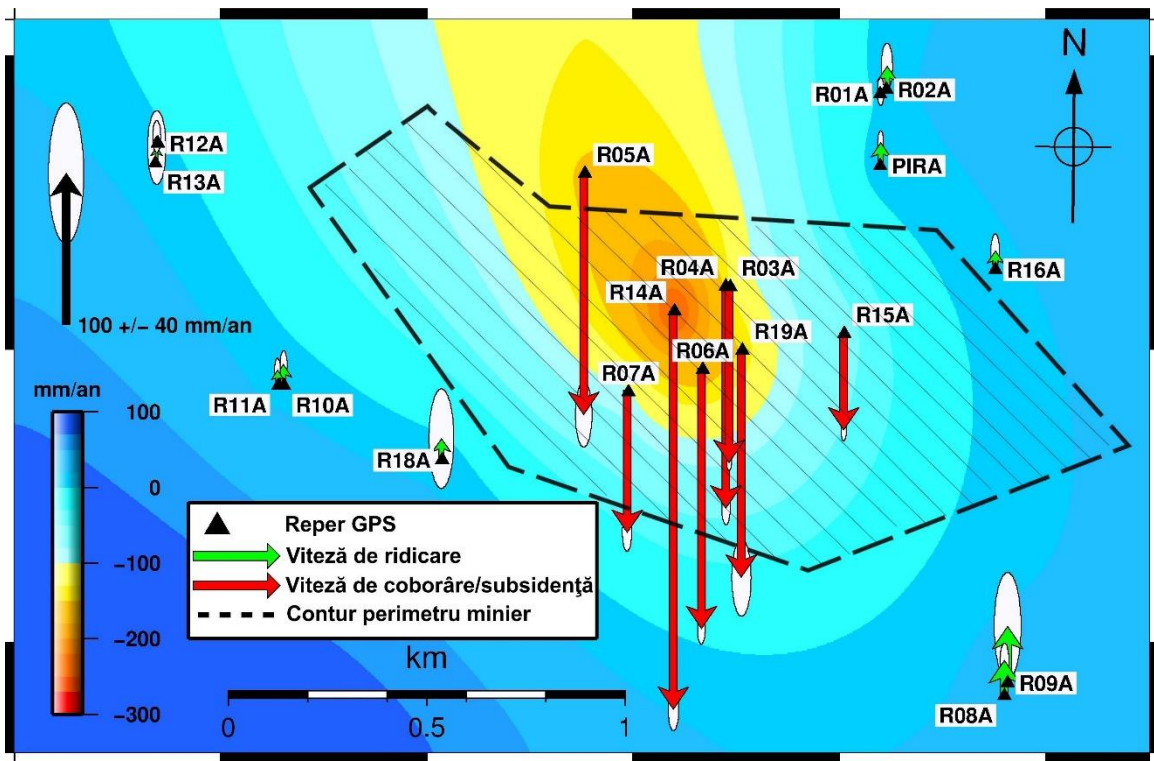


Studiul subsidenței terenurilor afectate de lucrări miniere extensive prin metode geodezice satelitare de investigație

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT



Conducător,

Prof. dr. ing. Victor Mocanu

Doctorand,

Drd. ing. Alexandra Iuliana Muntean

Decembrie 2015

CUPRINS

INTRODUCERE	1
Documentare geologică	2
1. Geologia regiunii	4
1.1 Caracteristici generale geologice și tectonice ale Bazinului Petroșani.....	4
1.2 Perimetrul pilot	7
1.2.1 Câmpul minier E.M. Livezeni, Puțul Maleia	7
1.2.2 Extinderea în suprafață și adâncime a lucrărilor miniere	8
1.2.3 Tectonica zăcământului perimetrului pilot.....	8
2. Evoluția deformării unui masiv sub influența exploatărilor miniere subterane.....	9
3. Analiza factorilor care influențează procesul de deformare a suprafeței.....	10
4. Influența activității miniere asupra mediului	10
5. Metode de determinare a parametrilor de deformare și deplasare a suprafeței terestre	11
5.1 Sistemului Global de Navigație prin Satelit sau GNSS (Global Navigation Satellite System) utilizat în monitorizarea fenomenului de subsidență.....	11
6. Proiectarea rețelei geodezice satelitare în zona E.M. Livezeni, Puțul Maleia	12
6.1 Achiziția datelor GPS	14
7. Metoda utilizată în procesarea datelor	15
8. Rezultate	16
CONCLUZII	20
Bibliografie selectivă	22

