



UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT:
Mine, Petrol și Gaze

TEZĂ DE DOCTORAT
-REZUMAT-

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
Prof.univ.dr. habil ing. **ONICA Ilie**

STUDENT DOCTORAND:
POSTOLACHI Bogdan

ANUL 2026



UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT:
Mine, Petrol și Gaze

**ANALIZA STABILITĂȚII STRUCTURILOR
SUBTERANE DE LA MINA CANTACUZINO,
SALINA SLĂNIC-PRAHOVA**

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
Prof.univ.dr. habil ing. **ONICA Ilie**

STUDENT DOCTORAND:
POSTOLACHI Bogdan

	<i>Membrii comisiei de îndrumare/ comisiei de îndrumare și integritate academică:</i>
1.	Prof. univ. dr. ing. GEORGESCU Mircea
2.	Prof. univ. dr. ing. COZMA Eugen
3.	Prof.univ.dr. habil ing. MARIAN Dacian-Paul

ANUL 2026

CUPRINS

**Capitolul 1 - INTRODUCERE: CONTEXTUL CERCETĂRII,
MECANISMELE DE FLUAJ ALE SĂRII ȘI MODELELE
CONSTITUTIVE**

**Capitolul 2 - GEOLOGIA, HIDROGEOLOGIA ȘI ISTORICUL
EXPLOATĂRII MINEI SLĂNIC PRAHOVA**

**Capitolul 3 - CARACTERIZAREA GEOMECHANICĂ ȘI REOLOGICĂ
A SĂRII GEMĂ; PARAMETRII DE FLUAJ**

**Capitolul 4 - STAREA ACTUALĂ ȘI STABILITATEA MINEI
SLĂNIC: ANALIZĂ PRIN METODE ANALITICE ȘI DATE DE
MONITORIZARE**

**Capitolul 5 - MODELUL GEOLOGIC ȘI GRILA GEOTEHNICĂ:
FLUXUL DE LUCRU LEAPFROG → RHINOCEROS/GRIDDLE →
FLAC^{3D}**

**Capitolul 6 - CONSTRUCȚIA ȘI CALIBRAREA MODELULUI
NUMERIC**

**Capitolul 7 - REZULTATELE NUMERICE ȘI ANALIZA
STABILITĂȚII PE TERMEN LUNG**

**Capitolul 8 - CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE
ȘI RECOMANDĂRI**

BIBLIOGRAFIE

1. SCOPUL, OBIECTIVELE ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE A TEZEI DE DOCTORAT

Slănic Prahova este una dintre cele mai vechi mine de sare gemă din România, cu o exploatare documentată încă din secolul al XVII-lea și cu exploatarea continuă a zăcămintului actual începând din 1835. De-a lungul a patru etape succesive de exploatare, de la primele excavații în formă de clopot, trecând prin marile camere trapezoidale ale minelor Carol, Mihai și Unirea, până la metoda modernă cu camere și pilieri din minele Victoria și Cantacuzino, au fost extrase aproape cincisprezece milioane de metri cubi de sare. Suprafața de deasupra lucrărilor continuă să se scufunde cu viteze măsurabile până în prezent, în timp ce pilierii și planșeele dintre orizonturi se închid lent sub acțiunea fluajului sării. Întrucât o parte a minei rămâne în uz turistic, stabilitatea pe termen lung a structurilor subterane reprezintă o prioritate practică pentru operator, nu doar o problemă științifică.

Scopul tezei de doctorat:

Teza prezintă primul model geomecanic tridimensional la scara întregii saline pentru Slănic Prahova, care reconstituie întregul istoric de exploatare, din 1835 până în 2025, și prognozează deformarea suprafeței și a subteranului până în 2050. Modelul tratează masivul de sare, rocile acoperitoare, topografia și golurile excavate din fiecare sector istoric ca un sistem mecanic unic, în loc să analizeze fiecare etapă în mod izolat.

