

Ministerul Educației Naționale
Școala Doctorală – Universitatea din Petroșani
Domeniul de doctorat: Mine, Petrol și Gaze

**ANALIZA FENOMENELOR DE INSTABILITATE ȘI REDUCEREA
IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI LA EXPLOATAREA SĂRII ÎN
ROMÂNIA**

Teză de doctorat (Rezumat scurt)

Conducător științific,

Prof.univ.dr.ing. ARAD D. Victor

Doctorand,

Ing. HOJDA (Moisuc-Hojda) Daniel

CUPRINS

INTRODUCERE	6
CAPITOLUL I SCURT ISTORIC ȘI SITUAȚIA ACTUALĂ A EXPLOATĂRII SĂRII ÎN LUME ȘI ÎN ROMÂNIA	9
1.1. SCURT ISTORIC	9
1.2. SITUAȚIA ACTUALĂ A EXPLOATĂRII SĂRII PE CALE USCATĂ ÎN LUME ȘI ÎN ROMÂNIA	11
1.2.1. Metode de exploatare a sării pe cale uscată aplicate în lume	11
1.2.2. Metode de exploatare a sării pe cale uscată aplicate în România	13
1.3. SITUAȚIA ACTUALĂ A EXPLOATĂRII SĂRII PRIN DIZOLVARE ÎN LUME ȘI ÎN ROMÂNIA	16
1.3.1. Metode de exploatare a sării prin dizolvare aplicate în lume	16
1.3.2. Metode de exploatare a sării prin dizolvare aplicate în România	18
CAPITOLUL II DATE GEOLOGICE GENERALE PRIVIND ZĂCĂMINTELE DE SARE GEMĂ DIN ROMÂNIA	21
2.1. STRATIGRAFIA ZĂCĂMINTELOR DE SARE GEMĂ	21
2.2. TECTONICA ZĂCĂMINTELOR DE SARE GEMĂ	22
2.3. HIDROGEOLOGIA ZĂCĂMINTELOR DE SARE GEMĂ	22
CAPITOLUL III DESCRIEREA ZĂCĂMINTELOR DE SARE GEMĂ	24
3.1. ZĂCĂMÂNTUL DE SARE GEMĂ PRAID	24
3.1.1. Localizarea. Cercetarea geologică și hidrogeologia zăcământului Praid	24
3.1.2. Forma și poziția zăcământului Praid	26
3.1.3. Caracterizarea calitativă a sării geme de la Praid, metodele de exploatare aplicate și fenomene de instabilitate produse	26
3.2. ZĂCĂMÂNTUL DE SARE GEMĂ TÂRGU OCNA	27
3.2.1. Localizarea. Cercetarea geologică și hidrogeologia zăcământului Târgu Ocna	27
3.2.2. Forma și poziția zăcământului Târgu Ocna	27
3.2.3. Caracterizarea calitativă a sării geme de Târgu Ocna, metodele de exploatare aplicate și fenomene de instabilitate produse	29
3.3. ZĂCĂMÂNTUL DE SARE GEMĂ SLĂNIC PRAHOVA	29
3.3.1. Localizarea. Cercetarea geologică și hidrogeologia zăcământului Slănic Prahova	29
3.3.2. Forma și poziția zăcământului Slănic Prahova	32
3.3.3. Caracterizarea calitativă a sării geme de Slănic Prahova, metodele de exploatare aplicate și fenomene de instabilitate produse	32
3.4. ZĂCĂMÂNTUL DE SARE GEMĂ OCNELE MARI	34
3.4.1. Localizarea. Cercetarea geologică și hidrogeologia zăcământului Ocenele Mari	34
3.4.2. Forma și poziția zăcământului Ocenele Mari	34
3.4.3. Caracterizarea calitativă a sării geme de Ocenele Mari, metodele de exploatare aplicate și fenomene de instabilitate produse	36
