

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII DIN
BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEODEZIE**

TEZĂ DE DOCTORAT

=REZUMAT=

***„CERCETĂRI PRIVIND ANALIZA FENOMENULUI DE
SUBSIDENȚĂ DATORAT EXPLOATĂRII
ZĂCĂMINTELOR STRATIFORME”***



Conducător de doctorat
Prof. univ. dr. ing. Iohan NEUNER

Doctorand
Ing. Ioan VOINA

**București
2018**

Cuprins

Cuvânt de mulțumire.....	i
Cuprins.....	ii
Lista figurilor.....	v
Lista tabelelor.....	ix
Lista abrevierilor.....	x
Capitolul 1. Introducerea în problematica studiată	6
1.1. Generalități.....	6
1.2. Justificarea cercetărilor efectuate.....	6
1.3. Originalitatea temei de cercetare	6
1.4. Stadiul actual al cunoașterii problematicei pe plan național și internațional	6
1.5. Structura tezei	7
1.6. Concluzii	7
Capitolul 2. Aspecte generale privind fenomenul de subsidență datorat exploatării subterane a zăcămintelor stratiforme.....	8
2.1. Definirea termenilor de specialitate utilizați în analiza fenomenului de subsidență.....	8
2.2. Deplasarea masivului de rocă de la stratul exploatat la suprafața terestră.....	9
2.2.1 Zonele de mișcare existente deasupra acoperișului	9
2.2.2 Deplasarea și deformarea verticală a masivului de rocă	9
2.2.3 Deplasarea și deformarea orizontală a masivului de rocă.....	10
2.3. Determinarea principalelor componente ale albiei de scufundare	10
2.3.1. Componentele verticale	11
2.3.2. Componentele orizontale	12
2.4. Factori geologico-minieri care acționează asupra parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcămintele stratiforme	12
2.5 Concluzii	12
Capitolul 3 Concepte și tehnici utilizate în monitorizarea fenomenului de subsidență	13
3.1 Modelarea matematică utilizată în prognoza feonomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme	13
3.2 Tehnologii de monitorizarea a fenomenului de subsidență	17
3.2.1 Metode topografice utilizate la monitorizarea deplasărilor orizontale caracteristice fenomenului de subsidență.....	17
3.2.2 Metode topo-geodezice utilizate la monitorizarea deplasărilor verticale caracteristice fenomenului de subsidență.....	17
3.2.3 Metode aero-spațiale de monitorizare a fenomenului de subsidență	17

3.3 Proiectarea rețelelor de monitorizare necesare studierii fenomenului de subsidență.....	18
3.3.1 Amplasarea reperilor fixe și a reperilor mobili în rețeaua de monitorizare a fenomenului de subsidență.....	18
3.3.2 Marcarea și semnalizarea reperilor de monitorizare ai fenomenului de subsidență.....	19
3.3.3 Frecvența măsurărilor topografice privind monitorizarea fenomenului de subsidență.....	19
3.4 Concluzii	20
Capitolul 4 Studiu de caz. Monitorizarea subsidenței miniere pe teritoriul orașului Petrla, județul Hunedoara	21
4.1 Date generale	21
4.1.1. Localizarea geografică a orașului Petrla	21
4.1.2. Metode și tehnologii de exploatare aplicate în perimetrele miniere din orașul Petrla	22
4.2 Prognozarea fenomenului de subsidență.....	23
4.2.1 Prognozarea fenomenului de subsidență în perimetrul Petrla-Sud.....	23
4.2.2 Prognozarea fenomenului de subsidență în perimetrul Lonea – Defor.....	27
4.3 Proiectarea aliniamentelor de monitorizare a subsidenței	28
4.3.1 Proiectarea aliniamentelor de monitorizare a subsidenței în perimetrul minier Petrla-Sud	28
4.3.2 Proiectarea aliniamentelor de monitorizare a subsidenței în perimetrul minier Lonea - Defor	29
4.4 Realizarea măsurărilor topografice necesare monitorizării fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme	30
4.4.1 Aparatura utilizată pentru efectuarea cercetărilor.....	30
4.4.2 Realizarea măsurărilor topografice în perimetrul minier Petrla Sud	30
4.4.3 Realizarea măsurărilor topografice în perimetrul minier Lonea-Defor ..	31
4.5 Prelucrarea măsurărilor topografice necesare analizei fenomenului de subsidență.....	32
4.5.1 Prelucrarea măsurărilor în vederea efectuării calculului parametriilor caracteristici fenomenului de subsidență pentru câmpul minier Petrla Sud	32
4.5.2 Prelucrarea măsurărilor în vederea efectuării calculului parametriilor caracteristici fenomenului de subsidență pentru câmpul minier Lonea-Defor	33
4.6 Determinarea unghiurilor caracteristice ale fenomenului de subsidență	35
4.6.1 Determinarea unghiurilor limită de influență direcționale, în amonte și aval față de exploatare și unghiul de rupere în perimetrul minier Petrla Sud	35

4.6.2 Determinarea unghiului limită de influență în aval față de exploatare și unghiul de rupere în perimetrul minier Lonea-Defor	36
4.7 Considerații privind mișcarea și deformarea suprafeței terestre în corelare cu exploatarea subterană.....	37
4.7.1 Factorul timp.....	37
4.7.2. Corelații în perimetrul minier Petrila Sud.....	38
4.7.3. Corelații în perimetrul minier Lonea - Defor.....	40
4.8. Concluzii	44
Capitolul 5 Întocmirea hărților de hazard și a planurilor de risc la subsidența minieră	44
5.1. Generalități.....	44
5.2. Realizarea hărților de hazard la subsidență.....	45
5.3. Realizarea planurilor de risc la subsidență.....	46
5.4. Integrarea hărților/planurilor de hazard/risc într-un sistem informatic geografic	47
5.4.1. Generalități despre sistemele informatice geografice	47
5.4.2. Structura de seturi de date a sistemului GIS privind subsidența minieră ..	47
5.4.3. Aplicabilitatea G.I.S. în subsidența minieră	47
5.5 Posibilități de management a datelor în G.I.S.....	51
5.6. Concluzii.....	53
Capitolul 6. Concluzii și contribuții personale	54
Bibliografie selectivă.....	56

Capitolul 1. Introducerea în problematica studiată

1.1. Generalități

Observarea, măsurarea și reprezentarea pe planuri și hărți a formei și a dimensiunilor planetei Pământ a constituit o activitate prioritară din cele mai vechi timpuri, astfel că odată cu evoluția speciei umane, activitatea măsurătorilor terestre a început să se afirme în tot mai multe domenii.

Exploatarea subterană a zăcămintelor stratiforme din bazinul minier Valea Jiului conduce frecvent atât la deplasarea și deformarea suprafeței, cât și la deteriorarea obiectivelor industriale și civile amplasate la suprafața exploatărilor miniere.

1.2 Justificarea cercetărilor efectuate

Importanța cercetării fenomenului de subsidență a apărut în momentul trecerii de la exploatarea terestră la exploatarea în subteran, deoarece lipsa cunoașterii detaliate a problemelor legate de deplasarea rocilor și aplicarea metodelor de determinare a protecției obiectivelor civile și industriale a condus la consecințe deosebit de grave.



Fig.1.1 Fenomen de subsidență din bazinul minier Petroșani.

1.3. Originalitatea temei de cercetare

Această lucrare își propune să realizeze efectuarea unor cercetări privind analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme în ceea ce privește prognoza fenomenului studiat. Astfel, am realizat studiul corelației între subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării, precum și elaborarea unui concept informațional privind stocarea, analiza, redarea și clasificarea pe clase de risc a zonelor afectate de producerea fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme.

1.4 Stadiul actual al cunoașterii problemicii pe plan național și internațional

Tema aleasă este una de o importanță deosebită atât la nivel național cât și internațional în ceea ce privește studierea fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme, datorită modului de abordare a prezentei lucrări și a rezultatelor obținute în urma cercetărilor efectuate.

În țara noastră, studiile și cercetările privind analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme au început odată cu crearea fostului Institut de Cercetări și Proiectări Miniere Petroșani, astăzi fiind continuate de Complexul Energetic

Hunedoara, fostă Companie Națională a Huilei S.A. din Petroșani și de către colectivul Departamentului de Inginerie minieră, Topografie și Construcții din cadrul Facultății de Mine al Universității din Petroșani, rezultatele obținute în urma cercetărilor fiind prezentate în cadrul simpoziunelor, conferințelor și a unor manifestări cu caracter științific, atât pe plan național cât și internațional.

1.5. Structura tezei

Prezentă teză de doctorat cuprinde un număr de șase capitole, fiecare dintre acestea fiind împărțită în mai multe subcapitole în care sunt tratate aspectele generale ale fenomenului de subsidență și rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate.

Teza de doctorat începe cu o parte introductivă intitulată sugestiv **„Introducerea în problematica studiată”**, în care am prezentat considerațiile generale cu privire la problematica studiată, originalitatea tematici abordate precum și fundamentarea existenței la ora actuală atât la nivel național, cât și la nivel internațional privind analiza fenomenului de subsidență.

Capitolul 2, intitulat **„Aspecte generale privind fenomenul de subsidență datorat exploatării subterane a zăcămintelor stratiforme”**, reprezintă prima etapă teoretică fundamentală a tezei de doctorat. În acest capitol este prezentată definirea fenomenului de subsidență și a parametrilor caracteristici, precum și clasificarea factorilor implicați în apariția fenomenului care face obiectul prezentei cercetări.

Capitolul 3, **„Concepte și tehnici utilizate în monitorizarea fenomenului de subsidență”** descrie particularitățile teoretice cunoscute în literatura de specialitate privind: proiectarea rețelelor de monitorizare, metodele topo-geodezice aplicate și modelarea matematică utilizată în prognoza fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme.

În capitolul 4, numit **„Studiu de caz. Monitorizarea subsidenței miniere pe teritoriul orașului Petrila, județul Hunedoara ”** sunt prezentate cercetările efectuate în partea aplicativă a tezei de doctorat.

Capitolul 5, intitulat sugestiv **„Întocmirea hărților de hazard și a planurilor de risc la subsidența minieră”**, am prezentat modul de întocmire a hărților de hazard și a planurilor de risc la subsidența minieră, precum și a creării unei baze de date digitale pe platforma unui GIS cu privire la analiza pe clase de risc a obiectivelor afectate de fenomenul de subsidență.

Ultimul capitol, capitolul 6, **„Concluzii și contribuții personale”**, este destinat concluziilor obținute în urma cercetărilor efectuate cu reliefația contribuțiilor aduse și unele perspective de cercetare în analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme din Valea Jiului.

1.6. Concluzii

Problematica studiată ocupă un loc însemnat în domeniul științelor ingineresti, rezolvarea acestei probleme făcând posibilă anticiparea efectelor negative ale exploatărilor miniere din subteran asupra obiectivelor civile și industriale situate la suprafața terestră, oferindu-se astfel posibilitatea decizională cu privire la instituirea măsurilor privind protecția și siguranța sectorului civil și industrial aflat în zona de influență a efectului de subsidență.

Originalitatea temei alese este conferită de caracterul multidisciplinar al temei studiate prin obținerea rezultatelor prezentate în urma cercetărilor efectuate și realizarea unui produs cartografic reprezentativ pe clase de siguranță privind fenomenul de subsidență datorat exploatării de zăcămintele stratiforme.

Capitolul 2. Aspecte generale privind fenomenul de subsidență datorat exploatării subterane a zăcămintelor stratiforme

Fenomenul de subsidență în cazul exploatării zăcămintelor stratiforme începe în masivul de rocă existent la orizontul stratului exploatat și se termină la suprafața terestră a stratelor acoperitoare, unde de obicei se găsesc obiective civile și industriale.

Amploarea fenomenului de subsidență depinde de închiderea în timp a golului subteran creat, fapt pentru care, ea este mărimea de bază în calculul mișcării masivului de roci și a terenului de la suprafață.

Distribuția neuniformă a presiunii cu un vârf deasupra liniei frontului de abataj (A_1 în figura 2.1) și o zonă parțial detensionată deasupra abatajului (A_2 în figura 2.1), are ca rezultat o compresiune a marginii stratului, o comprimare a rambleului afânat sau acoperișului prăbușit înspre mijlocul spațiului exploatat și o umflare a culcușului în zona detensionată a exploatării [31].

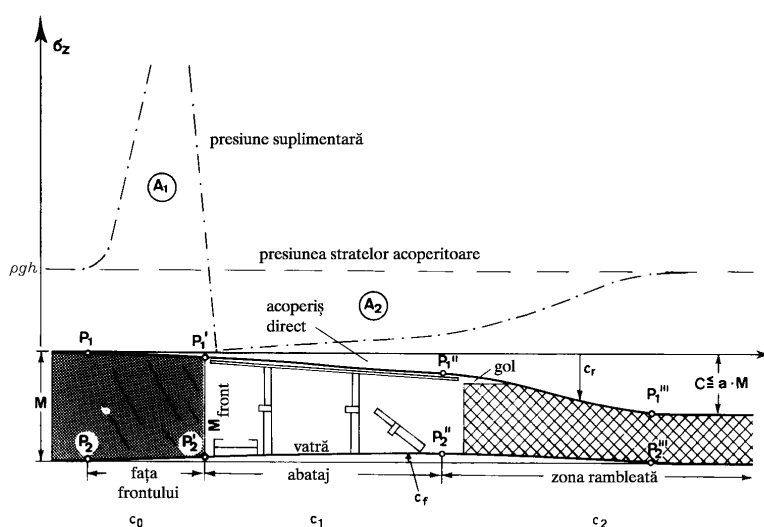


Fig.2. 1 Convergența la nivelul de exploatare și distribuția presiunii verticale a masivului, la exploatarea cu front lung, cu rambleerea spațiului exploatat [31]

La exploatarea cărbunelui, se pot delimita la nivelul abatajului trei zone de mișcare delimitate în timp și spațiu:

- convergența în zona din fața abatajului (preconvergența)
- convergența în zona abatajului
- postconvergența (convergența după trecerea abatajului)

2.1 Definirea termenilor de specialitate utilizați în analiza fenomenului de subsidență

Pornind de la faptul că știința măsurătorilor terestre are ca obiect de studiu totalitatea operațiilor de teren și de birou care sunt efectuate în vederea reprezentării pe plan sau hartă a suprafeței terestre într-o anumită proiecție cartografică și la o scară topografică, cu privire la analiza fenomenului de subsidență se consideră necesar definirea noțiunilor elementare aferente acestei problematice de importanță națională și internațională.

2.2 Deplasarea masivului de rocă de la stratul exploatat la suprafața terestră

2.2.1 Zonele de mișcare existente deasupra acoperișului

În una din lucrările de specialitate în ceea ce privește cercetările fenomenului de subsidență, se arată faptul că deformarea verticală a unui masiv de roci poate fi delimitată într-o secțiune 6 zone de mișcare, delimitare fiind efectuată pe baza comportării diferite la deformare a stratificației masivului, după cum se poate observa în conținutul figurii 2.2. [31].

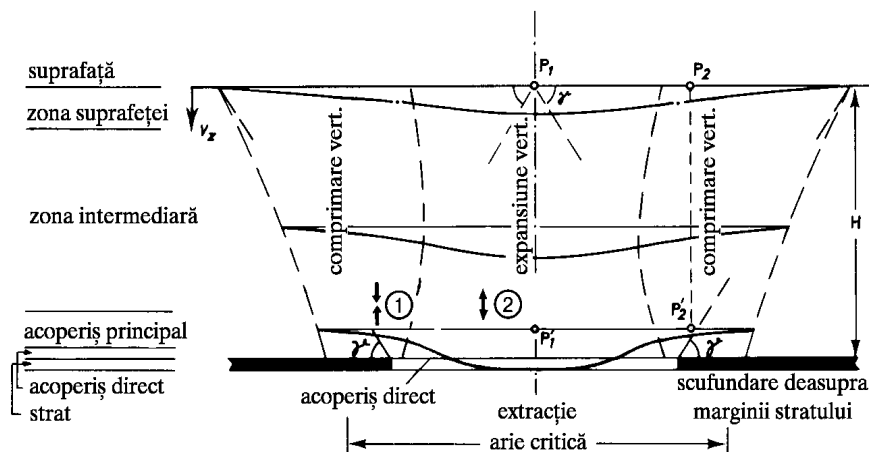


Fig.2. 2 Deformarea verticală a unui masiv de roci subminat [31]

2.2.2 Deplasarea și deformarea verticală a masivului de rocă

În cazul stratelor acoperitoare ale zăcămintului, care deasupra abatajului sunt supuse unor presiuni mari, curburi puternice și unui fenomen rapid de mișcare, domeniul elastic de deformare este depășit chiar și la îndoiri mici. În figura 2.3. se poate observa efectul exploatării cu prăbușire asupra stratelor inferioare ale acoperișului, la exploatarea în abataje cu front lung.

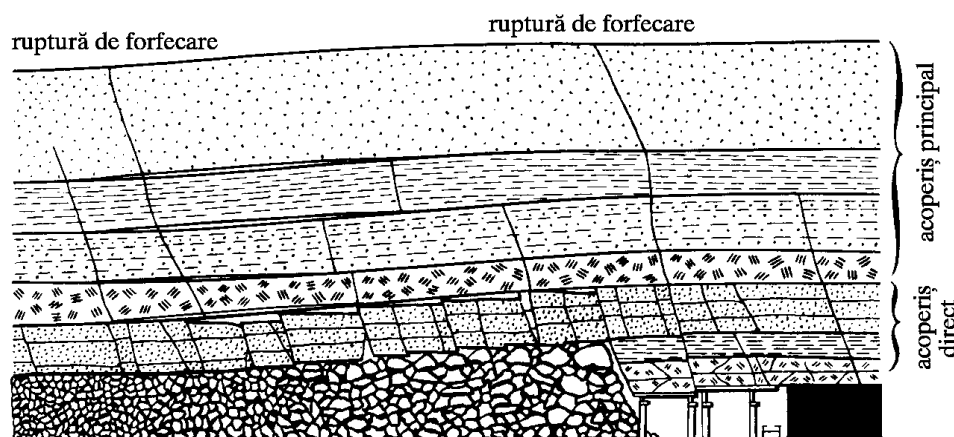


Fig.2. 3 Efectul exploatării cu prăbușire asupra stratelor inferioare ale acoperișului, la exploatarea în abataje cu front lung [31]

2.2.3 Deplasarea și deformarea orizontală a masivului de rocă

În cazul componentelor de deplasare orizontală și a diferențelor de deplasare a două puncte aflate la o distanță de 1m între ele în plan orizontal numite întinderi și compresuni, trebuie să se facă deosebirea între amintita „tăvălugire” a acoperișului direct și cel principal și îndoirea elastică a straturilor acoperitoare [31].

În figura 2.4 este redată deformarea orizontală a masivului de roci afectat de exploatare, fără plane de desprindere [31].

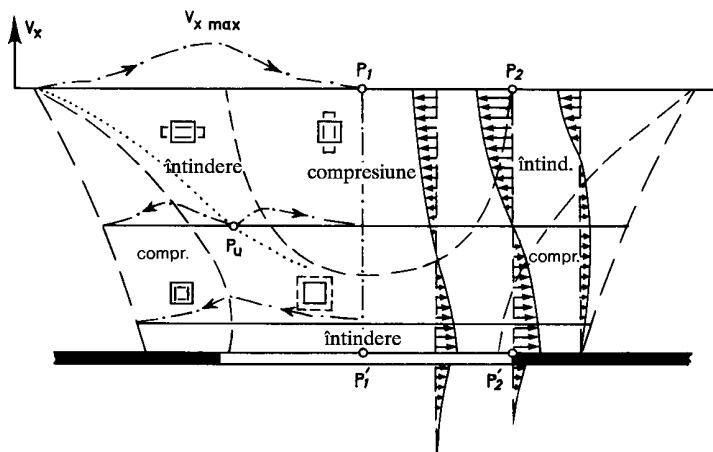


Fig.2. 4 Deformarea orizontală a masivului de roci afectat de exploatare, fără plane de desprindere [31]

În această figură se poate observa cum masivul de rocă se deformează precum o placă în care la încovoiere se formează zone mari de întindere și compresiiune.

2.3. Determinarea principalelor componente ale albiei de scufundare

Elementele după care se caracterizează și se apreciază fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme sunt constituite din componentele albiei de scufundare, care se pot observa în figura 2.5, acestea fiind utilizate în obținerea scufundării maxime, mărime folosită la calculul parametrilor utilizați în analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme.

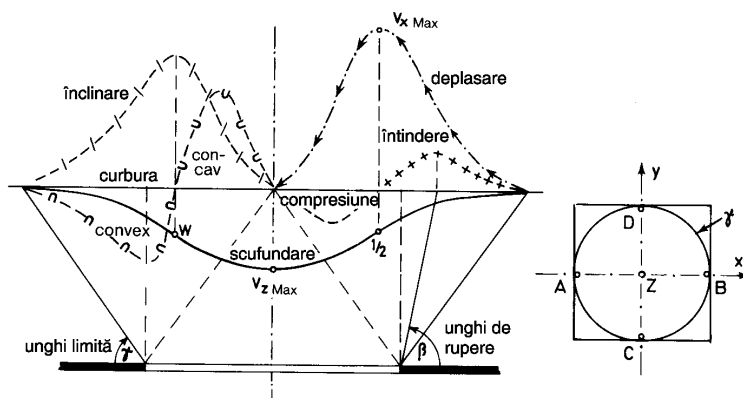


Fig.2. 5 Componentele mișcării suprafeței terenului deasupra unei arii extrase critice. Vedere în plan a ariei critice [31]

Componentele albiei de scufundare au fost redată într-o serie vastă de lucrări cu caracter științific elaborate în acest sens [31], [33], [52], [65], acestea fiind clasificate în două părți, după cum urmează: componente verticale și componente orizontale.

2.3.1. Componentele verticale

Componentele verticale se determină ca fiind diferențele valorilor altimetrice dintre măsurătorile curente și măsurătoarea origine [34], [35], [52].

2.3.1.1 Scufundare

Scufundarea (S) reprezintă principalul parametru al componentei verticale.

Este singurul parametru care poate fi determinat direct prin observații de nivelment și se calculează cu relația 2.1:

$$S_i = H_i - H_i^*, \text{ în [mm]} \quad (2.1)$$

Unde: H_i^* - cota punctului i la măsurătoarea zero;

H_i – cota punctului i la măsurătoarea curentă.

2.3.1.2 Înclinarea

Înclinarea (I) este o deformare a suprafeței datorată scufundării.

Înclinarea este definită ca fiind raportul dintre diferențele scufundărilor a doi reperi consecutivi și distanța orizontală dintre aceștia și se calculează cu relația 2.2:

$$I_i = \frac{S_{i+1} - S_i}{D_{0,i,i+1}}, \text{ în [mm/m]} \quad (2.2)$$

Unde: S_i - scufundarea reperului curent i ;

$S_{i,i+1}$ – scufundarea reperului următor $i+1$;

$D_{0,i,i+1}$ – distanța orizontală dintre cele două repere.

2.3.1.3 Curbura

Curbura (K) reprezintă raportul dintre diferența de înclinare a două intervale învecinate și distanța orizontală măsurată între acestea, relația de calcul fiind dată de relația 2.3:

$$K = \frac{I_{i+1} - I_i}{D_{0,i,i+2}}, \text{ în [mm/m}^2\text{]} \quad (2.3)$$

Unde: I_i reprezintă înclinarea terenului între reperele i și $i+1$;

I_{i+1} – înclinarea terenului între reperele $i+1$ și $i+2$;

$D_{0,i,i+2}$ – distanța orizontală măsurată între punctele $i \rightarrow i+1$ și $i+1 \rightarrow i+2$.

2.3.1.4 Raza de curbura

Raza de curbura se definește ca fiind raza cercului osculator al curbei de scufundare dusă prin minim trei puncte ale acesteia și reprezintă inversul curburii suprafeței.

Această componentă poate fi exprimată prin relația 2.4:

$$\rho_z \approx \frac{l^2}{8f} \quad (2.4)$$

- unde săgeata curbei se poate aproxima în cazul distanțelor între puncte aproximativ egale prin relația 2.5:

$$f \approx K_I - \frac{K'_i + K''_i}{2} \quad (2.5)$$

2.3.2. Componentele orizontale

2.3.2.1 Deplasarea orizontală

Deplasarea orizontală (ΔD_i) este componenta orizontală a vectorilor de deplasare a tuturor reperilor de urmărire existenți pe un aliniament. Această componentă se exprimă matematic prin relația 2.6:

$$\Delta D_i = D_{0i,i+1}^c - D_{0i,i+1}^*, \text{ în [mm]} \quad (2.6)$$

Unde: $D_{0i,i+1}^c$ este distanța orizontală dintre două puncte consecutive la măsurătoarea curentă.

$D_{0i,i+1}^*$ - distanța orizontală dintre două puncte consecutive la măsurătoarea zero.

2.3.2.2 Deformația specifică orizontală

Deformația specifică orizontală (ε_i) este cunoscută ca fiind variația distanței dintre două puncte alăturate raportată la distanța obținută la prima măsurătoare și este dată de relația 2.7.

