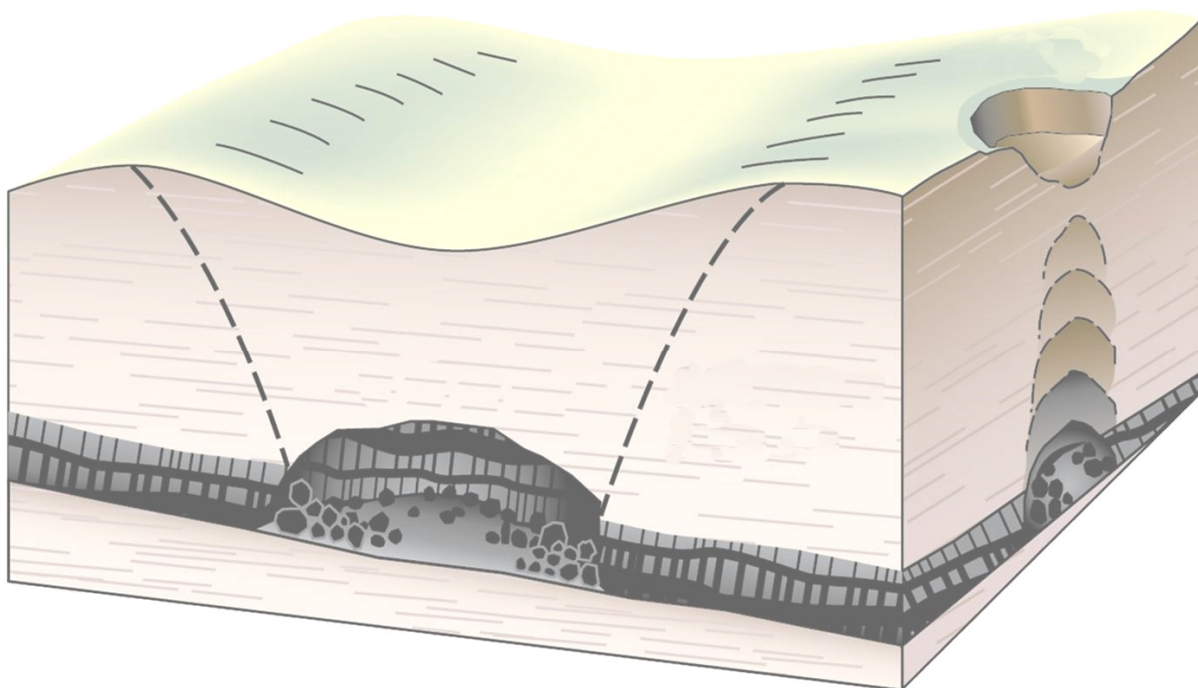


MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE MINE
DOMENIUL: MINE, PETROL ȘI GAZE

TEZĂ DE DOCTORAT

STUDIUL DEFORMĂRII TERENURILOR AFLATE SUB INFLUENȚA
EXPLOATĂRII SUBTERANE A STRATELOR DE CĂRBUNE DIN
BAZINUL MINIER VALEA JIULUI



Conducător științific:
prof. univ. dr. ing. **COZMA Eugen**

Doctorand:
ing. **ȘTEFAN Nelu**

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

CUPRINS.....	1
CUVÂNT DE MULȚUMIRE.....	5
INTRODUCERE.....	6
CAPITOLUL I – PREZENTAREA BAZINULUI MINIER VALEA JIULUI.....	8
CAPITOLUL II – NOȚIUNI GENERALE CU PRIVIRE LA DEFORMAREA SUPRAFEȚEI SUB INFLUENȚA EXPLOATĂRII SUBTERANE.....	31
CAPITOLUL III – MONITORIZAREA ZONELOR DE SUBSIDENȚĂ IN CAZUL MINELOR DIN VALEA JIULUI.....	55
CAPITOLUL IV – INTERPRETAREA MATEMATICO-ANALITICĂ A DATELOR OBTINUTE DIN MĂSURĂTORI.....	89
CAPITOLUL V – MODELAREA NUMERICĂ CU ELEMENTE FINITE A DEFORMĂRII SUPRAFEȚEI CA URMARE A EXPLOATĂRII SUBTERANE.....	105
CAPITOLUL VI – CONCLUZII CONTRIBUȚII ȘI PROPUNERI.....	123
BIBLIOGRAFIE.....	127
ANEXE.....	130