3.5. ZĂCĂMÂNTUL DE SARE GEMĂ OCNA DEJ	37
3.5.1. Localizarea. Cercetarea geologică și hidrogeologia zăcământului Ocna Dej	37
3.5.2. Forma și poziția zăcământului Ocna Dej	38
3.5.3. Caracterizarea calitativă a sării geme de Ocna Dej, metodele de exploatare aplicate și fenomene de instabilitate produse	39
3.6. ZĂCĂMÂNTUL DE SARE GEMĂ OCNA MUREȘ	40
3.6.1. Localizarea. Cercetarea geologică și hidrogeologia zăcământului Ocna Mureș	40
3.6.2. Forma și poziția zăcământului Ocna Mureș	40
3.6.4. Caracterizarea calitativă a sării geme de Ocna Mureș, metodele de exploatare aplicate și fenomene de instabilitate produse	42
3.7. ZĂCĂMÂNTUL DE SARE GEMĂ CACICA	42
CAPITOLUL IV CARACTERISTICILE GEOMECHANICE ALE SĂRII	45
4.1. CARACTERIZAREA FIZICĂ A SĂRII	45
4.1.1. Densitatea specifică	46
4.1.2. Densitatea specifică aparentă – volumică	47
4.1.3. Porozitatea	48
4.1.4. Cifra porilor	49
4.1.5. Umiditatea	49
4.2. CARACTERIZAREA MECANICĂ A SĂRII	50
4.2.1. Rezistența de rupere la compresiune monoaxială	50
4.2.2. Rezistența de rupere la tracțiune	52
4.2.3. Rezistența de rupere la forfecare	52
4.2.4. Coeziunea și unghiul de frecare interioară	53
4.2.5. Rezistența de rupere a sării la compresiune triaxială	53
4.2.6. Rezistența de rupere a sării la solicitarea triaxial cilindrică	53
4.3. CARACTERIZAREA ELASTICĂ A SĂRII	54
4.3.1. Modulul de elasticitate static, E	54
4.3.2. Coeficientul și constanta lui Poisson	54
4.3.3. Caracteristici elastice determinate dinamic	55
4.4. CARACTERIZAREA SĂRII ÎN URMA FENOMENELOR DE COMPRESIUNE – DILATANȚĂ	55
4.5. CARACTERIZAREA REOLOGICĂ A SĂRII	55
4.6. PARAMETRI GEOMECHANICI DETERMINAȚI PE PROBELE PRELEVATE DE LA SALINA OCNA DEJ	56
4.7. CONCLUZII CU PRIVIRE LA CARACTERIZAREA GEOMECHANICĂ A SĂRII DE SALINA OCNA DEJ	57
CAPITOLUL V DIMENSIONAREA ELEMENTELOR DE REZISTENȚĂ, PILIERI ȘI PLANȘEE	59
5.1. PROCEDEUL DE VERIFICARE A DIMENSIUNILOR PILIERILOR CONCEPT DE TOURNAIRE	59
5.2. METODA LUI HATON DE LA GOUPILLIERE	59
5.3. METODA LUI M. GRUNER PENTRU VERIFICAREA DIMENSIUNILOR PILIERILOR	62
5.4. METODA PROPUȘĂ DE I.D. SEVIAKOV PENTRU CALCULUL DIMENSIUNILOR PILIERILOR	62
5.5. DIMENSIONAREA PILIERILOR PE BAZA IPOTEZEI REPARTIZĂRII UNIFORME A TENSIUNILOR ÎN STĂLPI ȘI A REZISTENȚEI LA COMPRESIUNE VARIABILE CU FORMA ȘI DIMENSIUNEA PILIERILOR	62
5.5.1. Procedul de calcul și verificare propus de K. Kegel	62
5.5.2. Metoda propusă de Sokolovsky - Ruppenit pentru dimensionarea pilierilor	64