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta D_i}{D_{0i,i+1}^*}, \text{ în [mm/m]} \quad (2.7)$$

Unde: ΔD_i este deplasarea orizontală a reperului i ;

$D_{0i,i+1}^*$ - distanța orizontală dintre reperul i și reperul $i+1$ la măsurătoarea inițială.

2.4. Factori geologico-minieri care acționează asupra parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme

Pentru stabilirea unui proces de deplasare și deformare a masivului de rocă trebuie să se țină seama de multitudinea de factori care pot influența acest fenomen.

Acești factori se pot întâlni în diverse conjuncturi și combinații influențând în mod diferit caracterul și parametrii care conduc la apariția fenomenului de subsidență [34], [35].

Fenomenul de subsidență este un fenomen care depinde de mulți factori geologici și tehnico-minieri, factori care în literatura de specialitate au fost clasificați de numeroși autori [34], [35], [52], [65].

2.5 Concluzii

Fenomenul de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme este un fenomen deosebit de complex care depinde de o multitudine de factori care duc la apariția acestui fenomen.

Termenul de subsidență, este un termen utilizat pe o scară largă la nivel internațional și face referire la mișcarea suprafeței terestre în plan vertical și orizontal, mișcarea fiind provocată de exploatarea oricărui tip de zăcămintă stratiform minier, acesta fiind un fenomen de risc antropic.

Definirea termenilor utilizați în analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme oferă o mai bună înțelegere a acestui fenomen complex de mișcare a întregului masiv de roci de la stratul aflat în exploatare până la suprafața terestră, permițând astfel o corelare și o abordare unitară a diverselor teorii și ipoteze existente în stadiul actual de cunoaștere.

În vederea obținerii cât mai exacte a valorilor parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență studiat este necesar a se ține seama de multitudinea factorilor prezentați în acest capitol.

Elementele după care se caracterizează și se apreciază fenomenul de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme sunt constituite din componentele albiei de scufundare, care sunt utilizate în obținerea scufundării maxime, mărime folosită la calculul parametrilor utilizați în analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme.

Capitolul 3 Concepte și tehnici utilizate în monitorizarea fenomenului de subsidență

Acest capitol teoretic prezintă metodele și tehnologiile utilizate în cercetările efectuate privind analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme.

Pentru a face posibilă realizarea unei analize a fenomenului studiat este nevoie de următoarele etape: modelarea matematică necesară efectuării analizei fenomenului de subsidență, proiectarea rețelelor de monitorizare, în care se stabilește traseul celor două aliniamente, transversal și direcțional, astfel încât punctul de intersecție a celor două aliniamente să surprindă punctul de maximă subsidență a fenomenului și alegerea metodelor topo-geodezice necesare determinării deplasărilor orizontale și verticale pe cele două aliniamente proiectate .

3.1 Modelarea matematică utilizată în prognoza fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme

În ceea ce privește modelarea matematică utilizată în prognoza fenomenului de subsidență, în literatura de specialitate există o multitudine de teorii privind calculul de prognoză a componentelor verticale și orizontale utilizate în analiza fenomenului de subsidență, teorii care au dus la obținerea unor rezultate consacrate pe plan național și internațional, în capitolul respectiv fiind descris modelul matematic utilizat de filtrul Kalman și metoda de origine românească a funcțiilor de profil cunoscută sub numele de I.C.P.M.C., aceasta din urmă fiind metoda utilizată și în studiul de caz care face obiectul prezentei teze de doctorat datorită aplicabilității cu succes în studiile privind analiza fenomenului de subsidență minieră din bazinul miner al Văii Jiului.

a) Filtrul Kalman

Filtrul Kalman este un set de ecuații matematice care furnizează un calcul eficient pentru a estima starea unui proces, într-un fel care minimizează erorile [39].

În vederea efectuării unei modelări și interpretări a rezultatelor obținute într-un mod care să reliefeze corect fenomenele care au ca efect deplasarea și deformarea suprafeței terestre, pe lângă măsurătorile topo-geodezice efectuate la diferite intervale de timp, este nevoie și de anumite informații suplimentare necesare realizării procesului de automatizare a datelor.

Pentru aceasta vom grupa toate măsurătorile topo-geodezice, cunoscute ca și date de intrare, în vectorul L . Această prelucrare permite realizarea în principiu trei probleme fundamentale obținerii a unor date reprezentative analizei fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcămintă stratiform, și anume [39]:

- filtrarea
- prognoza
- optimizarea

(A se vedea algoritmul de ecuații matematice al filtrului Kalman în teza de doctorat)

b) Metoda ICPMC

Această metodă permite prognozarea cu acuratețe a fenomenului de subsidență, calculul adâncimii de siguranță și proiectarea pilierilor de siguranță.

Metoda ICPMC se încadrează în grupa metodei funcțiilor de profil, fiind o metodă care încearcă să definească limita albiei de scufundare, după cum se exemplifică în figura 3.1 prin graficul unei funcții matematice [77].

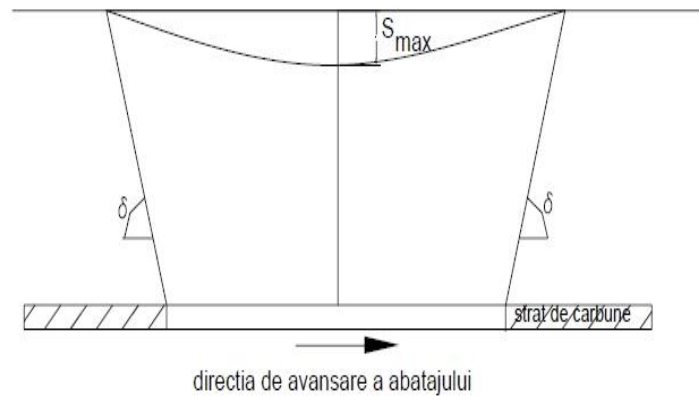


Fig.3. 1 Limitele albiei de scufundare [77]

În continuare sunt prezentate relațiile de calcul privind parametrii utilizați în cadrul metodei ICPMC.

Scufundarea terenului într-un punct oarecare al albiei de scufundare se calculează cu ajutorul funcției de profil dată de relația 3.1:

$$S_x = A_x \times S_{\max} \quad (3.1)$$

În care:

A_x = albia de scufundare

$S_{\max}$ = scufundarea maximă, calculată cu relația 3.2:

$$S_{\max} = a \times m \quad (3.2)$$

În care: $a = -0.121 + 1.295 \times \lambda - 0.381 \times \lambda^2$

m = grosimea exploatată

$$\lambda = \min \left(\frac{l}{l_{crt}}; \frac{L}{L_{crt}} \right) \quad (3.3)$$

l_{crt}, L_{crt} = dimensiunile critice pe direcția liniei de front și pe cea de avansare;

l, L = linia de front și lungimea pe direcție a abatajului

Dimensiunile critice ale exploatării L_{crit} și l_{crit} se calculează cu relația 3.4:

$$L_{crit} = H_1 \times \frac{\cos \delta^*}{\sin(\delta^* + \Theta)} + H_2 \times \cos \Theta \frac{\cos \delta^*}{\sin(\delta^* - \Theta)} \quad (3.4)$$

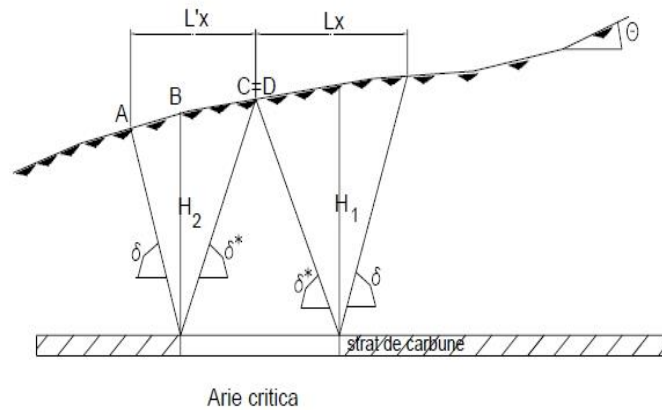


Fig.3. 2 Aria critică de exploatare [77]

Dacă aria de exploatare este supracritică ($\lambda > 1$), scufundarea maximă se va înregistra în toată zona mediană C-D .

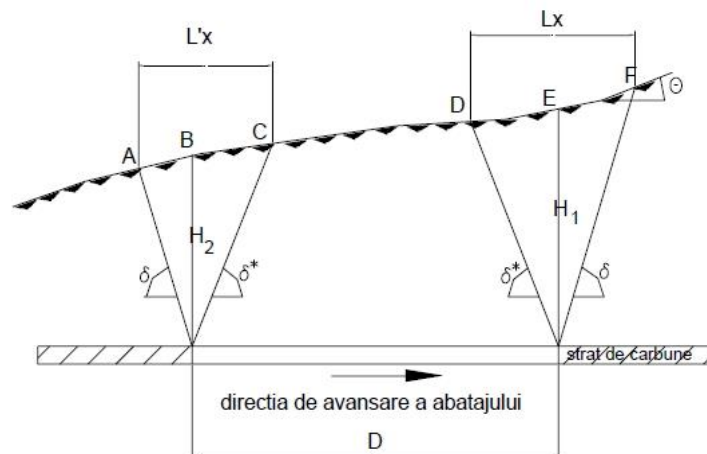


Fig.3. 3 Unghiurile limită și unghiurile scufundării maxime pe direcția de avansare a abatajului [77]

Dacă aria de exploatare este subcritică ($\lambda < 1$), valoarea maximă a scufundării realizate este mai mică decât cea a scufundării maxime pentru o arie critică, cu atât mai mică cu cât valoarea coeficientului λ este mai mică .

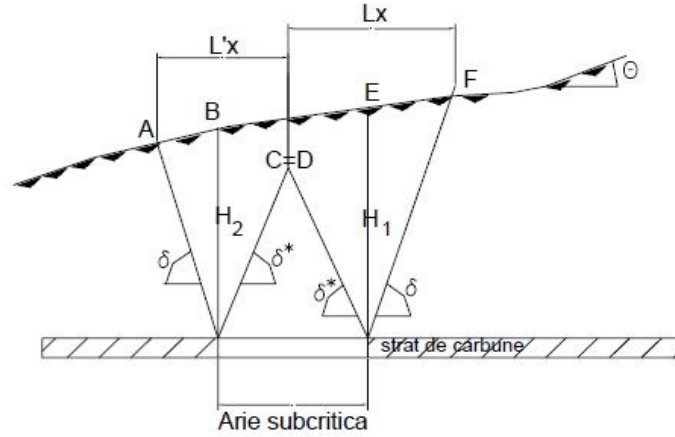


Fig.3. 4 Arie de exploatare subcritică [77]

Lungimea critică transversală se calculează cu relația 3.5:

$$l_{crit} = H_3 \times \cos \varphi \frac{\cos \beta^*}{\sin(\delta\beta^* + \varphi)} + H_4 \times \cos \varphi \frac{\cos \gamma^*}{\sin(\gamma^* - \varphi)} \quad (3.5)$$

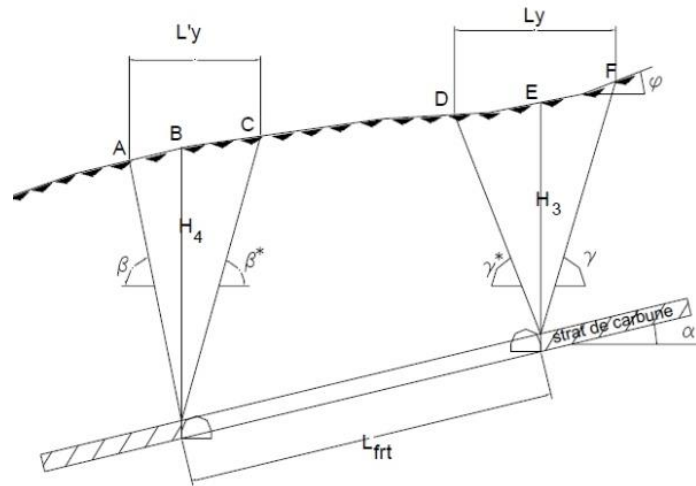


Fig.3. 5 Unghiurile limită și unghiurile scufundării maxime transversal pe direcția de avansare a abatajului [77]

Înclinarea se calculează cu relația 3.6:

$$I_x = B_x \times \frac{S_{max}}{L_x} \quad (3.6)$$

Unde:

$$B_x = 2\pi \frac{x}{L_x} \exp(-\pi \frac{x^2}{L_x^2}) \quad (3.7)$$

Curbura suprafeței se calculează cu relația 3.8:

$$C_x = c_x \times \frac{S_{max}}{L_x^2} \quad (3.8)$$

Unde potrivit relației 3.9 :

$$c_x = 2\pi \times (2\pi \times \frac{x^2}{L_x^2} - 1) \times \exp(-\frac{\pi x^2}{L_x^2}) \quad (3.9)$$

Raza de curbura se calculează cu relația 3.10:

$$R_x = \frac{1}{C_x} \quad (3.10)$$

3.2 Tehnologii de monitorizarea a fenomenului de subsidență

Metodele topografice de urmărire a fenomenului de subsidență au fost primele metode care au scos la lumină influența negativă pe care o are exploatarea subterană asupra suprafeței terestre .

Cercetările efectuate privind analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcământ stratiform cu ajutorul metodelor topografice se realizează prin efectuarea de observații periodice asupra reperilor de monitorizare din rețeaua de aliniamente proiectată pe suprafața terestră în ceea ce privește determinarea deplasărilor orizontale și verticale.

3.2.1 Metode topografice utilizate la monitorizarea deplasărilor orizontale caracteristice fenomenului de subsidență

Monitorizarea deplasărilor orizontale caracteristice fenomenului de subsidență are o importanță aparte, mai ales în cazul obiectivelor civile și industriale, unde datorită componentelor orizontale care acționează simultan, se pot crea deplasări ale suprafeței terestre cu un impact negativ.

Metodele care se utilizează în vederea determinării deplasărilor orizontale ai reperilor de monitorizare a fenomenului de subsidență ca efect al mișcării suprafeței sub influența exploatării subterane, se clasifică potrivit lucrărilor de specialitate [18], [21], [23], [35], [52], [65] astfel:

- metoda directă de măsurare,
- metoda indirectă de măsurare.

3.2.2 Metode topo-geodezice utilizate la monitorizarea deplasărilor verticale caracteristice fenomenului de subsidență

Principiul observării fenomenului de subsidență pe verticală constă în determinarea repetată a mărimilor măsurate în punctele de control.

Ținând cont de relieful terenului, determinarea deplasărilor verticale ale reperilor de monitorizare se execută potrivit metodelor existente la ora actuală în lucrările de specialitate, prin măsurători de nivelment geometric de mijloc sau, în cazul în care vom avea un relief accidentat prin nivelment trigonometric.

3.2.3 Metode aero-spațiale de monitorizare a fenomenului de subsidență

Evoluția și transformarea conceptelor de măsurare necesare realizării cercetărilor de specialitate suportă o continuă dezvoltare și adaptare la cerințe care impun un randament optim de utilizare la o precizie deosebit de ridicată.

Cele mai reprezentative și de actualitate metode aero-spațiale moderne utilizate în monitorizarea fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcământ stratiform sunt: metoda tehnologiei de poziționare satelitară - GNSS, metoda fotogrammetriei, metoda scanării laser și metoda interferometriei laser cu apertură sintetică (InSAR).

3.3 Proiectarea rețelor de monitorizare necesare studierii fenomenului de subsidență

Cercetările efectuate privind analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcământ stratiform se realizează prin efectuarea de observații periodice, ale mărimilor unghiulare și liniare, din reperele rețelei geodezice proiectați pe suprafața terestră.

Rețelele topografice de monitorizare se amplasează deasupra câmpurilor de abataj perpendicular sau paralel cu direcția de avansare a fronturilor, după cum putem observa și în figura 3.6.

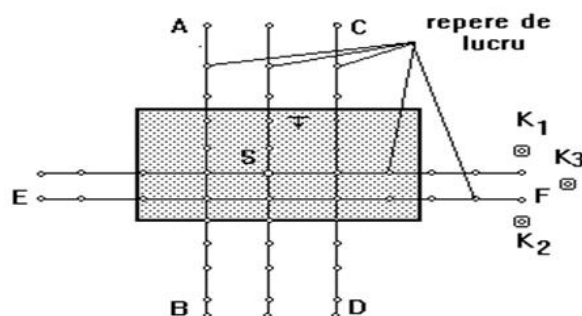


Fig.3. 6 Rețea topografică de monitorizare [52]

Rețelele topografice de monitorizare cuprind următoarele categorii de repere topografice, după cum putem observa [52]:

- repere principale de legătură (K_1 , K_2 , K_3)
- repere de sprijin, fixe sau de capăt (A, B, C, D, E, F)
- repere de lucru sau mobile.

3.3.1 Amplasarea reperilor fixe și a reperilor mobili în rețeaua de monitorizare a fenomenului de subsidență

Reperii fixe se amplasează în afara zonelor de influență ale exploatării miniere, fiind în unele cazuri puncte din rețeaua de triangulație locală.

Reperii mobili de monitorizare se amplasează la anumite distanțe între reperele de capăt, după cum putem observa în tabelul 3.1 [52]

Tab.3. 1 Distanța dintre reperele de monitorizare [52], [65]

Adâncimea zăcământului [m]	Distanța între punctele de urmărire [m]	
	Situate în zona de scufundare	Situate în afara zonei de scufundare
50	5	10
50-100	10	15
100-200	15	20
200-400	20	25

Amplasarea punctelor pe aliniamente (figura 3.7) depinde în special de relieful terenului, acestea fiind poziționate sub tipul a două aliniamente unul transversal și unul longitudinal (direcțional) care se intersectează între ele în punctul de maximă greutate al zăcământului stratiform.

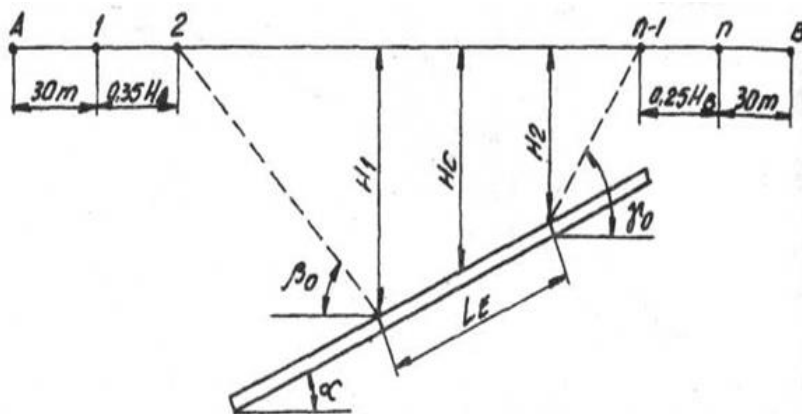


Fig.3. 7 Amplasarea aliniamentelor transversale [52], [65]

Reperle mobile de monitorizare se amplasează astfel încât să acopere întreaga zonă a albiei de scufundare, pentru a se putea determina poziția punctului de maximă scufundare datorat fenomenului de subsidență.

3.3.2 Marcarea și semnalizarea reperilor de monitorizare ai fenomenului de subsidență

Marcarea și semnalizarea punctelor de urmărire depinde de durata și importanța punctelor. Punctele de urmărire se pot clasifica după cum urmează: puncte de bază sau de sprijin, puncte de aliniament sau repere de lucru sau puncte pe obiective [65].

În figura 3.8. este exemplificat modul de marcarea al reperilor de bază altimetrică.

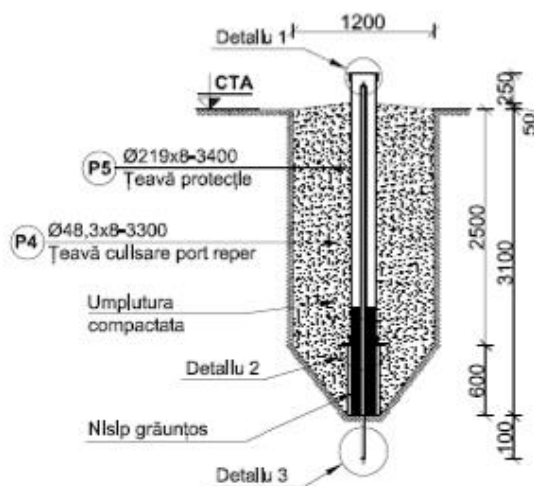


Fig.3. 8 Marcarea reperilor de bază

Poziția planimetrică de amplasare a punctelor se materializează în teren prin trasare, utilizând datele tehnice potrivit proiectului de execuție.

3.3.3 Frecvența măsurărilor topografice privind monitorizarea fenomenului de subsidență

În vederea efectuării analizei fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcămintă stratiform o problemă esențială o reprezintă stabilirea frecvenței măsurărilor.

În tabelul 3.2 este prezentată frecvența măsurărilor în funcție de adâncimea de exploatare și metoda de dirijare a presiunii miniere.

Tab.3. 2 Frecvența măsurărilor topografice [31], [35]

Adâncimea exploatării	Metoda de dirijare a presiunii			
	Prăbușire totală		Rambleiere	
	Nivelment	Planimetrie	Nivelment	Planimetrie
<100m	10 zile	1 lună	2 săptămâni	6 săptămâni
100-200m	2 săptămâni	6 săptămâni	1 lună	2 luni
200-300m	1 lună	2 luni	2 luni	4 luni
300-400m	2 luni	4 luni	3 luni	bianual
>400m	3 luni	Bianual	bianual	anual

Se consideră că fenomenul de subsidență a încetat, dacă în urma a două măsurători succesive scufundarea are o valoare mai mică de 2 cm.

3.4 Concluzii

Utilizarea modelării matematice în prognoza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcămine stratiforme ne conduce spre o mai bună înțelegere a acestui fenomen, scopul fiind acela de a aprecia corect comportamentul masivului de rocă de la data producerii în subteran a efectelor datorate exploatării miniere și până la data stabilizării efectului la suprafața terestră, astfel încât efectul de depasare și deformare a masivului de rocă să poată fi estimat și comparat cu rezultatele obținute din măsurătorile topografice efectuate asupra reperilor de monitorizare

Metodele de calcul utilizate în prognoza fenomenului de subsidență cele mai frecvent utilizate în practica curentă sunt metodele funcțiilor de profil, aceste metode fiind printre puținele metode care permit o definire a albiei de scufundare printr-o singură relație matematică.

Metodele topografice sunt cele mai utilizate metode de evaluare a parametrilor utilizați în analiza fenomenului de subsidență, conferând posibilitatea verificării ipotezelor și a teoriilor stabilite pe baza funcțiilor matematice existente în anumite condiții geo-miniere.

Metodele topografice folosite în studierea fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme, necesită proiectarea și materializarea unei rețele de urmărire formată din aliniamente transversale și direcționale.

Având în vedere unele dificultăți întâmpinate la amplasarea, materializarea și conservarea reperilor de urmărire, în practica curentă se utilizează în general aliniamente de urmărire cu două capete stabile.

Tehnologia actuală oferă posibilitatea unei monitorizări riguroase a evoluției fenomenelor de subsidență minieră, prezentând informații caracteristice complexe a modului de obținere a datelor colectate, într-un mod eficient și precis, în raportul cantității și a calității.

Capitolul 4 Studiu de caz. Monitorizarea subsidenței miniere pe teritoriul orașului Petrila, județul Hunedoara

4.1 Date generale

Monitorizarea fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, se desfășoară odată cu începerea primelor activități de exploatare minieră și se termină în momentul maxim de stabilitate la suprafața terestră a zonei exploatate, fiind o activitate sistematică de culegere a datelor rezultate din măsurători asupra unor mărimi ce caracterizează proprietățile fenomenului în procesul de interacțiune cu mediul natural și tehnologic.

Cercetările efectuate în cadrul acestui capitol, evidențiază contribuția măsurărilor topo-geodezice și a conceptelor utilizate în analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme pe teritoriul orașului Petrila, județ Hunedoara, România, cu prezentarea rezultatelor obținute în urma observațiilor efectuate de-a lungul timpului, prezentarea analizei efectuate din punct de vedere al componentelor de deplasare verticală și a componentelor de deplasare orizontală, modelarea fenomenului de subsidență, stabilirea unghiurilor de influență și determinarea valorilor subsidenței studiate, precum și stabilirea corelației între subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării miniere.

4.1.1. Localizarea geografică a orașului Petrila

Orașul Petrila este o localitate situată în depresiunea Văii Jiului, în județul Hunedoara, fiind amplasat pe malul Jiului de Est, la intersecția pârâului Jieț cu pârâul Taia.

Teritoriul administrativ al orașului Petrila este mărginit la est de masivul Șurianu, la nord de Vârful lui Pătru, la sud de masivul Parâng, iar la vest de teritoriul municipiului Petroșani. În figura 4.1 este prezentat amplasamentul orașului Petrila.