Cuvinte cheie: monitorizare, subsidență, deformarea suprafeței, scufundare, deplasare orizontală, funcții de profil, funcții de influență, modelare numerică, prognoză.

În urma extragerii zăcămintelor de substanțe minerale utile, rezultă goluri subterane, care în timp conduc la perturbarea echilibrului rocilor din masiv și la redistribuirea tensiunilor. Sub influența presiunii litostatice rocile încep să se deformeze și să se deplaseze spre spațiul excavat. Dislocările de roci din acoperișul zăcământului pot fi parțiale, adică limitate ca întindere la suprafața respectivului spațiu exploatat, iar ca înălțime la o anumită distanță deasupra tavanului, fără să ajungă până la suprafață, sau pot fi totale, adică dislocări în masă ale rocilor acoperitoare, ajungând până la suprafață, depășind ca întindere suprafața spațiilor rezultate în urma exploatării.

Lucrarea de față are la bază o serie de date obținute din măsurători la care am participat personal în perioada cât am lucrat ca tehnician topograf în cadrul Institutului de Cercetări și Proiectări Miniere Petroșani acumulând în 16 ani de activitate (1982-1997) o bogată experiență în ceea ce privește urmărirea deplasării suprafeței terenului și efectele ei, în urma exploatării stratelor de cărbune din unitățile miniere ale Văii Jiului, continuată mai apoi în lucrările de cercetare ale catedrei de topografie din cadrul Universității din Petroșani.

În **capitolul I** denumit „*PREZENTAREA BAZINULUI MINIER VALEA JIULUI*” s-a realizat o scurtă caracterizare a bazinului din punct de vedere topografic, geomecanic și tehnico-minier.

Capitolul al II-lea „*NOȚIUNI GENERALE CU PRIVIRE LA DEFORMAREA SUPRAFEȚEI SUB INFLUENȚA EXPLOATĂRII SUBTERANE*” – prezintă noțiuni generale cu privire la fenomenul de subsidență. Termenul de subsidență face referire la mișcarea suprafeței în plan vertical și orizontal, mișcare provocată de exploatarea oricărui tip de substanțe minerale utile (cărbune, sare, minereuri etc.), fără să facă referire la mișcarea suprafeței datorită cutremurelor, alunecărilor de teren, eroziunii solului etc.

Problema deplasării masivului de roci și a suprafeței acoperitoare sub influența exploatării subterane a zăcămintelor de cărbune a ocupat și ocupă un loc însemnat în tematica de cercetare științifică a specialiștilor minieri. Rezolvarea problemei face posibilă anticiparea efectelor exploatării subterane asupra suprafeței și totodată dă posibilitatea luării măsurilor adecvate de protecție a obiectivelor industriale și civile de la suprafață.

Cunoașterea insuficientă a problemelor legate de deplasarea rocilor și aplicarea metodelor de determinare a protecției construcțiilor prin analogie cu alte zăcăminte (la care caracterul deplasărilor se consideră oarecum cunoscut) a condus la supradimensionarea nejustificată a pilierilor de siguranță sau la consecințe economice foarte grave, care s-au soldat cu distrugerea numeroaselor construcții de locuit, a clădirilor social culturale, a obiectivelor industriale etc.

Capitolul al III-lea „*MONITORIZAREA FENOMENULUI DE SUBSIDENȚĂ ÎN CAZUL MINELOR DIN VALEA JIULUI*” – este capitolul în care sunt descrise metodele topografice utilizate la urmărirea deplasării suprafeței ca urmare a exploatării subterane pentru minele din Valea Jiului.