INTRODUCERE

În urma exploatării subterane a zăcămintelor de substanță minerală utilă se produce deplasarea rocilor din acoperiș, afectând integritatea terenului de la suprafață. Golurile create în urma exploatării zăcămintelor de substanțe minerale utile, cu cât sunt mai mari, cu atât afectează prin scufundare, deplasare, deformare, și chiar crăpături, suprafața terenului de deasupra exploatării.

Deplasarea suprafeței este rezultatul redistribuirii tensiunilor din masivul de roci, sub influența excavațiilor subterane create de activitățile miniere, ori ca efect al asecării unor formațiuni acvifere.

Scufundarea terenului de la suprafață provoacă: pierderea de rezerve de apă potabilă, pierderea stabilității unor pilieri de protecție, alunecarea unor taluzuri datorită schimbării stării de tensiuni din masiv etc.

Pentru evaluarea calitativă și cantitativă a procesului de deplasare a rocilor în urma exploatării subterane se definesc parametrii procesului de deplasare necesari proiectării pilierilor de siguranță sau stabilirii măsurilor de protecție necesare protejării construcțiilor și obiectivelor de pe teren.

Parametrii procesului de deplasare se stabilesc în urma măsurătorilor efectuate în stații de urmărire a deplasării terenului. Evoluția fenomenului de deplasare și deformare a terenului depinde de parametrii caracteristici ai masivului de rocă, ai zăcământului și de factorii tehnico - minieri. Toți acești factori dau un mod de comportare unic pentru fiecare zăcământ în parte.

Studiul influenței exploatării subterane asupra suprafeței este necesar pentru punerea în evidență a fenomenului de mișcare și luarea măsurilor de protejare a obiectivelor executate la suprafață și chiar a suprafeței însăși.

Prezenta teză de doctorat prezintă studiul deplasărilor verticale și orizontale în terenurile de deasupra și din imediata vecinătate a zonelor miniere exploatare intensiv, nerațional și cu lucrări de foarte lungă durată. Acestea reprezintă o componentă importantă a evaluării majore la care sunt supuse ariile industriale și de locuit în zone puternic afectate de activități miniere puțin controlate ca dezvoltare spațială, în contextul socio-economic din aceste areale. Cazul bazinului minier Petroșani este notoriu din acest punct de vedere, ca să nu menționăm dezastrul de la Ocnele Mari sau cel de la Ocna Mureș.

Această investigație nu s-a putut realiza profesional decât studiind zona de interes pe o perioadă lungă de timp, cu tehnologii satelitare de tip Sistem Global de Poziționare (GPS). Acest sistem de determinare satelitară are ca principiu determinarea coordonatelor punctului în care se staționează cu o antenă specială prin recepționarea semnalelor provenite de la un sistem de 24 de sateliți care navighează la altitudinea de 22.200 m. Având traiectoriile cunoscute, se pot determina coordonatele x și y cu o precizie excelentă, de ordinul a câțiva mm, care crește până la sub 1 milimetru, dacă durata staționării este semnificativă. Precizia pentru coordonata z (cotă) este însă mai mică, de cca. 4-5 mm, funcție de durata staționării în punct.

Rezultatele obținute în prezenta lucrare pot fi integrate în contextul preocupărilor actuale privind monitorizarea globală a mediului. De asemenea, rezultatele obținute în urma utilizării metodei GYPSY/OASIS constituie o bază de plecare pentru realizarea unor hărți cu vectorii deplasării suprafeței la nivel local, deplasări care poate avea urmări severe asupra zonelor miniere, dar și asupra comunității din zonă, asupra arterelor de circulație, podurilor, pădurilor, plantațiilor și altor obiective agro-economice. Aceste deplasări pot deveni adevărate catastrofe pentru detaliile naturale (lacuri, râuri).

Documentare geologică

Istoric

Mineritul și agricultura reprezintă două activități umane timpurii, care au avut un rol fundamental în dezvoltarea și sustenabilitatea omenirii.