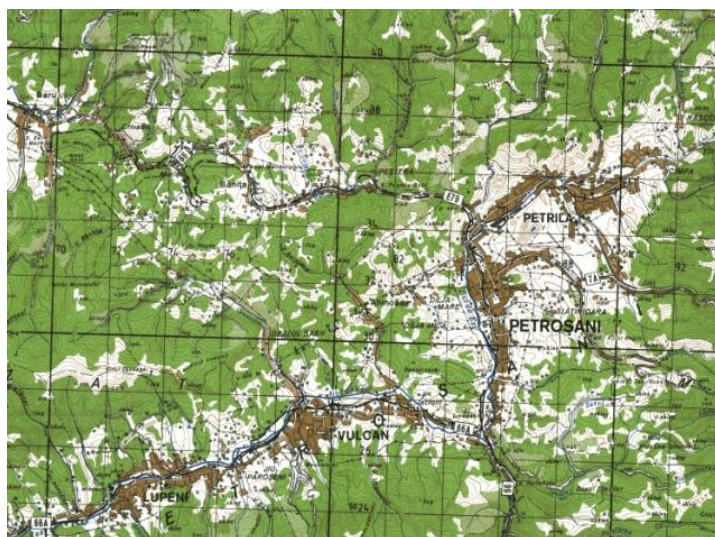


Fig.4. 1 Localizarea geografică a orașului Petrila

Obiectul prezentei lucrări îl constituie perimetrele miniere Petrila Sud și Lonea Defor, localizarea celor două câmpuri miniere fiind prezentată în figura 4.2.

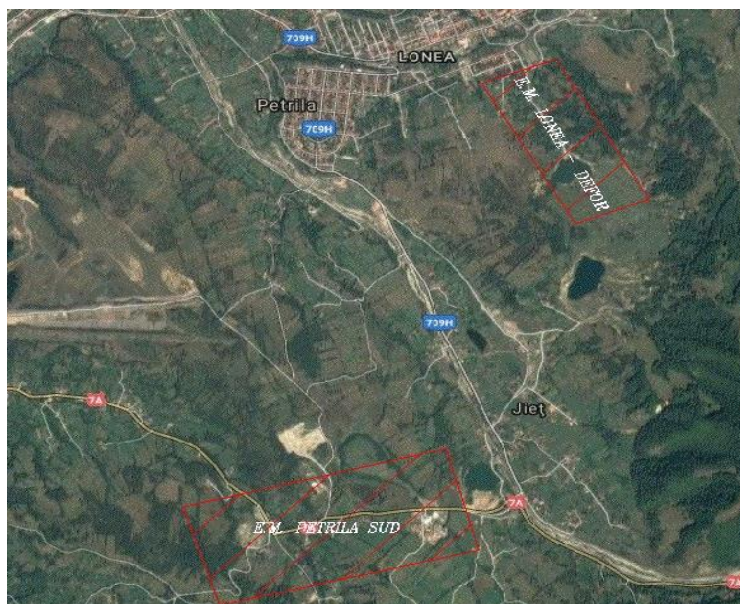


Fig.4. 2 Imagine extrasă de pe ortofotoplan cu încadrarea zonelor studiate: Petrila Sud și Lone- Defor, orașul Petrila, județul Hunedoara, România

Alegerea celor două zone pentru cercetările privind analiza fenomenului de subsidență datorită exploatării de zăcăminte stratiforme, se datorează existenței multitudinii de obiective civile și industriale care nu au fost protejate până în prezent (figura 4.3) prin instituirea de pilieri de protecție și ale căror deformări ar putea crea probleme în viitor.



Fig.4. 3 Efecte negative ale fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, zona Lonea-Defor, localitatea Petrila, județul Hunedoara, România

4.1.2. Metode și tehnologii de exploatare aplicate în perimetrele miniere din orașul Petrila

În bazinul minier Valea Jiului, din cele peste două miliarde de tone de cărbune, circa aproximativ 60% din rezerve sunt cuprinse în stratele groase 3 și 5, în prezent întreaga producție fiind extrasă din aceste strate.

Metodele de exploatare a zăcămintelor stratiforme se clasifică după anumite criterii precum: grosimea și înclinarea stratelor, lungimea orizontului de abataj și direcția de

avansare a acestuia, schema tehnologică de pregătire a etajului sau frontului etc. Pornind de la acest considerent, în practica curentă se întâlnesc: metode de exploatare fără împărțirea stratului în felii și metode de exploatare cu împărțirea stratului în felii.

Fenomenul de subsidență datorat exploatării de zăcămint stratiform este un fenomen de natură antropică, apărut în urma activităților industriale subterane. Efectul de deplasare a suprafeței terestre se produce lent sub acțiunea unor serii de factori menționați în capitolul 2.

Pentru efectuarea studiului de caz prezentat în acest capitol am urmat etapele prezentate figura 4.4.

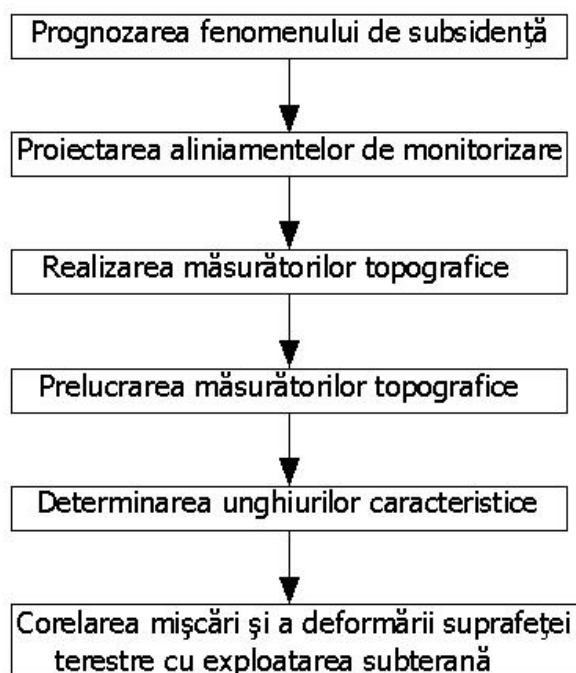


Fig.4. 4 Etapele de realizare a cercetărilor privind analiza fenomenului de subsidență

4.2 Prognozarea fenomenului de subsidență

4.2.1 Prognozarea fenomenului de subsidență în perimetrul Petrila-Sud

Pentru realizarea prognozei fenomenului de subsidență în prezentul studiu de caz am folosit metoda funcțiilor de profil ICPMC.

În vederea obținerii rezultatelor dorite necesare prognozei fenomenului de subsidență am parcurs următoarele etape:

a) Delimitarea spațiului exploatat, trasarea axelor exploatării

Realizarea acestei etape a presupus: reprezentarea spațiului exploatat și a celor două axe, longitudinală și transversală, determinarea poziției tridimensionale a punctelor caracteristice celor două axe, determinarea înclinării stratului exploatat, a adâncimilor din dreptul celor două axe în aval și amonte față de exploatare și înclinarea terenului în sensul de avansare al abatajului. În figura 4.5 este reprezentată delimitarea spațiului exploatat pentru perimetrul minier Petrila Sud.



Fig.4. 5 Spațiul exploatat la mina Petrila Sud

b) Stabilirea unghiurilor limită de influență

Stabilirea unghiurilor limită de influență s-a realizat în baza volumului mare de măsurători efectuate de-a lungul timpului la nivelul întregului bazin minier al Văii Jiului.

Datorită faptului că unghiurile limită de influență au fost calculate pe intervale de adâncime de câte 100 metri, valorile unghiulare au fost determinate în funcție de înclinarea stratului și de adâncimea spațiului exploatat.

c) Calculul dimensiunilor critice ale exploatării

Având în vedere definirea noțiunilor cu privire la dimensiunile critice ale exploatării de la paragraful 2.1 al prezentei lucrări și valorile calculate anterior, am stabilit situația în care se află exploatarea minieră în prezenta cauză, acestea putând fi observate în figura 4.6.

Mina	Bloc	Strat	Panou	D	L _f	m	α	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	Θ	φ	β	γ
Petrila S	III	3	1-3	125.1	196.2	12	22	300	287	280	311	-1	9	58	50

Fig.4. 6 Calculul elementelor geometrice ale albiei de scufundare Petrila Sud

În funcție de acestea, am determinat poziția punctului de maximă scufundare și dimensiunile zonei de influență pe cele două axe față de exploatare, după cum se poate observa în figura 4.7.

											x/L_i	UM	0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5
											A		1	0.9699	0.8818	0.7536	0.6053	0.4562
											B		0.00	-0.6089	-1.1082	-1.4207	-1.5203	-1.4324
											C		-6.283	-5.7063	-4.1486	-2.0577	0.0202	1.6352
											D		-0.159	-0.175	-0.241	-0.486	49.551	0.612
											E		-2.081	-1.308	-0.360	0.473	0.9950	1.1599
											x	m	0	-25	-50	-75	-99	-124
Mina	Bloc	Strat	Panou	A_x	a	B_x	C_x	b	D_x	s_{max}	$S(x)$	m	-3.304	-3.204	-2.913	-2.490	-2.000	-1.507
Petrila S	III	3	1-3	249	0	257	237	0	403	-3.30	$I(x)$	mm/m	0.0	8.1	14.7	18.9	20.2	19.0
											$C(x)$	km ⁻¹	0.336	0.305	0.222	0.110	-0.001	-0.087
											$R(x)$	km	2.979	3.280	4.512	9.096	-927.486	-11.447
											ε	mm/m	13.8	8.7	2.4	-3.1	-6.6	-7.7

Fig.4. 7 Calculul subsidenței, înclinării, curburii și deformației orizontale pe axele albiei de scufundare Petrila Sud

d) Determinarea punctelor caracteristice ale albiei de scufundare

În urma determinării și a reprezentării punctului de maximă scufundare, precum și a celorlalte puncte caracteristice pe cele două aliniamente, transversal și longitudinal (direcțional), după cum se poate observa în figura 4.8, am extras prin interpolare coordonatele acestor mărimi.

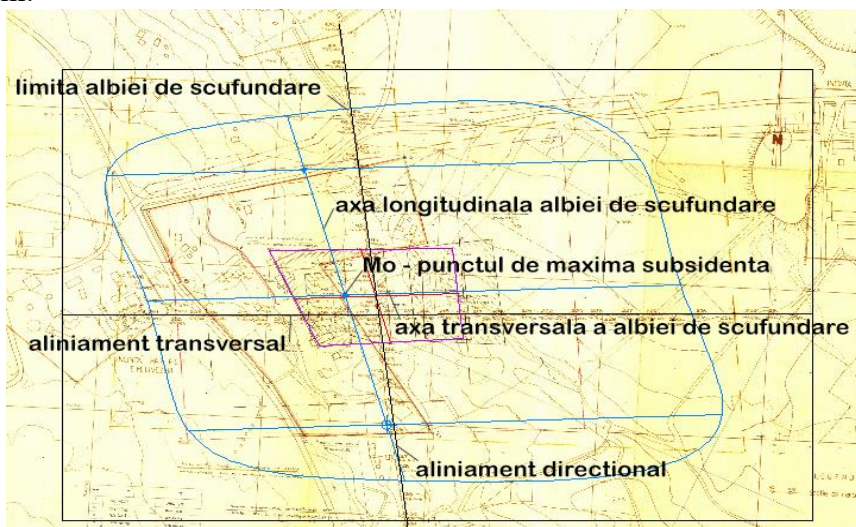


Fig.4. 8 Determinarea limitei albiei de scufundare Petrila Sud

e) Calculul coordonatelor punctelor caracteristice pe axele albiei de scufundare

În cadrul acestei etape am calculat coordonatele tuturor punctelor intermediare existente pe cele două axe ale albiei de scufundare, această etapă putând fi observată în figura 4.9.

ALINIAMENT DIRECȚIONAL -> echipare											ALINIAMENT TRANSVERSAL MEDIAN -> aval										
Nr.pct	Pct	D	X	Y	S	I	C(x)	R(x)	ε		Nr.pct	Pct	D	X	Y	S	I	C(x)	R(x)	ε	
1	M ₀	0	436599.401	375838.820	-3.304	0.0	0.336	3.0	13.8		1	M ₀	0	436599.401	375838.820	-3.304	0.0	0.369	2.7	14.5	
2	0.1	-25	436623.308	375831.859	-3.204	8.1	0.305	3.3	8.7		30	0.1	-24	436598.577	375815.134	-3.204	8.5	0.335	3.0	9.1	
3	0.2	-50	436647.216	375824.899	-2.913	14.7	0.222	4.5	2.4		31	0.2	-47	436597.754	375791.449	-2.913	15.4	0.244	4.1	2.5	
4	0.3	-75	436671.123	375817.938	-2.490	18.9	0.110	9.1	-3.1		32	0.3	-71	436596.930	375767.763	-2.490	19.8	0.121	8.3	-3.3	
5	0.4	-99	436695.030	375810.978	-2.000	20.2	-0.001	-927.5	-6.6		33	0.4	-95	436596.106	375744.077	-2.000	21.2	-0.001	-843.8	-6.9	
6	0.5	-124	436718.938	375804.017	-1.507	19.0	-0.087	-11.4	-7.7		34	0.5	-119	436595.283	375720.392	-1.507	20.0	-0.096	-10.4	-8.1	
7	0.6	-149	436742.845	375797.056	-1.067	16.2	-0.137	-7.3	-6.9		35	0.6	-142	436594.459	375696.706	-1.067	16.9	-0.150	-6.7	-7.3	
8	0.7	-174	436766.752	375790.096	-0.710	12.5	-0.150	-6.7	-5.2		36	0.7	-166	436593.635	375673.020	-0.710	13.1	-0.165	-6.1	-5.5	
9	0.8	-199	436790.659	375783.135	-0.443	8.9	-0.136	-7.4	-3.4		37	0.8	-190	436592.811	375649.334	-0.443	9.4	-0.149	-6.7	-3.5	
10	0.9	-224	436814.567	375776.175	-0.260	5.9	-0.108	-9.3	-1.9		38	0.9	-213	436591.988	375625.649	-0.260	6.2	-0.118	-8.4	-2.0	
11	E	-249	436838.474	375769.214	-0.143	3.6	-0.077	-13.0	-0.9		39	A ₀	-237	436591.164	375601.963	-0.143	3.8	-0.084	-11.9	-0.9	
12	1.1	-274	436862.381	375762.253	-0.074	2.1	-0.050	-20.2	-0.3		40	1.1	-261	436590.340	375578.277	-0.074	2.2	-0.054	-18.4	-0.3	
13	1.2	-298	436886.289	375755.293	-0.036	1.1	-0.029	-34.1	-0.1		41	1.2	-285	436589.517	375554.592	-0.036	1.1	-0.032	-31.0	-0.1	
14	1.3	-323	436910.196	375748.332	-0.016	0.5	-0.016	-62.6	0.0		42	1.3	-308	436588.693	375530.906	-0.016	0.6	-0.018	-57.0	0.0	
15	1.4	-348	436934.103	375741.372	-0.007	0.2	-0.008	-124.3	0.0		43	1.4	-332	436587.869	375507.220	-0.007	0.3	-0.009	-113.1	0.0	
		249											237								
ALINIAMENT DIRECȚIONAL -> dezecipare											ALINIAMENT TRANSVERSAL MEDIAN -> amonte										
1	M ₀	0	436599.401	375838.820	-3.304	0.0	0.314	3.2	13.4		1	M ₀	0	436599.401	375838.820	-3.304	0.0	0.128	7.8	8.5	
16	0.1	26	436574.726	375846.004	-3.204	-7.8	0.286	3.5	15.5		44	0.1	40	436600.802	375879.096	-3.204	-5.0	0.116	8.6	9.9	
17	0.2	51	436550.050	375853.188	-2.913	-14.3	0.208	4.8	14.1		45	0.2	81	436602.202	375919.371	-2.913	-9.1	0.084	11.9	9.0	
18	0.3	77	436525.375	375860.373	-2.490	-18.3	0.103	9.7	9.6		46	0.3	121	436603.603	375959.647	-2.490	-11.6	0.042	23.9	6.1	
19	0.4	103	436500.699	375867.557	-2.000	-19.5	-0.001	-990.1	3.7		47	0.4	161	436605.004	375999.922	-2.000	-12.5	0.000	-2439.9	2.4	
20	0.5	128	436476.024	375874.741	-1.507	-18.4	-0.082	-12.2	-1.7		48	0.5	202	436606.405	376040.198	-1.507	-11.7	-0.033	-30.1	-1.1	

Fig.4. 9 Calculul coordonatelor punctelor caracteristice pe axele albiei de scufundare Petrila Sud

f) Definirea punctelor de încadrare a albiei de scufundare

Această etapă a presupus reprezentarea conturului de suprafață care încadrează zona de influență și intersecția acestuia cu cele două axe, transversală și longitudinală. Datele rezultate sunt redată în tabelele 4.1, 4.2 și 4.3

Tab.4. 1 Punctele de colț ale dreptunghiului care încadrează albia de scufundare Petrila Sud

Punct	X (Nord)	Y (Est)
1	436300	375500
2	436900	375500
3	436900	376400
4	436300	376400

Tab.4. 2 Urma planului de secțiune transversal Petrila Sud

Punct	X (Nord)	Y (Est)
1	436575.948	375500
2	436575.101	376400

Tab.4. 3 Urma planului de secțiune longitudinal Petrila Sud

Punct	X (Nord)	Y (Est)
1	436900	375839.918
2	436300	375913.950

g) Modelarea fenomenului de subsidență și determinarea albiei de scufundare completă

În urma datelor obținute în etapele precedente, cu ajutorul unui soft specializat am realizat modelarea fenomenului de subsidență, obținând suprafețele aferente ale subsidenței generate de fiecare spațiu exploatat, unde prin însumarea acestora s-a determinat suprafața completă a albiei de scufundare utilizând principiul suprapunerii efectelor. Reprezentarea grafică a rezultatelor obținute în urma realizării acestei etape se pot observa în figura 4.10 și 4.11.

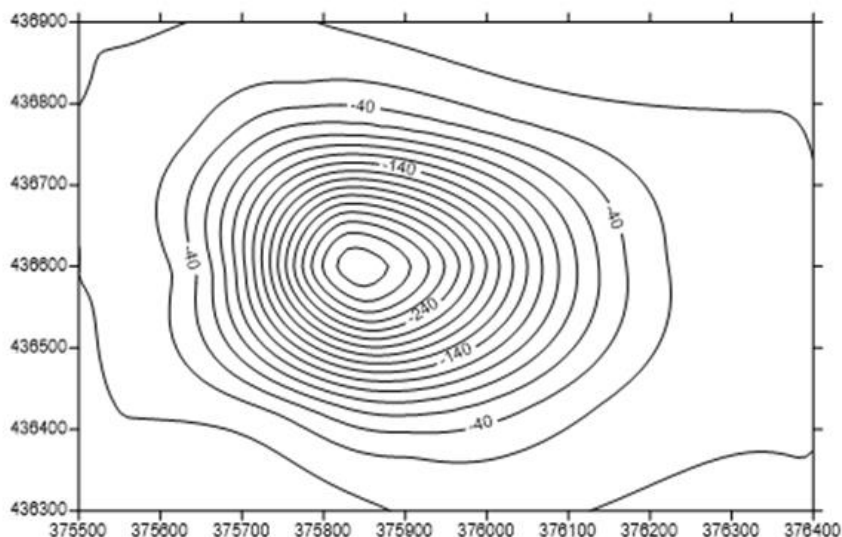


Fig.4. 10 Reprezentarea prin curbe de egală subsidență a albiei de scufundare Petrila Sud

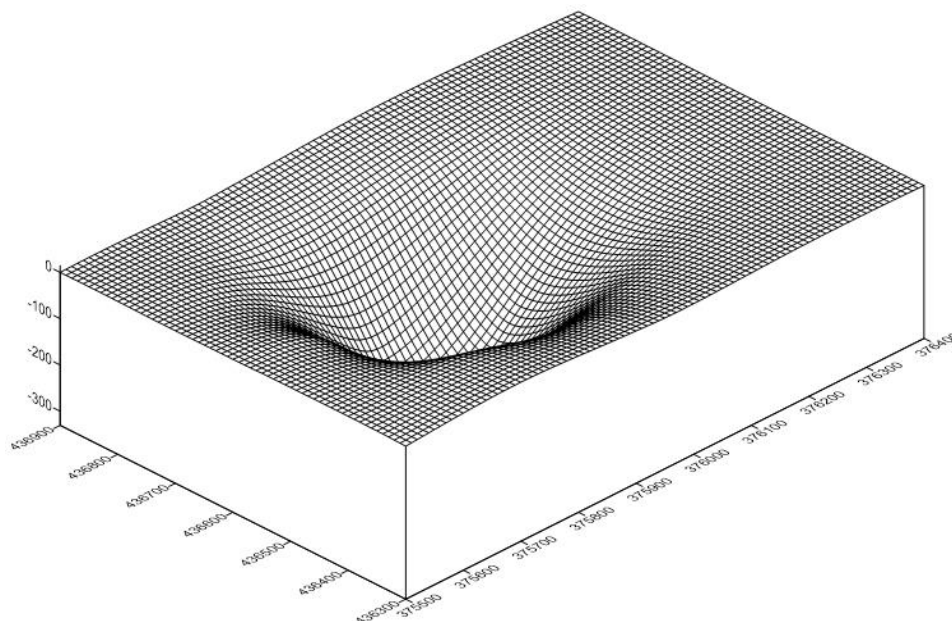


Fig.4. 11 Reprezentarea tridimensională a albiei de scufundare Petrila Sud

h) Crearea secțiunii transversale prin albia de scufundare

Ca urmare a datelor obținute în etapele anterioare și a combinării facilităților oferite de diversele softuri specializate, în urma importului datelor obținute am realizat alura diagramei parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență și anume: subsidența, înclinarea, deformația orizontală și raza de curbură în profil transversal, aceasta putând fi observată în figura 4.12.

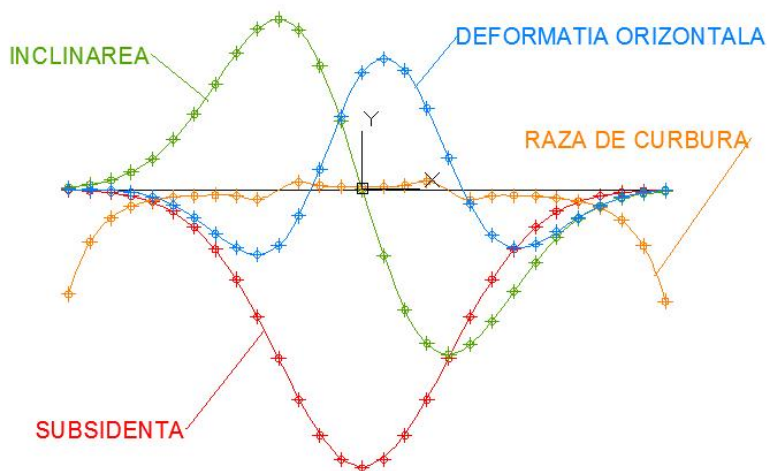


Fig.4. 12 Diagramele subsidenței, înclinării, deformației orizontale și ale razei de curbură Petrila Sud, în profil transversal

4.2.2 Prognozarea fenomenului de subsidență în perimetrul Lonea – Defor

Pentru realizarea prognozei fenomenului de subsidență în perimetrul minier Lonea-Defor am parcurs aceleași etape ca și în cazul perimetrului minier Petrila Sud.

(A se vedea prognozarea fenomenului de subsidență în perimetrul minier Lonea-Defor în teza de doctorat)

4.3 Proiectarea aliniamentelor de monitorizare a subsidenței

Pentru urmărirea fenomenului de subsidență aflat sub influența exploatării subterane în cazul obiectivelor studiate, s-au proiectat două aliniamente amplasate la suprafața terenului, într-o zonă aproximativ corespunzătoare cu partea mediană a zonei din subteran care urmează a fi exploatată.

Având în vedere adâncimea exploatării subterane și recomandările din literatura de specialitate, distanța medie dintre punctele aliniamentelor de observare a fost de aprox. 20 m pentru ambele obiective.

Aliniamentele au fost proiectate astfel încât să treacă prin zona de maxim a scufundărilor, zonă care se determină, conform teoriei dezvoltate de ICPMC, cu ajutorul unghiurilor scufundărilor maxime.

4.3.1 Proiectarea aliniamentelor de monitorizare a subsidenței în perimetrul minier Petrila-Sud

Pentru urmărirea fenomenului de subsidență aflat sub influența exploatării subterane în stratul 3, blocul III, panourile 1-3, al E.M. Petrila Sud, s-au proiectat două aliniamente, amplasate, la suprafața terenului, într-o zonă aproximativ corespunzătoare cu partea mediană a zonei din subteran care urmează a fi exploatată.

Aliniamentul direcțional a fost orientat paralel cu direcția stratului și respectiv direcția de avansare a abatajelor, iar aliniamentul transversal a fost orientat paralel cu direcția fronturilor de abataj .