Obiectivele tezei:

1. Caracterizarea stării actuale de stabilitate a minei Cantacuzino din punctul de vedere al comportamentului structural în subteran, al fenomenelor de deformare a suprafeței și al zonelor afectate de exploatarea anterioară.
2. Proiectarea unei metodologii pentru construirea modelului geologic în Leapfrog Works, transferul acestuia prin Rhinoceros urmat de discretizare cu ajutorul Griddle și introducerea geometriei în codul FLAC^{3D}, gestionând în același timp problemele de interoperabilitate care apar între sistemele moderne și datele de arhivă eterogene.
3. Calibrarea parametrilor modelului constitutiv Norton de tip putere la scara minei prin analiză retroactivă, folosind împreună măsurătorile de nivelment de la suprafață, înregistrările deplasărilor din subteran și rezultatele de laborator privind fluajul.
4. Evaluarea stabilității actuale și viitoare a minei pe baza profilurilor de subsidență prognozate, a rapoartelor rezistență-tensiune, a factorului de stabilitate și a distribuției zonelor de plasticizare pe întreaga durată a simulării.

Metodologia de cercetare:

Metodologia combină reconstituirea datelor de arhivă, modelarea tridimensională, simularea numerică și calibrarea pe baza datelor de teren. Hărțile ce reprezintă terenul de la suprafață din 1962 și 1992, planurile din arhivă ale minelor Unirea, Carol, Mihai și Victoria, fișele de foraj și secțiuni orizontale și verticale ce caracterizează depozitul de sare și monitorizarea ștundării suprafeței și planșelor de la mina Cantacuzino au fost colectate,

digitizate și aduse într-un sistem de coordonate comun. Un model geologic tridimensional continuu a fost construit în Leapfrog Works folosind o metodă de modelare implicită, exportat în Rhinoceros pentru corectarea geometriei și discretizat în Griddle sub forma unei rețele de discretizare gradate, cu dimensiuni ale elementelor de doi până la patru metri în jurul excavațiilor și de zece până la cincisprezece metri către suprafață. Grila rezultată, de aproximativ trei milioane de elemente, a fost importată în FLAC^{3D}, unde răspunsul pe termen lung a fost simulat cu un model constitutiv Norton de tip putere, combinat cu un criteriu de rupere Mohr-Coulomb. Fiecare obiect excavat a fost etichetat cu anul deschiderii sale, astfel încât simularea să activeze lucrările în ordine cronologică pe parcursul celor 190 de ani de exploatare. Parametrii de fluaj au fost estimați inițial din încercări de laborator de tip uniaxial, apoi rafinați prin analiză retroactivă în raport cu două seturi de date independente: înregistrările de nivelment de la suprafață, din perioada 1994–2025, și înregistrările deplasărilor din subteran, colectate la mina Cantacuzino în perioada 2004–2019. Stabilitatea a fost evaluată prin deplasările de la suprafață și din subteran, starea de tensiuni, rapoartele rezistență-tensiune și o analiză prin metoda reducerii rezistenței, utilizată pentru a localiza zonele în care s-ar forma mai întâi un mecanism plastic.

2. SINTEZA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat intitulată „*Analiza stabilității structurilor subterane de la Mina Cantacuzino, salina Slănic-Prahova*” este structurată în opt capitole, grupate în trei părți. Partea I acoperă fundamentele geologice, hidrogeologice, topografice, geomecanice, geofizice și de exploatare minieră. Partea a II-a descrie etapele de lucru pentru construirea modelului geologic și numeric tridimensional. Partea a III-a prezintă calibrarea modelului, rezultatele simulării pe termen lung și evaluarea măsurilor de protecție.

Capitolul 1- *Introducere* stabilește contextul cercetării. Trece în revistă mecanismele de fluaj ale sării și modelele constitutive folosite pentru a le descrie și sintetizează modul în care modelele numerice au fost aplicate minelor de sare exploatare de-a lungul timpului. Capitolul identifică cele două probleme care motivează lucrarea: variabilitatea parametrilor de fluaj între scara de laborator și cea de teren și dificultatea de calcul a simulării geometriilor complexe ale minelor de sare exploatare vreme îndelungată. Se consemnează faptul că, în pofida a trei secole de exploatare, nu fusese dezvoltat anterior niciun model de fluaj tridimensional la scara întregii saline care să acopere toate etapele de extracție de la Slănic Prahova.