Primele informații legate de minerit datează cu mii de ani î.e.n. Urmele istorice arată că fenicienii (1200 î.Hr. – 539 î.Hr.) cunoșteau fabricarea armelor din fier (Popa, 1961).

De-a lungul timpului, Bazinul Petroșani a fost studiat de diverși autori.

Primele observații făcute asupra zăcămintului de cărbuni din Valea Jiului au fost consemnate în anul 1782, când acesta s-a aprins în zonele de afloriment și a ars multă vreme, observația fiind făcută de mineralogul Benkö Janos (Portal Valea Jiului).

O alta informație legată de prezența și utilizarea cărbunilor datează din anul 1788, pe vremea imperiului austro-ungar, acești cărbuni fiind folosiți în una din campaniile împotriva imperiului otoman (Almașan, 1984).

Primele lucrări de prospecțiune au început în anul 1835, când au fost puse în evidență rezerve mari de cărbune (Portal Valea Jiului).

D. Stur (1863) a oferit referințe geologice asupra cărbunilor din orizontul 2, rocilor sterile dintre stratele lor și a 5 specii de plante și 5 de fosile descoperite (Pop, 1993).

Staub (1887) este autorul primei lucrări despre Valea Jiului (Bazinul Petroșani), intitulată: „Die aquitanische Flora des Zsilthales ” (Pop, 1993).

Pe baze litofaciale și biofaciale, K. Hofmann (1870), dispune o orizontare reușită a depozitelor din bazin sub numirile de „Orizont bazal”, „Orizont Productiv” și „Orizont Superior”, orizontare valabilă și astăzi. Tot lui Hofmann i se datorează și noile determinări de macrofloră (4 specii) și de macrofaună (30 specii, unele nou create), precum și stabilirea pe baze paleontologice (faună) a vârstei depozitelor studiate, ca oligocenă (Pop, 1993).

În 1897 L. Mrazec a separat în Carpații Meridionali cele două mari grupe de cristalin sub denumirea de „grupa I” și „grupa II”, grupe extinse și în bordurile bazinului Petroșani, precum și în fundamentul său (Pop, 1993).

Gh. Murgoci (1905) emite ipoteza conform căreia cristalinul I a lui Mrazec este încălecat peste cristalinul II sub forma unei pânze de șariaj numită „pânza getică”, încălecare și pânza ce se văd și în bordurile Bazinului Petroșani.

Al. Codarcea (1942) aduce noi precizări asupra tectonicii Carpaților Meridionali susținând, ca și Murgoci, că cristalinul I, numit de el „getic”, împreună cu cuvertura sa sedimentară paleomezozoică este încălecat peste cristalinul II, acesta numit danubian și cuvertura lui sedimentară paleomezozoică sub formă de pânza de șariaj, „pânza getică”, acesta fiind vizibil și în bordurile bazinului Petroșani. De asemenea, arată formarea depresiunilor intramontane, între care și cea a Petroșaniului: adică prin încrețirea sub formă de falduri a suprafeței pânzei getice în timpul paroxismului său maxim produs către sfârșitul Cretacicului superior (Pop, 1993).

Gh. Voicu (1950, 1954) întreprinde primele cercetări micropaleontologice în bazin, identificând cele 3 orizonturi ale lui Hofmann și mai completează 2 în regiunea Sălătruc, la toate 5 dându-le denumiri după litofaciesuri: 1. orizontul argilo-conglomeratic inferior, 2. orizontul marno-argilos inferior sau orizontul productiv, 3. orizontul greso-conglomeratic inferior, 4.

orizontul marno-argilos superior și 5. orizontul gresos-conglomeratic superior. Pe baza rezultatelor obținute atribuie tuturor depozitelor din cele 5 orizonturi vârsta oligocenă, pentru ca apoi, (în anii 1981-1982), cea de badeniană (Pop, 1993).

I. Mateescu (1956, 1964, 1972) studiază foarte amănunțit compoziția petrografică a cărbunilor din bazin (Câmpul lui Neag, Uricani, Lupeni, Dîlja) și indică multe specii de plante din care s-au născut cărbunii studiați, pe care îi consideră autohtoni (Pop, 1993).