5.5.3.	Dimensionarea pilierilor pe baza metodei lui Koshling	65
5.5.4.	Propunerea lui M. Stamatiu pentru verificarea dimensiunilor pilierilor	65
5.6.	CALCULUL DIMENSIUNILOR PILIERILOR BAZAT PE IPOTEZELE REPARTIȚIEI NEUNIFORME A TENSIUNILOR ÎN PILIERI ȘI A PARABOLEI DE PRESIUNE	65
5.6.1.	Metoda propusă de Protodiakonov	65
5.6.2.	Metoda propusă de Davîdov	66
5.6.3.	Metoda propusă de Slesarev	66
5.6.4.	Metoda propusă de M. Stamatiu	66
5.7.	METODE DE VERIFICARE A DIMENSIUNILOR ELEMENTELOR DE REZISTENȚĂ BAZATE PE TEORIA ELASTICITĂȚII	67
5.7.1.	Metoda propusă de P.M. Țimbarevici	67
5.7.2.	Metoda propusă de Ruppeneit	67
5.8.	PRINCIPII DE DIMENSIONAREA ȘI VERIFICARE A DIMENSIUNILOR PLANȘEEELOR	68
5.8.1.	Dimensionarea unui planșeu asimilat cu o grindă	68
5.8.2.	Dimensionarea unui planșeu considerat ca o placă încastrată	69
CAPITOLUL VI CERCETĂRI PENTRU EVALUAREA STABILITĂȚII ELEMENTELOR DE REZISTENȚĂ. STUDIU DE CAZ – MINA TRANSILVANIA – OCNA DEJ		71
6.1.	VERIFICAREA SISTEMULUI CAMERĂ – PILIER – PLANȘEU, LA METODA DE EXPLOATARE CU CAMERE MICI ȘI PILIERI PĂTRAȚI	72
6.1.1.	Determinarea lățimii camerelor	73
6.1.2.	Determinarea adâncimii limită de exploatare pentru care elementele de siguranță sunt stabile	73
6.1.3.	Verificarea dimensiunilor pilierilor prin procedeul propus de I.D. Șeviakov	75
6.2.	VERIFICAREA ȘI DIMENSIONAREA PLANȘEEELOR	77
6.2.1.	Calculul grosimii planșeelor	77
6.2.2.	Dimensionarea planșeelor de pe premisele plăcilor încastrate	77
6.3.	UTILIZAREA MODELĂRII NUMERICE PENTRU DETERMINAREA DEFORMATIILOR ȘI A TENSIUNILOR PENTRU PILIERI ȘI PLANȘEE LA SALINA OCNA DEJ	80
6.3.1.	Considerații generale cu privire la modelarea rocilor	80
6.3.2.	Funcțiile modelării în mecanica rocilor	81
6.4.	MODELAREA NUMERICĂ A SISTEMULUI CAMERĂ – PILIER – PLANȘEU, LA METODA DE EXPLOATARE CU CAMERE MICI ȘI PILIERI PĂTRAȚI – MINA TRANSILVANIA	87
6.4.1.	Fundamente ale utilizării software-ului Examine 2D	87
6.4.2.	Analiza modelului realizat	88
6.5.	CONCLUZII	97
CAPITOLUL VII IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI PRODUS DE EXPLOATAREA SĂRII - STUDIU DE CAZ SALINA PRAID		99
7.1.	LOCALIZAREA ADMINISTRATIVĂ A ZĂCĂMÂNTULUI PRAID	99
7.2.	DATE DE GEOGRAFIE FIZICĂ	99
7.3.	STRATIGRAFIA REGIUNII	100
7.4.	TECTONICA REGIUNII	102
7.5.	HIDROGEOLOGIA REGIUNII	102
7.6.	DATE TEHNICE ALE ACTIVITĂȚII DE LA SALINA PRAID	103
7.7.	IDENTIFICAREA SURSELOR DE POLUARE ȘI ACȚIUNI DE PROTECȚIA FACTORILOR DE MEDIU PENTRU REDUCEREA IMPACTULUI – STUDIU DE CAZ SALINA PRAID	110
7.7.1.	Impactul asupra mediului în faza de fabricație	111
7.7.2.	Surse de poluare a apelor și acțiuni pentru protecția calității apelor și reducerea impactului asupra mediului	112
7.7.3.	Surse de poluare a aerului și acțiuni pentru protecția calității atmosferei și reducerea impactului asupra mediului	115
7.7.4.	Surse de poluare cu zgomot și vibrații și acțiuni pentru protecția împotriva zgomotului și vibrațiilor și reducerea impactului asupra mediului	116
7.7.5.	Surse de poluare a solului și subsolului și acțiuni pentru protecția calității lor și reducerea impactului asupra mediului	117
7.7.6.	Surse de poluare a ecosistemelor și acțiuni pentru protecția lor, a biodiversității și ocrotirea naturii	119
7.7.7.	Acțiuni pentru protecția peisajului și a zonelor de interes tradițional	119
7.7.8.	Surse de poluare cu deșeuri și ambalaje și acțiuni pentru reducerea poluării deșeurilor și ambalajelor	120
7.7.9.	Încadrarea în planurile de urbanism și amenajare a teritoriului și protecția așezărilor umane	122
7.8.	EVALUAREA IMPACTULUI EXPLOATĂRII DE SARE DE LA SALINA PRAID PE BAZA INDICELUI GLOBAL DE POLUARE	122
CAPITOLUL VIII MONITORIZARE A MEDIULUI. MĂSURI PENTRU MONITORIZAREA MEDIULUI LA EXPLOATAREA SĂRII PRAID		127
8.1.	NECESITATEA ELABORĂRII UNUI SISTEM LOCAL DE MONITORIZARE A MEDIULUI LA EXPLOATAREA SĂRII PRAID	128
8.2.	ACTIVITĂȚI NECESARE PENTRU ELABORAREA SISTEMULUI DE MONITORIZARE A MEDIULUI LA SALINA PRAID	131
CAPITOLUL IX CONCLUZII, PROPUNERI ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE		134
BIBLIOGRAFIE		139
ANEXE		142

