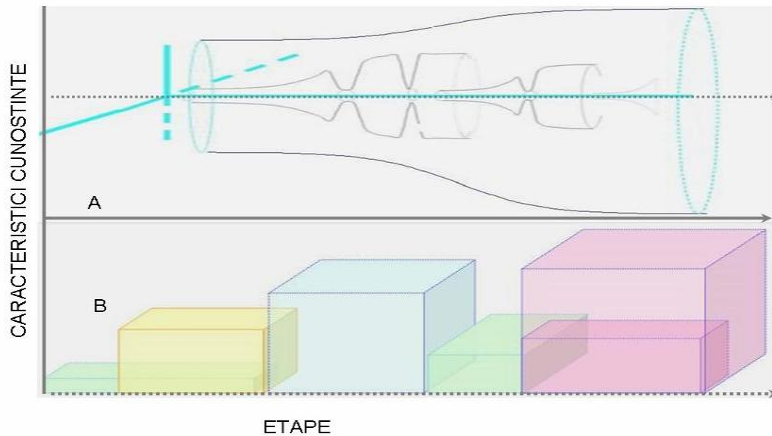


Figura 7. Fazele din știință – tehnologie nucleară – detalii în ^[17]

2.2.3 Algoritmi de interpretare și analizare a rezultatelor

Exemplificând prezentarea generală din paragraful anterior, pentru etape paradigmatiche cum ar fi cea reprezentată în Tabelul 3, care reflectă studiul de caz ales, și considerând fazele specifice din acest sistem pentru cazul energiei nucleare românești, se obțin reprezentări mai rafinate ale

¹⁷ Șerbănescu Dan (2014) Modele, structuri și paradigme în știință și tehnologie - Studiu de caz asupra unor probleme românești, Lucrare de absolvire, Curs de inițiere în istoria și filosofia științei și tehnicii, Academia Română, Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii.

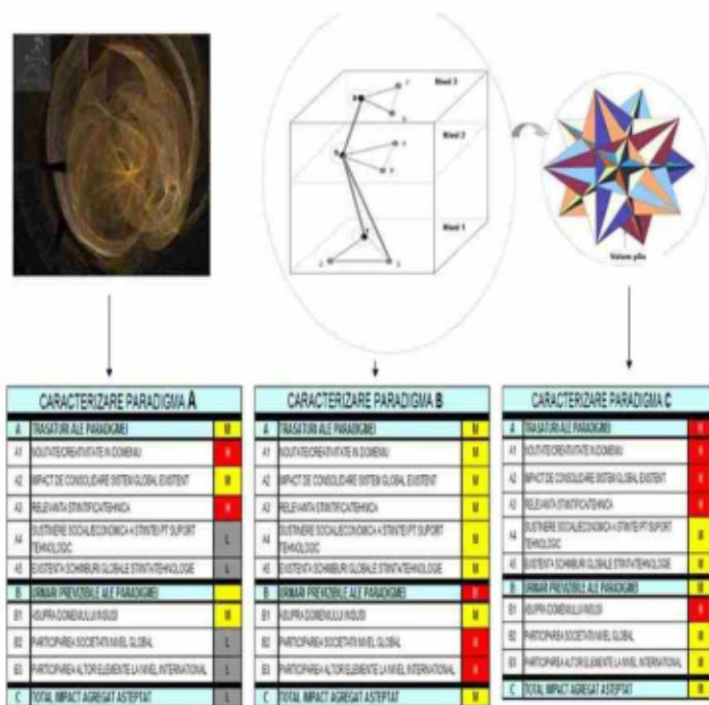


Figura 8. Modele, structuri și paradigme în știință – tehnologie nucleară în lume ^[18]

¹⁸ Ibid.

structurilor generate pentru sistem într-o fază dată (Figura 8). Aceste reprezentări duc la posibilitatea formulării de concluzii, cu mai multe detalii și mai stabile decât alte metodologii, cum ar fi IM, EM, asupra tipului de puncte slabe și asupra problemelor etapei respective.

Pentru obținerea acestor detalii se utilizează o reprezentare a evoluției tehnologice nucleare (ca în partea A a Figurii 7) și a științei fizicii nucleare (partea B a Figurii 7) care rafinează numărul de treceri posibile în generarea de spații topologice, prin construcții conform celor din Figura 6. Rezultatele PASCUM etapa II sunt transpuse în **etapa III** (conform Figurii 8 și Tabelului 3) în formulări adaptate comunicării și factorilor de decizie, de tip text, așa cum este mai pe larg descris în capitolul 2 al lucrării.