În figura 4.13 este redat planul de dispunere al reperilor pentru urmărirea parametrilor de deformare a suprafeței studiate de la stația de cercetare topografică E.M. Petrila Sud, Stratul 3, Blocul III, localitatea Petrila, județ Hunedoara, România.

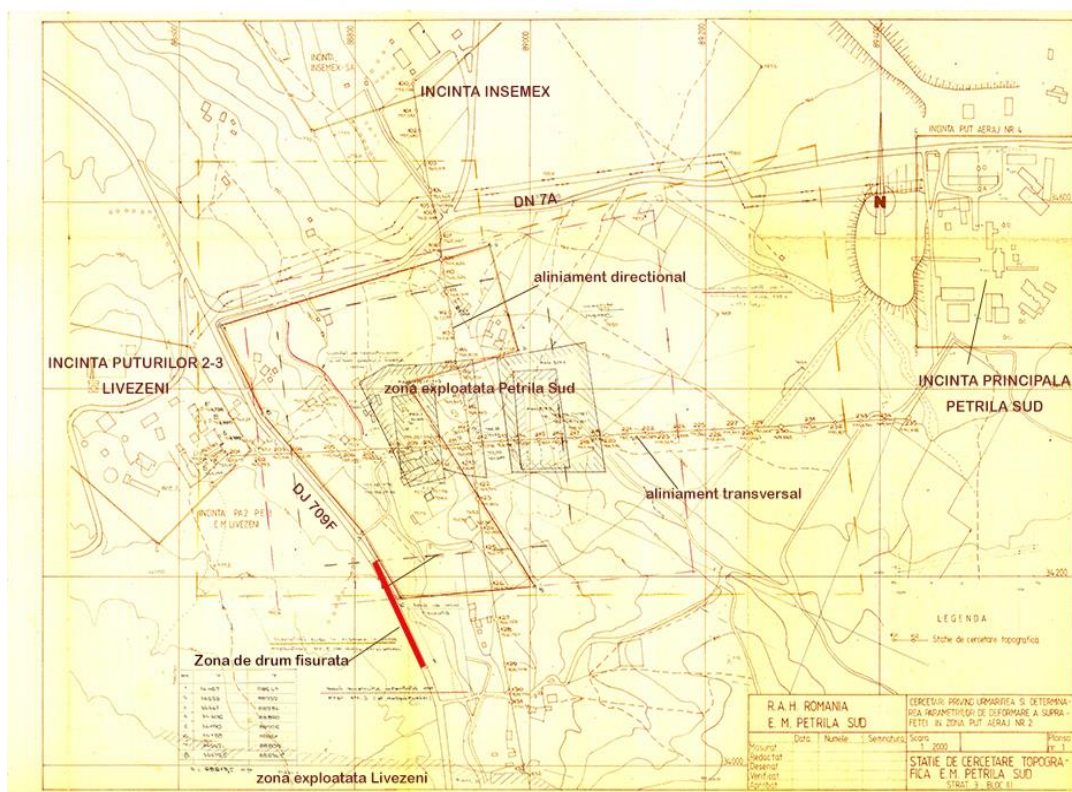


Fig.4. 13 Planul de dispunere al reperilor privind urmărirea parametrilor de deformare a suprafeței studiate . Stația de cercetare topografică E.M. Petrila Sud, Stratul 3, Blocul III, localitatea Petrila, județ Hunedoara, Romania

4.3.2 Proiectarea aliniamentelor de monitorizare a subsidenței în perimetrul minier Lonea - Defor

Pentru monitorizarea fenomenului de subsidență au fost proiectate două aliniamente: unul paralel cu valea Deforului, transversal față de direcția stratului de cărbune exploatat, al doilea perpendicular pe primul, paralel cu direcția stratului de cărbune, după cum putem observa în figura 4.14.

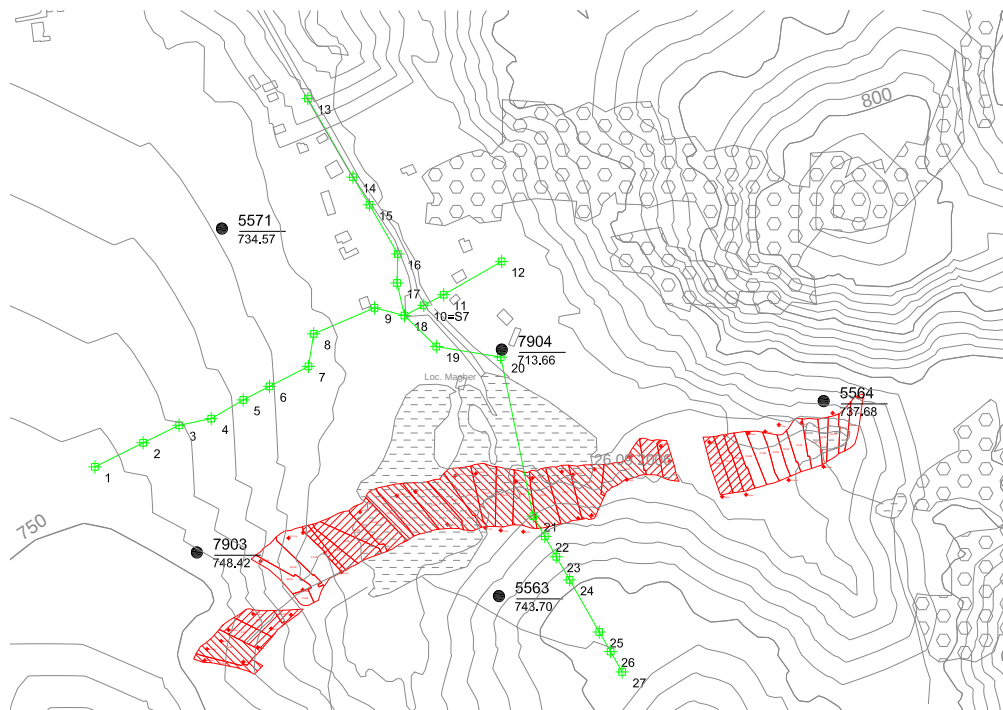


Fig.4. 14 Cele două aliniamente de monitorizare, cel direcțional (1-12) și cel transversal (13-27). Zona exploatată este colorată cu roșu. Deasupra zonei exploatate, cu hașură orizontală, este lacul format în albia de scufundare

În apropierea zonei studiate, în afara zonei de influență a exploatării subterane, au fost materializate și a fost determinată poziția a două repere fixe: E și F. Pentru ambele repere au fost determinate și cotele, prin nivelment geometric. Pornind de pe această bază, și anume punctul E cu valori cunoscute cu viză în punctul F cu valori cunoscute, au fost realizate poligonații dus-întors pentru determinarea coordonatelor reperelor mobile de pe aliniamentele transversal și direcțional. Cotele acestor repere au fost determinate prin nivelment geometric.

Tab.4. 4 Coordonate repere fixe Lonea- Defor

Punct	X	Y	H
E	439371.312	377145.658	708.325
F	439432.532	377126.175	708.288

Inițial aliniamentul transversal a fost format din 15 repere (13-27), dintre care s-au păstrat până astăzi doar patru: 15 (renumerotat 20), 16 (actual 30), 24 și 26.

Dintre cele 12 repere inițiale ale aliniamentului direcțional nu s-a mai păstrat niciunul.



Fig.4. 15 Marcarea pe teren a reperilor de monitorizare a fenomenului de subsidență

4.4 Realizarea măsurătorilor topografice necesare monitorizării fenomenului de subsidență datorat exploatării zăcămintelor stratiforme

În acest subcapitol este prezentată aparatura și metodele topografice utilizate în studiul de caz la monitorizarea fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcământ stratiform pentru cele două câmpuri miniere studiate la nivelul orașului Petrila din județul Hunedoara.

4.4.1 Aparatura utilizată pentru efectuarea cercetărilor

Având în vedere faptul că mărimile necesare cercetărilor privind analiza fenomenului de subsidență sunt unghiurile și distanțele pentru determinarea valorilor planimetrice și diferențele de nivel pentru determinarea valorilor altimetrice, în vederea măsurătorilor necesare stabilirii parametrilor necesari determinării deformației suprafeței terestre s-a folosit ca instrumente de măsurare: un tahimentru electronic, denumit în continuare stație totală, pentru determinarea mărimilor de măsurare ale planimetriei și nivela cu compensator KONi007 pentru determinarea mărimilor de măsurare ale altimetriei.

4.4.2 Realizarea măsurătorilor topografice în perimetrul minier Petrila Sud

Dat fiind faptul că o bună parte din reperii de monitorizare a fenomenului de subsidență au dispărut din perimetrul stației de cercetare existentă la Petrila Sud, pentru realizarea prezentului studiu de caz s-au folosit materiale și documente de arhivă din cadrul Complexului Energetic Hunedoara, fostă Companie Națională a Huilei S.A. din Petroșani, România.

În urma măsurătorilor topografice efectuate de-a lungul timpului în perioada anilor 1995-1998 au rezultat valorile prezentate în figura 4.16:

**„CERCETĂRI PRIVIND ANALIZA FENOMENULUI DE SUBSIDENȚĂ DATORAT EXPLOATĂRII
ZĂCĂMINTELOR STRATIFORME”**

Nr. mas	Data	Nr. zile	PARAMETRUL	UM	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
0	4/12/1995		Z, Cota initiala	m	756.026	757.012	757.41	760.171	761.549	761.926	762.108	762.467	763.848	764.825	766.324	768.319	767.259
			Distanța mas.	m		28.69	22.961	35.829	28.723	16.239	6.416	28.712	8.267	16.122	15.185	19.637	22.309
			Distanța redusă	m		28.673	22.958	35.722	28.69	16.235	6.413	28.71	8.151	16.092	15.111	19.535	22.284
1	7/12/1995		Cota	m	756.026	757.001	757.406	760.173	761.536	761.919	762.1	762.476	763.852	764.846	766.334	768.333	767.277
			Distanța mas.	m		28.69	22.962	35.83	28.725	16.239	6.415	28.713	8.266	16.122	15.186	19.638	22.31
			Distanța redusă	m		28.673	22.958	35.723	28.693	16.234	6.412	28.711	8.151	16.091	15.113	19.536	22.285
2	10/11/1995		Cota	m	756.026	757.007	757.4	760.17	761.546	761.923	762.106	762.468	763.84	764.831	766.324	768.326	767.263
			Distanța mas.	m		28.692	22.962	35.83	28.726	16.24	6.416	28.713	8.265	16.125	15.187	19.638	22.31
			Distanța redusă	m		28.675	22.959	35.723	28.693	16.236	6.413	28.711	8.15	16.095	15.113	19.536	22.285
3	10/16/1996		Cota	m	756.026	757.009	757.4	760.17	761.524	761.914	762.087	762.451	763.811	764.762	766.238	768.202	767.118
			Distanța mas.	m		28.693	22.963	35.831	28.725	16.24	6.417	28.715	8.267	16.127	15.188	19.64	22.31
			Distanța redusă	m		28.676	22.96	35.724	28.693	16.235	6.415	28.713	8.154	16.099	15.116	19.542	22.284
4	5/14/1997		Cota	m	756.026	757.007	757.398	760.17	761.546	761.823	762.106	762.451	763.793	764.729	766.19	768.134	767.034
			Distanța mas.	m		28.693	22.965	35.83	28.727	16.245	6.42	28.715	8.267	16.128	15.19	19.64	22.32
			Distanța redusă	m		28.676	22.962	35.723	28.694	16.243	6.414	28.713	8.157	16.101	15.12	19.544	22.293
5	8/13/1997		Cota	m	756.026	757.018	757.404	760.183	761.544	761.82	762.101	762.455	763.79	764.721	766.181	768.123	767.022
			Distanța mas.	m		28.692	22.965	35.829	28.726	16.245	6.422	28.719	8.265	16.129	15.19	19.641	22.325
			Distanța redusă	m		28.675	22.962	35.721	28.694	16.243	6.416	28.717	8.156	16.102	15.12	19.545	22.298
6	2/26/1998		Cota	m	756.026	757.006	757.4	760.171	761.547	761.817	762.103	762.444	763.788	764.718	766.177	768.118	767.015
			Distanța mas.	m		28.691	22.966	35.83	28.727	16.244	6.423	28.725	8.266	16.13	15.191	19.645	22.33
			Distanța redusă	m		28.674	22.963	35.723	28.694	16.242	6.417	28.723	8.156	16.103	15.121	19.549	22.303

Fig.4. 16 Extras din tabelul centralizator obținut în urma măsurătorilor topografice asupra aliniamentului direcțional din perimetrul minier de la Petrila Sud, localitatea Petrila, județ Hunedoara, România

4.4.3 Realizarea măsurătorilor topografice în perimetrul minier Lonea-Defor

În cazul studiilor afectuate asupra perimetrului minier Lonea-Defor, s-a utilizat ca și pentru obiectivul precedent materialele și documentele procurate din cadrul Complexului Energetic Hunedoara, fostă Companie Națională a Huilei S.A. din Petroșani, România privind măsurătorile efectuate în perioada 2008-2015 la care se adaugă și 4 măsurători efectuate în 4 sesiuni de timp diferite executate personal.

Măsurătorile planimetrice privind îndesirea aliniamentelor de monitorizare au fost realizate cu stația totală, iar diferențele de nivel au fost determinate prin nivelment geometric.

În urma măsurătorilor topografice efectuate în perioada anilor 2008-2015 au rezultat valori precum cele prezentate în imaginea 4.17:

Nr. mas.	Data masurătorii	1000 (138)			1001 (2)			10 (148/3)			20 (15/5)		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	5/31/2012	439411.953	377106.763	705.115							439237.209	377209.267	708.756
	D [m]												
2	11/6/2012	439411.501	377110.343	705.119	439324.917	377164.407	707.063	439269.029	377190.432	708.658	439237.235	377209.614	708.723
	s [cm]			0.390									-3.260
	D [m]												
3	07.03.2013	439411.485	377110.369	705.115	439324.938	377164.391	707.059	439269.021	377190.488	708.656	439237.259	377209.627	708.722
	s [cm]			-0.050			-0.390			-0.140			-3.360
	D [m]												
4	7/8/2013	439411.477	377110.336	705.105	439324.942	377164.414	707.057	439269.040	377190.447	708.656	439237.266	377209.583	708.722
	s [cm]			-1.000			-0.590			-0.170			-3.360
	D [m]												
5	11/4/2013	439411.486	377110.370	705.112	439324.935	377164.402	707.058	439269.040	377190.455	708.656			
	s [cm]			-0.330			-0.540			-0.170			
	D [m]												
6	3/11/2014	439411.479	377110.338	705.131	439324.938	377164.390	707.051	439269.108	377190.451	708.684	439237.293	377209.613	708.756
	s [cm]			1.600			-1.200			2.630			-0.010
	D [m]												
7	10/29/2014	439411.495	377110.350	705.116	439324.927	377164.418	707.052	439269.015	377190.474	708.634	439237.222	377209.605	708.681
	s [cm]			0.080			-1.110			-2.420			-7.480
	D [m]												
8	3/3/2015	439411.430	377110.352	705.110	439324.967	377164.425	707.050	439269.074	377190.546	708.628	439237.312	377209.680	708.664
	s [cm]			-0.540			-1.250			-3.010			-9.170
	D [m]												
9	6/4/2015	439411.472	377110.352	705.116	439324.926	377164.401	707.062	439269.022	377190.472	708.642	439237.229	377209.603	708.670
	s [cm]			0.130			-0.140			-1.570			-8.590
	D [m]												

Fig.4. 17 Extras din tabelul centralizator obținut în urma măsurătorilor topografice asupra perimetrului minier de la Lonea-Defor, localitatea Petrila, județ Hunedoara, România

4.5 Prelucrarea măsurătorilor topografice necesare analizei fenomenului de subsidență

Având în vedere cele două studii de caz asupra celor două câmpuri miniere, Petrila Sud și Lonea Defor, care se completează una pe cealaltă din punct de vedere al fenomenului studiat, în vederea calculului parametrilor necesari studierii fenomenului de subsidență am elaborat două sisteme de calcul, câte unul separat și diferit pentru fiecare câmp minier studiat.

4.5.1 Prelucrarea măsurătorilor în vederea efectuării calculului parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență pentru câmpul minier Petrila Sud

Prelucrarea măsurătorilor topografice necesare efectuării calculului parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență pentru câmpul minier Petrila Sud, a fost realizată utilizând un sistem de calcul în care au fost introduse toate datele cu caracter planimetric și altimetric rezultate în urma măsurătorilor topografice efectuate ciclic în teren, în special valoarea diferențelor de nivel și a distanțelor reduse la orizont, cu ajutorul cărora au fost determinate valorile parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență (scufundarea, înclinarea, curbura, raza de curbura, deformația orizontală specifică, deplasarea orizontală, viteza de scufundare).

În figura 4.18 este prezentat un extras din centralizatorul de calcul al parametrilor utilizat, în vederea determinării valorilor finale ale parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență pentru câmpul minier Petrila Sud.

Nr. mas	Data	Nr. zile	PARAMETRUL	UM	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225
0	4/12/1995	0	Cota initiala	m	770.108	769.917	770.85	770.877	770.311	769.883	770.001	770.246	771.197	772.603	774.846
			Distanța mas.	m		27.964	27.542	29.375	28.787	33.21	29.404	10.045	16.418	20.752	17.993
			Distanța redusă	m		27.963	27.532	29.374	28.781	33.207	29.404	10.042	16.39	20.704	17.853
			Cota	m	770.108	769.915	770.645	770.871	770.313	769.888	770.002	770.242	771.194	772.602	774.846
			Distanța mas.	m		27.964	27.54	29.377	28.788	33.205	29.4	10.046	16.417	20.753	17.99
1	7/12/1995		Distanța redusă	m		27.963	27.53	29.376	28.783	33.202	29.4	10.043	16.389	20.705	17.849
		91	Scufundarea	mm		-2	-5	-6	2	5	1	-4	-3	-1	0
			Viteza de scuf.	mm/luna		-1	-2	-2	1	2	0	-1	-1	0	0
			Inclinarea	mm/m		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Deplasarea orizontală	mm		0	-2	2	2	-5	-4	1	-1	1	-4
			Deformația orizontală	mm/m		0.0	-0.1	0.1	0.1	-0.2	-0.1	0.1	-0.1	0.0	-0.2
			Curbura suprafeței	1/km		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			Raza de curbura	km		1482	-760	-186	330	277	109	-47	-1042	950	744
			Cota	m	770.108	769.918	770.656	770.89	770.32	769.898	770.008	770.249	771.2	772.61	774.854
			Distanța mas.	m		27.965	27.535	29.372	28.785	33.204	29.402	10.05	16.415	20.55	17.989
			Distanța redusă	m		27.964	27.525	29.371	28.779	33.201	29.402	10.047	16.387	20.502	17.848
2	10/11/1995		182 Scufundarea totală	mm		1	6	13	9	15	7	3	3	7	8
		91	Scufundarea parțială	mm		3	11	19	7	10	6	7	6	8	8
			Viteza de scufundare totală	mm/luna		0	1	2	2	3	1	1	1	1	1
			Viteza de scufundare parțială	mm/luna		1	4	6	2	3	2	2	2	3	3
			Inclinarea	mm/m		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Deplasarea orizontală	mm		1	-7	-3	-2	-6	-2	5	-3	-202	-5
			Deformația orizontală	mm/m		0.0	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.5	-0.2	-9.8	-0.3
			Curbura suprafeței	1/km		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			Raza de curbura	km		-380	-1003	154	-194	138	312	-66	-191	280	2372

**Fig.4. 18 Extras din centralizatorul de calcul al parametrilor pe aliniamentul transversal –
perimetrul minier Petrila Sud**

Pentru reprezentarea grafică a rezultatelor obținute în urma calculului parametrilor fenomenului de subsidență am întocmit o diagramă a subsidenței, după cum se poate observa în figura 4.19 :

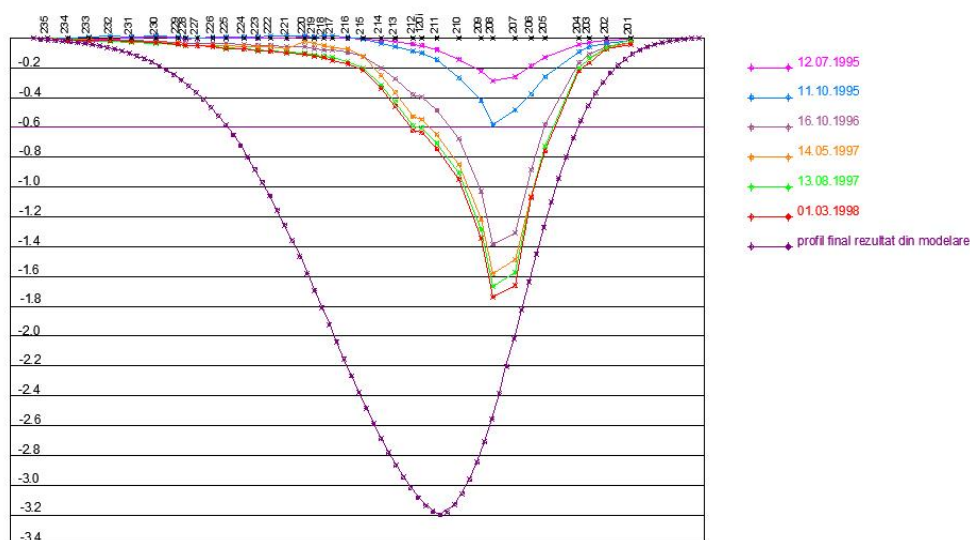


Fig.4. 13 Reprezentarea grafică a subsidenței perimetrul minier Petrila Sud

4.5.2 Prelucrarea măsurătorilor în vederea efectuării calculului parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență pentru câmpul minier Lonea-Deor

La fel ca și în cazul precedent, prelucrarea măsurătorilor topografice necesare efectuării calculului parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență pentru câmpul minier Lonea-Deor a fost realizată utilizând un sistem de calcul în care au fost introduse toate datele cu caracter planimetric și altimetric rezultate în urma măsurătorilor topografice efectuate ciclic în teren, însă spre deosebire de sistemul adaptat în primul caz, sistemul de calcul pentru cel de-al doilea caz studiat este diferit ca formă și mod lucru însă păstrează nedeformate algoritmi matematici de calcul.

Așadar, pentru exemplificare, în imaginea 4.20 de mai jos este redată forma sistemului de calcul utilizat pe aliniamentul transversal al câmpului minier Lonea-Deor în vederea determinării valorilor finale ale parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență.