Capitolul 2 - *Geologia, hidrogeologia și istoricul exploatării* descrie cadrul zăcămintului. Corpul de sare de la Slănic Prahova este o masă lenticulară de halit de vârstă miocenă, lungă de aproximativ 2.700 de metri, cu lățimi între 800 și 2.300 de metri și o grosime de până la circa 500 de metri, alcătuită în principal din halit, cu intercalații subțiri de anhidrit, gips, polihalit și dolomit. Capitolul prezintă stratigrafia și tectonica sinclinalului Slănic, regimul hidrogeologic care guvernează dizolvarea și infiltrația, precum și cele patru etape de exploatare. Acestea se întind de la primele excavații în formă de clopot, trecând prin marile camere trapezoidale ale minelor Carol, Mihai și Unirea, până la mina Victoria, deschisă în 1970 cu metoda camerelor și pilierilor, și mina Cantacuzino, exploatată între 1990 și 2019.

Geometria și vechimea fiecărei etape determină câteva dintre ipotezele adoptate ulterior în model, întrucât camerele mai vechi continuă să încarce rocile acoperitoare de deasupra lucrărilor mai recente din mina Victoria.

Capitolul 3 - *Caracterizarea geomecanică și reologică a sării gemă; parametrii de fluaj* prezintă proprietățile sării gemă obținute din numeroși ani de încercări de laborator și definește parametrii de fluaj folosiți în simulare. Cele trei etape ale fluajului sării, primar (tranzitoriu), secundar (în stare staționară) și terțiar, sunt descrise și corelate cu închiderea pe termen lung a excavațiilor, fluajul secundar fiind identificat ca cel care guvernează convergența pe scările de timp relevante pentru mină. Modelul constitutiv Norton de tip putere, combinat cu un criteriu de rupere Mohr-Coulomb, este introdus drept cadrul adoptat pentru răspunsul pe termen lung al sării.

Capitolul 4 - *Starea actuală și stabilitatea minei Slănic: analiză prin metode analitice și date de monitorizare* trece în revistă evaluările analitice, empirice și numerice anterioare ale minei Slănic și descrie răspunsul observat în subteran: deformarea pilierilor, convergența dintre nivelurile de exploatare, fisurarea planșeelor și prăbușirile locale de acoperiș înregistrate în partea estică a minei Cantacuzino. În continuare, capitolul prezintă cele două seturi de date de monitorizare care constrâng modelul. Rețeaua de nivelment de la suprafață este măsurată din 1994 și cuprinde în prezent 105 repere distribuite pe perimetrele Victoria, Cantacuzino și Minele Vechi. Rețeaua din subteran, instalată pe vetrele orizonturilor V până la X ale minei Cantacuzino din 2004, măsoară convergența verticală a pilierilor și a planșeelor dintre orizonturi, care au o grosime de circa opt metri și preiau încărcarea principală dintre niveluri. Cele două seturi de date răspund diferit la variațiile parametrilor de fluaj, în special la exponentul tensiunii, astfel încât folosirea lor combinată constrânge calibrarea mai strict decât oricare dintre seturi luat separat.

Capitolul 5 - *Modelul geologic și grila geotehnică: fluxul de lucru Leapfrog → Rhinoceros/Griddle → FLAC^{3D}* descrie construcția modelului tridimensional pornind de la surse care acoperă aproape două secole și care diferă mult ca acuratețe, format și sistem de coordonate. Capitolul prezintă procedura de modelare implicită din Leapfrog Works, ierarhia obiectelor modelului geologic și transferul unidirecțional al geometriei către modelul geotehnic pe traseul Leapfrog → Rhinoceros/Griddle → FLAC^{3D}. Sunt discutate constrângerile de compatibilitate întâlnite între aceste sisteme și deciziile practice luate pentru a păstra atributele geotehnice pe parcursul transferului.