A. Dobrescu și R. Sîrbu (1971) studiază mineralele grele (zircon, granați, epidot, disten, staurolit, silimanit, turmalină, hornblendă, zoizit, opacite) din depozitele Cretacicului superior din ramele de nord-est și sud-est ale bazinului (Pop, 1993).

Pentru cunoașterea în detaliu a condițiilor de zăcământ au fost efectuate, de-a lungul timpului, prospecțiuni și explorari de mare detaliu pe o suprafață de 232 km², 565 000 m foraje în 742 locații, un important volum de lucrari miniere și un număr mare de studii și analize complexe (Almășan, 1984).

1. GEOLOGIA REGIUNII

1.1 Caracteristici generale geologice și tectonice ale Bazinului Petroșani

Bazinul carbonifer Valea Jiului numit și Bazinul Petroșani este situat în partea de sud-vest a României, în județul Hunedoara, între latitudinea nordică de 45°17' - 45°22' și longitudine estică 23°13' - 23°33'. Acesta este înconjurat de munții Retezat, Parâng, Vulcan și străbătut de cei doi afluenți mari ai Jiului: Jiul de Vest și Jiul de Est. Are o suprafață de 163 km² având o lungime de 45 km și o lățime de 2 km, la vest, 9 km, la est și se prezintă sub forma unei depresiuni triunghiulare, fiind orientat aproximativ NNE-SSV (Pop, 1993).