Tabelul3. Criterii de analiză a paradigmelor în știința și tehnica românească

CARACTERIZARE PARADIGMĂ		ROA	ROB	ROC	ROD	ROE
A	TRĂSĂTURI ALE PARADIGMEI	M	M	H	M	M
A1	NOUȚATE/CREATIVITATE INTERNAȚIONALĂ	H	M	H	M	M
A2	IMPACT DE CONSOLIDARE SISTEM NAȚIONAL EXISTENT	M	M	H	S	S
A3	RELEVANȚA ȘTIINȚIFICĂ / TEHNICĂ	H	M	H	M	M
A4	SUSȚINERE SOCIAL / ECONOMICĂ A ȘTIINȚEI PENTRU SUPPORT TEHNOLOGIC	S	M	H	S	S
A5	IMPORT TEHNOLOGIC	S	M	M	M	M
B	URMĂRI PREVIZIBILE ALE PARADIGMEI		H	H	M	S
B1	ASUPRA DOMENIULUI INSUȘI	M	M	H	M	M
B2	PARTICIPAREA SOCIETĂȚII NIVEL NAȚIONAL	S	H	H	S	S
B3	PARTICIPAREA MEDIULUI INTERNAȚIONAL -SPRUJINIRE	S	H	H	M	S
C	TOTAL IMPACT AGREGAT AȘTEPTAT	S	M	H	M	S

Semnificațiile notațiilor din Tabelul 3 sunt: H=impact ridicat, M=impact mediu, S=impact scăzut. Semnificațiile fazelor sunt similare cu cele descrise anterior pentru Figura 1 și se referă la fazele sistemului

românesc al științei și tehnicii nucleare. Periodizarea acestor faze în timp este de asemenea aceeași cu cea din Figura 1.

2.3 Rezultate pentru studiul de caz și interpretarea lor

Pentru cazul particular al etapelor din fizica și tehnologia nucleară românească se obțin paradigme reprezentate în Figura 8 și Tabelul 3.

Dupa cum rezultă din compararea evoluției situației în studiul de caz analizat față de situația internațională (conform 2.2) prin aplicarea metodologiei **PASCUM** rezultă o evoluție diferită a domeniilor tehnologice și științifice față de situația internațională, caracterizată prin:

- *decuplarea evoluției în studiul nostru de caz față de situația internațională și*
- *evoluția spre sisteme complexe de tip haotic în cazul acestui studiu de caz,*

aspecte ce conduc la accentuarea gradului de convergență în cazul evoluției internaționale și la creșterea haosului în cazul național. Rezumând evoluția previzibilă pentru viitor în studiul nostru de caz, așa cum rezultă prin compararea dintre cele trei metodologii abordate, concluziile se pot sintetiza conform Tabelului 4.

Tabelul 4 Tabel comparativ al rezultatelor cu diverse metodologii pentru obiectul de studiu (Impact: S=scazut; M=Mediu; R=ridicat)

	CRITERIU DE EVALUARE REZULTATE ANALIZĂ	IM	EM	IM și EM COMBINAT	PASCUM
A	Sincronia și diacronia între elemente (naționale / internaționale ale obiectului de studiu) sunt analizate și puse în evidență	M	M	M	R
B	Inter și transdisciplinaritatea sunt considerate importante pentru obiectul de studiu.	S	M	M	R

C	"Sisteme conexe" (societate, moștenire culturală) sunt considerate importante „Ce ar trebui să facă alte sisteme decât cele definite de știință, în acest studiu de caz (știința și tehnologia românească în domeniul nuclear) ca să avem răspunsuri acceptabile după o metrică a succesului pentru toate cerințele de tip O1 și O2?”	M	M	M	R
D	Există răspunsuri la "De ce și cum s-a întâmplat că energia nucleară românească a evoluat așa cum se poate documenta în informații și la ce ar trebui să ne așteptăm în continuare?"	S	M	M	R
E	Capacitatea de a identifica puncte slabe și de a face predicții	S	M	M	R

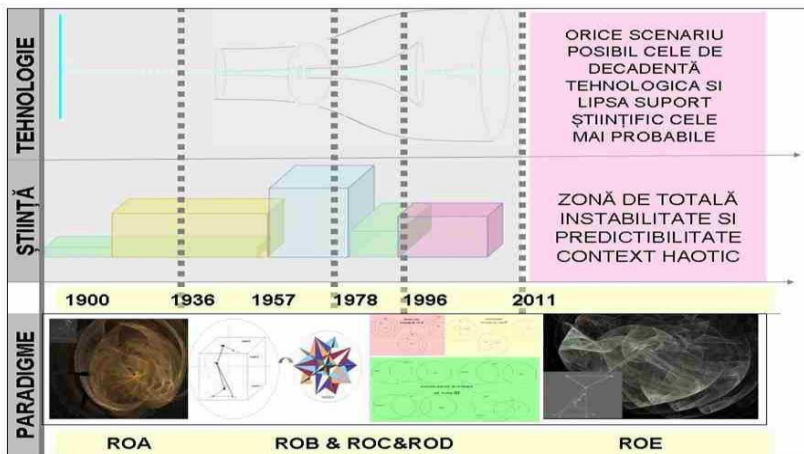


Figura 9. Modele, structuri și paradigme în energia nucleară în România^[19]

¹⁹ Ibid.