Capitolul 6 - *Construcția și calibrarea modelului numeric* stabilește geometria, discretizarea și calibrarea modelului FLAC^{3D}. Pentru a evita efectele de distorsiune a rezultatelor de la limita modelelor, marginile modelului au fost extinse dincolo de zona exploatată cu aproximativ 100 m, măsurate de la limitele modelului; dimensiunile totale ale modelului sunt de 1.700 m × 1.000 m în plan orizontal și 400 m pe înălțime, excavațiile fiind situate în interiorul modelului. Optimizarea rețelei de discretizare a fost concepută astfel încât rezultatele calculelor să exprime realitatea din teren. Rețeaua are o rezoluție suficient de densă pentru a prelua concentrațiile de tensiuni din jurul excavațiilor și convergența treptată generată de fluajul sării geme, rămânând în același timp fiabilă pentru simulări pe durata de

215 ani. A fost adoptată o discretizare graduală, cu elemente mai fine în zonele exploatate, în special camerele, pilierii și intersecțiile acestora, și cu dimensiuni crescând progresiv spre câmpul îndepărtat și spre suprafața terenului. Un studiu de sensibilitate a comparat trei rețele de discretizare; modelul adoptat conține aproximativ trei milioane de zone, cu elemente de 2×2 metri în câmpul apropiat din sectorul Cantacuzino. În absența unor măsurători in situ ale stării naturale de tensiuni, starea geostatică a fost definită printr-un câmp de tensiune în care componenta verticală derivă din greutatea coloanei de roci acoperitoare, iar componentele orizontale au fost stabilite printr-un coeficient al împingerii laterale $K_0 = 0,7$, ales pe baza unui studiu de sensibilitate (interval analizat de la 0,43 la 1,66). Parametrii modelului Norton de tip putere au fost estimați inițial din încercări uniaxiale de fluaj, apoi rafinați prin analiză retroactivă în raport cu înregistrările de nivelment de la suprafață (1994–2025) și cu înregistrările de convergență din subteran (2004–2019). Valorile calibrate sunt un exponent al tensiunii de 2,03 și un coeficient de fluaj de $3 \times 10^{-25} \text{ s}^{-1} \cdot \text{MPa}^{-n}$. La stațiile de monitorizare din subteran, deplasările verticale calculate de model reproduc valorile măsurate cu o abatere între 1,4% și 9,0%, sub pragul de 10%; la stațiile de la suprafață abaterea este mai mare, deoarece nivelmentul de la suprafață surprinde răspunsul integrat, în câmp îndepărtat, al rocilor acoperitoare, în timp ce reperele din subteran înregistrează direct convergența dintre cameră și pilieri.

Capitolul 7 - *Rezultatele numerice și analiza stabilității pe termen lung* prezintă rezultatul simulării calibrate a fluajului pe durata de 215 ani, pentru perioada 1835–2050. Subsidența suprafeței se dezvoltă progresiv încă din primele etape ale exploatării și persistă mult timp după realizarea excavațiilor, fiind centrată pe sectorul Victoria, cu un minim de scufundare tot mai profund și un gradient radial tot mai abrupt spre centrul albiei de scufundare. Pentru anul 2025, după finalizarea extracției, scufundarea maximă deasupra sectorului Victoria atinge aproximativ -1.640 mm, în timp ce sectorul Cantacuzino prezintă magnitudini mult mai mici, cu un vârf de circa -600 mm. Până în anul 2050, deplasarea verticală maximă rămâne concentrată deasupra sectorului Victoria și ajunge la aproximativ -2.060 mm, ceea ce corespunde unei viteze medii de scufundare de circa -17 mm/an pentru intervalul 2025–2050. Geometria și poziția albiei de scufundare rămân relativ stabile, în timp ce magnitudinea crește progresiv, iar zona afectată își continuă expansiunea laterală. Maximul de deasupra sectorului Victoria nu poate fi atribuit exclusiv excavațiilor recente: camerele trapezoidale masive din mina Unirea și din minele vechi au creat o redistribuire a tensiunilor pe termen lung care continuă să încarce rocile acoperitoare și să accelereze închiderea indusă de fluaj a nivelurilor mai noi, subiacente și adiacente. În subteran, închiderea prognozată urmează un gradient persistent vest-est: la orizontul VII deplasările verticale cresc de la circa -100 mm în vest la circa -550 mm în est în 2025 și ating circa -780 mm până în 2050, iar la orizontul VIII cresc de la circa -80 mm în vest la circa -460 mm zona estică în 2025 și ajung la circa -700 mm până în 2050. Valorile maxime fiind constant localizate în sectorul estic. Raportul rezistență-tensiune (SSR) calculat la stațiile de monitorizare din pilieri rămâne constant peste 2,8, cu o valoare maximă de aproximativ 3,6, în timp ce valorile cele mai mici, în jur de 1,7, sunt limitate la benzi subțiri de-a lungul marginilor pilierilor și în apropierea acoperișului și a vetrei. Faptul că deplasări mari coexistă cu un raport rezistență-