În acest capitol sunt prezentate date cu privire la stațiile de urmărire a deplasării suprafeței în cazul minelor Lonea, Petrila, Livezeni, Aninoasa și Bărbăteni, precum și rezultatele măsurătorilor efectuate în timp asupra acestor stații de urmărire.

În **capitolul IV** intitulat „*INTERPRETAREA MATEMATICO-ANALITICĂ A DATELOR OBȚINUTE DIN MĂSURĂTORI*” – sunt descrise principalele metode empirice ce pot fi aplicate în calculul de prognoză a deplasării suprafeței, efectuând totodată aproximarea statistică a măsurătorile efectuate asupra stațiilor de urmărire din cadrul minelor prezentate.

Aproximarea matematico-analitică a datelor rezultate din măsurători (prezentate în capitolul III) s-a realizat cu ajutorul unei funcții de profil care poate fi aplicată pentru întreaga albie de scufundare, funcția depinzând de două variabile: distanța (sau lungimea aliniamentului de urmărire) și timpul (de la măsurătoarea de bază până la măsurătoarea curentă).

$$S = a \cdot x^b \cdot e^{-c \cdot x}$$

Aproximarea statistică a măsurătorilor cu ajutorul funcției de profil alese pentru a fi aplicată s-a realizat astfel: în prima fază s-au calculat coeficienții parțiali a , b și c pentru fiecare albie de scufundare în parte (albia de scufundare dinamică), după care în faza a doua s-a făcut regresia acestor coeficienți de regresie în funcție de timp.

Aproximarea statistică a măsurătorilor a fost dificil de realizat întrucât urmărirea deplasării suprafeței terenului, de-a lungul timpului, s-a realizat după o serie de aliniamente care sunt mai puțin relevante din punct de vedere științific, acestea având rolul de urmărire a stabilității anumitor obiective (drumuri, construcții, zone de teren ș.a.).

În **capitolul V** „*MODELAREA NUMERICĂ CU ELEMENTE FINITE A DEFORMĂRII SUPRAFEȚEI CA URMARE A EXPLOATĂRII SUBTERANE*” – s-a efectuat o analiză a fenomenului de subsidență prin modelare numerică în 2D.

Această analiză a fost realizată cu ajutorul programului CESAR-LCPC, realizând un număr de 81 de modele numerice pentru condiții geologo-miniere diferite și anume: unghiul de înclinare a stratului de cărbune $\alpha = 0^\circ \div 30^\circ$; adâncimea de exploatare $H = 200\text{m} \div 600\text{m}$; grosimea stratului exploatat $m = 3\text{m} \div 12\text{m}$; dimensiunea pe înclinare a spațiului exploatat; $a = 100\text{m} \div 600\text{m}$; dimensiunea pe direcție a spațiului exploatat $b = 100\text{m} \div 600\text{m}$.

Rezultatele obținute din modelarea numerică au fost utilizate pentru dezvoltarea a două relații matematice pentru prognoza scufundării maxime și a deplasării orizontale maxime în funcție de factorii geologo-minieri amintiți mai sus. Chiar dacă pentru aceste relații coeficientul de determinare obținut este bun ($R^2 \cong 0,8$), aceste ecuații prezintă o precizie ceva mai scăzută față de datele măsurate în teren, deoarece modelele numerice realizate (deși au fost calate pe date reale) prezintă anumite abateri față de realitate.

În final cu ajutorul acestor relații am întocmit nomograme.

Capitolul VI „CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI PROPUNERİ” – prezintă principalele concluzii și contribuții personale care reies din conținutul lucrării și anume:

Concluzii

- În toate cazurile analizate, suprafața a fost afectată de exploatarea subterană a stratelor de grosime medie și mare (str. 13, str. 5 și str. 3), cu înclinări cuprinse de la $5-10^\circ$, în cazul E.M. Livezeni, până la 80° , la E.M. Bărbăteni.