Detaliind reprezentările din Figurile 8 și 9 și Tabelele 3 și 4, se poate concluziona că următoarele rezultate pot fi considerate semnificative pentru obiectul de studiu, în cazul exemplificat al fizicii și energiei nucleare românești, pe baza criteriilor de comparație dintre metodologii:

1. **Privitor la sincronia și diacronia între elemente naționale / internaționale** ale obiectului de studiu, se pot menționa următoarele:

- Dezvoltarea fizicii nucleare românești în general și a aplicațiilor lor, cum ar fi energia nucleară, s-a făcut în linii mari corelat cu evoluția acestora la nivel internațional, cu unele trăsături specifice:
 - Au existat și există momente de mare anvergură, de vârf internațional (Procopiu, Proca, Purica, participarea românească la testele de la CERN din ultima vreme etc).
 - Momentele de diacronie au subliniat specificul nostru științific și cultural, așa cum se va menționa mai jos.
 - Deși a existat în anumite momente (cel al anilor 70 fiind unul dintre acestea) un maxim al corelării și susținerii aplicațiilor fizicii nucleare și al cercetărilor proprii naționale de susținere, acestea sunt practic abandonate pentru lumea reală energetică nucleară românească în prezent. Acest aspect a dus la lipsă de coerență, lipsa unui program și a unui plan național al fizicii nucleare și aplicației sale tehnologice de bază - energia nucleară. Motivele sunt atât instituționale, cât și date de un specific național interesant, pe care ar trebui să ni-l asumăm.
 - Foarte greu am reușit să creăm și / sau să menținem pe termen lung școli naționale (competitive internațional) de fizică și energetică nucleară, pentru a transmite de la o generație la alta – pentru câteva generații și nu doar una, maxim două - realizările de mare prestigiu ale vârfurilor. *Ne referim aici în exclusivitate la componența nelegată de sisteme conexe dezbătută mai jos, la aspecte ca:*
 - *spiritul de a crea școli perene naționale*
 - *menținerea de competiții corecte*
 - *promovarea de valori*
 - *spiritul de echipă*

- *limitarea și lupta fermă cu ingerințele "sistemelor conexe" etc.*

Există excepții de la aceste probleme, dar sunt puține și par să confirme regula identificată de aceste evaluări. *În domeniul de studiu al acestei lucrări, aceste aspecte sunt însă de mare actualitate și ar trebui asumate și corectate cu precădere înainte de a blama numai cauze externe pentru aceste situații.*

- *Trebuie să existe deschidere națională de asumare a acestor probleme reale, astfel ca să poată fi limitate sistematic și organizat.*
- În acest timp, în lipsa acestor asumări și măsuri, hemoragia de vârfuri va alimenta ca și până acum realizări de vârf internaționale (*despre care deși se spune des că ar fi tot ale școlii naționale, realitatea este că nu ne mai aparțin, ele indică doar ce am fi putut realiza cu aceste vârfuri și nu am făcut-o*).
 2. **Aplicațiile în energetică s-au făcut prin importuri de tehnologie susținute până în 1990 de cercetarea proprie.**
 - *Din păcate această susținere a fost întreruptă și nu este încă reluată corespunzător, deși în ultimele două decenii există unele începuturi timide – de exemplu participarea la un program de cercetare european și acceptarea de construire în țară a unor instalații experimentale (a se vedea Anexa I- reactorul ALFRED) sau perfecționări care ne-au costat enorm și vin tardiv – pentru Mașina de încărcat descărcat combustibil – sau abilități care practic au dispărut de tot, cum ar fi asistența de proiectant a părții române către centralele în funcțiune.*
 - *Toate acestea și multe altele sunt semnale semnificative și de mare impact, dacă luăm în considerare diferența dintre ce face structura națională față de ce ar trebui să facă de fapt ca infrastructură nucleară pentru a susține pragmatic programul național nuclear energetic, fapt ce arată situația reală de fapt a întregii infrastructuri nucleare.*
 3. **Există însă și realizări de foarte mare prestigiu (combustibilul nuclear, producerea apei grele etc.)** care ne aparțin în întregime, aflate și ele în ultimele două decade - într-o totală degringoladă.
 4. **Se pare că aceste lipsuri au generat situația că o nouă realiniere tehnologică nu se poate face decât prin noi importuri, ceea ce este**

un foarte mare eșec al cadrului național; dar mai rău este că nici o măsură care să prevină repetarea perpetuă a acesteia nu se întrevede.