tensiune ridicat la stațiile de monitorizare arată că pilierii suferă o deformare reologică controlată, nu o cedare fragilă unde nucleele portante redistribuie sarcinile litostatice, iar cedarea după criteriul Mohr-Coulomb rămâne limitată la perimetrele pilierilor. O analiză prin metoda reducerii rezistenței localizează zona în care s-ar forma mai întâi un mecanism plastic global, deasupra sectorului Victoria. Mărimile deplasărilor obținute în starea instabilă a acestei analize nu sunt fizice, întrucât soluția nu mai atinge echilibrul după ce rezistența este redusă dincolo de punctul de cedare; doar localizarea și forma zonei care cedează au semnificație.

Capitolul 8 - *Concluzii generale, contribuții personale și recomandări* sintetizează rezultatele, enumeră contribuțiile autorului și formulează recomandări pentru monitorizare, măsuri de protecție și cercetări viitoare. Capitolul subliniază limitarea principală a modelului care tratează sarea ca un mediu continuu, omogen și izotrop și, prin urmare, nu poate reproduce fracturile discrete observate în sectorul estic al minei Cantacuzino, unde tinde să subestimeze deplasările măsurate. Metoda reducerii rezistenței este prezentată ca o măsură optimistă, instantanee, a stabilității pilierilor și planșelor, care nu surprinde cedarea ce se dezvoltă progresiv prin fluaj, astfel încât completează simularea de fluaj, fără să o înlocuiască.

3. CONTRIBUȚII PERSONALE

Redactarea tezei a trebuit să facă față unei probleme proprii, lipsa unei baze de date centralizate la nivelul minei. Ceea ce există despre Slănic Prahova este risipit pe parcursul a decenii de prospecțiuni geologice, hărți parțiale, planuri de mină desenate manual, rapoarte vechi și rezultate de laborator din ani diferiți. O parte din acestea au supraviețuit doar pe hârtie, alte părți erau în format digital, dar incomplete, iar o bună parte nu purta o dată sigură, ceea ce a făcut dificilă încadrarea lor în succesiunea de exploatare și, cu atât mai mult, modelarea. Latura de mecanica rocilor avea propria lacună. Nimeni nu construise un model de fluaj pentru o mină de sare românească pe întreaga ei durată de funcționare, așa că nu exista un set calibrat de parametri de la care să se pornească. Totul a trebuit adunat laolaltă înainte ca vreo analiză reală să poată începe. Datele de laborator au făcut parte din acest demers. Pornind de la porțiunile de regim staționar ale curbelor de fluaj uniaxial, autorul a calculat parametrii A și n și i-a ajustat la legea Norton de tip putere, o primă estimare corectată ulterior prin analiză retroactivă în raport cu măsurătorile de teren.

Principalele contribuții ale autorului acestei teze de doctorat la domeniul studiat sunt următoarele.