PARAMETRII CARACTERISTICI ALBIEI DE SCUFUNDARE																
Masuratoare 06.11.2012			Masuratoare curenta 07.03.2013			D ⁰	D ¹	[D] ⁰	[D] ¹	SCUFUNDARE EA = H ⁰ - H ¹ [cm]	INCLINAREA I ₁₋₂ = (S ₁₋₂ / S ₁₋₃) [mm/m]	CURBURA K ₁₋₂ = (I ₁₋₂ - I ₁₋₃) / (D ₁₋₂ - D ₁₋₃) [mm]	RAZA DE CURBURĂ R = 1/K ₁₋₂ [mm]	DEPLASAREA ORIZONTALĂ D ₁₋₂ [mm]	DEFORM. SPECIFICĂ ORIZ. ε ₁₋₂ = (D ₁₋₂ - D ₁₋₃) / D ₁₋₂ [mm/mm]	
Pct.	Northing(X)	Easting(Y)	Z	Northing(X)	Easting(Y)	Z	[m]	[m]	[m]	[m]	S	I	K	R	D ₁₋₂	ε
1000	439411.501	377110.343	705.119	439411.485	377110.369	705.115			0	0	-0.4	-	-	-		
1001	439324.917	377164.407	707.063	439324.938	377164.391	707.059	102.077	102.023	102.077	102.023	-0.4	0.00490	0.00022	4.592.263	-53.310	-0.523
10	439269.029	377190.432	708.658	439269.021	377190.488	708.656	61.651	61.707	163.727	163.730	-0.1	0.04055	-0.00030	-3.317.217	56.380	0.814
20	439237.235	377209.614	708.723	439237.249	377209.627	708.722	37.132	37.083	200.860	200.813	-0.1	0.01077	0.00061	155.936	-49.382	-1.931
1002	439230.194	377217.680	708.069	439230.230	377217.702	708.071	10.707	10.705	211.566	211.519	0.2	0.31756	-0.00864	-115.795	-1.193	-0.512
30	439162.974	377235.418	708.411	439162.981	377235.482	708.408	41.231	41.263	252.797	252.812	-0.3	-0.13097	-0.02211	-45.219	62.417	1.811
40	439182.733	377251.800	707.434	439182.713	377251.870	707.402	19.320	19.329	272.116	272.141	3.1	-1.47001	0.00095	1049.098	9.222	0.477
1003	439135.832	377269.136	706.232	439135.825	377269.227	706.130	50.002	49.998	322.119	322.138	-10.2	-1.40394	0.00763	131.112	-4.552	-0.091
24	438901.340	377389.241	724.727	438901.411	377389.280	724.885	263.461	263.414	585.580	585.552	15.8	0.08886	-0.01810	-55.252	-47.306	-0.180
26N	438871.988	377405.333	726.979	438872.239	377405.586	726.983	35.015	34.927	620.595	620.479	0.4	-4.41527	0.04793	20.864	-83.110	-2.523
25	438855.671	377413.788	729.681	438855.753	377414.071	729.652	17.294	17.374	637.888	637.853	-2.9	-1.90520	0.19748	5.063	80.573	4.837
27	438818.666	377436.211	739.553	438818.701	377436.758	739.958	43.190	43.446	681.079	681.299	-40.4	10.03697	-0.23239	-4.303	255.428	5.879
06.07.2013																
1000	439411.501	377110.343	705.119	439411.477	377110.336	705.105			0	0	-1.4	-	-	-		
1001	439324.917	377164.407	707.063	439324.942	377164.414	707.057	102.077	102.043	102.077	102.043	-0.6	0.07837	-0.00008	-15.978.755	-33.558	-0.329
10	439269.029	377190.432	708.658	439269.040	377190.447	708.656	61.651	61.666	163.727	163.709	-0.2	0.06813	-0.00050	-2.004.751	16.700	0.255
20	439237.235	377209.614	708.723	439237.266	377209.583	708.722	37.132	37.091	200.860	200.801	-0.1	0.01885	-0.00625	-159.970	-40.946	-1.104
1002	439230.194	377217.680	708.069	439230.212	377217.698	708.065	10.707	10.752	211.566	211.553	-0.4	-0.28023	-0.00955	-104.729	45.628	4.244
30	439162.974	377235.418	708.411	439162.942	377235.482	708.375	41.231	41.300	252.797	252.853	-3.8	-0.77612	-0.02018	-49.550	69.196	1.675
40	439182.733	377251.800	707.434	439182.634	377251.866	707.359	19.320	19.348	272.116	272.201	-7.5	-1.96798	-0.01947	-51.354	28.701	1.483
1003	439135.832	377269.136	706.232	439135.857	377269.227	705.990	50.002	50.083	322.119	322.284	-24.2	-3.34785	0.01329	75.247	80.294	1.803
24	438901.340	377389.241	724.727	438901.433	377389.278	724.700	263.461	263.198	585.580	585.482	-2.6	0.81796	-0.00403	-248.005	-262.835	-0.999
26N	438871.988	377405.333	726.979	438872.234	377405.418	726.939	35.015	34.913	620.595	620.395	-4.0	-0.36555	-0.03342	-29.922	-102.068	-2.924
25	438855.671	377413.788	729.681	438855.780	377413.965	729.604	17.294	17.364	637.888	637.789	-7.7	-2.13372	0.04856	20.593	70.078	4.036
27	438818.666	377436.211	739.553	438818.912	377436.422	739.511	43.190	43.166	681.079	680.928	-4.2	0.80342	-0.01860	-53.758	-21.282	-0.463
04.11.2013																
1000	439411.501	377110.343	705.119	439411.486	377110.370	705.112			0	0	-0.7	-	-	-		
1001	439324.917	377164.407	707.063	439324.935	377164.402	707.058	102.077	102.032	102.077	102.032	-0.5	0.01763	-0.00028	3.983.144	-44.802	-0.439
10	439269.029	377190.432	708.658	439269.040	377190.455	708.656	61.651	61.666	163.727	163.701	-0.2	0.06002	0.00415	240.978	18.286	0.297
20	439237.235	377209.614	708.723	439237.279	377209.588	708.739	37.132	37.083	200.860	200.784	-0.6	0.46994	-0.07220	-13.850	-49.076	-1.323
1002	439230.194	377217.680	708.069	439230.202	377217.697	708.053	10.707	10.756	211.566	211.540	-1.6	-2.98412	0.03173	31.520	48.922	4.546
30	439162.974	377235.418	708.411	439162.912	377235.491	708.340	41.231	41.318	252.797	252.858	-7.1	-1.33638	-0.01084	-92.243	87.261	2.112
40	439182.733	377251.800	707.434	439182.531	377251.893	707.324	19.320	19.411	272.116	272.288	-11.0	-1.99280	-0.04668	-21.416	91.353	4.706
1003	439135.832	377269.136	706.232	439135.544	377269.237	705.861	50.002	50.086	322.119	322.355	-37.1	-5.22977	0.02108	47.440	83.983	1.877
24	438901.340	377389.241	724.727	438901.576	377389.274	724.718	263.461	262.953	585.580	585.318	-0.8	1.37781	-0.00622	-160.677	-467.575	-1.692
26N	438871.988	377405.333	726.979	438872.270	377405.417	726.954	35.015	34.997	620.595	620.315	-2.5	-0.47860	-0.02158	-48.394	-15.176	-0.189
25	438855.671	377413.788	729.681	438855.862	377413.982	729.620	17.294	17.303	637.888	637.618	-5.3	-1.80751	0.03232	30.941	0.941	0.523
27	438818.666	377436.211	739.553	438818.990	377436.323	739.515	43.190	43.164	681.079	680.781	-3.8	0.34730	-0.00804	-124.360	-28.559	-0.616

Fig.4. 20 Centralizatorul de calcul al parametrilor pe aliniamentul transversal – perimetrul minier Lonea-Deor

Odată calculați parametrii caracteristici fenomenului de subsidență, s-a trecut la realizarea reprezentării grafice sub formă de diagramă a rezultatelor obținute, după cum se poate observa în figura 4.21 și figura 4.22.

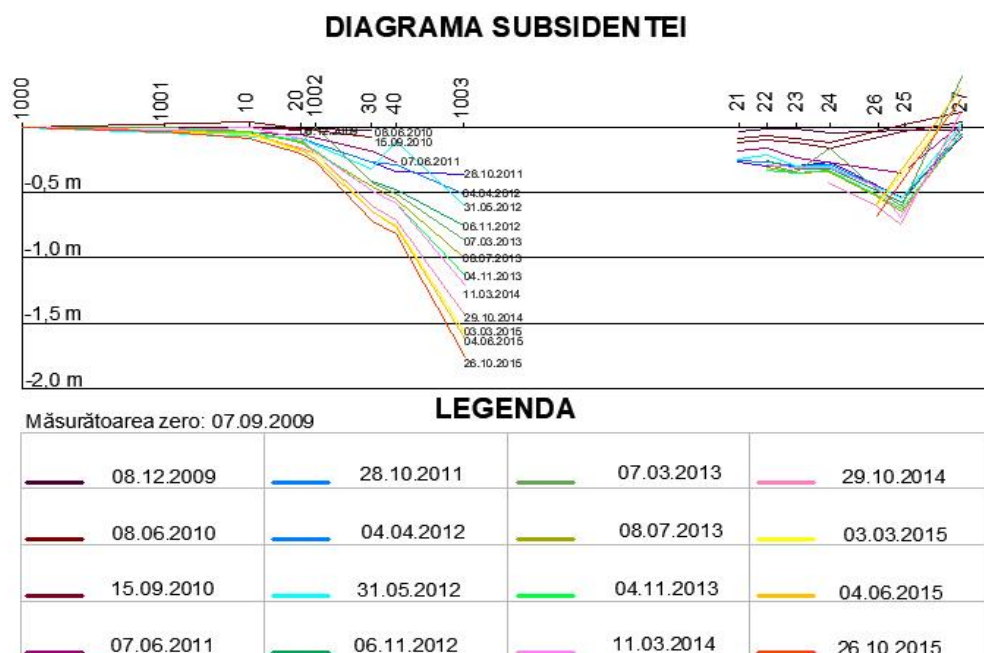


Fig.4. 14 Reprezentarea grafică a subsidenței perimetrul minier Lonea -Defor

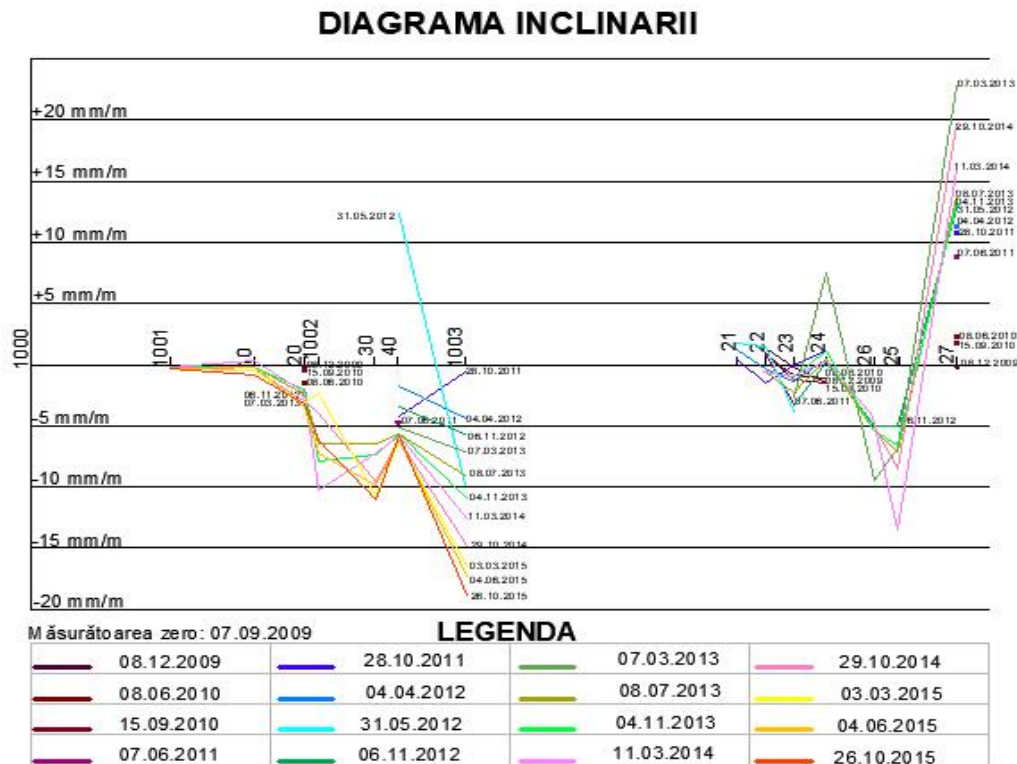


Fig.4. 22 Reprezentarea grafică a înclinării perimetrul minier Lonea –Defor

4.6 Determinarea unghiurilor caracteristice ale fenomenului de subsidență

Efectuarea calculelor de prognoză a fenomenului de subsidență nu poate fi realizată fără cunoașterea valorilor unghiurilor de influență.

Reprezintă parametrul cel mai important, fiind folosit pentru determinarea limitelor zonelor afectate de fenomenul de subsidență, dimensionarea pilierilor de siguranță.

Unghiurile de influență se stabilesc prin măsurători topografice pentru fiecare bazin minier și depind de condițiile geologo-miniere ale zăcămintului, înclinarea și adâncimea stratelor.

4.6.1 Determinarea unghiurilor limită de influență direcționale, în amonte și aval față de exploatare și unghiul de rupere în perimetrul minier Petrila Sud

Valoarea unghiurilor limită de influență a exploatării subterane se determină în secțiuni verticale, de regulă, direcționale și transversale față de stratele de cărbune, prin măsurarea unghiurilor dintre orizontale și liniile care unesc marginea zonei exploatate și primul punct pus în mișcare de fenomenul de subsidență.

Unghiurile limită de influență, în funcție de poziția față de zona exploatată, pot fi: în aval (β_s), în amonte (γ_s) sau direcționale (δ_s).

Raportat la aceste puncte s-au stabilit:

$$\beta_s = 64^\circ$$

$$\gamma_s = 51^\circ$$

$$\delta_s = 68^\circ$$

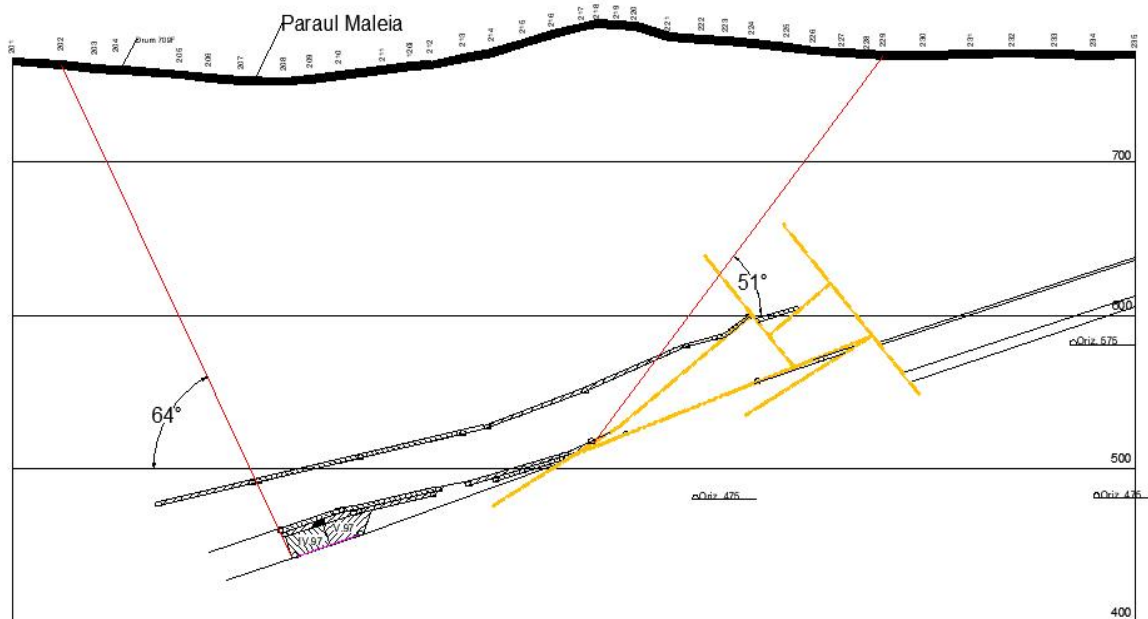


Fig.4. 23 Unghiuri limită de influență transversale în perimetrul minier Petrila Sud

Având în vedere faptul că pe teren au putut fi identificate două rânduri de rupturi la nivelul terenului și ale drumului județean DJ 709F Petroșani – Hotelul Rusu, primul rând de rupturi, cel nordic, fiind provocat de exploatarea de la Petrila Sud, al doilea, cel sudic, fiind provocat de exploatarea de la mina Livezeni, fiind identificată zona și stabilindu-se că aceasta este cuprinsă între punctele 125 și 126 de pe aliniamentul direcțional, s-a putut determina valoarea unghiului de rupere direcțional $\delta_r = 70^\circ$ din perimetrul minier Petrila Sud, care poate fi observat în figura 4.24:

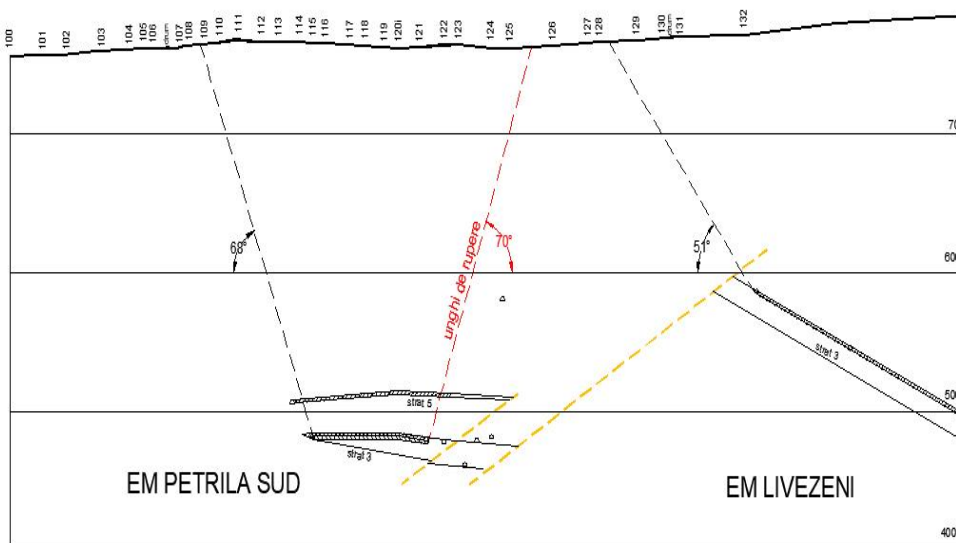


Fig.4. 24 Unghiul limită de influență direcțional și unghiul de rupere în perimetrul minier Petrila Sud

4.6.2 Determinarea unghiului limită de influență în aval față de exploatare și unghiul de rupere în perimetrul minier Lonea-Debor

În urma analizării măsurătorilor topografice efectuate în zona Debor a rezultat că, intrând dinspre oraș în zona exploatată, primul punct în care s-a constatat mișcare este reperul 20. Astfel, în urma determinărilor efectuate a rezultat faptul că proiecția orizontală a distanței dintre punctul 20 și marginea exploatării de la felia 31 este $D=228,8$ m, iar diferența de nivel este $H=414,1$ m.

Valoarea unghiului limită de influență în aval față de exploatare a fost calculată cu relația 4.1:

$$\beta^m = \tan^{-1} \frac{H}{D} = 61^\circ \quad (4.1)$$

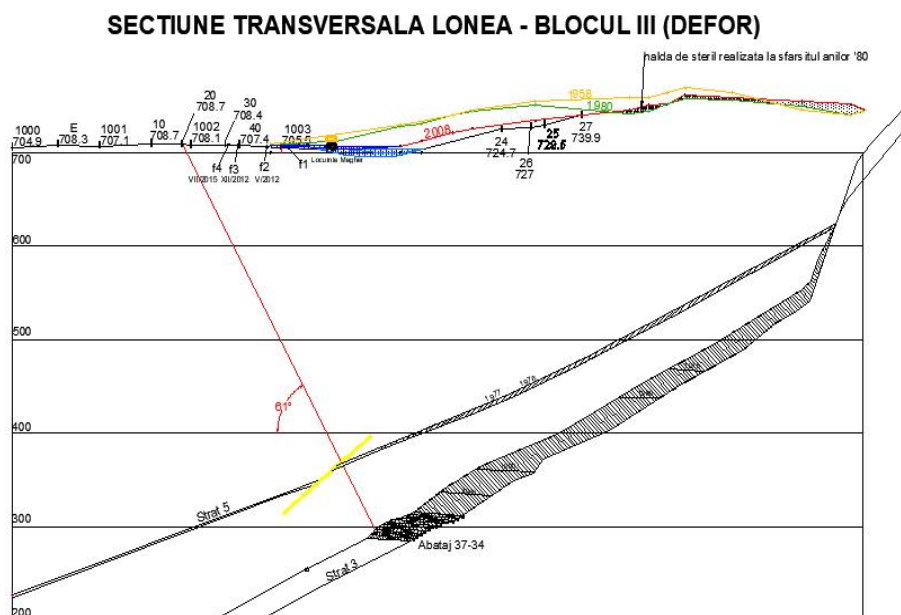


Fig.4. 25 Unghiul limită de influență în aval față de exploatare și unghiul de rupere în perimetrul minier Lonea-Debor

În figura 4.25 este prezentată o secțiune verticală, pe direcția aliniamentului transversal, în care sunt reprezentate cele două strate de huilă principale exploatate în blocul III al minei Lonea: stratul 5 și stratul 3, cel aflat în exploatare în perioada cercetării.

Raportat la o grosime totală cumulată de 37 de metri pe normală a celor două strate exploatate, a rezultat un coeficient de subsidență de 0,9.

4.7 Considerații privind mișcarea și deformarea suprafeței terestre în corelare cu exploatarea subterană

4.7.1 Factorul timp

Fenomenul de subsidență datorat exploatării miniere de la adâncime mare are o desfășurare lentă, care se derulează în perioade de timp mari. Trebuie să treacă suficient timp pentru ca stratul să se fractureze, să se desprindă și să se așeze, astfel încât fenomenul de subsidență să fie complet.

Indiferent de durata sa, până la stabilizarea completă, fenomenul de subsidență are trei faze după cum putem observa în figura 4.26:

- ❖ faza de inițiere
- ❖ faza activă
- ❖ faza de stingere

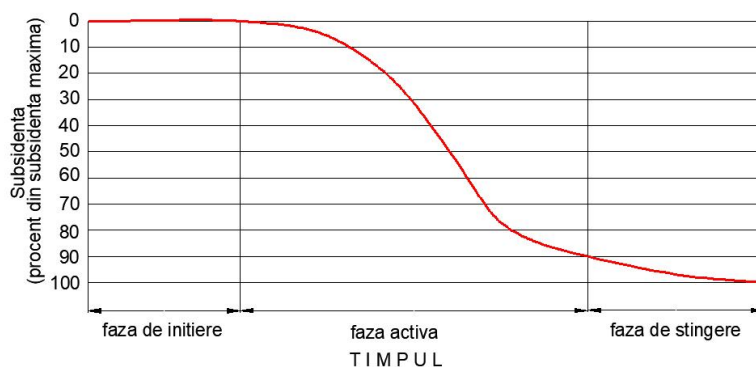


Fig.4. 26 Fazele fenomenului de subsidență

În cazul exploatării cu front lung, un punct de la suprafață atinge subsidența maximă după ce frontul de lucru avansează o distanță egală cu raza de influență R , redată în relația 4.2, care este acea distanță la care subsidența maximă atinge suprafața:

$$R = 2 \times H \times \text{ctg} \delta^* \quad (4.2)$$

unde: H = adâncimea lucrărilor miniere de exploatare;

δ^* = unghiul scufundării maxime direcționale.

În baza cercetărilor efectuate în bazinele carbonifere din Marea Britanie, K. Wardell a stabilit o corelație între procentul de subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării.

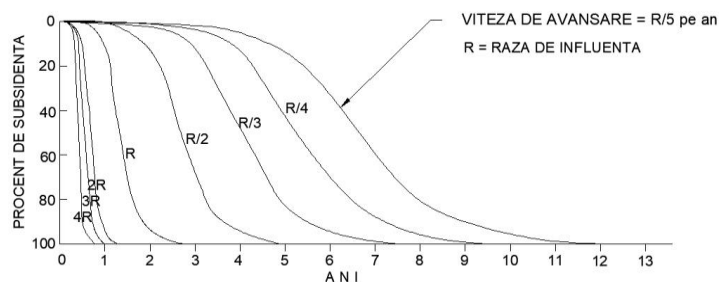


Fig.4. 15 Corelația dintre procentul de subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării stabilită de K. Wardell [138]

Se observă în figura 4.27, că factorul de timp care afectează dezvoltarea subsidenței la suprafață depinde de raportul dintre viteza de avansare a exploatării și de raza de influență.

Factorul de timp este invers proporțional cu viteza de avansare a frontului și, prin urmare, au fost calculate elementele necesare pentru încadrarea în diagrama lui K. Wardell a exploatărilor din cele două perimetre miniere care fac obiectul cercetării.

Tab.4. 5 Calculul raportului dintre raza de influență și viteza de avansare a exploatării

Perimetru	Zona	δ^*	H	k	$R=kH$	V_{ab}	R/V_{ab}
Petrila Sud	deasupra ab. 331	58	284	1.25	355	178.5	2.0
	ab. 331	58	294	1.25	367.5	71.1	5.2
Lonea	ab. 37-34	59	430	1.22	525	274.2	1.9

În baza celor calculate și a realizării diagramei lui K. Wardell, a fost determinată analiza pe cele trei faze ale fenomenului de subsidență pentru cele două perimetre miniere studiate Petrila Sud și Lonea Defor, unde datorită faptului că cele două durate de timp stabilite pentru acestea au valori apropiate se confirmă afirmațiile făcute în prima parte a paragrafului.

4.7.2. Corelații în perimetrul minier Petrila Sud

4.7.2.1. Corelația dintre viteza de subsidență și poziția liniei de front a abatajului

Concordanța dintre exploatare și măsurătorile topografice de monitorizare a subsidenței au permis o analiză a eventualelor corelații dintre poziția frontului de abataj și intensitatea fenomenului de mișcare și deformare a suprafeței. Datele supuse analizei sunt prezentate în figura 4.28 .

