

Considerații privind fenomenul de subsidență în perimetrele miniere din orașul Petrila

Dr. ing. Mircea Beldea

Petroșani, 04.08.2017

Pe teritoriul orașului Petrița au existat de-a lungul timpului patru exploatare miniere: Petrița, Lonea, Petrița Sud și Lonea Piliu, dintre care doar una, Lonea, mai este operațională. În perioada de funcționare, la minele Petrița, Petrița Sud și Lonea, au fost organizate rețele de monitorizare a deplasării și deformării terenului situat deasupra spațiilor exploatare în subteran. Din păcate această preocupare nu a avut continuitate, multe cercetări fiind abandonate pe parcurs, fără a putea furniza informații care să permită conturarea unor concluzii.

În cele ce urmează ne vom referi la două astfel de proiecte, care au fost susținute o perioadă de timp mai mare, permițând astfel verificarea unor teorii din domeniu și determinare unor parametrii caracteristici ai fenomenului de subsidență.

Primul proiect s-a derulat în perioada 12.04.1995-04.03.1998, la Petrița Sud, deasupra blocului III, într-o zonă unde s-a exploatat stratul 3, prin abataje frontale în felii pe înclinare și banc subminat. Al doilea proiect, desfășurat între 06.06.2008 și 26.10.2015, a acoperit zona blocurilor II- III ale minei Lonea, unde s-au utilizat metodele de exploatare cu abataj frontal în felii orizontale și banc subminat.

Unele concluzii, reieșite în urma celor două cercetări, vor fi prezentate în continuare.

1. Subsidența și factorul timp

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

Perioada totală de timp de dezvoltare a fenomenului de subsidență deasupra unui spațiu subteran exploatat poate fi mai lungă sau mai scurtă, în funcție de o serie de factori precum:

- adâncimea lucrărilor miniere de exploatare;
- existența în zonă a unor alte spații exploatare anterior;
- proprietățile fizico-mecanice ale rocilor;
- grosimea acoperișului de roci sterile;
- viteza de avansare a frontului de lucru;
- metoda de exploatare;
- metoda de umplere a spațiului exploatat și calitatea materialului de umplere (rambleu);
- prezența unor fenomene tectonice, goluri subterane, ape etc.

Indiferent de durata sa, până la stabilizarea completă, fenomenul de subsidență are trei faze:

- ❖ **faza de inițiere**, care începe de la momentul începerii lucrărilor de exploatare subterană și ține până la momentul când se constată primele deplasări și deformări ale terenului;
- ❖ **faza activă**, în care deplasările și deformările suprafeței sunt semnificative;
- ❖ **faza de stingere**, care are loc după încetarea exploatare subterane, în care deplasările au amplitudine tot mai mică, până la stabilizarea completă.

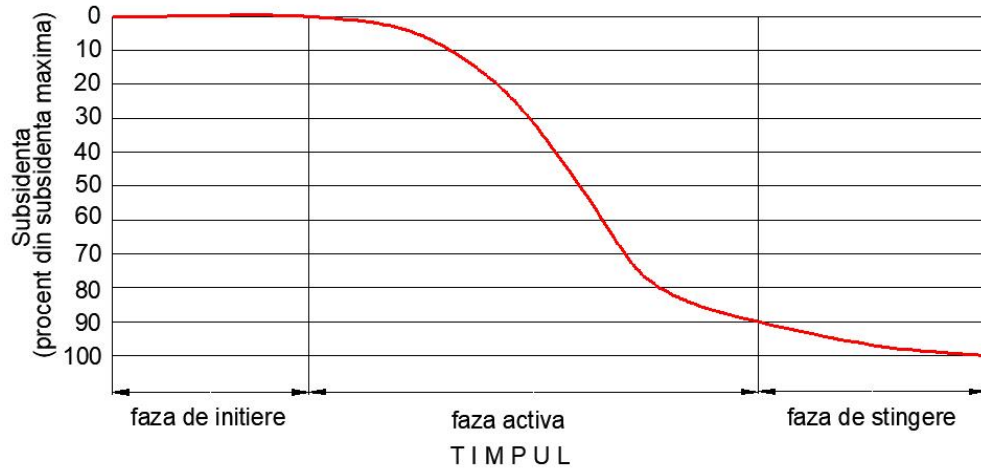


Fig. 1 Fazele fenomenului de subsidență

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**, care este acea distanță la care subsidența maximă atinge suprafața:

$$R = 2 \times H \times ctg\delta^*$$

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.