- Sistematizarea și integrarea înregistrărilor geologice, topografice, de monitorizare și de exploatare ale salinei Slănic într-un model geologic unic, trasabil pe attribute, destinat analizei de stabilitate a structurilor subterane și a suprafeței terenului pentru perioada 1835-2025;
- Compilarea și structurarea bazei de date a forajelor pornind de la fișele istorice de foraj, inclusiv pregătirea tabelor de tip collar (gura forajului), survey (traietorie)

și geologie, care au fost importate în Leapfrog Works și folosite pentru construirea geometriei litologice a modelului geologic;

- Conversia hărților istorice cu curbe de nivel ale perimetrului Slănic din 1962 și 1992 din format analogic în format digital și integrarea lor cu datele altimetrice fotogrammetrice moderne într-un sistem de coordonate comun (Stereo70, plan de referință Marea Neagră);
- Digitizarea planurilor de arhivă ale sectoarelor exploatate (Victoria, Cantacuzino și grupul Minelor Vechi, format din camerele Carol, Mihai și Unirea) și transformarea tuturor secțiunilor transversale și a planurilor de nivel bidimensionale în obiecte tridimensionale integrate în modelul geologic și numeric;
- Calculul parametrilor inițiali de fluaj A și n din segmentele de regim staționar ale curbilor de fluaj uniaxial de laborator, ajustați la legea Norton de tip putere;
- Dezvoltarea și documentarea unei metodologii bazată pe mai multe etape care, leagă modelul geologic implicit de modelul geomecanic $FLAC^{3D}$, organizat sub forma unei bucle de actualizare în două sensuri, împreună cu o prezentare explicită a limitelor sale de interoperabilitate;
- Un studiu de sensibilitate a rețelei de discretizare, comparând trei variante de discretizare a modelului, cu dimensiuni ale elementelor în câmpul apropiat de 4×4 m, 3×3 m și 2×2 m și cu aproximativ 1,6, 2,2 și, respectiv, 3,0 milioane de zone, care a stabilit rețeaua de discretizare gradată adoptată pentru modelul calibrat drept echilibrul dintre rezoluția necesară pentru a surprinde concentrațiile de tensiuni și convergența condusă de fluaj din jurul excavațiilor și timpul de calcul necesar pentru simulările de 215 ani;
- Un studiu de sensibilitate a stării inițiale de tensiuni, în care coeficientul împingerii laterale K_0 a fost variat de la 0,43 la 1,66 pentru a evalua influența sa asupra deplasărilor prognozate la suprafață și în subteran, studiu care a condus la valoarea adoptată $K_0 = 0,7$ în absența unor măsurători in situ ale stării naturale de tensiuni;
- Implementarea unei proceduri de activare cronologică a excavațiilor, în care fiecare volum excavat poartă anul în care a fost lucrat, astfel încât simularea activează excavațiile în succesiune și reproduce istoricul de exploatare de 190 de ani al minei;
- Calibrarea parametrilor modelului constitutiv Norton de tip putere pentru sarea gemă de la Slănic ($n = 2,03$, $A = 3 \times 10^{-25} \text{ s}^{-1} \cdot \text{MPa}^{-n}$) prin analiză retroactivă în raport cu două seturi de date de teren independente, înregistrările de nivelment de precizie de la suprafață (1994–2025) și înregistrările de convergență din subteran de la orizonturile VII și VIII (2004–2019);
- Modelarea numerică tridimensională ($FLAC^{3D}$) a stabilității structurilor subterane și a suprafeței terenului afectate de excavațiile de la salina Slănic, reconstituind exploatarea etapizată pe parcursul celor 190 de ani dintre 1835 și 2025 și prognozând deplasările de la suprafață și din subteran până în 2050;

- Analiza de stabilitate a camerelor și a structurilor de rezistență (pilieri și planșee dintre orizonturi) ale minei Cantacuzino prin intermediul modelului tridimensional calibrat, pe baza unui set de indicatori (deplasarea la suprafață și în subteran, rapoartele rezistență-tensiune și zonele plasticizare) și a unei analize prin metoda reducerii rezistenței, care localizează zona unde s-ar forma mai întâi un mecanism plastic global;
- Analiza statistică a înregistrărilor de subsidență a suprafeței măsurate deasupra sectoarelor Minele Vechi, Victoria și Cantacuzino, precum și a înregistrărilor de convergență măsurate între orizonturile VII și VIII ale minei Cantacuzino, și folosirea lor ca seturi de date independente pentru calibrarea și validarea prognozei pe termen lung;
- Analiza modului în care minele interacționează și se influențează reciproc, posibilă datorită modelului integrat unic, în care lucrările Unirea, Carol și Mihai încarcă de deasupra centrul de deformare Victoria, iar câmpurile Victoria și Cantacuzino se conectează de-a lungul limitei lor sudice;
- Realizarea hărților cu deplasări verticale la suprafață și în subteran pe baza modelului numeric, pentru starea actuală (2025) și pentru prognoza anului 2050, care oferă o bază solidă pentru restricțiile de utilizare a terenului și pentru Planul Urbanistic General (PUG) al orașului Slănic Prahova.