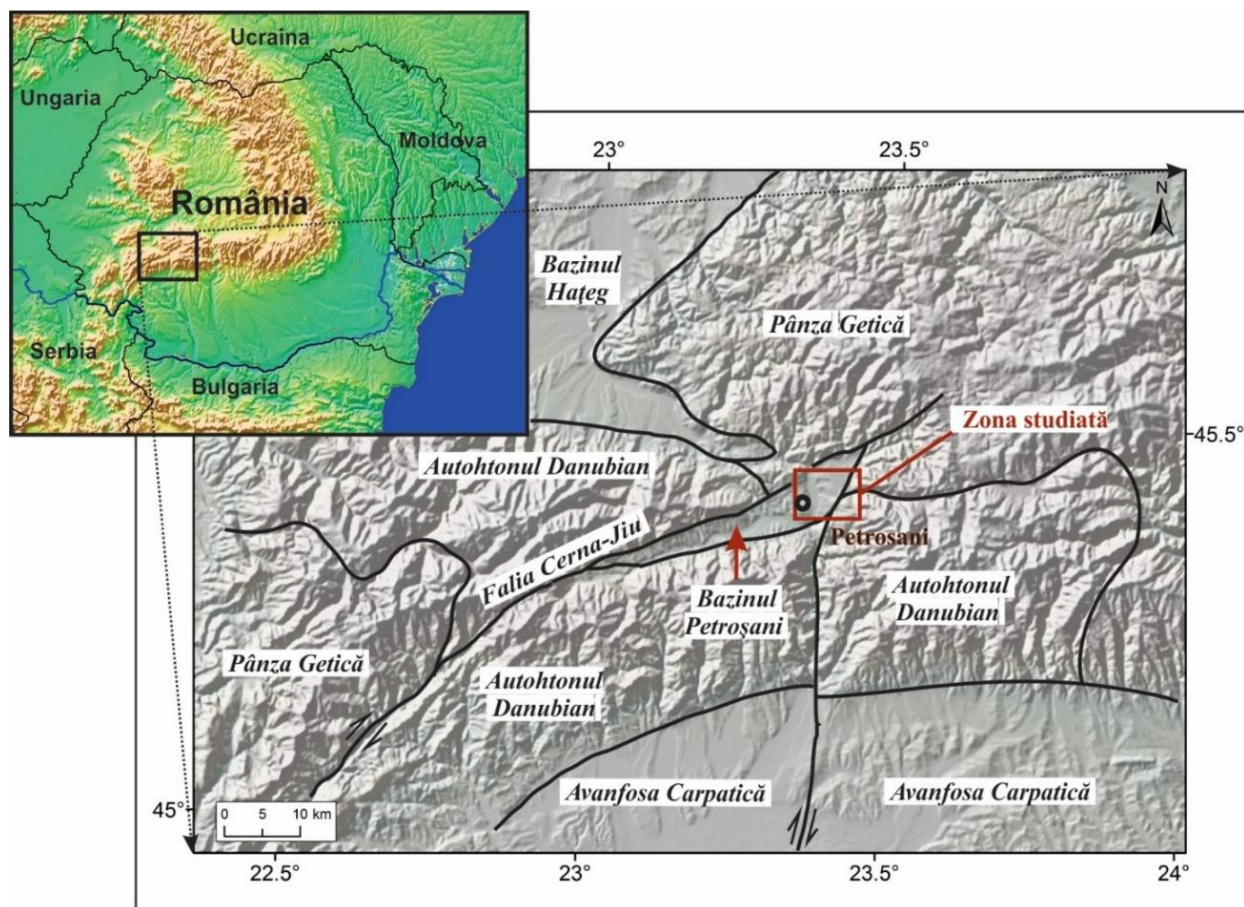


Figura 1.1 Inserția arată poziția bazinului Petroșani pe teritoriul României, precum și unitățile tectonice majore. Dreptunghiul roșu indică zona studiată, E.M. Livezeni, Puțul Maleia, bazinul Petroșani

Din punct de vedere morfologic bazinul constă din numeroase dealuri înalte (750 peste 900 m), separate de văi adânci, afluate ale celor două Jiuri, precum și din mai multe terase (1-5 nivele), succedate de frecvente șesuri aluviale (de întinderi variabile) răspândite în lungul râurilor mai importante (Pop, 1993).

Importanța bazinului este deosebit de mare atât din punct de vedere științific, prin mulțimea și varietatea de date geologice pe care le conține, cât și economic, prin cantitatea mare de cărbune superior (huilă) din compoziția sa (Pop, 1993).

Depresiunea Petroșani este plasată la contactul dintre Pânza Getică și Autohtonul Danubian. Aceasta a evoluat ca un golf al Bazinului Transilvaniei și s-a format în Paleogen (având formațiuni dezvoltate cu precădere în Eocen). Umplutura propriu-zisă a depresiunii este formată din depozite de vârstă paleogenă și neogenă (Proiect CEEEX 722/2006).

Bazinul este dezvoltat pe un fundament cristalin, cu o ramă discontinuă de calcare jurasice și de depozite cretacice. Bazinul Petroșani are un fundament alcătuit din șisturi cristaline și din calcare mezozoice, peste care apar formațiuni Oligocene acvitiene, burdigaliene, tortoniene și sarmațian-pliocene (Lupei, 1968).