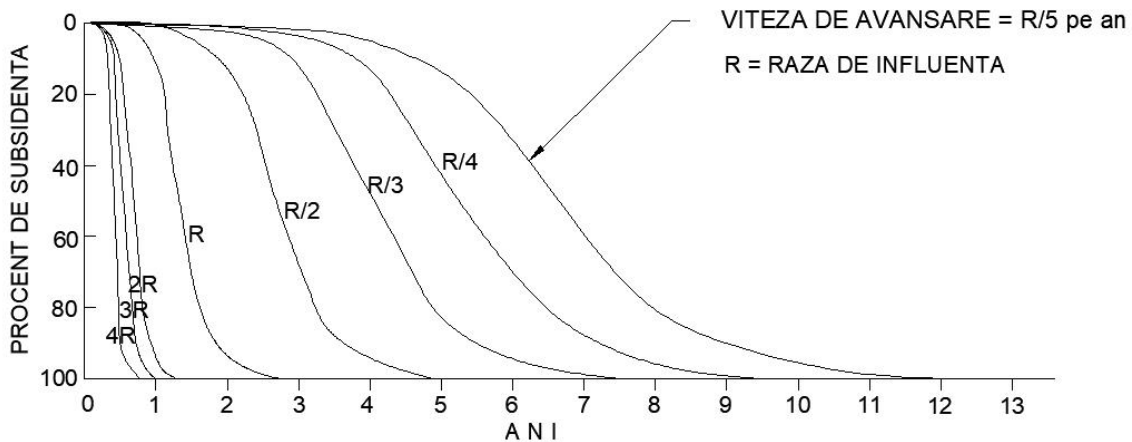


Fig. 2, Corelația dintre procentul de subsidență, timp și viteza de avansare a exploatării stabilită de K. Wardell

Se observă 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, timpul necesar pentru o subsidență completă poate varia de la câteva luni la mulți ani, în funcție de circumstanțe.

Vom calcula în continuare elementele necesare pentru încadrarea în diagrama lui K. Wardell a exploatărilor din cele două perimetre miniere care fac obiectul cercetării.

Tab. 1. 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

Conform diagramei lui K. Wardell, în cazul exploatării de la Petrila Sud, abatajul 331, din perioada septembrie 1996-octombrie 1997, faza de inițiere ar fi trebuit să aibă loc circa patru ani, până în septembrie 2000, faza activă ar fi continuat încă cinci ani (septembrie 2005), iar stingerea fenomenului ar fi trebuit să aibă loc la 12 ani de la începerea exploatării, adică în 2008. Din păcate, măsurătorile din această zonă, oprite în anul 1998, nu au putut surprinde această evoluție.

În cazul exploatării de deasupra abatajului 331 (1991-1993), faza inițială ar fi durat până în 1992-93, faza activă până în 1997, iar faza de stingere s-ar fi întins până în 1998. Măsurătorile din perioada 1995-1998 par a demonstra, după cum se va vedea la punctul următor, validitatea diagramei lui Wardell.

Exploatarea de la Lonea se încadrează în parametrii similari cu cea de la Petrila Sud, deasupra abatajului 331, cu o perioadă de inițiere de 1,6 ani, perioada activă până la 3,8 ani și stingerea la cca. 5 ani. Datorită metodei de exploatare utilizate aici, în felii orizontale successive, în care are efectele produse de diferitele abataje se suprapun, este mai greu de stabilit o cronologie exactă.

Durata, în ani, a perioadei active, poate fi calculată și prin împărțirea a 80% din valoarea scufundării maxime, stabilite în faza de prognoză, la viteza maximă de scufundare determinată prin măsurători.

Astfel la Petrila Sud, 80% din scufundarea maximă reprezintă 2640 mm. Viteza maximă stabilită prin măsurători a fost de 98 mm/lună, în punctul 208. Rezultă o durată a perioadei active de 27 luni, adică 2,2 ani.

La Lonea, 80% din subminarea maximă reprezintă 1528 mm. Viteza maximă a fost determinată în punctul 90: 47 mm/lună. Rezultă o durată a perioadei active de subsidență de 32 luni, adică 2,7 ani.

Cele două durate de timp sunt de valori apropiate și confirmă afirmațiile făcute în prima parte a paragrafului.