Cuvinte cheie: exploatarea sării, metodă de exploatare, impact, instabilitate, monitorizare

INTRODUCERE

Utilizarea resurselor naturale de către om de-a lungul timpului, fără o conștientizare a consecințelor ce apar în urma activităților sale asupra factorilor de mediu, a condus la degradarea și poluarea mediului înconjurător ca urmare a dezvoltării accentuate a proceselor industriale și lipsa unor strategii reale de protecție a mediului pentru o dezvoltare durabilă a societății.

Lucrarea de față propune o analiză a fenomenelor de instabilitate la exploatarea sării în România și o analiză a factorilor de impact produși de exploatarea sării. Lucrarea prezintă în primele capitole un scurt istoric al exploatării de

sare din lume și din România și o prezentare din punct de vedere geologic al zăcămintelor de sare din țara noastră. Capitolul trei este dedicat unei descrieri amănunțite a zăcămintelor de sare gemă din România, prezentând pentru fiecare dintre acestea un scurt istoric al cercetărilor geologice efectuate în regiune, hidrogeologia fiecărei regiuni precum și caracterizarea calitativă a sării, metodele folosite pentru exploatare și în cele din urmă o scurtă inventariere a fenomenelor de instabilitate mai importante produse de-a lungul timpului. În continuare am realizat analizele de laborator pentru determinarea caracteristicilor geomecanice ale sării și am prezentat câteva metode și procedee de dimensionare a elementelor de rezistență – pilieri și planșee. Pentru atingerea obiectivelor propuse, în continuare am realizat o analiză a metodelor de exploatare a sării geme utilizate în prezent la nivelul României și am evaluat stabilitatea elementelor de rezistență pentru exploatarea sării de la Mina Transilvania - Ocna Dej, evaluare argumentată și prin utilizarea modelării numerice a sistemului cameră-pilier-planșeu. În continuare am identificat principalele surse de poluare ale mediului în urma analizei impacturilor produse de exploatarea sării de la Salina Praid precum și evidențierea unor acțiuni de monitorizare ale mediului pentru reducerea impactului exploatărilor de sare. Faza finală a lucrării este dedicată propunerilor de îmbunătățire a calității mediului și de reducere a impactului produs de exploatarea sării în România.

I. SCURT ISTORIC ȘI SITUAȚIA ACTUALĂ A EXPLOATĂRII SĂRII ÎN LUME ȘI ÎN ROMÂNIA

Sarea comună sau sarea de masă ori de bucătărie, conform denumirilor din vorbirea curentă, este un mineral de sodiu cu o largă răspândire în scoarța Pământului - inclusiv în atmosferă și hidrosferă - care apare în cantități atât de importante încât poate da naștere la roci. Din cele 12 elemente chimice principale care constituie 99,3% din scoarța Pământului, elementele sodiu (Na) și clor (Cl), care intră în componența acestui mineral, dețin 2,4%, respectiv 0,2%.

Existența exploatărilor de sare în țara noastră este atestată din timpul ocupației romane. Inscripțiile de pe monumentele rămase din acea perioadă pe teritoriul Daciei vorbesc despre un "Collegium Salinariorum" cu sediul la Turda, o asociație a arendașilor pentru exploatările de sare. Aceleași documente romane vorbesc și de condamnății care lucrau în minele de sare, termenul roman pentru astfel de exploatări - salinae - intrând în vocabularul nostru ca neologism numai în sec. al-XIX-lea. Urme ale salinelor romane s-au găsit la: Ocna Sibiu în județul Sibiu; la Ocna Mureș, Cojocna, Sic și Ocna Dej în județul Cluj; la Chiuza (Ilișua) și Domnești în județul Bistrița-Năsăud; la Mărtiniș în județul Harghita și la Ocnele Mari în județul Vâlcea.

Pe parcursul acestui capitol am prezenta succint câteva metode de exploatare pe cale uscată a sării aplicate la câteva exploatări din lume și o sinteză a metodelor de exploatare folosite în România. În România din cele peste 190 de acumulări de sare gemă, în exploatare se află în momentul de față numai 7 zăcăminte. Exploatarea sării geme și, după caz, prepararea și aducerea acesteia la parametrii calitativi, se face în cadrul a șapte subunități de producție din subordinea **Societății Naționale a Sării S.A. - Salrom** și anume: Salina Cacica, Salina Ocna Mureș, I.M. Rm.Vâlcea, Salina Tg.Ocna, Salina Slănic Prahova, Salina Praid și Salina Dej. Exploatarea sării geme în stare uscată se face prin metoda camerelor mici și pilieri pătrați la salinele Slănic Prahova, Tg.Ocna (mina Trotuș), Dej, Praid și I.M. Rm.Vâlcea (mina Cocenești). Metoda de exploatare cu camere lungi și pilieri dreptunghiulari se aplică numai la salina Praid (mina Nouă). Exploatarea sării geme prin dizolvare în sonde se realizează în câmpurile Ocna Mureș – Războieni, Tg.Ocna – Gura Slănic, I.M.Rm.Vâlcea – Ocnele Mari și din foraje subterane la salina Cacica.