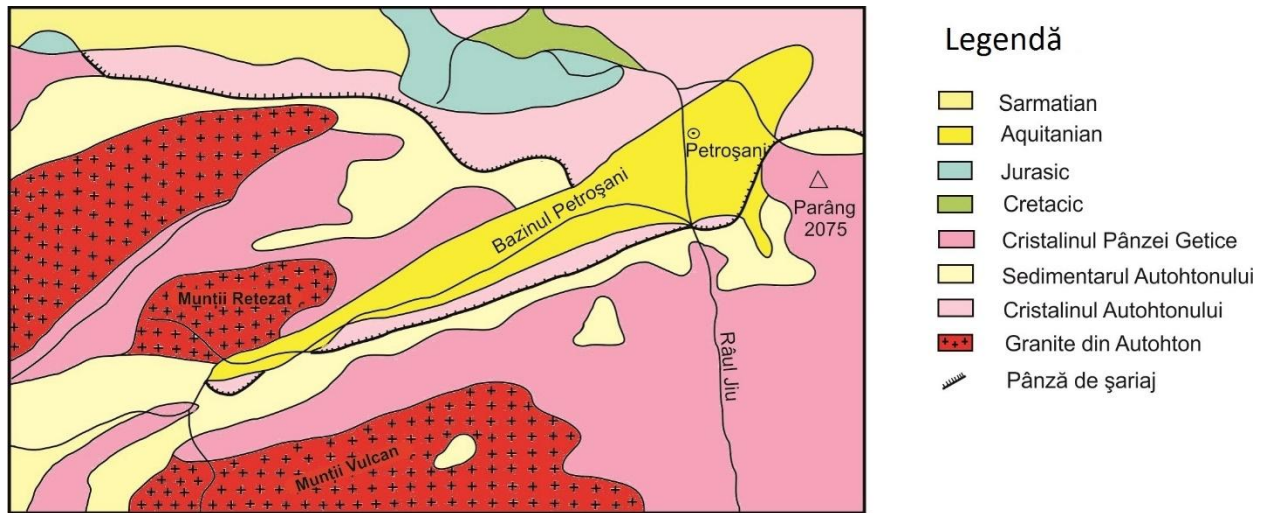


Figura 1. 2 Schița geologică a bazinului Petroșani (după N. Gherasi și Gh. Manolescu)

Formațiunile sedimentare de pe flancul sudic al Bazinului Petroșani repauzează pe roci ce aparțin seriei metamorfice de Sebeș – Lotru (de vîrstă Austriacă) din cuprinsul Pânzei Getice (Proiect CEEEX 722/2006).

Din punct de vedere tectonic, Bazinul Petroșani ia forma unui sinclinal puternic fracturat, mai ales pe flancuri. Un sistem de falii majore orientate de-a lungul bazinului (pe direcție vest – est) delimitează sinclinalul astfel încât depresiunea apare ca un graben. Un al doilea sistem de falii compartimentează umplutura sedimentară a bazinului în numeroase blocuri decroșate unele peste altele, atât pe verticală cît și pe orizontală. Flancul nordic al bazinului este reprezentat de o falie inversă din cuprinsul sistemului Cerna – Jiu (Proiect CEEEX 722/2006).

Bazinul Petroșani s-a deschis ca o structură tranzitorie, de tip pull-apart, de propagare spre nord-est, de-a lungul sistemului de falii Cerna – Jiu care s-a deschis ca o caracteristică convexă, nord - vestică, transtensională datorită promontoriului Moesic. Îngustarea oroclinului carpatic și/sau rearanjarea geometriei microplăcilor în timpul formării sistemului Bazinului Pannonic au condus la o dezvoltare pe scară largă, de tip dextră, de-a lungul marginii nordice a Moesiei. Compresiunile de vîrstă pliocenă pe direcție nord – sud reflectă restrîngerea sistemului Carpat,

inainte ca actuala convergență dintre Europa și Africa să fie transferată înspre Mediterana. Rotația sistemelor liniare în jurul "colțului" moesic este determinată pe cale paleomagnetică (Ratschbacher et al., 1993).

1.2 Perimetrul pilot

1.2.1 Câmpul minier E.M. Livezeni, Puțul Maleia

Din punct de vedere minier, întreg bazinul este împărțit în câmpuri de exploatare miniere: Câmpul lui Neag, Valea de Brazi, Hobiceni, Uricani, Bărbăteni, Lupeni, Vulcan, Paroșeni, Aninoasa, Dîlja, Petrila, Livezeni, Lonea, Sălătruc, Jieț (Pop, 1993).

Perimetrul de exploatare Livezeni este amplasat în partea estică a bazinului Petroșani și este mărginit de perimetrele miniere Petrila și Petrila Sud în partea nordică, Sălătruc la Sud, Dâlja la Vest și Lonea la Est.

În 1914 se fac primele sondaje în câmpul minier Livezeni⁵⁸, sondaje care vor fi reluate între anii 1955-1956. Începând cu anul 1967 se lucrează la deschiderea minei Livezeni, prin deschiderea Puțului Est. Prima capacitate de producție de la Livezeni a fost pusă în funcțiune în august 1972 – an în care mina a produs 50.000 tone de carbune. (Portalul Valea Jiului).

Domeniul de activitate pentru Livezeni este prepararea huilei. Perimetrul se extinde pe o suprafață de 2.4 hectare, incluzând incinte miniere, halde de steril și alte activități auxiliare. Activitatea de producție a fost sistată în 1990. Asociat activității miniere este o haldă de steril, conținând 243.000 metri³ cubi de steril. În zonă nu sunt iazuri de decantare asociate activității miniere. Cea mai apropiată comunitate este Petroșani situată la 200 m de mină, având 50.000 locuitori, iar cursul de apă cel mai apropiat este Raul Jiu, situat la 10 m de limitele câmpului minier. Apele de mină nu curg liber din lucrări miniere la suprafață (www.icpm.ro).