2. Corelația dintre viteza de subsidență și poziția liniei de front a abatajului în perimetrul minier Petrila Sud

Observațiile efectuate în perimetrul minier Petrila Sud, în perioada 12.07.1995-06.02.1998 s-au suprapus cu perioada de exploatare a abatajului nr. 331 (septembrie 1996-octombrie 1997).

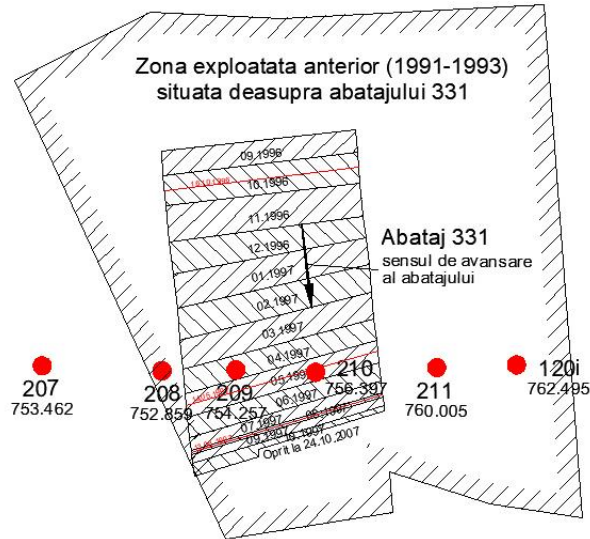


Fig. 3. Zona exploatarea la Petrila Sud și reperele de monitorizare a subsidenței

Deasupra acestui abataj, în perioada 1991-1993, au avut loc alte lucrări de exploatarea: abatajul 331, feliile 1 și a 2-a și abatajul 332, felia a 2-a. Concordanța dintre exploatarea 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. Astfel au fost corelate vitezele de scufundare ale reperelor, calculate după măsurătorile din perioada 12.07.1995-06.02.1998, și distanțele dintre repere și linia de front a abatajului, la data măsurătorii. Au fost avute în vedere șase repere, amplasate deasupra câmpului de abataj: 207, 208, 209, 210, 211, 120i. Datele supuse analizei sunt prezentate în figura de mai sus.

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> FILE HOME INSERT PAGE LAYOUT FORMULAS DATA REVIEW VIEW </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing </div>																									
B16																									
	B	C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N	
1		207		208		209		210		211		120i													
2	Data	vs		vs		vs		vs		vs		vs													
3		D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]	D [m]	[mm/luna]
3	12.07.1995		-87		-96		-74		-48		-25		-16												
4	11.10.1995		-74		-98		-67		-42		-24		-17												
5	16.10.1996	-52.9	-68	-44.7	-66	-46.2	-50	-49	-33	-53.1	-28	-62.6	-24												
6	14.05.1997	37.1	-27	10.5	-29	5.2	-27	0	-25	-15.2	-23	-34.7	-22												
7	13.08.1997	42.8	-28	21.5	-28	16.7	-23	10.3	-19	16	-19	34	-19												
8	06.02.1998	46.6	-13	27.3	-11	22.7	-9	14.5	-6	16.9	-6	34.7	-5												
9																									
10																									

Fig. 4. 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

se face prin calculul coeficientului Pearson, care măsoară gradul de asociere liniară dintre două serii statistice X și Y. 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.

Valoarea pozitivă a coeficientului Pearson indică o asociere de direct proporționalitate (crește X, crește și Y), în timp ce valoarea negativă arată o asociere de inversă proporționalitate (crește X, scade Y și reciproc). Calculul coeficientului de corelație Pearson se poate face foarte ușor, în cadrul unei aplicații de calcul tabelar, cu ajutorul funcției PEARSON:

PEARSON (C5:C8,D5:D8)

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 parametri, 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 și în figura de mai jos.

Se observă că viteza maximă de subsidență s-ar înregistra când linia de front ar fi la circa 60-50 de metri în spatele reperului, în sensul de avansare al abatajului. La trecerea prin dreptul reperului, viteza de scufundare ar avea deja o tendință de reducere, reducându-se foarte mult când frontal a depășit aliniamentul reperelor cu cca. 20-50 metri. Viteza de subsidență mai mare când abatajul este în spatele reperului ridică însă semne de întrebare, mai ales în situația când avansarea abatajului s-a făcut cu o rată oarecum constantă și nu a suferit întreruperi.