5. **În ceea ce privește inter și transdisciplinaritatea** rezultă:

- 5.1. Una dintre concluziile **PASCUM**, susținută pe multe componente de celelalte abordări, este că se poate constata că facem parte dintr-un mediu cultural - mitologic - artistic de excepție și atunci când vorbim despre atitudinea față de un domeniu științific dat. Astfel cultura noastră este una care se bazează și funcționează, în abordările științifice ale fizicii nucleare de exemplu pe un foarte mare grad de conexiune dintre științe (matematică și fizică de exemplu). Realizările matematicii, dar și ale filozofiei sau ciberneticii românești sunt un bazin de "sifonare culturală", care este în opinia noastră o extraordinară bază specifică nouă pentru gustul inter și multidisciplinarității, al creării de drumuri noi și al originalității în rezolvarea unor momente și elemente cheie ale științei nucleare mondiale. Aceasta a fost și va rămâne o constantă cât timp mediul național va fi păstrat intact în fundamentele sale.
- 5.2. Realizările fizicii nucleare și ale aplicațiilor sale, în special cele energetice, s-au bazat continuu pe o foarte solidă bază matematică, pe realizări de excepție în fizica - matematică.
- 5.3. Deși constituie un avantaj foarte mare, aceste specificități considerate anterior pot constitui și sursa unor dezavantaje, cum ar fi:

1. *un interes scăzut față de aplicabilitatea imediată*
2. *o anumită "diluție" a cercetării fundamentale și*
3. *o mai mare deconectare de la problemele la fel de mari, dar imediate ale aplicațiilor nucleare, în acest caz al energiei nucleare reale.*

Acestea se pot combina destul de ușor cu o lipsă practic de școli naționale pe termen mediu și lung și cu impactul sistemelor conexe, explicând astfel de ce cu un fond excepțional pentru aceste domenii și multe realizări de vârf, la nivel național, școala de fizică nucleară și energetică nucleară suferă profund.

6. **Referitor la impactul "sistemelor conexe"** (societate, moștenire culturală) rezultă de asemenea:
- Specificul momentelor de vârf menționate anterior a fost și este dat de o solidă conexiune "sifonantă" dintre mitologia culturală națională și apetitul nostru pentru matematică, ecuațiile fizicii matematice și teoriile abstracte recente ale fizicii nucleare, pentru abstract și filozofie, ponderat de un simț estetic deosebit impregnat în fibra de bază a ființei naționale și preluat continuu firesc nu numai și nu neapărat (din păcate pe plan organizat din ce în ce mai puțin acum) în mod organizat, dar ca o componentă a spațiului în care ne naștem și ne formăm ca oameni și ca profesioniști în diverse domenii.
 - Această trăsătură este explicabilă foarte bine cu ajutorul **PASCUM** și cu teoria avansată de aceasta, potrivit căreia specificul nostru structural cultural, mitologic și artistic a favorizat și favorizează contribuții pentru rezolvarea momentelor cheie în fizică. Aceasta pentru ca suntem un tip de cultură care are o puternică înclinație de a căuta și folosi conexiuni, între științe și către știință, a elementelor cultural - mitologice, atunci când se gestionează sisteme științifice "moderne". Acesta este în opinia autorului un avantaj enorm specific nouă și se pare neînțeles încă în întregime, care ar trebui sistematic explorat și exploatat. S-ar putea compara această situație (deși sunt deosebiri mari) cu cea a culturii indiene și relația acesteia cu fizica și energia nucleară, deși în cazul nostru aspectele menționate anterior sunt deosebit de originale și specifice acestui spațiu cultural în care ne formăm și sunt absolut nefolosite sistematic ca vector de educație științifică.
7. **Cele mai posibile scenarii de viitor** indică utilizarea de noi importuri pentru fizica și energia nucleară.
8. **Din păcate tendințele ultime trag un alt semnal de alarmă** mult mai important și deosebit din perspectiva analizelor și abordării **PASCUM**, confirmabil cel mai probabil și în alte domenii ale vieții culturale și științifice:

- *Însăși fibra națională profundă, această avere de neprețuit transmisă tăcut, cu sacrificii netrâmbitate, de la o generație la alta, în orice mediu – din creierul munților la marea cea mare, care este modul nostru de a cunoaște lumea, reacția noastră profundă când avem de rezolvat probleme și de dat soluții în viață și în științe - în momente cheie, acea trăsătură care ne face potențiali purtători de geniu la scară mult mai mare decât în alte părți ale lumii, este în pericol să dispară. Este un pericol cu ordine de mărime mai mare decât dezastrea organizaționale, demografice, tehnologice, economice și de educație prin care am trecut în ultimele decade.*
 - *Este dezastrul ultim, care ne va elimina ca popor și va aduce o pierdere imensă pentru umanitate.*
9. Au fost lăsate deliberat aspectele economice și sociale conexe la urmă, întrucât ele sunt așa de evidente, că nu mai necesită fundamentări speciale. Totuși, cum era de așteptat, ele rezultă ca având pondere foarte mare și din aceste analize sistematice.
- Au existat momente astrale al fizicii nucleare românești în paradigmele
 - *începuturilor din primele decenii ale secolului trecut*
 - *în deceniile trei - cinci*
 - *ca și cel din deceniul șapte pentru energetica nucleară.***Dintre acestea, ultimul deceniu de progres menționat mai sus a beneficiat de sprijinul ”sistemelor conexe”(societate, moștenire culturală) care, cu toate limitările sale, este de departe o mare realizare a acestui domeniu, neegalată până în prezent.**
 - **Din păcate paradigma actuală a științei și energiei nucleare românești, definită ca evoluție haotică**, indică, după o etapă catastrofală de aproape trei decenii din punctul de vedere al sprijinului primit de la ”sistemele conexe”, că, în lipsa unor măsuri urgente, energice, sistematice în programe pe termen mediu și lung, dar și consistente, **o iminentă prăbușire a întregului sistem fizică nucleară - energetică nucleară la nivel național va avea loc, împreună cu o apelare tot așa de iminentă la factori internaționali pentru menținerea sistemului la nivelurile angajate prin semnarea tratatelor internaționale (cu**

Agencia Internațională pentru Energie Atomică și cu Uniunea Europeană).

10. **Principalele răspunsuri la întrebarea** ”De ce și cum s-a întâmplat că energia nucleară românească a evoluat așa cum se poate documenta în informații și la ce ar trebui să ne așteptăm în continuare?” s-au prezentat pe larg în toate punctele anterioare.
- *Se poate doar adăuga că, fără măsuri energice, proiectate solid și cu orizont de timp mediu și lung, nu există nici un viitor pentru fizica nucleară și energia nucleară românească.*
 - *Micile victorii (niște mostre jalnice a ceea ce ar trebui făcut cu adevărat) fluturate din când în când ca mari realizări, arată că gradul de neînțelegere al măsurilor de luat pentru domeniul de excelență națională al fizicii și energiei nucleare este uriaș din partea celor care le flutură.*
 - *Lipsa de acțiune în acest sens nu ar fi însă de loc de mirare în contextul național absolut haotic, context în care se poate prezice un singur lucru și anume că nu se poate prezice nimic, în timp ce la nivel mondial se merge foarte rapid înainte, iar hemoragia către exterior a creierelor noastre din domeniu continuă.*

Concluzii

Pentru obiectul de studiu prezentat în aceasta lucrare știința și energia nucleară românească, privită ca un corp de cunoștințe acumulate s-a efectuat evaluarea unor aspecte asupra acestor cunoștințe, cum ar fi:

- O1 - elementele dominante caracteristice anumitor etape sau
- O2 - tendințele viitoare și posibile acțiuni de susținere.

Pentru efectuarea acestei evaluări s-a utilizat o abordare comparativă, în baza căreia s-au considerat metodologiile de următoarele tipuri:

- **Istoricizant** de prezentare a rezultatelor și personalităților (se v denumită în lucrare metodologia **IM**)

- **Evaluare - expert** de analiză a diverselor teorii, modele etc. (denumită în lucrare metodologia **EM**)
- **Paradigmatic cu analiza structurii** de cunoștințe (metodologia **PASCUM**)

S-a identificat faptul că abordarea de tipul **PASCUM** pentru studierea unui astfel de obiectiv conduce la concluzii mai rafinate. În particular s-a demonstrat cum se pot identifica punctele forte și cele slabe ale diverselor paradigme cu exemplificare pentru cazul particular al energiei nucleare românești. Structurile definite de sistemele științei și tehnologiei nucleare pot genera diverse structuri topologice permițând analize mai detaliate ale problemelor fiecărei etape.