4. RECOMANDĂRI ȘI DIRECȚII DE CERCETARE

Recomandările decurg direct din analiza de stabilitate și îmbină măsuri operaționale imediate cu direcții de studiu ulterioare.

- Minele Victoria și Unirea ar trebui să primească cea mai mare prioritate, deoarece analiza le identifică drept sectoarele care guvernează factorul de siguranță global și drept locurile unde s-ar forma mai întâi un mecanism plastic. Monitorizarea, consolidarea și restricțiile de utilizare a terenului ar trebui concentrate mai întâi aici, urmate de sectoarele estice ale minei Cantacuzino, unde rețeaua de fisuri înregistrată din 2004 poate afecta stabilitatea pe termen mai lung.
- Stațiile de nivelment de la suprafață și de măsurare a deplasărilor din subteran ar trebui menținute și, acolo unde este posibil, extinse pentru a acoperi și alte părți ale minei. Campaniile viitoare ar trebui să includă măsurători ale deplasărilor orizontale, pe lângă cele verticale, întrucât componenta laterală oferă informații despre dezvoltarea subsidenței și despre comportamentul asimetric al unor pilieri. Înregistrările de monitorizare acumulate ar putea apoi sprijini un model de prognoză bazat pe date, antrenat să prezică deplasările viitoare și să semnaleze tendințele anormale, model care ar completa analizele numerice, în timp ce modelul numeric ar rămâne cadrul fizic de referință pentru interpretarea mecanismelor de deformare.

- Încercări de laborator suplimentare pe probe dintr-o gamă mai largă de amplasamente, în special din minele Victoria și Unirea, ar îmbunătăți descrierea comportamentului de fluaj pe termen lung și ar ajuta la explicarea motivelor pentru care unele zone sunt mai puțin stabile. Sunt recomandate măsurători directe ale stării naturale de tensiuni in situ, obținute de exemplu prin fracturare hidraulică, astfel încât coeficientul împingerii laterale presupus de 0,7 să poată fi înlocuit cu o valoare determinată empiric în modelele viitoare. Dincolo de aceste măsuri, lucrarea indică direcția modelării interacțiunii dintre fluaj și fracturare în zonele de falie ale sectorului estic al minei Cantacuzino, unde un model de mediu continuu nu poate reproduce singur deteriorările locale observate.
- O direcție concretă în acest sens este folosirea unei modelări hibride, care să cuprindă explicit fisurile în model. Spre deosebire de modelul de mediu continuu folosit în teză, o abordare hibridă combină comportamentul de mediu continuu al masivului de sare cu reprezentarea discretă a discontinuităților, respectiv a fisurilor, fracturilor și faliilor din sectorul estic al minei Cantacuzino. În acest fel, deplasările și concentrațiile de tensiuni de-a lungul planurilor de fisură ar putea fi reproduse direct, iar subestimarea deplasărilor observată în zonele fracturate ar putea fi corectată.
- a doua direcție este aplicarea metodei submodelării, în care modelul de ansamblu al minei, cu o discretizare grosieră, este redus treptat la o zonă de interes cu o rețea de discretizare mult mai fină. Condițiile de frontieră ale submodelului, respectiv fețele nord, est, vest, sud, jos și sus în terminologia FLAC^{3D}, sunt extrase din rezultatele modelului grosier de ansamblu și impuse drept condiții de margine pentru submodelul de dimensiuni reduse. Procedul permite concentrarea efortului de calcul asupra unei porțiuni restrânse, de exemplu un grup de pilieri sau o zonă fracturată, și obținerea unor rezultate mai precise în acel volum, fără a relua întreaga simulare de 215 ani la rezoluție fină pe tot domeniul.