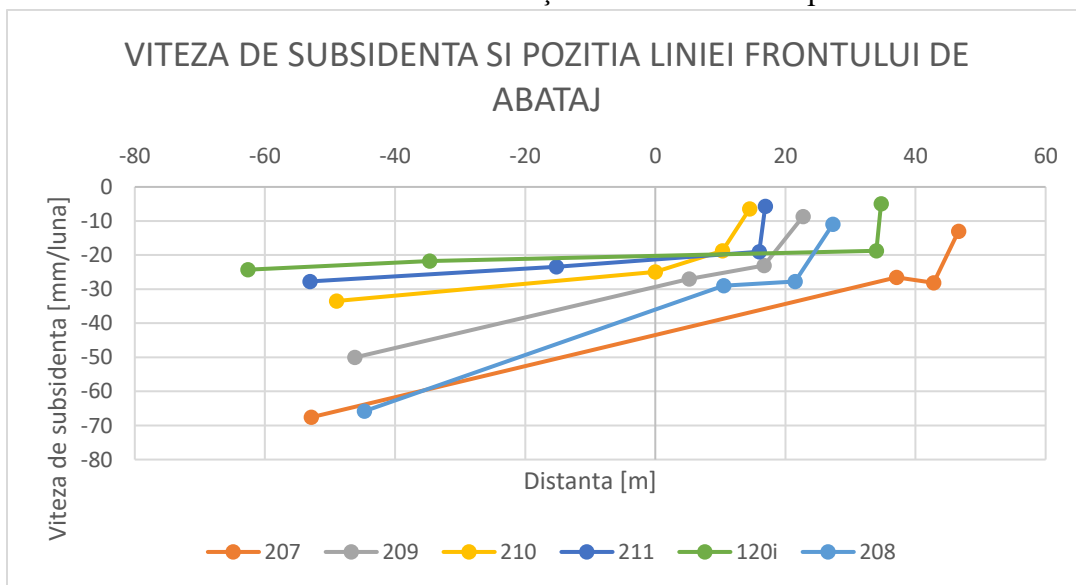


Fig. 5. Diagrama vitezei de subsidență în funcția de distanța dintre reper și linia frontului

În plus, sunt foarte relevante valorile mai mari ale vitezei de subsidență înregistrate la primele două măsurători, când exploatarea abatajului 331 încă nu începuse.

Toate acestea demonstrează faptul că măsurătorile topografice din perioada 12.07.1995-06.02.1998 nu au surprins fenomenul de subsidență generat de exploatarea abatajului 331. Deplasările și deformațiile identificate de pomenitele măsurători au fost efectul exploatării abatajelor anterioare, de deasupra abatajului 331, exploatate între anii 1991-1993. 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.

Pentru monitorizarea subsidenței provocate de exploatarea abatajului 331 ar fi fost necesară continuarea măsurătorilor după anul 1998, lucru care nu a fost posibil datorită închiderii minei și datorită necuprinderii unei astfel de cercetări în programul de închidere sau în cel de monitorizare post-închidere.

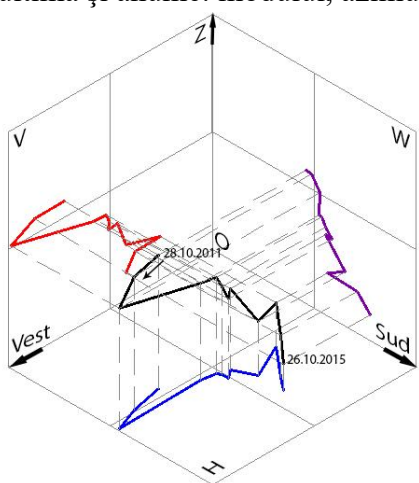
3. Rezultate ale monitorizării topografice a subsidenței în perimetrul minier Lonea

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. Cele patru repere sunt amplasate pe drumul asfaltat care leagă localitatea de lac: 30, 40, 1003 și 90.

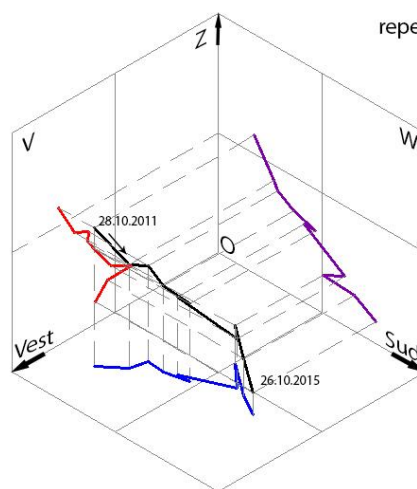
Mișcarea acestor repere a fost reprezentată axonometric, prin vectorii deplasărilor parțiale, dintre două măsurători succesive, într-un triedru de proiecție OXYZ.