Perimetrul de exploatare Livezeni, este în subordinea Societății Naționale a Huilei, având licență de exploatare valabilă până în anul 2023. În zona estică a perimetrului, aflată în exploatare, efectele la nivelul suprafeței terenului sunt active și restricțiile de construire trebuie să fie menținute. Orice proiect de dezvoltare spre est a intravilanului ar presupune o extindere a pilierului de protecție, lucru care va trebui să fie temeinic analizat de tehnicienii SNH (www.icpm.ro).

E. M. Livezeni deține mai multe incinte, din care: incinta principală Livezeni cu puțurile: Principal (cu schip), Auxiliar (transport) și Orb nr. 6 - care deservește activitatea din perimetrul

minier Isroni și Incinta Maleia cu puțurile: Nr. 1 (aeraj), Nr. 2 (aeraj), Auxiliar Est (rambleiat) (Proiect CEEEX 722/2006).

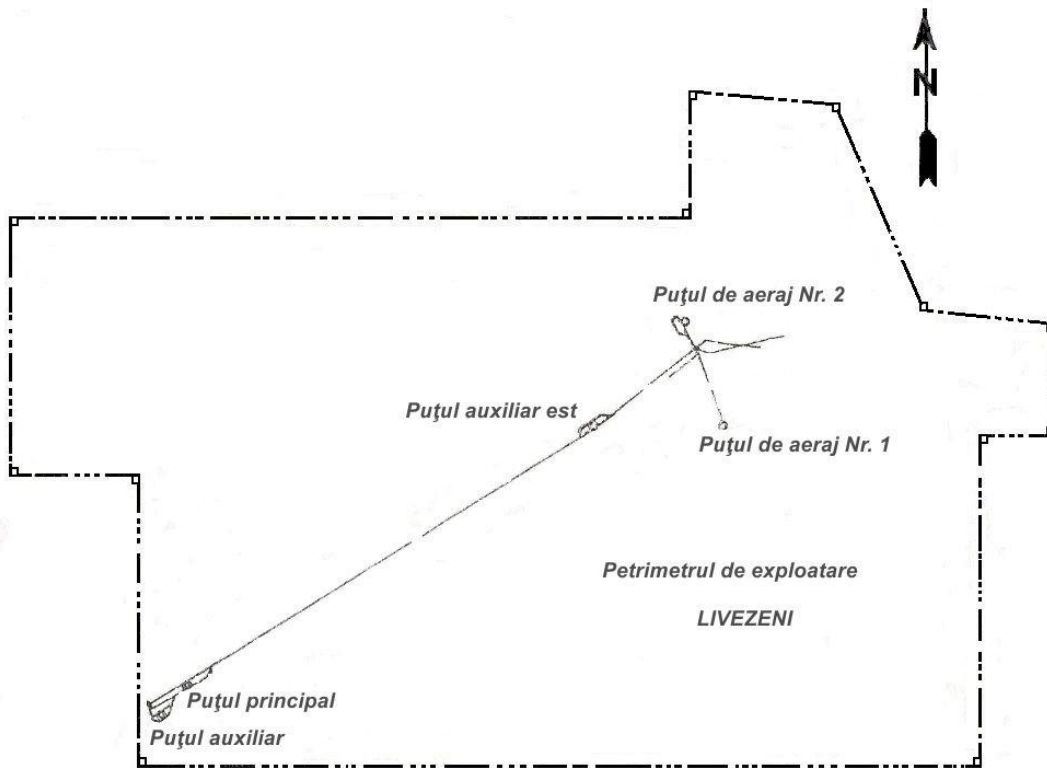


Figura 1.3 Schema deschiderii minei Livezeni (după Almășan B., 1984)

1.2.2 Extinderea în suprafață și adâncime a lucrărilor miniere

Lucrările miniere principale din blocul VI A au fost executate la orizonturile 575 pentru stratul 5 și 475 și 350 pentru stratul 3. Extinderea în suprafață a lucrărilor miniere pentru blocul VI A este: 550 m pe direcția N-S și 620 m pe direcția E-V. Lucrările miniere sunt situate la adâncimi cuprinse între 290 și 415 m (Proiect CEEEX 722/2006).