II. DATE GEOLOGICE GENERALE PRIVIND ZĂCĂMINTELE DE SARE GEMĂ DIN ROMÂNIA

În acest capitol am prezentat pe scurt stratigrafia zăcămintelor de sare gemă, tectonica și hidrogeologia zăcămintelor din țara noastră. În urma cercetărilor geologice efectuate asupra formațiunilor salifere din țara noastră s-a stabilit că acestea aparțin unor vârste geologice diferite respectiv permio - triasică, în Platforma Moesică și miocenă, în Depresiunea Precarpatică, Depresiunea Transilvaniei și Bazinul Maramureșului. Datorită plasticității caracteristice și sub influența diferitelor forțe, sarea dă naștere la două tipuri principale de structuri halogene: halocinetice, generate de forțele izostatice, și halotectonice, generate de forțele tectonice. Între aceste două tipuri de structuri se întâlnesc structuri de tranziție, generate atât de forțe izostatice cât și de forțe tectonice. În România se întâlnește întreaga gamă de structuri halogene, reprezentate prin următoarele forme: strat, pernă, stâlp diapir, lamă diapiră, lamă de rabotaj. Forma, dimensiunile și repartiția structurilor halogene depind de grosimea sării, adâncimea de îngropare, morfologia și tectonica zăcămintului. Din punct de vedere hidrogeologic, formațiunile salifere pun probleme diferite față de alte formațiuni sedimentare, datorită tendinței de stratificare a soluțiilor saline după densitate și datorită faptului că zona secundară este permeabilă pentru apă în timp ce zona primară este impermeabilă și perfect uscată.

III. DESCRIEREA ZĂCĂMINTELOR DE SARE GEMĂ

Acumulările de sare sunt larg răspândite în Depresiunea Precarpatică, Depresiunea Transilvaniei și Depresiunea Maramureș, prezentând o importanță economică deosebită. Zăcămintele de sare gemă din România, care fac obiectul exploatării pe cale uscată și prin dizolvare, sunt zăcămintul de sare gemă de la Praid, zăcămintul

de sare gemă de la Ocna Dej, zăcământul de sare gemă de la Ocnele-Mari Cocenești, zăcământul de sare gemă de la Slănic Prahova, zăcământul de sare gemă de la Târgu Ocna, zăcământul de sare gemă de la Ocna Mureș – Războieni și zăcământul de sare gemă de la Cacica – Județul Suceava.

În acest capitol au fost descrise cele șapte zăcăminte de sare prezentându-se pentru fiecare dintre ele localizarea din punct de vedere geografic, geologia și hidrogeologia zăcământului, forma și poziția acestuia precum și caracterizarea calitativă a sării. Pentru fiecare exploatare au fost amintite metodele de exploatare folosite și evenimentele produse ca urmare a exploatării.

IV. CARACTERISTICILE GEOMECANICE ALE SĂRII

Acest capitol prezintă fundamentele teoretice pentru caracterizarea stării fizice a sării. Caracterizarea stării fizice a sării și a influenței acesteia asupra soluționării problemei stabilității - fiabilității elementelor geometrice, pilieri, planșee, ai metodelor de exploatare a sării, implică cunoașterea valorică a principalelor proprietăți fizice: densitatea specifică (γ), densitatea volumetrică (γ_a), umiditatea naturală (W), porozitatea (n) și cifra porilor (e). Determinarea și cunoașterea acestor proprietăți este condiționată de faptul că parametrii mecanici ai sării depind într-o anumită măsură de starea ei fizică și odată cu trecerea timpului, acești parametri se pot modifica sub influența diverșilor factori. În continuare am prezentat caracteristicile mecanice ale sării. Pentru realizarea obiectivului urmărit, am determinat următorii parametri: rezistența de rupere la compresiune monoaxială; rezistența de rupere la tracțiune (σ_r); rezistența de rupere la forfecare pe plan obligat; coeziunea (c) și unghiul de frecare interioară (φ).

În urma analizelor și încercărilor de laborator care le-am efectuat la Laboratorul de Mecanica Rocilor din cadrul Universității din Petroșani pe eșantioane de probe prelevate de la Salina Ocna Dej am obținut valori a principalilor parametri geomecanici, care valori le voi folosi în analiza și dimensionarea elementelor de rezistență.