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

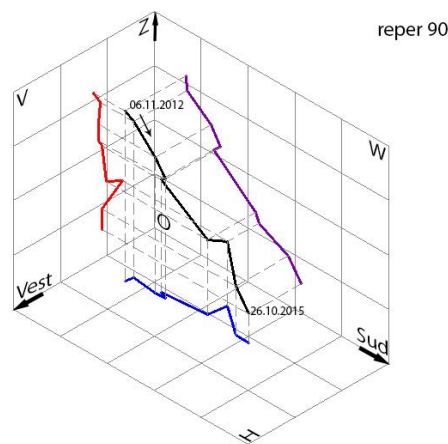
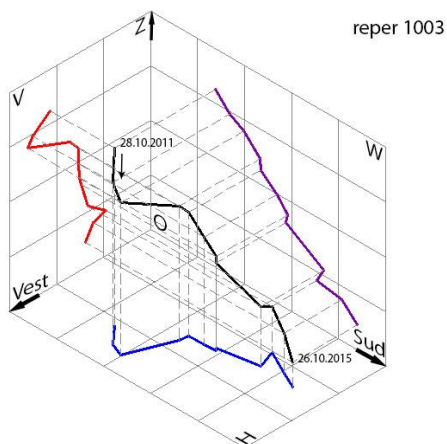
Sub fiecare reprezentare 3D, sunt prezentate într-un tabel, elementele definatorii ale vectorului de mișcare general, definit de punctele inițial – de la prima măsurătoare și cel final – de la ultima și anume: modulul, azimutul și înclinarea.



reper 30



reper 40



Tab. 2. Vectorul de eplasare al reperului 30

Modul [m]	Azimut [grad]	Înclinare [deg]
1,004	195,5567	-51,2

Tab. 3. Vectorul de eplasare al reperului 40

Modul [m]	Azimut [grad]	Înclinare [deg]
0,968	191,4396	-34,9

Tab. 4. Vectorul de eplasare al reperului 1003

Modul [m]	Azimut [grad]	Înclinare [deg]
2,095	184,4496	-41,8

Tab. 5. Vectorul de eplasare al reperului 90

Modul [m]	Azimut [grad]	Înclinare [deg]
1,798	195,1648	-46,7

Se observă cum, în cazul punctelor 30 și 40, mai depărtate de zona exploatată și la care amplitudinea mișcării este mai mică (cca. 1 m), traseul este marcat de dese schimbări de azimut și înclinare. Rotirea vectorilor parțiali este explicată de deplasarea frontului de lucru al abatajului și implicit a golului provocat de exploatare. Față de axul aliniamentului 30-40-1003-90, abatajul avansează, la o anumită felie, de la est spre vest, pornind de la est, trece pe sub aliniament, după care avansează spre vest, până la limita câmpului de abataj, unde se oprește. În acest timp, la felia următoare, un alt abataj, descrie o mișcare similară, cu un decalaj mai mic sau mai mare, față de abatajul de la felia superioară. Mișcarea reperului, urmărește, în sens orar, cu o anumită întârziere, aceeași dinamică. Poziția extremă a vectorului de mișcare este corespunzătoare poziției limită a abatajului. Întoarcerea abatajului în zona estică, dar la felia următoare, determină și rotirea spre est a vectorului de mișcare.

Reperele 1003 și 90, cu o amplitudine a mișcării de cca. 2 m, au un traseu mai puțin oscilant. Modificările de azimut amintite sunt prezente și la aceste puncte.

În general azimutul vectorilor generali este aproape de valoarea 200° , ceea ce corespunde cu direcția centrului de greutate al zonei exploatate. Cu toate acestea, unghiul de înclinare al vectorului general de mișcare este mai mic decât unghiul limită de influență (42° și 47° , față de 61°). Dar acest aspect va fi reflectat mai în detaliu în continuare.

În perioada cercetării exploatarea a coborât 28 metri, de la cota 320, la cota 292, cota medie a exploatării fiind 306 metri. Vectorii de mișcare ai celor patru repere intersectează însă acoperișul stratului 3 în interiorul unui cerc, cu raza de 36,5 metri, situat la o cotă de aprox. 430 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 doar cea de pe componenta superioară a traiectoriei.