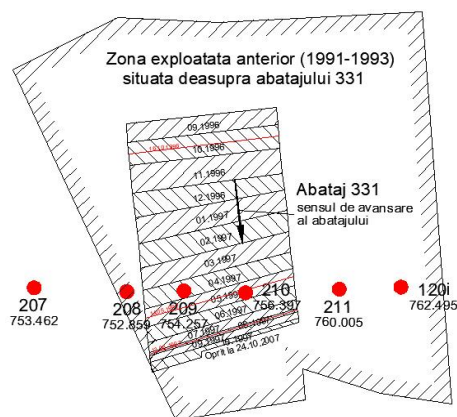


Fig.4.28 Zona exploatată la Petrila Sud și reperele de monitorizare a subsidenței

Rezultatele obținute în urma analizei se pot observa în figura 4.29

Data	207		208		209		210		211		120i	
	D [m]	vs [mm/luna]	D [m]	vs [mm/luna]	D [m]	vs [mm/luna]	D [m]	vs [mm/luna]	D [m]	vs [mm/luna]	D [m]	vs [mm/luna]
12.07.1995		-87		-96		-74		-48		-25		-16
11.10.1995		-74		-98		-67		-42		-24		-17
16.10.1996	-52.9	-68	-44.7	-66	-46.2	-50	-49	-33	-53.1	-28	-62.6	-24
14.05.1997	37.1	-27	10.5	-29	5.2	-27	0	-25	-15.2	-23	-34.7	-22
13.08.1997	42.8	-28	21.5	-28	16.7	-23	10.3	-19	16	-19	34	-19
06.02.1998	46.6	-13	27.3	-11	22.7	-9	14.5	-6	16.9	-6	34.7	-5

Fig.4. 29 Viteze de scufundare și distanțe dintre repere și linia de front a abatajului

În primul rând s-a procedat la verificarea existenței unei corelații între cele două caracteristici. Verificarea corelației dintre poziția liniei frontului de abataj și viteza de subsidență s-a realizat prin calculul coeficientului Pearson. Teoretic, coeficientul Pearson poate lua valori între -1 și 1, cu cât mai apropiată de limitele extreme fiind valoarea sa, cu atât fiind mai strânsă corelația dintre cele două serii.

Pentru cele șase repere au fost obținute următoarele valori:

207 → 0.972

208 → 0.974

209 → 0.958

210 → 0.849

211 → 0.798

120i → 0.759

Aceste rezultate ar indica o corelație direct strânsă între cei doi parametrii, adică faptul că o creștere a distanței, ar duce, având în vedere semnul minus al subsidenței, la o scădere a vitezei de subsidență. Această corelație poate fi văzută în figura 4.30.

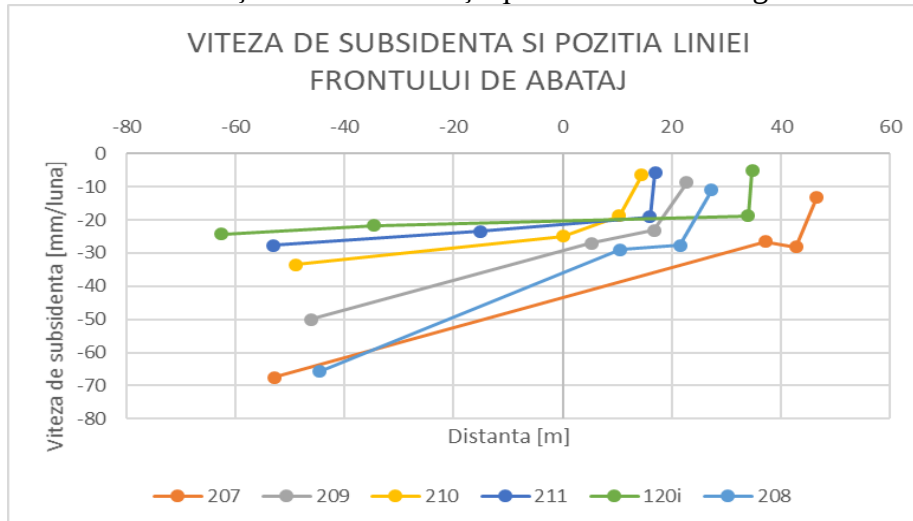


Fig.4. 16 Diagrama vitezei de subsidență în funcția de distanța dintre reper și linia frontului

Maximul fenomenului poate fi localizat în zona reperului 208, unde s-a înregistrat subsidența și viteza de subsidență maximă, de -1739 mm, respectiv -98 mm/lună. Toate aceste afirmații sunt susținute și de cele arătate la punctul anterior.

4.7.3. Corelații în perimetrul minier Lonea - Defor

4.7.3.1. Mișcarea de ansamblu a reperelor de monitorizare din zona Defor

Măsurătorile topografice repetate au dat informații despre pozițiile succesive ale reperelor mobile, care au permis definirea vectorilor de mișcare ai acestor repere, reprezentați deasemenea în figura 4.31.



Fig.4. 31 Zona Defor cu curbele de egală subsidență și vectorii de mișcare ai reperilor de monitorizare. Se poate observa poziția și forma albiei de scufundare, care are în zona centrală lacul de subsidență și care acoperă o suprafață de 92,56 ha. Albia de scufundare avansează, odată cu exploatarea subterană, spre nord, apropiindu-se de intravilan



Fig.4. 32 Detaliu cu vectorii de mișcare ai reperilor, în general perpendiculari pe curbele de egală subsidență

Figura 4.32 prezintă un detaliu al imaginii precedente, în care pot fi văzuți, cu ocră, vectorii de mișcare ai reperelor mobile.

4.7.3.2. Traectoriile spațiale ale reperelor pe parcursul exploatării

Pentru a observa și a înțelege mai bine mișcarea reperelor mobile în urma exploatării subterane, a fost ales un grup de patru puncte amplasate în zona cea mai activă, în partea de nord a lacului de subsidență, într-o zonă unde incidența unor factori perturbatori precum alunecările de teren este exclusă.

Mișcarea acestor repere a fost reprezentată axonometric, prin vectorii deplasărilor parțiale, dintre două măsurători succesive, într-un triedru de proiecție OXYZ.

Componenta 3D a mișcării este desenată cu o polilinie neagră, proiecția orizontală este albastră, cea verticală roșie, iar cea laterală violet.

În prezentul rezumat al tezei de doctorat este prezentată doar deplasarea reperului 30, deplasarea pentru celelalte trei repere fiind prezentată în conținutul tezei de doctorat.

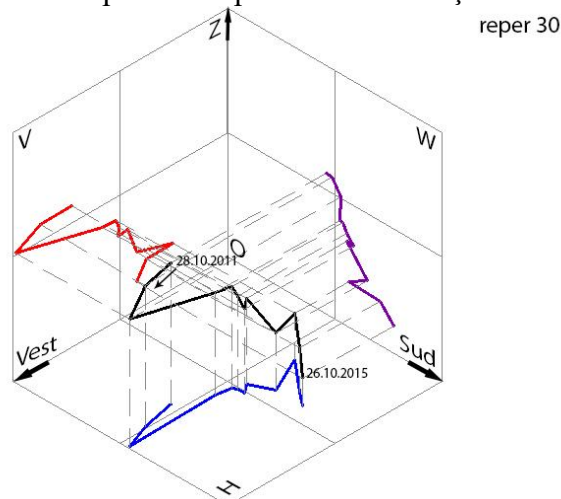


Fig.4. 17 Deplasarea reperului 30 (negru – traseul 3D, albastru – proiecția orizontală, roșu – proiecția verticală, mov – proiecția laterală)

Distanța [m]	Orientarea [grad]	Unghiul de înclinare [grad]
1,004	195,5567	-51,2

4.7.3.3. Intersecția vectorilor de mișcare ai reperelor cu acoperișul stratului

În vederea verificării ipotezei prezentate anterior în spațiul tridimensional, au fost întocmite, pentru cele patru repere alese, patru secțiuni verticale, pe direcția deplasării generale a fiecărui reper și s-au determinat apoi punctele de intersecție dintre vectorii de deplasare ai reperelor și acoperișul stratului: I, II, III și IV.

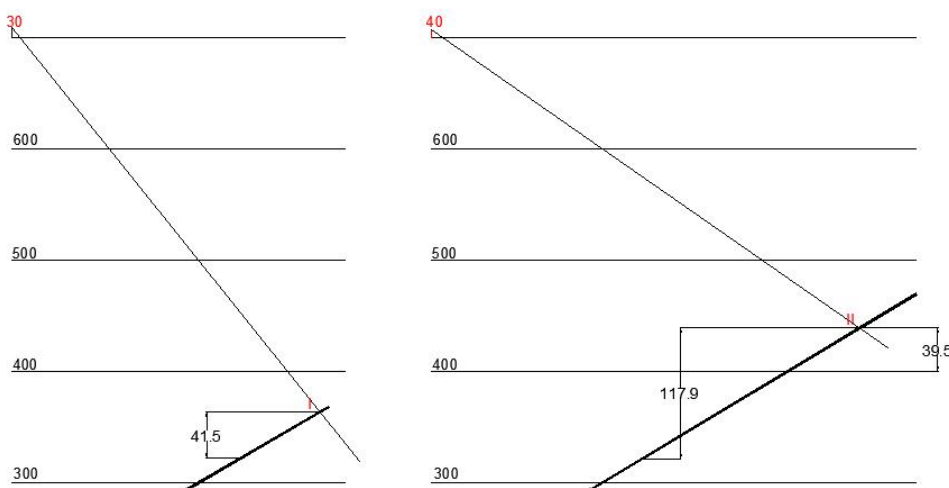


Fig.4. 34 Intersecții dintre vectorii de mișcare ai punctelor 30 și 40 și acoperișul stratului

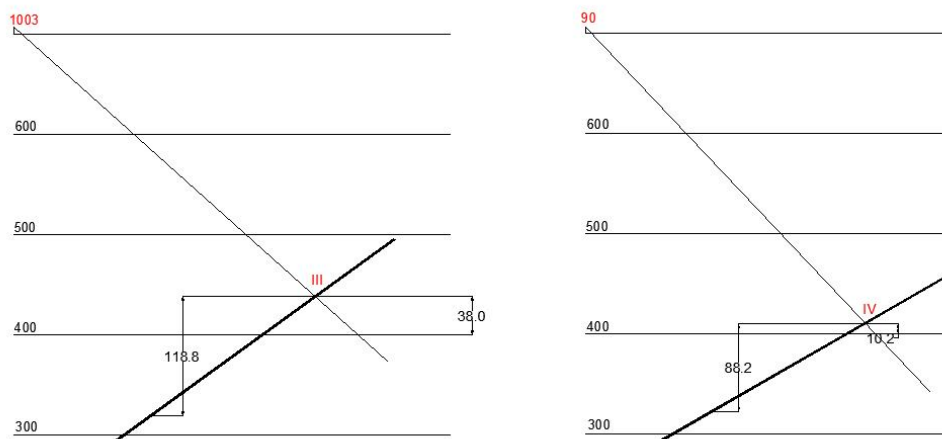


Fig.4. 35 Intersecții dintre vectorii de mișcare ai punctelor 1003 și 90 și acoperișul stratului

Se poate observa că cele patru puncte de intersecție sunt amplasate mai sus decât nivelul exploatării de la data începerii cercetării, cu 41,5 m – punctul I, 117.9 m – punctul II, 118.8 – punctul III și 88,8 m – punctul IV. Punctele II-IV pot fi încadrate într-un cerc cu raza de 36,5 metri, situat la o cotă de aprox. 430 metri.

În perioada cercetării exploatarea a coborât 28 metri, de la cota 320, la cota 292, cota medie a exploatării fiind 306 metri. Diferența de 124 metri dintre punctul de convergență al vectorilor de mișcare și acoperișul stratului și cota medie a exploatării poate fi explicată prin faptul că deplasarea de la suprafață spre spațiul exploatat nu este liniară, ci curbilinie, iar mișcarea surprinsă de măsurătorile topografice este cea de pe componenta superioară a traiectoriei.

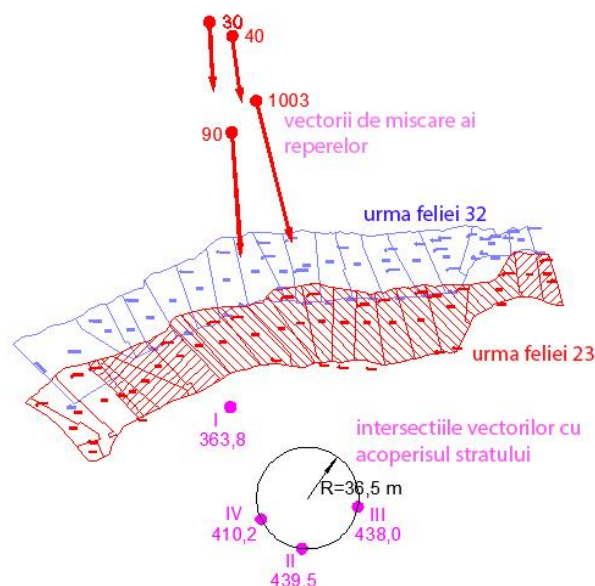


Fig.4. 36 Punctele de intersecție între vectorii de mișcare ai reperelor 30, 40, 1003 și 90 și acoperișul stratului

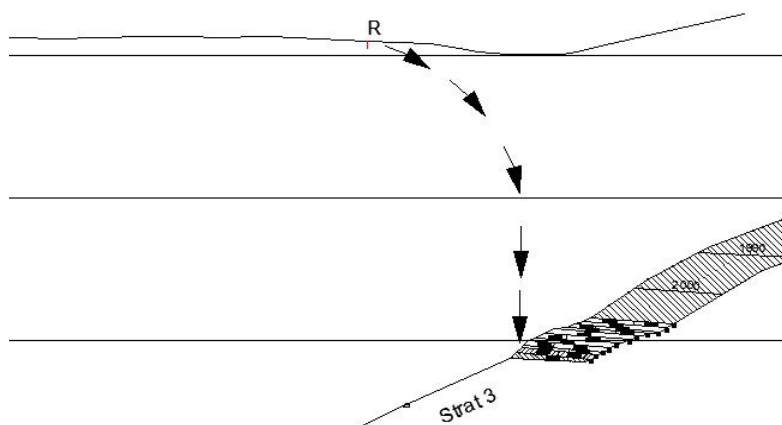


Fig.4. 37 Mișcarea punctelor spre spațiul exploatat

4.7.3.4. Efectul factorului timp

La paragraful 4.7.1 am arătat că, la exploatarea de la Lonea - Defor, perioada activă a fenomenului de subsidență este între 1,6 și 3,8 ani de la momentul extragerii cărbunelui. La mijlocul acestei perioade, la 2,7 ani, subsidența ar ajunge la cca. 30% din valoarea maximă, iar viteza de producere a fenomenului ar fi ridicată. În cele ce urmează am încercat a verifica această ipoteză prin corelarea unor evenimente care au putut fi localizate în timp atât la suprafață cât și în subteran.

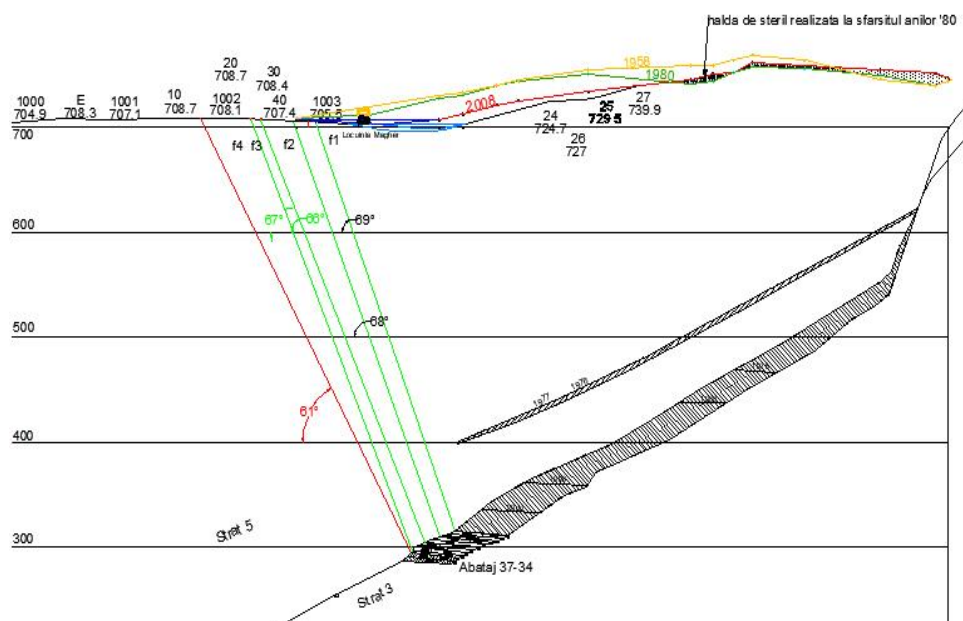


Fig.4. 38 Corelare între exploatarea subterană și momentul producerii unor fenomene la suprafață

Cele trei perioade de propagare a fenomenului de subsidență din subteran la suprafață obținute sunt apropiate și susțin aprecierea că rezultatele cercetării lui K. Wardell în legătură cu factorul de timp sunt compatibile și cu condițiile din Valea Jiului.

Unghiurile de rupere rezultate au și ele valori apropiate: 67° , 66° și 68° și împreună cu valoarea de 69° , determinată anterior, pentru primul grup de fisuri, ne conduc la obținerea valorii cea mai probabilă:

$$\beta^R = 68^\circ$$

4.8. Concluzii

Cele două zone alese în scopul efectuării cercetărilor în ceea ce privește analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, se datorează existenței multiplelor obiective civile și industriale care nu au fost protejate niciodată prin instituirea de pilieri de protecție și ale căror deformări ar putea crea probleme majore în viitorul apropiat.

Pentru realizarea prognozei fenomenului de subsidență în prezentul studiu de caz s-a folosit metoda de origine românească a funcțiilor de profil ICPMC, în cadrul acestui capitol fiind atent descrisă sub formă etapizată, pentru cele două zone studiate, întreaga procedură de lucru, prelucrare a datelor obținute în urma măsurărilor topo-geodezice, modelarea fenomenului de subsidență și reprezentarea parametrilor caracteristici fenomenului de subsidență.

În urma cercetărilor efectuate putem concluziona faptul că metodele topo-geodezice sunt la ora actuală singurele metode care permit obținerea unor seturi de date precise, cu ajutorul acestora putându-se obține valorile parametrilor caracteristici necesari analizei fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme.

Având în vedere studiul de caz efectuat asupra celor două câmpuri miniere, Petrila Sud și Lonea Defor, care se completează una pe cealaltă din punct de vedere al fenomenului studiat, în vederea stabilirii valorilor parametrilor necesari analizei fenomenului de subsidență au fost elaborate două sisteme de calcul, câte unul separat și diferit pentru fiecare dintre cele două câmpuri miniere.

Stabilirea unghiurilor de influență și determinarea valorilor scufundării maxime studiate, afectate de apariția fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, fac posibilă prevenirea producerii efectelor negative asupra obiectivelor civile și industriale aflate la suprafața terestră prin instituirea pilierilor de siguranță.

Pornind de la cercetările efectuate, în vederea stabilirii corelației între subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării, și comparând rezultatele obținute cu teoria inginerului de origine britanică K. Wardell putem concluziona că teoria acestuia este compatibilă și cu condițiile existente în bazinul minier din Valea Jiului.

Capitolul 5 Întocmirea hărților de hazard și a planurilor de risc la subsidența minieră

5.1. Generalități

Acest ultim capitol al părții aplicative își propune a prezenta modul de întocmire a hărților de hazard și a planurilor de risc la subsidența minieră, precum și a creării unei baze de date digitale pe platforma unui GIS în vederea obținerii unor seturi de date informaționale cu privire la analiza pe clase de risc a obiectivelor afectate de fenomenul de subsidență .

Profilul de obținere a seturilor de date informaționale privind analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcămint stratiform este redat în figura 5.1.

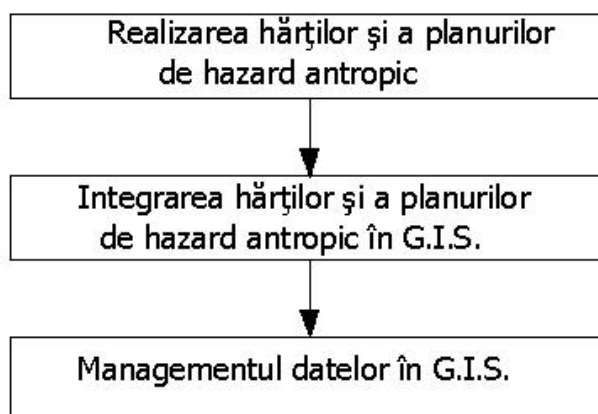


Fig.5. 1 Schema de obținere a unor seturi de date informaționale privind analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcământ stratiform

Dacă modul de întocmire al hărților de hazard/risc la fenomene naturale este bine stabilit prin directive europene și acte normative emise de administrația centrală, în ceea ce privește documentațiile similare pentru fenomenul de subsidență nu există la ora actuală reglementări oficiale.

5.2. Realizarea hărților de hazard la subsidență

Scopul hărților de hazard la subsidență este de a localiza zonele unde există riscul producerii unor deplasări și deformații ale terenurilor datorită golurilor subterane rezultate în urma extragerii substanțelor minerale.

În figura 5.2 este prezentată harta de hazard pe care am întocmit-o pentru Bazinul minier Valea Jiului, unde se exploatează cel mai important zăcământ de ulei al României.

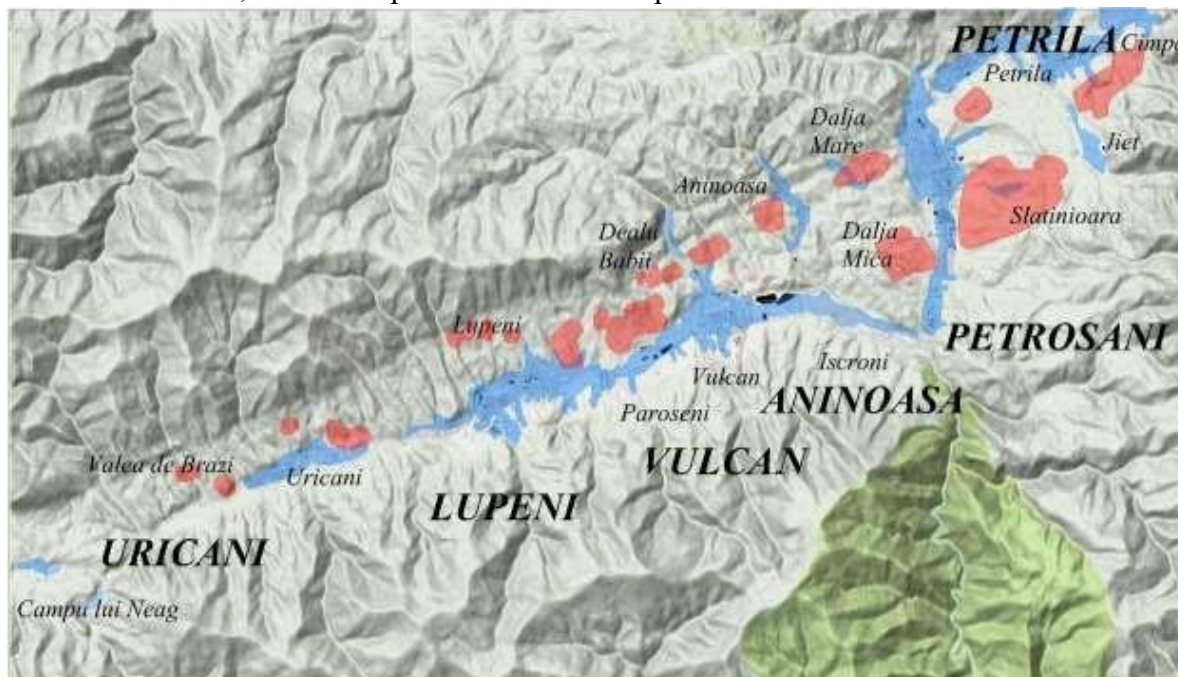


Fig.5. 2 Harta de hazard la subsidență în Valea Jiului

5.3. Realizarea planurilor de risc la subsidență

Planurile de risc la subsidență detaliază hărțile de hazard dând în plus informații despre caracteristicile fenomenului dar și despre obiectivele, activitățile și persoanele afectate. Conceptul realizat a avut la baza sa stabilirea zonelor pe clase de protecție de la 1-5, potrivit benzilor de culori care se pot observa și anume: clasa de protecție 1 verde, clasa de protecție 2 albastru, clasa de protecție 3 galben, clasa de protecție 4 portocaliu și clasa de protecție 5 roșu, acestea fiind preluate din lucrarea “*Instrucțiuni privind regimul obiectivelor amplasate la suprafața zonelor purtătoare de rezerve de cărbune și dimensionarea pilierilor de protecție*”, elaborată de Institutul de Cercetări și Proiectări Miniere pentru Cărbune – Petroșani, în anul 1979.

Pe planul de risc pot fi vizualizate construcțiile și/sau instalațiile situate în zone cu diverse clase de stabilitate, se pot face comparații între nivelul probabil al deformațiilor terenului și posibilitățile structurilor constructive de a prelua deformații și, în funcție de acestea, se pot identifica necesități de intervenție.

În vederea întocmirii planului de risc, am definit fiecare parametru caracteristic al fenomenului de subsidență în funcție de clasa corespunzătoare de protecție, rezultând planul de risc cu clase de protecție prezentat în figura 5.3.