În cazul particular al științei și energiei nucleare românești se recomandă luarea în considerare a recomandărilor specifice prezentate în capitolul anterior. Punctele slabe și punctele specifice astfel identificate pot sta la baza unor noi studii, mai aprofundate, pe baza cărora se pot face analize ulterioare mai rafinate, iar precizia deciziilor să crească, cu șanse de succes mult mai mari.

Un alt rezultat al lucrării este că se confirmă utilitatea unor astfel de abordări comparative (între metodologii diverse de exemplu de tip IM, EM și PASCUM), dar că acestea trebuie extinse la alte obiecte de studiu, pentru a verifica stabilitatea soluțiilor și aplicabilitatea lor la alte situații particulare.

Anexa 1

Elemente pentru definirea studiului de caz – Activități ale unor instituții ale științei și tehnologiei românești care au legătură directă sau indirectă cu energia nucleară

Institutul de Cercetări Nucleare Pitești (extras de pe site ICN Pitești unde se găsesc și detalii) ^[20]

1. **Între 1970- 1977 se pun bazele institutului**

- O misiune de experti ai **Agenciei Internaționale pentru Energie Atomică (AIEA)** recomandă în 1970 și avizează favorabil proiectul de înființare a Institutului de la Pitești, pentru asigurarea suportului științific și tehnologic privind dezvoltarea Programului Nuclear din România, care se înființează în 1971 ca **Institutul pentru Tehnologii Nucleare (ITN)** - unitate strategică având domeniul de activitate, cercetarea științifică, proiectarea, ingineria tehnologică și responsabilitatea tehnică pentru dezvoltarea energiei nucleare în România. În 1977 institutul își schimbă denumirea în **Institutul de Reactori Nucleari Energetici (IRNE)**. Ulterior în 1990 își va schimba din nou numele în **Institutul de Cercetări Nucleare (ICN)** iar secția de producție combiustibil devine **Fabrica de Combustibil Nuclear Pitești (FCN)**.
- În perioada 1989-până în prezent institutul trece prin reorganizări interminabile. În prezent începând cu 2013 **Institutul de Cercetări Nucleare Pitești (ICN)** a devenit sucursală a **Regiei Autonome "Tehnologii pentru Energia Nucleară (RATEN)"**, înființată conform prevederilor Ordonanței de Urgență Nr. 54 din 29 mai 2013, aprobată prin Legea nr. 302/2013.

2. **Între 1979 și 1985 se pun bazele elementelor de cercetare care să sprijine testarea și fabricația combustibilului nuclear pentru Cernavodă** – criticitatea Reactorului de Încercări de Materiale - TRIGA, aflat în cadrul institutului, Stația Pilot de Fabricație Elemente Combustibile tip CANDU. În 2002 se va finaliza un nou model de combustibil SEU43.

20

***<http://www.nuclear.ro/ro>

3. **În perioada 1983-1990 se construiesc laboratoare si standuri specializate pentru energetica nucleară, cum ar fi**
 1. Laboratorul de Examinare Post - Iradiere (LEPI)
 2. Standul de Testare Anduranță a fasciculelor combustibile din cadrul departamentului Testări în Afara Reactorului (TAR) și a Stația de Tratare a Deșeurilor Radioactive (STDR).
 3. Standul pentru testarea capetelor MID - **Mașina de încărcat Descărcat Combustibil.**
 4. **Reactorul TRIGA** suferă modificari ale combustibilui (între 1992 și 2008 se face conversia acestuia sub coordonarea părții americane posesesoare a licenței.

4. **Intre 1995 și 2005 ICN participă la punerea în funcțiune a CNE Cernavodă, , cum ar fi:**
 1. Participarea specialiștilor institutului la etapele de punere în funcțiune a Unității 1 de la Centrala Nucleară – Cernavodă (cu atingerea primei criticități a CNE Cernavoda unitatea 1 la La 16 aprilie 1996).
 2. Finalizarea testelor funcționale ale celui mai complex echipament robotizat utilizat în reactorul de la CNE Cernavodă - **Mașina de Încărcat Descărcat Combustibil (MID)**. în urma evaluării, calificării echipamentelor și tehnologiilor deținute, a testării personalului de către o echipă de specialiști canadieni, pentru prima dată în România și în Europa, ICN Pitești a încheiat cu succes **testarea și livrarea la CNE Cernavodă - Unitatea 2, a două capete ale Mașinii de încărcat Descărcat Combustibil Nuclear.**