Explicația traiectoriei curbe după care se face mișcarea spre golul creat de exploatare se datorează unui complex de factori:

- rocile situate deasupra abatajului sunt fărâmițate, fisurate, slab coezive și se deplasează imediat, sub efectul gravitației, în golul creat de exploatare, pe o traiectorie verticală;
- golul se mută în zona superioară, provocând fisurarea pachetului de roci superior;
- urcarea golului modifică înclinarea vectorului de mișcare a pachetului de roci superior;
- în funcție de proprietățile fizico-mecanice ale rocilor, procesul de fisurare, rupere și cădere se poate petrece cu o viteză mai mică sau mai mare. Un pachet de roci cu rezistență de rupere mare poate cauza o viteză mai mică de rupere, ceea ce, în momentul ruperii, poate crea șocuri dinamice mai mari și o geometrie a mișcării diferită;
- coeziunea rocilor se opune deplasării spre gol, intervenind ca un vector care, prin însumare, reduce înclinarea vectorului de mișcare;
- neomogenitatea rocilor dintre stratul exploatat și suprafața terenului, fisurile, rupturile, faliile, apele subterane, golurile subterane sunt alți factori, de regulă necontrolabili, care afectează modul de producere a fenomenului de subsidență.

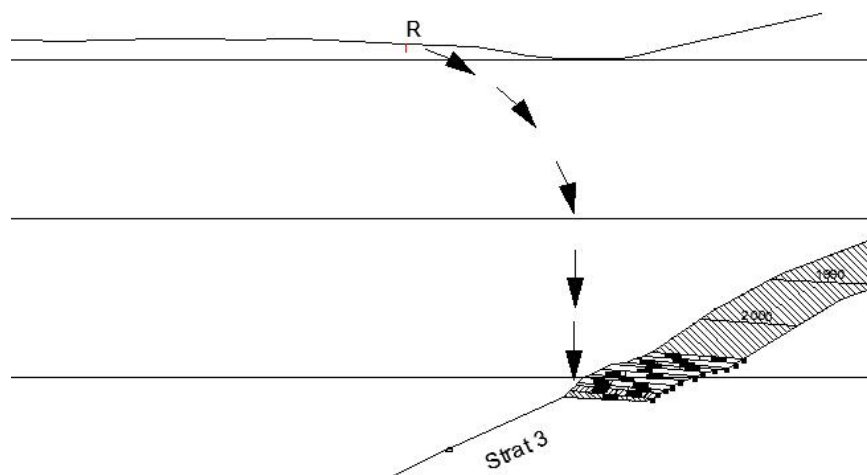


Fig. 6. Mișcarea punctelor spre spațiul exploatat

În primul paragraf s-a arătat că, la exploatarea de la Lonea, 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 vom încerca să verificăm această ipoteză prin corelarea unor evenimente care au putut fi localizate în timp atât la suprafață cât și în subteran.