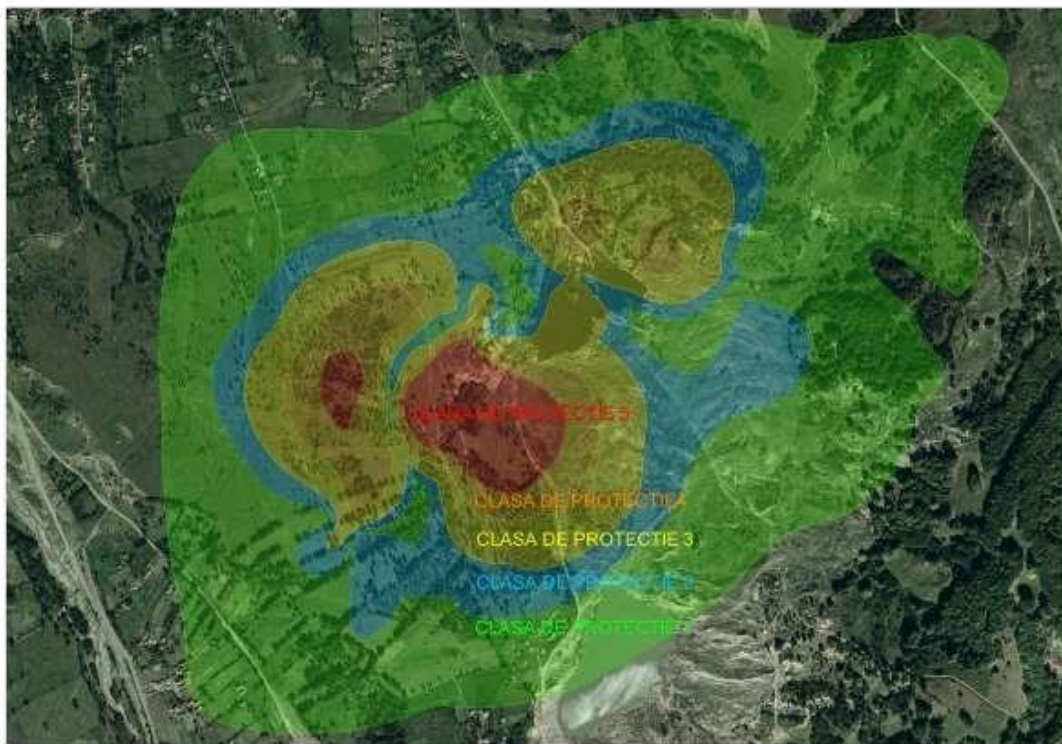


Fig.5. 3 Plan de risc cu clase de protecție

Pentru creșterea posibilităților de analiză, este recomandabil ca hărțile/planurile de risc să fie integrate în sisteme GIS, care să conțină o gamă de informații mai amplă referitoare la populația, utilitățile și activitățile din zonă.

5.4. Integrarea hărților/planurilor de hazard/risc într-un sistem informatic geografic

5.4.1. Generalități despre sistemele informatice geografice

Sistemele Informaționale Geografice (Geographical Information Systems - GIS) pot fi considerate ca făcând parte din clasa mai largă a sistemelor informatice și au ca principală însușire tratarea informației, luând în considerare poziționarea sau amplasarea ei geografică, spațială, în teritoriu, cu ajutorul coordonatelor [33].

Sistem informatic geografic reprezintă un ansamblu de persoane, echipamente, programe, metode și norme și metodologii, având ca scop culegerea, validarea, stocarea, analiza și vizualizarea datelor geografice după cum putem observa în figura 5.4:

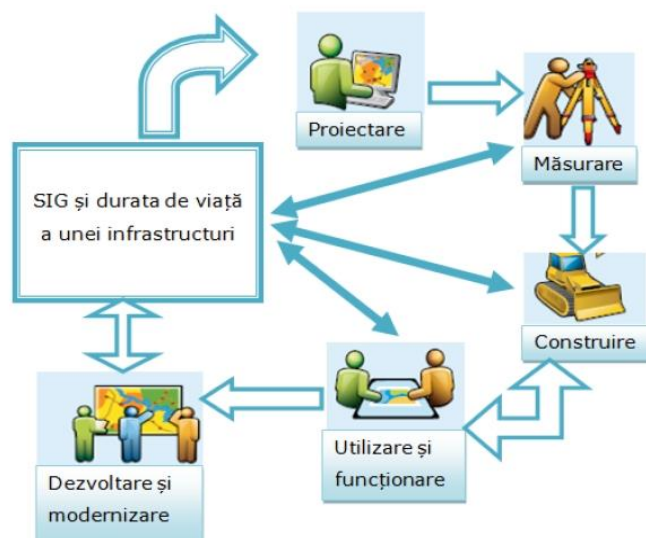


Fig.5. 4 Structura generală a unei baze de date G.I.S. [37]

Domeniile de aplicabilitate ale GIS-ului sunt multiple și diverse, de la administrație, construcții, cadastru, topografie până la medicină, istorie și arheologie, fiind dezvoltate de-a lungul timpului o serie de module integrate și specializate pentru fiecare domeniu în parte, având secțiuni independente de cercetare [33].

5.4.2. Structura de seturi de date a sistemului GIS privind subsidența minieră

Structura de seturi de date a sistemului GIS care integrează hărțile/planurile de hazard/risc este formată, pe lângă acestea, din desene și structuri de atribute atașate obiectelor din desene, referitoare la delimitarea administrativă a teritoriului, relief, rețeaua hidrografică, rețele de transport, construcții, regim de proprietate, cadastrul imobiliar etc.

5.4.3. Aplicabilitatea G.I.S. în subsidența minieră

Informațiile oferite de un G.I.S. în ceea ce privește subsidența minieră pot fi utilizate prin crearea de hărți tematice, întocmirea de rapoarte și statistici, realizarea de interogări, precum și pentru realizarea de operații cu mulțimile de date, precum intersecții, uniuni etc.

În figura 5.5 am prezentat un exemplu de hartă tematică în care pot fi vizualizate limitele zonelor încadrate în cele cinci categorii de protecție, peste care sunt suprapuse construcții, ape, drumuri, proprietari.

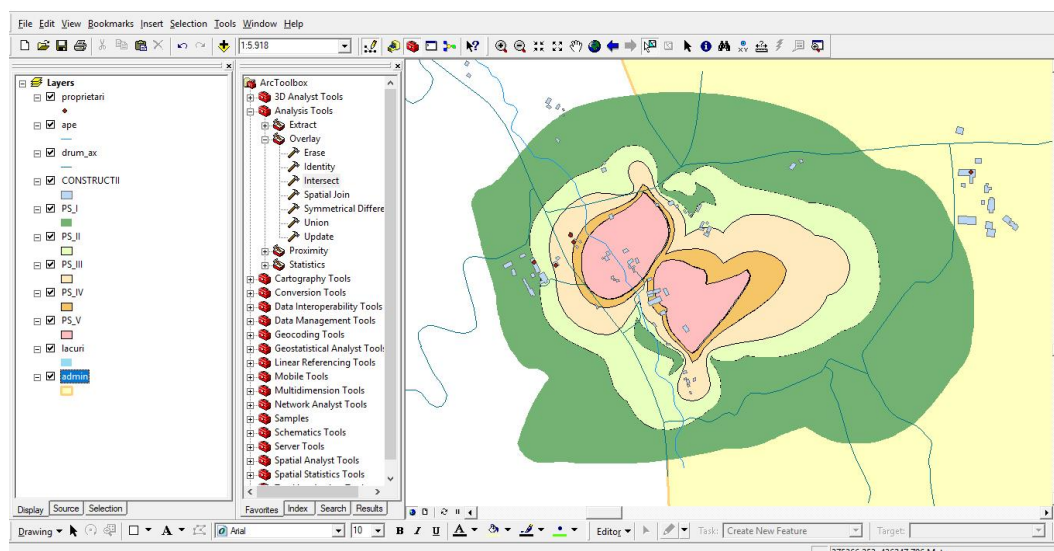


Fig.5. 5 Categori de protecție, construcții, ape, drumuri, proprietari

Pe această hartă tematică se poate defini o selecție după locație, după cum se observă în figura 5.6 astfel: se solicita apele, drumurile, construcțiile și proprietarii care există în zona ce face parte din categoria a V-a de protecție.

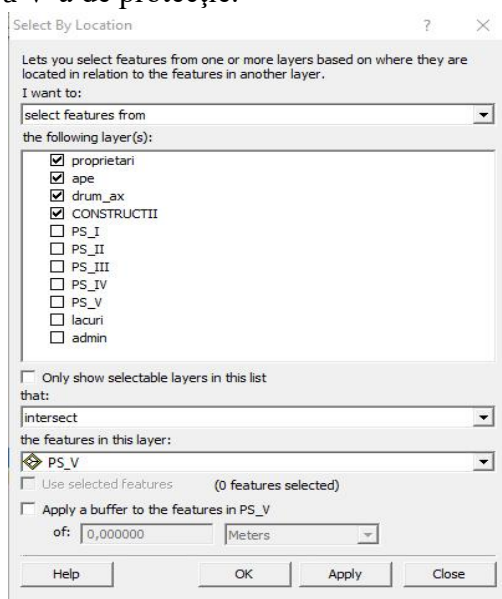


Fig.5. 6 Definire selecție după locație

Rezultatul selecției, în format grafic, poate fi observat în figura 5.7:

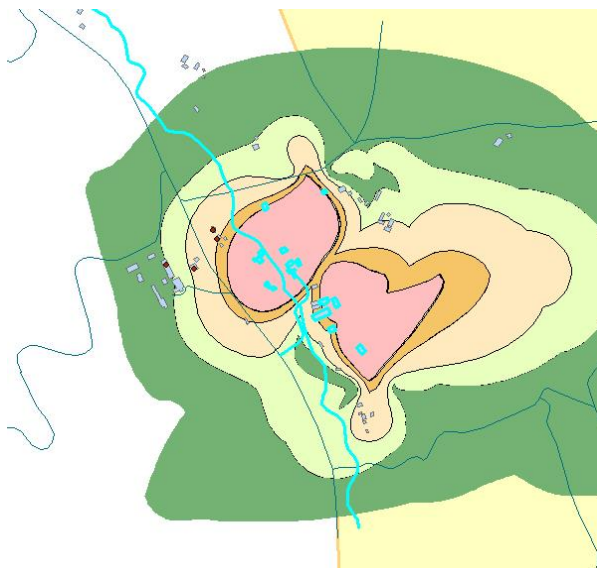


Fig.5. 7 Rezultatul grafic al selecției

Construcțiile, apele și drumurile din zona V de protecție, sunt marcate pe desen.

Rezultatul este evidențiat și în tabelul de atribute, unde înregistrările aferente construcțiilor din zona V sunt marcate, după cum putem observa în figura 5.8.

FID	Shape	FID	Entity	Color	Linetype	Elevation	LineWt	Tip_prop	Nume_prop	Nr locatar	S teren	S ctie	Val teren	Val ctie	Val total	Nr nivele	S desf
9	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Batalan	0	0	17.9	0	0	0	0	0
10	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Batalan	0	0	19.3	0	0	0	0	0
11	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Batalan	2	0	63.6	0	0	0	0	0
12	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	3	0	64.7	0	0	0	0	0
13	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	35.2	0	0	0	0	0
14	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	25.5	0	0	0	0	0
15	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	8.7	0	0	0	0	0
16	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	29.5	0	0	0	0	0
17	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	64.5	0	0	0	0	0
18	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	63.6	0	0	0	0	0
19	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	286	0	0	0	0	0
20	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	266.8	0	0	0	0	0
21	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	120.1	0	0	0	0	0
22	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	80.2	0	0	0	0	0
23	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	69.9	0	0	0	0	0
24	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	260.3	0	0	0	0	0
25	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	29.5	0	0	0	0	0
26	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	8.7	0	0	0	0	0
27	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	25.5	0	0	0	0	0
28	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	35.2	0	0	0	0	0
29	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	20.3	0	0	0	0	0
30	Polygon	0	LWPolyline	7	Continuous	0	25	Pers-fizica	Simion	0	0	27.8	0	0	0	0	0

Fig.5. 8 Rezultatul selecției în tabelul de atribute

O altă modalitate de interogare a bazei de date este prin Intersecție (figura 5.9).

Aceasta presupune identificarea elementelor cu proprietăți comune din două straturi.

Pentru aceasta, se selectează două layere shapefile, iar rezultatul este mulțimea de obiecte din primul layer care se suprapune cu zona definită în layerul al doilea.

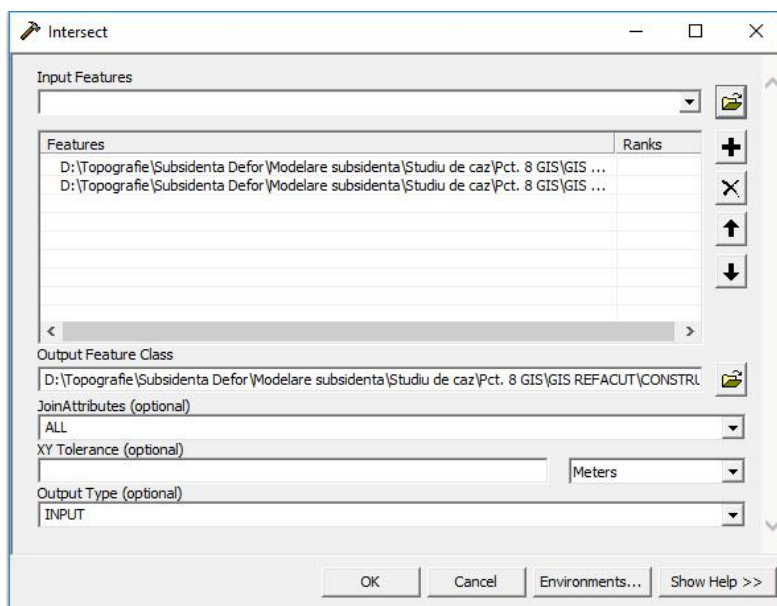


Fig.5. 9 Definirea unei intersecții

Rezultatul este un al treilea layer care conține doar obiectele care îndeplinesc condiția mai sus arătată. Acest lucru poate fi văzut în figura 5.10.

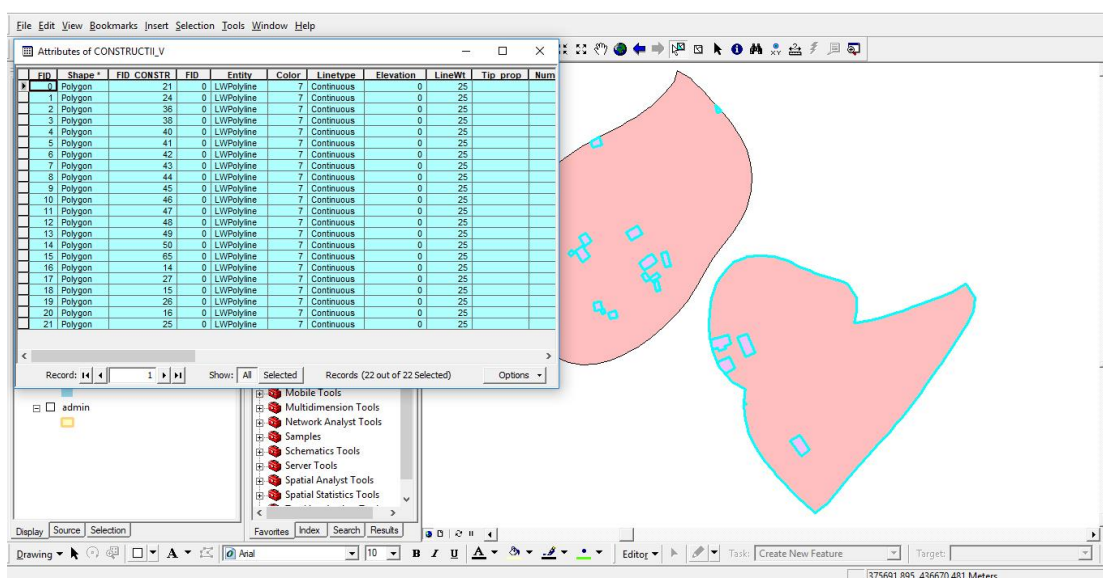


Fig.5. 2 Rezultatul interogării

Lista de exemple ar putea continua, ceea ce demonstrează necesitatea și oportunitatea realizării acțiunilor necesare pentru colectarea informațiilor miniere înainte de închiderea minelor, continuarea cercetării topografice pentru măsurarea deplasărilor și deformărilor terenurilor în zone miniere, precum și instituționalizarea sistemului care să dea coerență, continuitate și unicitate acestui demers.

5.5 Posibilități de management a datelor în G.I.S.

Dezvoltarea complexă a sistemelor informatice geografice reprezintă un factor cheie în stabilirea obiectivelor privind factorii decizionali.

O planificare teritorială corectă presupune valorificarea optimă a potențialului indiferent de natura sa, contribuind astfel la un management calitativ atât în dezvoltarea și constituirea unei infrastructuri imobiliar-edilitare, cât și conservarea și protejarea obiectivelor, fie ele civile sau industriale, cât și a mediului înconjurător.

În prezentul subcapitol, îmi propun a arăta unele posibilități de management a datelor folosind o soluție software performantă a mediului G.I.S.

Este cunoscut faptul că sistemele informatice geografice moderne dispun de numeroase instrumente de analiză deosebit de valoroase, dintre acestea cele mai importante fiind:

A) Analiza de locație unde baza de date geografică este organizată în principal pe straturi, integrarea datelor din acestea făcându-se prin procedeul numit layer by location, în spatele acestei analize aflându-se o serie de operații algebrice, operații logice, operații tehnologice etc..

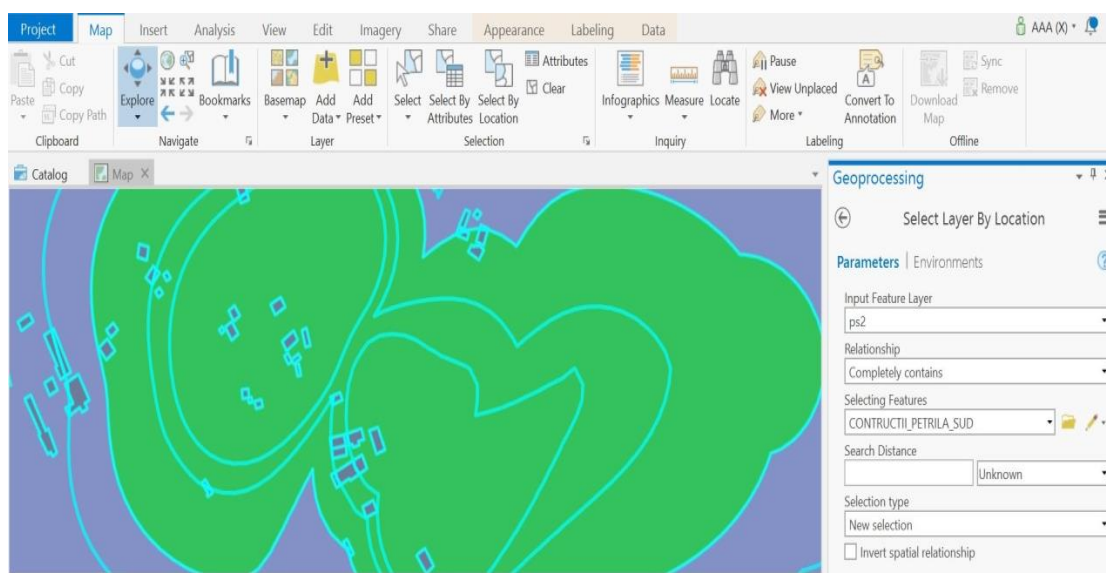


Fig.5.11 Interogarea pe baze de locație a construcțiilor situate în diferite clase de protecție.

- B) Analiza buffer sau de proximitate este o metodă folosită în vederea determinării unei relații de vecinătate dintre entități, integrarea datelor făcându-se prin procedeul numit *buffer*. Acest tip de analiză poate realiza interogarea unor seturi de date pe baza unui singur *buffer* sau a unui *buffer* multiplu.

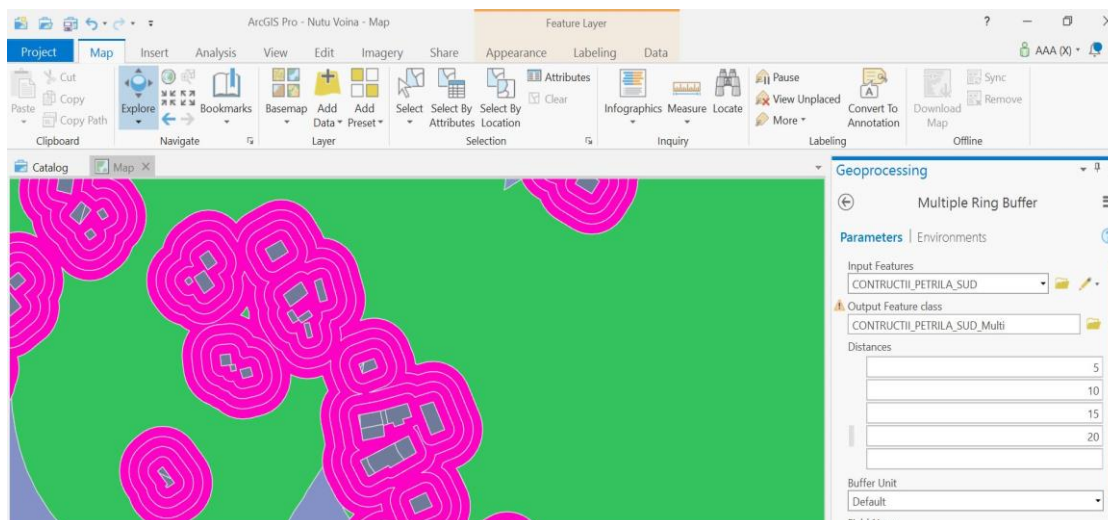


Fig.5.12 Interogarea pe baze de locație a construcțiilor situate în diferite clase de protecție.

C) Analiza pe bază de atribute - acest tip de interogării se folosesc în situațiile în care ne dorim a identifica detaliile cu atribute particulare.

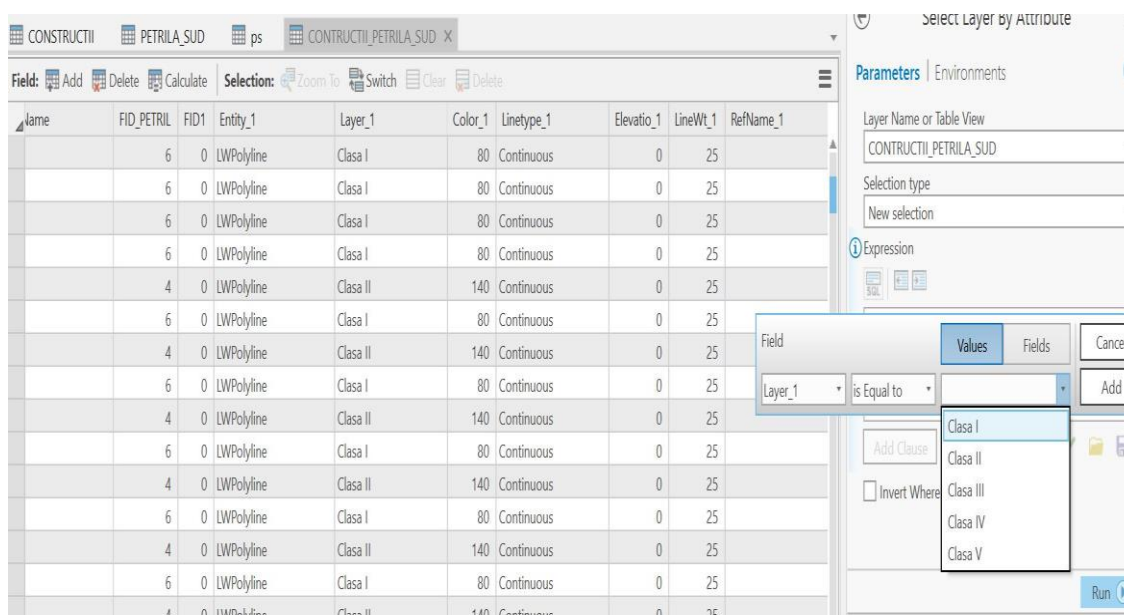


Fig.5. 3 Interogare pe baze de atribute a construcțiilor situate în diferite clase de protecție.

D) Analiza spațială reprezintă un ultim mod de interogare a datelor G.I.S.. Acest tip de interogare se clasifică după două categorii și anume: analiza spațială de tip raster care se bazează pe date obținute de pe suport raster și analiza spațială de tip vector care se bazează pe date obținute de pe suport vector . În imaginea 5.14 este prezentată o interogare spațială de tip vector utilizând instrumentul Clip.