3. Punerea în funcțiune, la Unitatea 1 - CNE Cernavodă, a **Sistemului de Localizare a Combustibilului Defect (SLCD)**, echipament proiectat și realizat în întregime în institut.
- **Între 2003-2010** in institut se definesc agenții de importanță națională, cum ar fi
 - **Agencia Națională pentru Deșeuri Radioactive**
 - **Participarea la programul FP7-EURATOM de participare** la realizarea proiectului centralei nucleare de demonstrație, ALFRED (100 MWe), în cadrul proiectului **LEADER (FP7 -EURATOM)**
 - **Afirmări internaționale in ultimul deceniu, cum ar fi**
 - Aniversarea a **40 de ani de activitate a institutului** ocazie cu care a avut loc lansarea revistei "**Journal of Nuclear Research and Development**", realizată în institut.
 - Lansarea primei ediții a Conferinței "**Annual International Conference on Sustainable Development through Nuclear Research and Education**" - **Nuclear 2008**.
 - Aderarea ICN la **ESNII (Inițiativa Industriei Nucleare Europene privind sistemele de Generație IV)**.

Pentru alte instituții există referințe detaliate, de asemenea. ^{[21] [22] [23] [24] [25] [26] [27]}

-
- 21 Petre Ștefănescu, S. Ghiță, D. Șerbănescu: Securitatea nucleară. Ed. BREN, 2002.
- 22 Veronica Andrei, Iosif Constantin Bilegan, Florin Glodeanu, Constantin Racoveanu, De la atom la kilowat în România, Editura Modelism, 2007.
- 23 ***<http://www.nipne.ro/about/booklet.pdf>
- 24 ***<http://cpsdn.nipne.ro/sample-page/scurt-istoric-2/> centru pregatire cadre domeniul nuclear
- 25 ***<http://www.citon.ro/>
- 26 ***<http://www.cne.ro>
- 27 ***<http://www.icsi.ro/>

Anexa 2**Elemente pentru definirea studiului de caz – Lista de personalități și instituții reprezentative ale științei și tehnologiei românești care au legătură directă sau indirectă cu energia nucleară evaluată cu o perspectivă de expert**

Mai jos se prezintă o listă a personalităților și instituțiilor românești în fizică / energetică nucleară. Aceasta nu este o listă exhaustivă, iar elementele legate de excelențele performante ale laserilor nu sunt incluse de exemplu, nefiind legate direct de energia nucleară.

Astfel sunt contribuții deosebite (limitate în scop de ilustrare, dar nu limitative) ce pot fi grupate pe domenii de cercetare și instituții, cum ar fi:

I. Cercetare în fizica fundamentală nucleară cu impact direct în fizica nucleară

- Ștefan Procopiu (momentul magnetic al electronului Bohr - Procopiu magneton.
- Alexandru Proca (formularea teoriei mezonice a forțelor nucleare - ecuațiile Proca)
- Theodor V. Ionescu (magnetron multi - cavitare, maser hidrogen și studii de plasmă fierbinte de deuteriu pentru reacție de fuziune controlată)
- Meinhard E. Mayer (contribuții teorie bozoni W și Z și unificarea electro slabă)
- Ioan Ursu (proprietăți materiale nucleare în reactori și tehnica nucleară)
- Marin Ivașcu (Radioactivitatea exotică)
- Ionel Purica (Teoria reactorilor nucleari, măsurători de zgomot neutronic și teoria experimentului)
- Marius Peculea (Producerea apei grele după patent românesc)
- Dan Cacuci (Analize de sensibilitate și incertitudini coduri nucleare în teoria reactorilor).

II Cercetare în fizica fundamentală conexă și care sprijină fizica nucleară

- Horia Hulubei (Difuzie cuantică a razelor X)
- Mihai Gavrilă (Dihotomie atomică în câmpuri de laser)
- Șerban Țițeica (Fizică teoretică, termodinamică și fizică statistică, rezistență electrică în câmpuri magnetice)
- Ioan Ioviț Popescu (Fizica plasmei și optică generală)
- Radu Bălescu (Fizică statistică a particulelor încărcate - operator de coliziune Bălescu – Lenard)
- Silviu Olariu (Numere complexe în modele de fizică cuantică)
- Florin Moldoveanu (Deducerea legăturilor mecanicii cuantice din principii generale fizice)

III. Cercetare în matematică - fundamentală conexă și care sprijină fizica / tehnologia nucleară

- Adrian Bejan (Teoria constructivistă a generării unui proiect în natură)
- Alexandra Bellow (Teorie ergodică, probabilitate și analiză)
- Grigore Moisil (Algebră Łukasiewicz - Moisil)
- Gheorghe Păun (Calcul de membrane)
- Nicolae Popescu (Contribuții la algebra și teoria categoriilor abeliene cu aplicații în inele și module)
- Vasile M. Popov (Metoda de analiză a stabilității în sisteme neliniare - criteriul Popov)
- Robert Steinberg (Reprezentare Steinberg, grup Steinberg teoria algebrei K și grupuri Lie)
- Gheorghe Vrânceanu (Noțiunea de spații non – holonomice)
- Abraham Wald (Teoria deciziei, econometrică și analiză statistică secvențială)