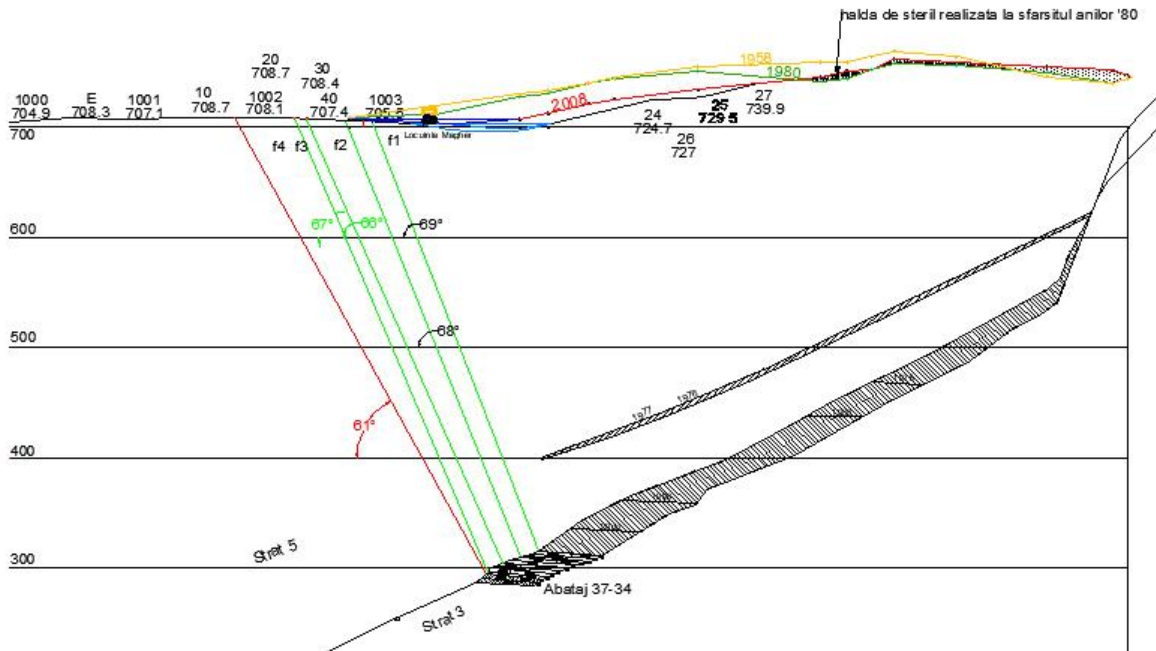


Fig. 6. 1. Corelare între exploatarea subterană și momentul producerii unor fenomene la suprafață

Cercetarea topografică de la suprafață a permis localizarea în timp a momentelor de apariție a unor rupturi care au afectat terenul, drumul de acces și locuințele din zonă.

Ultimul pachet de fisuri (f4) de la nivelul străzii Defor, situat între reperele 40 și 30, la 13,4 metri față de reperul 40, a apărut între măsurătorile din datele de 15.04.2015 și 14.09.2015. Acceptând că momentul apariției fisurilor a fost la mijlocul perioadei dintre cele două măsurători, adică în data de $t_f = 01.07.2015$, și ținând cont de faptul că abatajul, în felia 30, a intrat în zona corespunzătoare unui unghi vertical de cca. 69° față de zona fisurată în luna noiembrie 2012, la momentul $t_0 = 01.11.2012$, rezultă că durata propagării fenomenului din subteran până la suprafață a fost $d_t = t_f - t_0$, adică:

$$d_t = 972 \text{ zile} = 32 \text{ luni} = 2.7 \text{ ani}$$

Grupul de fisuri 3 a apărut între reperele 40 și 30, la 2 metri față de reperul 40, aproximativ la data de 01.12.2012. Abatajul a trecut prin zona aliniamentului transversal (felia 27), la un unghi apropiat de cel de rupere, la data de 01.05.2010. În acest caz:

$$d_t = 945 \text{ zile} = 31 \text{ luni} = 2.6 \text{ ani}$$

Grupul de fisuri 2 amplasat între reperele 1003 și 40, la 17,4 metri față de reperul 1003, a apărut aproximativ în 01.05.2012, putând fi legat de trecerea prin zona aliniamentului transversal a feliei 25 a abatajului, la data 01.06.2009.

$$d_t = 1065 \text{ zile} = 35 \text{ luni} = 2.9 \text{ ani}$$

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. Concluzii

Cele două proiecte de monitorizare a subsidenței desfășurate pe teritoriul orașului Petrla, în zonele Defor și Petrla Sud, cu durate de derulare de trei, respectiv șapte ani, au permis obținerea unor informații valoroase, care au permis o mai bună cunoaștere a fenomenului studiat.

Din păcate, datorită încetării activității miniere, cercetările susținute în principal de serviciile de topografie minieră ale minelor nu au fost continuate. Astfel monitorizarea de la Petrla Sud s-a oprit înainte de a putea surprinde efectele exploatării unuia celui de-al doilea abataj cu banc subminat din Valea Jiului. Cercetarea de la Lonea este și ea compromisă datorită reducerii efectivului de topografi minieri autorizați la mină și dispariția acestei activități la Divizia minieră.

Cu atât mai valoroase sunt informațiile obținute până în prezent, care au permis determinarea unor parametrii caracteristici ai subsidenței: unghiurile limită de influență în amonte, aval și direcțional, unghiurile de rupere, dezvoltarea în timp a fenomenului sau mișcarea punctelor în spațiul afectat de exploatarea subterană.

Aceste cunoștințe vor putea fi folosite atât în minerit, la prognozarea efectelor exploatării subterane, precum și în elaborarea hărților de hazard și a planurilor de risc la subsidență minieră, utile în planificarea urbană și dezvoltarea teritoriului.