- deplasările verticale maxime sunt cuprinse între 704 mm, în cazul exploatării stratului 3, cu grosimea de aproximativ 35 m și înclinare 65° , la o adâncime de exploatare de 450 m, la E.M. Petrița, până la 19741 mm în cazul exploatării stratului 3, cu grosimea de aproximativ 10-60m și înclinare $23^\circ -37^\circ$, la o adâncime de exploatare de 350 m la E.M. Lonea.

- relații de prognoză pentru calculul parametrilor de deplasare și deformare a suprafeței sub influența exploatării subterane, au fost dezvoltate în principal pentru zăcăminte orizontale și cu înclinare mică.

- cele mai utilizate metode de calcul de prognoză sunt metodele funcțiilor de profil, care încearcă să definească forma albiei de scufundare utilizând o singură formulă matematică. În general, aceste metode pot fi aplicate doar în cazul unui singur spațiu (strat) exploatat, întrucât admit doar albiile de scufundare simetrice și nu reușesc să recunoască modul în care forma albiei de scufundare este influențată de spațiile exploatate adiacente.

- în lucrarea de față aproximarea statistică a măsurătorilor a fost dificil de realizat întrucât urmărirea deplasării suprafeței terenului, de-a lungul timpului, s-a realizat după o serie de aliniamente care sunt mai puțin relevante din punct de vedere științific, acestea având rolul de urmărire a stabilității anumitor obiective (drumuri, construcții, zone de teren ș.a.).

Prin lucrarea de față mi-am propus dezvoltarea unor ecuații de prognoză a scufundării și deplasării orizontale maxime în funcție de principalii parametri de care depinde fenomenul de subsidență.

Întrucât, pentru îndeplinirea acestui obiectiv nu au fost găsite suficiente măsurători topografice efectuate în stații de urmărire de la suprafață, s-a apelat la modelarea numerică cu elemente finite în 2D cu ajutorul programului CESAR-LCPC.

Astfel, au fost realizate modele numerice pentru condiții geologo-miniere diferite (unghiul de înclinare a stratului de cărbune $\alpha = 0^\circ \div 30^\circ$; adâncimea de exploatare $H = 200\text{m} \div 600\text{m}$; grosimea stratului exploatat $m = 3\text{m} \div 12\text{m}$; dimensiunea pe înclinare a spațiului exploatat; $a = 100\text{m} \div 600\text{m}$; dimensiunea pe direcție a spațiului exploatat $b = 100\text{m} \div 600\text{m}$) rezultând un număr de 81 de modele.

Pe baza rezultatelor obținute din modelarea numerică au fost dezvoltate două relații pentru prognoza scufundării maxime și a deplasării orizontale maxime în funcție de factorii amintiți mai sus. Deși coeficientul de determinare este bun ($R^2 \cong 0,8$), aceste ecuații prezintă o precizie ceva mai scăzută față de datele măsurate în teren, deoarece modelele numerice realizate (deși au fost calate pe date reale) prezintă anumite abateri față de realitate.

În final cu ajutorul acestor relații au fost întocmite nomograme.

Ca o ultimă concluzie putem spune, că majoritatea problemelor privind modelele teoretice ale albiilor de scufundare sunt legate de o serie de inexactități privind integrarea unor factori locali, particulari în formulele de calcul. În general, astfel de formule teoretice tind să integreze cu dificultate parametri geologici care țin de natura stratelor din masiv și în special de tectonica locului, cu influență considerabilă asupra formei finale a albiei de scufundare. De asemenea forma reală a albiei de scufundare observată în teren este în general mai accidentată și neregulată față de cea teoretică, fapt datorat în principal fisurilor și accidentelor în structura stratelor geologice datorită pauzelor și inconstanței în viteza de înaintare a abatajului, generând variații și discontinuități în procesul de reaşezare a masivului de roci, manifestându-se prin repetate aşezări și retensionări parțiale, lucruri mai puțin luate în considerare în modelele teoretice.