IV. Învățământ - pregătire și repregătire cadre- Dan Berinde, Nicolae Dănilă, Aurel Leca, Adrian Badea, Ilie Prisecaru, Gheorghe Șindrilaru, Petre Ștefănescu, Petre Ghițescu, Nicolae Martalogu, Petre Șandru**V. Instituții de bază ale infrastructurii naționale participante la programul nuclear**

CNE Cernavodă - punere în funcțiune a două grupuri nucleare și exploatarea lor - Dragos Gabor, Constantin Racoveanu, Ion Grancea, Popa

Silviu, Ionel Bucur, Mircea Meteș, Aurel Filip, Nicolae Bobolea, Cristian Talmazan, Marian Șerban, Nicolae Vioel Mărculescu

CITON - ISPE –proiectare CNE Cernavodă - Nelu Vasilescu, Camil Wlezek, Nicolae Suciuc, Dumitru Dina, Mihai Pop, Horia Bogdan, Constantin Mingiuc, Andrei Panait, Ion Rotaru

CNCAN - reglementare, autorizare și revizie independentă documentație de autorizare în domeniul nuclear - Ștefan Alexandru Olariu, Popa Petre, Simion Nicoreșteanu, Ion Cristian, Dan Cutoiu

IRNE Pitești - producerea combustibilului nuclear CANDU - director Nicolae Andreescu, director științific Valeriu Râpeanu, Ilie Turcu, Radu Vasile, Lungu Stelian, Andrei Balhoianu, Ștefan Mehedințeanu

IFA – ICEFIZ_IFIN HH-FAN - Cercetare fizică fundamentală, fizica reactorilor, materiale nucleare, dozimetrie - Horia Hulubei, Marin Ivașcu, Valentin Ceaușescu, Ilie Iancu, Vasile Cuculeanu, Mărgărit Pavelescu.

MICM CIUE DEN - asimilare fabricație componente centrale nucleare - Alexandru Albeanu, Petre Belcotă, Sorina Terzian, Constantin Ciocan, Ilie Iancu

Bibliografie

- [1] Kuhn, Thomas. *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- [2] Ștefănescu, Petre, S. Ghiță, D. Șerbănescu. *Securitatea nucleară*, Editura Bren, 2002; Șerbănescu, Dan. On Some Knowledge Issues in Sciences and Society, *ESCK13*, Kaunas, 2013
- [3] Șerbănescu, Dan. "A new approach in nuclear risk theory" în *The use of PSA in the regulatory process*", IAEA Vienna, 26-29 April 1993, A9744187.

- [4] Șerbănescu, Dan. Science and mythology, SRA conference Boston, 2008.
- [5] Șerbănescu, Dan. Modele, structuri și paradigme în știință și tehnologie - Studiu de caz asupra unor probleme românești, *Lucrare de absolvire, Curs de inițiere în istoria și filosofia științei și tehnicii*, Academia Română, Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii, mai 2014.
- [6] Șerbănescu, Dan. Systematic biases in event review and their impact on learning process, *45th ESReDA Seminar on Dynamic Learning from Incidents and Accidents, Bridging the Gap between Safety Recommendations and Learning*, 23rd - 24th October 2013, Porto – Portugal.
- [7] Șerbănescu, Dan. Understanding major accidents - Shifting paradigms in safety and risk, *Safety Summit Vienna 27-28 Sept 2011*, http://www.academia.edu/3763738/Understanding_major_nuclear_accidents_shifting_in_paradigms_for_safety_and_risk.
- [8] Șerbănescu, Dan, A.L/Vetere Arellano. "WP1 – Risk-Informed Decision Making (RIDM) Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications", Martorell et al. (eds) 2009 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48513-5 *SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME Citizens and governance in a knowledge-based society COORDINATION ACTION Proposal/Contract no.: FP6-036720 Comparison of Approaches to Risk Governance*.
- [9] ***<http://www.nuclear.ro/ro>
- [10] ***<http://www.nipne.ro/about/booklet.pdf>
- [11] ***<http://cpsdn.nipne.ro/sample-page/scurt-istoric-2/> centru pregătire cadre domeniul nuclear
- [12] ***<http://www.citon.ro/>
- [13] ***<http://www.cne.ro/>
- [14] Andrei, Veronica, Iosif Constantin Bilegan, Florin Glodeanu, Constantin Racoveanu, *De la atom la kilowat în România*, Editura Modelism, 2007
- [15] ***<http://www.icsi.ro/>