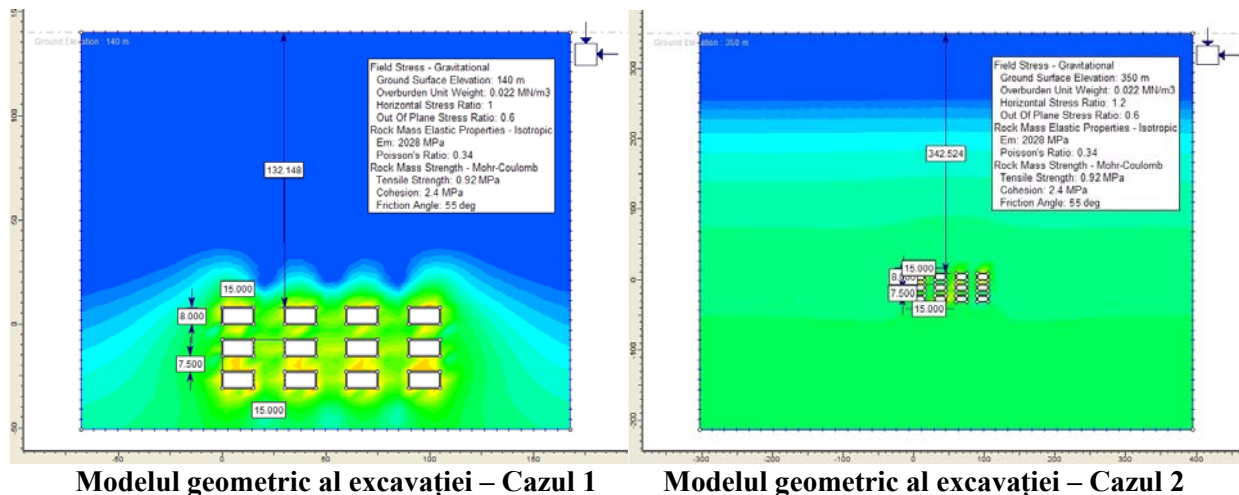
V. DIMENSIONAREA ELEMENTELOR DE REZISTENȚĂ, PILIERI ȘI PLANȘEE

Acest capitol prezintă bazele teoretice ce stau la baza dimensionării elementelor de rezistență pentru exploatarea sării pe cale uscată, exemplificând procedeul propus de Tournaire pentru verificarea dimensiunilor pilierilor și metoda lui Haton de la Goupilliere. Au fost amintite și metoda lui M. Gruner pentru verificarea dimensiunilor pilierilor și metoda propusă de I.D. Seviakov. Cercetătorii care s-au ocupat cu problematica dimensionării pilierilor au fost de acord că asupra pilierilor de susținere în cazul metodei de exploatare cu camere și pilieri acționează tensiuni statice de compresiune cauzate de greutatea lor și de greutatea rocilor de deasupra stâlpului. Stabilitatea sistemului de exploatare pe cale uscată a sării depinde de comportamentul pilierilor, dar mai ales, în cazul structurilor de rezistență multietajate și de comportamentul planșeelor, drept urmare au fost prezentate și principiile de dimensionare și verificare a dimensiunilor planșeelor.

VI. CERCETĂRI PENTRU EVALUAREA STABILITĂȚII ELEMENTELOR DE REZISTENȚĂ. STUDIUL DE CAZ – MINA TRANSILVANIA – OCNA DEJ

În acest capitol am dezvoltat cercetările în cazul *exploatării sării pe cale uscată* pentru evaluarea stabilității elementelor de rezistență și prevenirea apariției *fenomenelor de instabilitate* în cazul metodei de exploatare cu camere mici și pilieri pătrați, cercetări efectuate la Mina Transilvania – Ocna Dej. În domeniul mineritului, una din metodele de exploatare care este încă cel mai utilizată la zăcămintele de sare gemă și săruri de potasiu și magneziu, este metoda cu camere și pilieri abandonati. Dimensionarea corectă a camerelor și stâlpilor (pilierilor) de susținere prezintă o importanță deosebită atât din punctul de vedere al securității exploatării, dar și al stabilității întregii structuri subterane, al protecției și exploatării raționale a zăcământului, dar mai ales din punct de vedere al stabilității și protecției suprafeței de la zi, când se impun măsuri pentru a evita apariția mișcărilor terenurilor de la suprafață. De asemenea pe parcursul acestui capitol am utilizat modelarea numerică pentru determinarea deformațiilor și a tensiunilor pentru pilieri și planșee la salina Ocna Dej. Deoarece dimensiunile spațiului exploatat este foarte mare am stabilit dimensiunile zonei de interes din jurul excavației subterane și a fost redus pentru a cuprinde suprafața modelului cu variația tensiunilor și deformațiilor maximă, soft-ul folosit pentru modelare fiind Examine 2D. Examine 2D este un program bidimensional la deformare plană cu elemente indirecte de frontieră pentru analiza tensiunilor elastice în jurul excavațiilor subterane. Este rapid, interactiv și ușor de folosit și este ideal pentru efectuarea analizei parametrice, proiectare preliminară și un instrument pentru analiza numerică a tensiunilor în context geotehnic. Pentru analiza numerică a tensiunilor în context geotehnic am considerat două cazuri de analiză:

- 1) **Cazul 1 în care distanța până la suprafață a excavației este de 140 m, realitate întâlnită la Mina Transilvania, orizontul +173.**
- 2) **Cazul 2 în care distanța până la suprafață crește la 350 m păstrându-se aceleași dimensiuni ale sistemului cameră-pilier.**