Aceste fenomene și inadvertențe ale modelelor teoretice se manifestă mai accentuat în cazul exploatării stratelor cu înclinare mare în care efectele suprapunerii repetate a stărilor de tensionare și reaşezare se manifestă constant, pe măsura avansului abatajelor de la o felie de exploatare la alta, parțial suprapuse.

Contribuții

- definirea fenomenului de deplasare și deformare a suprafeței ca efect a exploatării subterane, precum și a principalilor parametri care caracterizează albia de scufundare;
- definirea principalilor factori care influențează fenomenul de subsidență;
- prezentarea principalelor metode utilizate pentru monitorizarea fenomenului de subsidență;
- aproximarea statistică a albiilor de scufundare măsurate în cazul minelor din Valea Jiului luate în studiu;
- analiza fenomenelor de subsidență dezvoltate în bazinul carbonifer din Valea Jiului, cu ajutorul modelării prin metoda elementelor finite, utilizând programul de calcul CESAR-LCPC;
- efectuarea unor analize prin modelare numerică pentru condiții geologo-miniere variate (unghiul de înclinare a stratului de cărbune $\alpha = 0^\circ \div 30^\circ$; adâncimea de exploatare $H = 200\text{m} \div 600\text{m}$; grosimea stratului exploatat $m = 3\text{m} \div 12\text{m}$; dimensiunea pe înclinare a

spațiului exploatat; $a = 100\text{m} \div 600\text{m}$; dimensiunea pe direcție a spațiului exploatat $b = 100\text{m} \div 600\text{m}$);

- dezvoltarea unor relații de prognoză a scufundării maxime și deplasării orizontale maxime funcție de principalii factori geologo-minieri (unghiul de înclinare a stratului de cărbune; adâncimea de exploatare; grosimea stratului exploatat; dimensiunea pe înclinare a spațiului exploatat; dimensiunea pe direcție a spațiului exploatat), funcții dezvoltate pe baza datelor obținute prin modelare numerică;
- întocmirea unor nomograme cu ajutorul funcțiilor nou dezvoltate.

Propuneri

Studierea fenomenului de deformare a suprafeței terenului cauzată de lucrările de exploatare subterană a permis să se elaboreze o metodă de prognoză a acestora pentru condițiile geologice și de exploatare specifice stratelor din Valea Jiului.

Consider oportun ca metodele de prognoza a fenomenului de deformare precum și unghiurile limită de scufundare să fie verificate folosind măsurătorile topografice în stațiile de cercetare.

La stingerea influenței exploatării subterane, atunci când în urma a două măsurători succesive la un interval de 6 luni de zile, nu se vor constata mișcări la suprafață, se vor compara parametrii caracteristici de deformare determinați din măsurători topografice, cu cei determinați din calculul de prognoză și se vor evidenția diferențele și cauzele acestora.

Efectuarea observațiilor și măsurătorilor în timp și după exploatarea rezervelor de cărbune asigură pe de o parte baza de proiectare, dirijarea exploatării prin controlul curent al deformațiilor și pe de altă parte verificarea soluțiilor de adoptat.

În acest context se consideră necesară continuarea măsurătorilor topografice de urmărire în stațiile de cercetare existente chiar în condițiile închiderii unor exploatări miniere (E.M Aninoasa, E.M. Bărbăteni) și înființarea de stații noi în zone neurmărite din punct de vedere a influenței exploatării subterane.

Adaptarea formulelor de calcul se va face prin ajustarea parametrilor de calcul existenți, a funcțiilor de formă a albiei de scufundare introducerea de noi parametri.

Teza de doctorat se încheie cu bibliografia utilizată, aceasta cuprinzând un număr de 66 de surse bibliografice atât din țară cât și din străinătate și cu un număr de 10 anexe care cuprind măsurătorile efectuate în stațiile de urmărire pentru exploatările miniere luate în studiu.