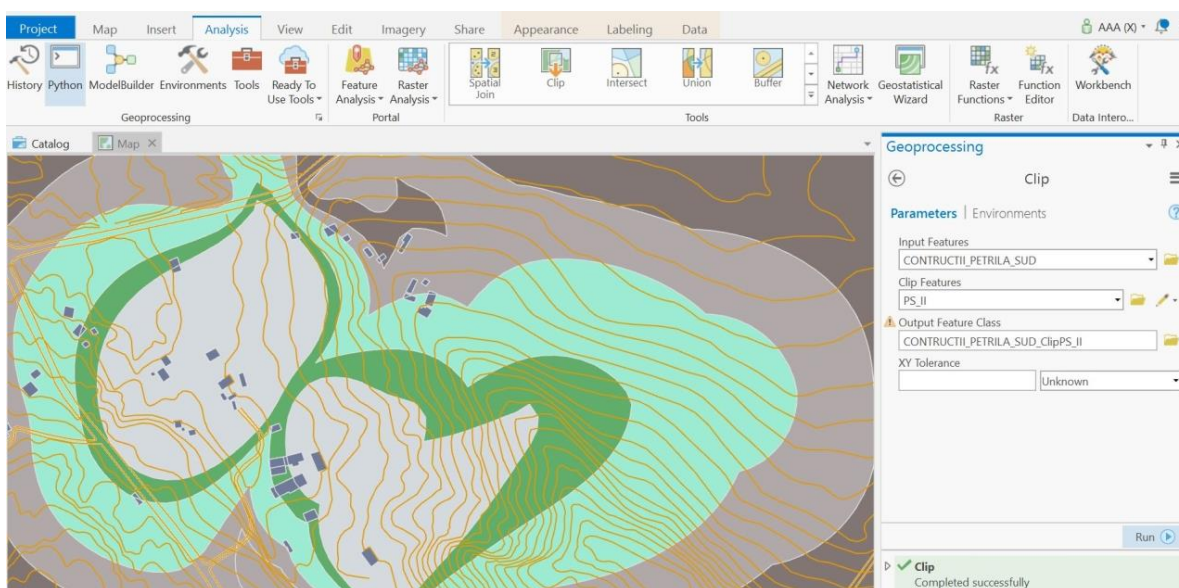


Fig.5. 14 Analiza spațială vector- instrument Clip

5.6. Concluzii

Activitățile de amenajare a teritoriului, de planificare și management urban reclamă existența și utilizarea unor hărți de hazard și risc corecte și actualizate, realizate la scări și grade de detaliere corespunzătoare.

Modul de întocmire și de utilizare a unor documentații de acest tip pentru factorii de risc natural este legiferat la nivel de directivă europeană și de acte administrative adoptate pe plan național. Modul de gestionare a bazelor de date aferente, responsabilitățile la nivel central, regional, județean și local sunt stabilite.

În ceea ce privește riscurile provocate de activitățile antropice, lucrurile nu sunt la fel de bine reglementate. Deși extinderea fenomenelor de instabilitate generate de activitățile umane nu este la fel de mare, impactul poate fi considerabil pe plan local sau regional. Acesta este cazul subsidenței din zonele miniere, care afectează procente însemnate din teritoriile localităților în cauză.

Din acest motiv este importantă elaborarea, aprobarea și operaționalizarea unor reglementări în acest domeniu, precum și instituirea obligativității de preluare a informațiilor specifice rezultate în activitatea de elaborare a planurilor de amenajare a teritoriului și de urbanism.

Capitolul 6. Concluzii și contribuții personale

Având la bază cercetările realizate și rezultatele obținute în diferitele etape ale studiului de caz, în acest capitol este prezentat sub formă sintetizată principalele idei a rezultatelor obținute în urma cercetărilor efectuate, contribuțiile personale teoretice și practice aduse în prezenta lucrare, perspectivele de cercetare și valorificarea rezultatelor obținute pe parcursul derulării programului de cercetare urmat în școala doctorală.

Dintre concluziile generale selective amintim:

- metoda de origine românească a funcțiilor de profil ICPMC oferă permisiunea unei prognozării a fenomenului de subsidență comparabilă cu oricare din metodele de succes existente pe plan internațional,
- raportat la rezultatele obținute, putem afirma că între cele două câmpuri miniere studiate există un grad de conexiune, în sensul că, atât la Petrila Sud cât și la Lonea Defor efectele fenomenului de subsidență se suprapun într-un mod asemănător, putând astfel afirma faptul că cele două se completează fidel unul pe celălalt,
- având în vedere că cele trei perioade de propagare a fenomenului de subsidență din subteran la suprafața terestră au valori obținute apropiate și susțin aprecierea rezultatelor cercetării efectuate de K. Wardell în legătură cu factorul de timp putem preciza că teoria acestuia este compatibilă și cu condițiile existente în cele două perimetre miniere studiate din bazinul minier al Văii Jiului,
- realizarea conceptului informațional reprezintă o importantă latură a activităților de amenajare a teritoriului, de planificare și management urban, unde existența și utilizarea unor hărți și/sau planuri de hazard și risc corecte și actualizate, acesta putând fi o soluție de combatere a riscurilor provocate de activitățile antropice.

Din conținutul cercetărilor efectuate se desprind următoarele contribuții teoretice și practice selective:

a) Contribuții teoretice

- definirea fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, precum și a principalilor parametri prin care se caracterizează albia de scufundare;
- definirea principalilor factori care influențează apariția fenomenului de subsidență;
- definirea metodologiei de lucru în ceea ce privește analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, privind cele două perimetre miniere studiate;
- definirea și demonstrarea științifică a corelației între subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării;
- definirea și prezentarea conceptelor de hartă și plan de risc în ceea ce privește analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme;
- prezentarea conceptului realizat privind elaborarea unei baze de date cartografică și integrarea acesteia sub forma unui sistem geografic informațional privind analiza, redarea și clasificarea pe clase de risc a zonelor afectate de apariția fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme.

b) Contribuții practice:

- verificarea ipotezelor teoretice cu privire la metoda ICPMC în condițiile perimetrelor de exploatare Petrila Sud și Lonea Defor;
- aproximarea statistică a albiilor de scufundare determinate în cazul celor două perimetre miniere studiate;
- modelarea digitală dinamică 3D a suprafeței terestre în corelare cu apariția fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme;
- realizarea în formă etapizată a metodologiei de lucru în ceea ce privește analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, pentru cele două

- perimetre miniere studiate;
- determinarea unghiurilor de influență direcțional , în aval și amonte pentru cele două perimetre miniere studiate;
 - realizarea determinării vectorilor de deplasare ai reperelor de urmărire amplasați deasupra perimetrului minier de la Lonea Defor;
 - realizarea traiectoriilor spațiale ale reperilor pe parcursul exploatării miniere amplasați deasupra perimetrului minier de la Lonea Defor;
 - realizarea demonstrației științifice în ceea ce privește corelarea între subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării;
 - realizarea unei hărți și a unui plan de risc în zone afectate de fenomenul de subsidență pentru fundamentarea decizilor în domeniul planificării urbane și a organizării teritoriului;
 - realizarea unei baze de date cartografică digitală sub forma unui sistem geografic informațional privind analiza, redarea și clasificarea pe clase de risc a zonelor afectate de apariția fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme .

În ceea ce privește propunerile și direcții viitoare de cercetare, având în vedere apariția efectelor negative ale fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, consider un necesar obligatoriu: monitorizarea și verificarea în mod continuu a perimetrelor de exploatare minieră, din punct de vedere a stabilității suprafeței terestre, atât în timpul procesului de exploatare cât și după închiderea perimetrelor de exploatare, precum și înființarea de stații noi în zone neurmărite din punct de vedere a influenței exploatării subterane.

Pornind de la cercetările efectuate în ceea ce privește analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme, consider oportun ca metoda de prognoză de origine românească - metoda ICPMC – a fi utilizată și prezentă în cercetările de specialitate viitoare la cât mai multe simpozioane și manifestări științifice naționale și internaționale în vederea consacării acesteia la nivel internațional.

O altă perspectivă de cercetare o constituie continuarea cercetărilor în ceea ce privește corelațiile între subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării în combinație cu alți factori fizici și geologico-minieri existenți pornind de la exploatarea zăcămintului stratiform și continuând până la suprafața terestră a spațiului exploatat.

Totodată, plecând de la realizarea bazei de date sub forma sistemului informațional geografic în ceea ce privește analiza fenomenului de subsidență datorat exploatării de zăcăminte stratiforme propun realizarea unei platforme online de monitorizare a fenomenului studiat, platformă care să poată fi conexată la alte platforme online internaționale menite a inventaria la nivel mondial toată structura de date aferentă domeniului fundamental al subsidenței ca efect al exploatării miniere.

Valorificarea rezultatelor cercetării efectuate pe parcursul derulării programului de cercetare doctorală este reliefată în participarea la simpozioane naționale și internaționale în domeniul măsurătorilor terestre ce s-au concretizat într-un număr de 12 lucrări științifice publicate în calitate de autor și coautor și trei referate, dintre care șase dintre acestea au fost indexate cu factor de impact Web of Science-WoS (ISI) Proceedings sau reviste indexate Web of Science - WoS (ISI) și 5 au fost indexate cu factor de impact BDI.

Bibliografia studiată cuprinde autorii și titlurile de cărți, reviste, articole din volumele unor conferințe și simpozioane, informații obținute pe cale electronică (site-uri internet) la care s-au făcut trimiteri pe parcursul realizării tezei de doctorat.

Bibliografie selectivă

- [1] ACHIM. M., PALAMARIU M., „ Managementul lucrărilor de geodezie și cadastru", ISBN: 978-973-1890-19-7, Editura AETERNITAS, Alba Iulia, 2009, România.
- [2] ANDRONIC A., „ Contribuții la determinarea zonelor afectate de alunecări de teren pe bază de calcul determinist și probabilistic” – Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București, 2014, România.
- [3] BELDEA M., DIMA N., FILIP L., HERBEI O., ULAR R., „ Instrumente topografice si geodezice”, ISBN 978-973-741-119-8, Editura Universitas, Petroșani, 2007, România.
- [4] BELDEA M., „Sistem informatic topo-geodezic integrat în domeniul topografiei miniere", Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani, 2003, România.
- [5] BELDEA, M., „O nouă abordare în topografia minieră", Revista Minelor, nr. 5-6 (203-204)/2008, Petroșani, 2008, România.
- [6] BELDEA M., „Despre necesitatea informatizării sistemului de topografie minieră în cadrul CNH - S.A.", Simpozion al comisiei a 3-a a Societății Internaționale de topografie minieră (ISM), Petroșani, 6 - 8 octombrie 1999, România.
- [7] BELDEA M., „4D Mine Surveying, a new challenge", Proceedings of the XIII International Congress of the International Society for Mine Surveying (ISM), Hungary, Budapest, 24-28 September, 2007, ISBN 978-963-9038-18-9
- [8] BELDEA M., „Calculul adâncimii de siguranță pentru exploatarea stratului 5, în blocurile II-III ale perimetrului de exploatare Lonea", Petroșani, 2015, http://mirceabeldea.com/subjects/articole/Adsig_Lonea.pdf.
- [9] BELDEA M., DIMA N., ONCIOIU G., HERBEI O., „Posibilități de simulare pe calculator a fenomenului de scufundare a suprafeței terenului sub influența exploatării subterane", Simpozion Știința și tehnica în minerit, Petroșani, 1990, România.
- [10] BELDEA M., „Sistem și subsisteme informatice ale managementului unei unități miniere", Referat doctorat, Universitatea Petroșani, 1998, România.
- [11] BELDEA M., „Cercetări topografice privind subsidența în zona Jieț – Maleia, perimetrul minier Petrila-Sud", Petroșani, 1993-1997, România.
- [12] BELDEA M., PALAMARIU M., VOINA I. - „Topographic research upon the subsidence in the east of the mining basin of Petroșani” , The 14th International Symposium U.S.A.M.V. Cluj-Napoca 2015, Cluj-Napoca, România.
- [13] BENDEA I.H., „Urmărirea prin metode topografice și cavernometrice a deformațiunilor determinate de golurile subterane în perimetru minier Ocnele Mari”, Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani, Petroșani, România, 2000.
- [14] BETOURNAY M.C., „ Underground Mining and Its Surface Effect” Interstate Tehnical Group on Abandoned Undergraound Mines, Fourth Biennial Abandoned Undergraound Mine Workshop, Davenport, Iowa, 2002.
- [15] BOȘ N., IACOBESCU O., „ Topografie modernă”, Editura C.H. Beck, București, 2007, România.
- [16] BRÄUNER, G., „Subsidence due to Underground Mining. 1.Theory and practices in predicting surface deformaiton”, Bureau of Mines Information Circular, S.U.A., 1973 .
- [17] CHRZANOWSKI A., CHRZANOWSKI A.S., FORRESTER D.J. - „ 100 Years of Ground Subsidence Studies ‘’, Proceedings of the 100 CIM Annual General Meeting, Montreal, 1998, Canada.
- [18] DIMA N., PADURE I., HERBEI O. : „Topografie minieră”, Editura Corvin Deva, 1996, România.
- [19] DIMA N., HERBEI O., BELDEA M. , „ Realizarea fișierelor grafice cu lucrări miniere subterane prin utilizarea programelor AutoCAD", Simpozion științific dedicat aniversării a 50 de ani de la înființare, Universitatea din Petroșani, Petroșani, 1998, România.

- [20] DIMA N., HERBEI O., BELDEA M., „Cercetări topografice pentru prognozarea deplasărilor și deformațiilor suprafeței terestre în urma exploatării subterane, în blocul III, EM Petrița Sud”, Simpozion științific dedicat aniversării a 50 de ani de la înființare, Universitatea din Petroșani, Petroșani, 1998, România.
- [21] DIMA, N., PĂDURE, I., PALAMARIU, M. „, Topografie minieră”, Editura Tehnică, Petroșani, 1994, România.
- [22] DIMA, N., ONCIOIU, Gh., ș.a. „, Elaborarea metodologiei de calcul a parametrilor de deplasare și deformare a suprafeței terenului pentru strate de înclinare medie și mare respectiv pentru strate de grosime mică și medie”, Contract de cercetare nr. 18/1992-1995, Petroșani, 1995, România.
- [23] DIMA, N., PĂDURE, I., HERBEI, O., „Topografie minieră”, Editura Corvin, Deva, 1996, România..
- [24] DIMA, N., HERBEI, O., VEREȘ, I., „Topografie generală și elemente de topografie minieră”, Editura Universitas, Petroșani, 2005, România.
- [25] DIMA, N., „, Geodezie”, Editura Universitas, Petroșani, 2006, România.
- [26] DIMA, N., HERBEI, O., VEREȘ, J., „,Construirea unui sistem informatic geografic folosind programul AutoCAD Map”, RevCAD 2006, Alba Iulia, 2006, România.
- [27] DRAGOMIR P.I., „, Bazele măsurătorilor inginerești”, Editura Conspress, București, 2000, România.
- [28] DRAGOMIR. P.I., CLINCI T.S., „, Tehnici de măsurare și poziționare în domeniul apoiat”, ISBN 978-973-100-360-3, Editura Conspress, București, 2014, România
- [29] DRAGOMIR P.I., DOCAN D.C., CLINCI T.S., „, Bazele măsurătorilor geodezice inginerești”, ISBN 978-973-100-396-2, Editura Conspress, București, 2015, România.
- [30] DRECKER P., GRENSKE D.D., HEINRICH K., NOLL H.P. „,Subsidence and devepeloment in the Ruhn of Germany”, Proceeding of the Fifth International Symposium on Land Subsidence, Haga, Olanda, 1995.
- [31] FERRETTI, A., MONTI – GUARNIERI A., PIRATI, C., ROCCA F., „InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation, 2007, European Space Agency.
- [32] FISSGUS K.G., „,Ingineria subsidențelor în minerit”, Editura UNIVERSITAS, Petroșani, România, 2011.
- [33] HERBEI M, „, Realizarea unui sistem informatic geografic în zonele afectate de exploatările miniere utilizând tehnologii moderne” – Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani, 2009, România
- [31] HERBEI O. „, Determinarea parametrilor de deformare a suprafețelor terenului și cercetarea stabilității construcțiilor amplasate la suprafață sub influența exploatării subterane în cazul zăcămintelor de minereuri” – Teză de doctorat, Universitatea Tehnică Petroșani, 1995, România.
- [32] LEHMANN A., WIELAND R., JAKOBS M., „,Schlubbericht zum DFG-Vorhaben Le 601/1-1 Matematisches Analysemodell fur vertikale Gebirgsbewegungen hinsichtlich der Vorausberechnung von Abbaueinwirkungen, 1919, Germania.
- [33] MAICAN I., „,Contribuții la realizarea unui sistem informațional geografic privind arealul arheologic al unei zone” – Teză de doctorat, Universitatea Gheorghe Asachi din Iași, Iași, 2015, România.
- [34] MARIAN D.P., „,Analiza stabilității terenului de la suprafață sub influența exploatării stratelor de cărbuni cu înclinare mică și medie din bazinul Văii Jiului, Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani; Petroșani, 2011, România.
- [35] MARIAN D.P. „,Urmărirea topografică și analiza deformării suprafeței terenului afectat de exploatarea subterană”, Editura Universitas, Petroșani, 2012, România.
- [36] MOLDOVEANU C., „,Geodezie”, Editura MatrixROM, București, 2002, România.

- [37] MOSCOVICI A.M. „Contribuții la monitorizarea poluării fonice în construcții și gestionarea datelor preliminare într-un Sistem Informatic Geografic ”, Teză de doctorat, Universitatea Politehnică din Timișoara, Timișoara, 2015, România.
- [38] NARITA A., SYEKERES M., VAGNER I., ȘTEFAN N., „Cercetări privind determinarea parametrilor de deformare a suprafeței în zonele afectate de exploatarea subterană și urmărirea obiectivelor de la suprafață”, Simbol 689/1991, Contract nr. 15/1991 între ICPMC Petroșani și RAH Petroșani, România.
- [39] NEAGU A. „Contribuții privind monitorizarea în timp real a deplasării terenului în zone de alunecări și scufundări”, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții din București ; București, 2016, România.
- [40] NEAMȚU M., ONOSE D., NEUNER J.: „ Măsurarea topografică a deplasărilor și deformațiilor construcțiilor”, Institutul de Construcții București, 1989, România.
- [41] NEUNER I., „Sisteme de poziționare globală”, Editura MatrixROM, București, 2000, România.
- [42] NEUNER I., „Instrumente si Metode de Măsurare. Note de curs”, Editura Conpress, București, 2010, România
- [43] NEUNER I., „Analiza seriilor de timp și filtrare. Note de curs”, Editura Conpress, București, 2013, România.
- [44] ONICA I., „Contribuții la perfecționarea tehnologiilor de exploatare cu fronturi lungi de abataj a stratelor groase de cărbuni din Valea Jiului, prin utilizarea unor susțineri mecanizate adecvate condițiilor geominiere”, Teză de doctorat, Petroșani, 1995, Romania.
- [45] ONICA, I., CHIRIL, G. „Exploatarea cu banc de cărbune subminat în abataje frontale”, Editura AGIR, 2005, România.
- [46] ONICA, I., COZMA, E., GOLDAN, T. „Degradarea terenului de la suprafață sub influența exploatării subterane”, Buletinul AGIR, nr. 3/2006., România.
- [47] ONICA I., COZMA E., MARIAN D.P., ȘTEFAN N. „Prognosis of the Maximum Subsidence and Displacement of the Ground Surface in the Jiu Valley Coal Basin”, International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO - SGEM, Vol. III, Sofia, 2014, Bulgaria
- [48] ONICIOIU G., „Asupra unor probleme a scufundării – tasării suprafeței terenurilor sub influența exploatării subterane”, Revista minelor, nr. 3 , 1997
- [49] ONOSE D., „Urmărirea comportării terenului și construcțiilor. Note de curs” Editura Conpress, București, 2010, România.
- [50] ONOSE D., „Topografie”, Editura MatrixRom, București, 2004, România
- [51] ORTELECAN, M. „ Metode topografice de urmărire a deplasărilor ce au loc sub influența exploatării zăcămintelor de cărbuni”, Referat de doctorat , Institutul Minier Petroșani, Petroșani, 1985, România.
- [52] ORTELECAN, M. „ Studiul deplasării suprafeței sub influența exploatării subterane a zăcămintelor din Valea Jiului” , Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani, Petroșani, 1997, România.
- [53] ORTELECAN M., POP N., „Metode topografice de urmărire a comportării construcțiilor și terenurilor înconjurătoare”, Editura ACADEMICPRES, Cluj-Napoca, 2005, România.
- [54] PALAMARIU M., „ Cartografie și geodezie”, ISBN: 973-656-583-1, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, 2004, România.
- [55] PALAMARIU M., „ Geodezie. Curs universitar”, ISBN: 973-751-122-0, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, 2006, România.
- [56] PALAMARIU M., UNGUR A.R., BALANEANU F.A, „ Topografie subterană – Îndrumător de lucrări aplicative”, ISBN: 978-973-53-0245-0, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, 2009, România.

- [57] PALAMARIU M., „Geodezie”, Seria Didactica, Universitatea „1 Decembrie 1918” Alba Iulia, 2005, România
- [58] PALAMARIU M., POPA A., „Urmărirea comportării terenurilor și construcțiilor, Seria Didactica, Universitatea „1 Decembrie 1918” Alba Iulia, Alba Iulia, România, 2008
- [59] PALAMARIU M., VOINA I. - „Modern Means and Techniques for the Research upon the Analyse of the Subsidence Phenomenon”, Jurnal of Geodesy, Cartography and Cadastre /Uniunea Geodezilor din Romania, Simpozion GeoPrevi 2015 Facultatea de Geodezie din Bucuresti, Bucuresti, 2015, România, pp27-33;
- [60] PALAMARIU M., VOINA I. - „, Considerations upon mensuring the design precision subterraneous penetrations”, 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-35-3 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book2 Vol. 2, Albena, 2015, Bulgaria, 195-202 pp;
- [61] PALAMARIU M., VOINA I. - „, The use of radar interferometry in the cartographic representation of the subsidence phenomenon”, 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-35-3 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book2 Vol. 2, Albena, 2015, Bulgaria, 547-554 pp;
- [62] RANCEA G. : „Dimensionarea pilierilor de protecție pentru obiective de suprafață în condițiile bazinului carbonifer Valea Jiului”, Teză de doctorat, Petroșani, 1990, România.
- [63] RUSU G., „ Contribuții privind urmărirea în timp a deplasărilor și deformațiunilor construcțiilor prin metode topo-geodezice” – Teză de doctorat, Universitatea Politehnică din Timișoara, Timișoara, 2016, România.
- [64] SIMION, A., „Contribuții privind monitorizarea în timp real a deplasării terenului în zone de alunecări și scufundări” Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții din București, București, 2016, România.
- [65] STEFAN N. „Influența factorilor geologo-minieri asupra parametrilor de deformare a terenului de la suprafață în urma exploatării stratelor de cărbuni”, Referat de doctorat, Universitatea din Petroșani, Petrosani, 2012, România.
- [66] STEFAN N. „, Studiul deformării terenurilor aflate sub influența exploatarei subterane a stratelor de carbune din bazinul minier Valea Jiului” Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani, Petroșani, 2015, România.
- [67] SHI J., SONG W., ZHANG J., „The application of modern surveing technology in mining survey”, Journal of Coal Science & Engineering, Vol. 14, 2008, China.
- [68] VOINA I., PALAMARIU M, NEUNER I., BELDEA M, „Overview on the use of the profile functions method in forecasting the subsidence phenomenon in the Jiu Valley mining basin”, Jurnal of Geodesy and Cadastre, Simpozion GeoCad 2016, Universitatea „1 Decembrie 1918” Alba Iulia, Alba Iulia, 2016, Romania.
- [69] VOINA, I., PALAMARIU, M, NEUNER, I., „Considerations on the ways of determining the movement of the earth's surface due to the phenomenon of subsidenece " The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest , București, 2016, Romania.
- [70] VOINA I., PALAMARIU M, NEUNER I., „Topographic determinations used in the analysis of subsidence" , 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, www.sgem.org, SGEM2016 Conference Proceedings, Albena, 2016, Bulgaria.
- [71] VOINA I., NEUNER, I., PALAMARIU M., „Definition of the safety depth within the analysis of the subsidence phenomenon due to exploitation of multi-layered deposits" 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, www.sgem.org, SGEM2016 Conference Proceedings, Albena, 2016, Bulgaria.
- [72] WARDELL K., „The Problems of Analyuing and Interpreting Observed Ground Movement", Colliery Eng, 1959, England

- [73] WARDELL, K., „Surface Ground Movements Associated With the Total and Partial Extraction of Stratified Mineral Deposits”, MSc thesis, University of Nottingham, Nottingham, 1965, England
- [74] WARDELL, K., WEBSTER, N.E., „Some Surface Observations and Their Relationship to Movement Underground”, Proceedings European Congress on Ground Movements, Leeds, 1957 England, pp. 141–148.
- [75] ***Colectiv Măsurători Terestre și Cadastru – Facultatea de Construcții Timișoara „Complemente de măsurători terestre”, Volumul 1-2, Editura Politehnică, Timișoara, 2009, România.
- [76] *** Măsurători terestre fundamente Volum I, II, III, - Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Geodezie București, Editura Matrix Rom, București, 2002, România.
- [77] *** Colectivul condus de Rancea. G. - I.C.P.M.C. Petroșani, „Instrucțiuni privind regimul obiectivelor amplasate la suprafața zonelor purtătoare de rezerve de cărbune și dimensionarea pilierilor de protecție”, 1979, Petroșani, România.