Modelul geometric al excavatiei – Cazul 1

Modelul geometric al excavatiei – Cazul 2

În varianta analizată la o adâncime $H = 140$ m și greutatea specifică $\gamma_a = 0,022$ MN/m³ într-un câmp al tensiunilor gravitaționale, tipul de analiză de deformare plană, masivul de sare omogen și izotrop, conform criteriului de rupere Hoek-Brown, am considerat următoarele valori ale proprietăților elastice și de rezistență: modulul de elasticitate $E=2028$ MPa, coeficientul lui Poisson $\mu = 0,34$, rezistența la tracțiune $\sigma_t = 0,92$ MPa, coeziunea $C = 2,4$ MPa și unghiul de frecare interioară $\varphi = 55^\circ$. În continuare am realizat simulări pentru aceleași condiții geomecanice dar pentru criteriul de rupere Hoek-Brown pentru următoarele valori ale parametrilor de rezistență: rezistența de rupere la compresiune în masiv $\sigma_{rc} = 24$ MPa, indicele de rezistență $GSI = 75$, coeficientul structural $m_i = 12$ (rocă salină) și factorul de disturbantă $D = 0$. În urma simulării efectuate cu ajutorul Examine 2D am constatat că în cazul exploatarei la adâncimea de 140 m traiectoria de rupere apare la tavanul excavatiei și la punctele din extremitățile inferioare ale golurilor subterane iar tensiunile maxime principale sunt mai mari pentru scenariul 2 când exploatarea se face la adâncimea de 350 și se păstrează aceleași dimensiuni ale elementelor de rezistență.

VII. IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI PRODUS DE EXPLOATAREA SĂRII - STUDIU DE CAZ SALINA PRAID

În acest capitol am realizat o inventariere a tuturor activităților industriale și de turism care se desfășoară la Exploatarea Sării de la Praid pentru a identifica acele activități care generează fenomene de poluare și impact asupra mediului. În urma acestei analize am identificat sursele de poluare asupra mediului și de asemenea am enunțat acțiuni ce trebuie desfășurate pentru protecția factorilor de mediu pentru reducerea impactului asupra mediului a exploatarei sării.

VIII. MONITORIZARE A MEDIULUI. MĂSURI PENTRU MONITORIZAREA MEDIULUI LA EXPLOATAREA SĂRII PRAID

Un sistem de monitorizare a calității mediului, trebuie privit ca un tot unitar format din totalitatea echipamentelor și toate operațiile și procedurile relative la colectarea, stocarea, prelucrarea și interpretarea datelor în vederea obținerii informațiilor necesare, estimării efectelor activităților antropice asupra calității aerului precum și verificării și controlului mediului înconjurător. Sistemul de monitorizare poate utiliza date și informații deja existente sau achiziționate pentru alte scopuri și/sau poate necesita definirea de date ce nu sunt disponibile și a modalităților specifice de achiziționare a acestora. Urmărind etapele de realizare a unui sistem de monitorizare a mediului se impune conceperea unui sistem local de monitorizare a calității mediului la Salina Praid și este necesară stabilirea clară a obiectivelor și sarcinilor specifice sistemului de monitorizare, a parametrilor monitorizați, a numărului și amplasării stațiilor de monitorizare precum și a frecvenței și duratei programului de măsurători. Un program de monitorizare a calității mediului presupune o localizare spațială și temporală bine definită și este o etapă obligatorie la realizarea studiilor de impact asupra mediului înconjurător.

IX. CONCLUZII, PROPUNERI ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Lucrarea de față și-a propus o succintă prezentare a definițiilor, scopurilor și obiectivelor evaluării și monitorizării factorilor de mediu, în studiu fiind luată ca reper exploatarea Sării Praid precum și prezentarea metodei de exploatare cu camere mici și pilieri pătrați, dimensionarea elementelor de rezistență la această metodă și utilizarea softurilor de simulare pentru determinarea deformațiilor și a tensiunilor pentru pilieri și planșee la salina Ocna Dej.

Pe parcursul elaborării tezei am efectuat analize și încercări de laborator pe eșantioane de probe prelevate de la Salina Ocna Dej și am obținut următoarele valori a principalilor parametri geomecanici:

1. În urma încercărilor de laborator valoarea rezistenței de rupere la compresiune monoaxială are valori cuprinse între (16,45 ÷ 29,32) MPa, valoarea medie fiind de 24,75 MPa.
2. Pentru rezistența de rupere la tracțiune, valorile sunt cuprinse între (0,85 ÷ 1,22) MPa, media valorilor fiind de 0,92 MPa.
3. Rezistența de rupere la forfecare are valori cuprinse între (4,08 ÷ 8,87) MPa în cazul eforturilor normale de forfecare și între (3,78 ÷ 6,98) MPa în cazul eforturilor tangențiale de forfecare. Media valorilor fiind de 6,23 respectiv de 5,22 MPa.
4. Variația densității specifice a sării geme de la Ocna Dej este între (2,16 ÷ 2,19)·10⁴ N/m³, cu o valoare medie de 2,18 · 10⁴ N/m³.
5. Valorile pentru densitatea volumică sunt cuprinse între (1,89 ÷ 2,02)·10⁴ N/m³, cu o medie de 1,99 · 10⁴ N/m³.
6. În funcție de metoda de analiză coeziunea sării de la Ocna Dej are valori cuprinse în limite foarte largi. În cazul metodei Mohr coeziunea are valori între (1,29 ÷ 2,93) MPa, valoarea medie fiind de 2,40 MPa. În cazul încercării la forfecare coeziunea are valori între (3,95 ÷ 5,28) MPa, media fiind de 4,11 MPa.
7. Sarea de la Ocna Dej are porozitatea cuprinsă între (4,95 ÷ 11,45)%, având valoarea medie de 8,48%. Așadar, sarea este compactă, ceea ce-i conferă o stabilitate ridicată.
8. Umiditatea are valori cuprinse între (2,06 ÷ 5,28)%, cu o medie de 3,387%. Valoarea acestui parametru nu reprezintă o importanță deosebită deoarece probele supuse examinării nu au fost conservate prin metoda parafinării conform standardelor aflate în vigoare.
Valoarea coeziunii în cazul solicitărilor la compresiune triaxială este cuprinsă între (7 ÷ 8) MPa.
9. Valoarea unghiului de frecare interioară este cuprinsă între 45° ÷ 61° determinat cu metoda Mohr având o valoare medie de 55°.
10. Proprietatea de elasticitate a sării este caracterizată prin modulul de elasticitate static și coeficientul lui Poisson. Valorile modulului de elasticitate static variază între (1865 ÷ 2146) MPa, având valoarea medie de 2028,3 MPa. Coeficientul lui Poisson este cuprins între (0,24 ÷ 0,42), cu o valoare medie de 0,34. În cazul acestor valori pe care le-am obținut în urma analizelor de laborator se poate afirma că sarea are comportament plastic.
11. În urma solicitărilor dinamice a probelor prelevate de la Ocna Dej am obținut valori ale modulului de elasticitate cuprinse între (27965 ÷ 34134) MPa, cu o medie de 31054 MPa.
12. În urma încercărilor reologice de fluaj am obținut parametrii reologici, rezultând o valoare a coeficientului de fluaj cuprinsă între (0,58 ÷ 0,81). Pe baza acestui coeficient am calculat rezistența limită de lungă durată, obținând valori cuprinse între (12,35 ÷ 18,32) MPa, cu o valoare medie de 15,51 MPa.
13. Pe baza valorilor parametrilor reologici, sarea gemă de la Ocna Dej se încadrează în clasa a V-a de fluaj, grupa reologică a II-a, cu comportament elasto-vâsco-plastic.

Am realizat o simulare pentru un sistem de camere și pilieri situat într-un zăcământ de sare la adâncimea H=140 m, având o copertă sterilă de circa 40 m și $\gamma_a = 2,2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$, pentru: $l_p = 15 \text{ m}$ (lățime pilier); $l_c = 15 \text{ m}$ (lățime cameră). Am observat că în acest caz este îndeplinită condiția de stabilitate, iar utilizând software-ul *Examine 2D* putem observa estimările făcute pentru dispunerea vectorilor de deformație, limitele de deformație a pilierilor și traiectoriile stării de tensiune asupra sistemului de rezistență studiat.

Propun realizarea unui sistem de urmărire topografică a poziției unor reperi amplasați în subteran și la suprafață înregistrând practic efectul fenomenelor fără a se putea evita apariția fenomenelor de risc geomecanic. Metodologia de investigare propusă, prin măsurarea în timp real a parametrilor ce pot conduce la previziunea apariției fenomenelor de instabilitate, are în vedere determinarea prin metoda directă a unor parametrii geofizici și geomecanici (deplasări, umiditate, vibrații, zgomote, presiuni, emanații de gaze și radiații) și prin metoda indirectă a altor parametrii (starea de tensiune, rezistența masivului) ce nu pot fi ușor măsurați. Parametrii dificil de măsurați pot fi apreciați analitic în baza modelelor matematice și a unor modele numerice pe care le propun a se realiza la Salina Praid, prin prelucrarea informațiilor obținute pe baza măsurătorilor de laborator și in situ. În cazul exploatarea sării pe cale uscată propun să se realizeze de asemenea o **evaluare** care să cuprindă manifestarea unor reacții necontrolate între fluidele existente și pereții minei, existența unei stabilități pe termen lung a sistemului în raport cu stimuli dinamici exercitați asupra minei și efectuarea unei evaluări a riscurilor pentru a stabili măsura în care soluțiile nesaturate pot afecta integritatea pilierilor de siguranță. În final, recomand aprofundarea alegerii metodei de exploatare și o bună justificare a opțiunii variantei de exploatare pentru a asigura un coeficient de stabilitate net superior și în plus de a asigura un coeficient relativ de exploatare mai mare. Important de menționat că metodele de exploatare trebuie să respecte Art 130r (care se referă în special la caracterul preventiv față de mediul înconjurător) al Acquisul de mediu al UE.