1.2.3 Tectonica zăcământului perimetrului pilot

Sub aspect tectonic, perimetrul se înscrie în ansamblul tectonic al bazinului Petroșani, fiind situat în zona estică a acestuia.

Structural, se caracterizează prin prezența unei cute anticlinale, cu zona de maximă ridicare a depozitelor în extremitatea nord - estică.

În partea nord - estică și în vest, depozitele se afundă spre sinclinalul Dâlja-Petrila, iar la sud și sud-est coboară brusc, formând flancul nordic al sinclinalului Sălătruc.

Din lucrările de exploatare rezultă că stratele 3, 4, 5, 7, 12 și 13 prezintă continuitate de sediment pe întreaga suprafață a câmpului minier, restul stratelor având un caracter lenticular și variații mari de grosime. Stratele groase se efilează spre sud-est, iar stratul 13 are tendință de îngroșare de la est spre vest (Almașan, 1984).

Elementele tectonice rupturale sunt foarte numeroase și complică structura zăcământului. Ele produc discontinuitatea stratelor atât pe orizontală cât și pe verticală. Se remarcă prezența a două sisteme principale de falii, cu orientare NNV-SSE și ENE-VSV, respectiv falii longitudinale și falii transversale.

În general, faliile prezintă variații în ceea ce privește pasul, unghiul de înclinare, deplasarea compartimentelor de acoperiș și culcuș, pe verticală și orizontală. Se întâlnesc preponderent falii normale.

În zona Livezeni, se remarcă coborârea în trepte a formațiunilor, cu înclinări generale cuprinse între 10° - 15° spre sud vest. În zona Iscroni compartimentele se afundă către N-NV, cu înclinări cuprinse între 5° - 10° (Proiect CEEEX 722/2006).

Informațiile prezentate privind tectonica zăcământului au fost preluate din proiectul CEEEX 722/2006.

2. Evoluția deformării unui masiv sub influența exploatarilor miniere subterane

În Capitolul 2 se prezintă modul de comportare al unui masiv în urma extragerii unui zăcământ de substanță minerală solidă, principalele categorii de solicitări și deplasări (deformații) care pot însoți fenomenul și rezultatul acestor deplasări care provoacă apariția unor deranjamente sau chiar scufundări ale suprafeței terenului.

3. Analiza factorilor care influențează procesul de deformare a suprafeței

În Capitolul 3 se prezintă principalii factori care influențează procesul de deformare al suprafeței, și anume: factorii fizico-mecanici și reologici ai rocilor, adâncimea de exploatare, forma geometrică a stratelor, dirijarea presiunii și factorii derivați.

4. Influența activității miniere asupra mediului

Unul din efectele negative ale activității miniere este subsidența terenului. De obicei acest fenomen are loc în timpul activității miniere dar apare și ca un efect secundar, sub forma de deformații, după încetarea activității. În general, subsidența minieră este o deplasare pe verticală a suprafeței terenului cauzată de un fenomen natural sau un factor antropoc. Subsidența poate avea un caracter continuu, discontinuu sau o combinație a ambelor. Poate apărea uniform pe o arie largă sau poate apărea local, ca o depresiune sau un gol, separat de zone care nu au fost afectate de subsidență. Este un proces spațio-temporal complex, fiind comun în depozitele de sedimentare, unde sunt localizate majoritatea minelor de cărbune și sare. În unele cazuri efectele subsidenței sunt severe, incluzând distrugerea clădirilor, infrastructurii și sistemelor de drenare.

O descriere a mecanismului subsidenței este făcută de Galloway et al. (1999). Acest fenomen poate fi monitorizat folosind diferite tehnici, cum ar fi: măsurători de nivelment, măsurători GPS (Sistem Global de Poziționare) și Interferometrie (InSAR).

În România, au avut loc fenomene de subsidență la mai multe exploatări subterane, atât în domeniul exploatării zăcămintelor de cărbuni (bazinul miner Motru, Petroșani) cât și în domeniul exploatării zăcămintelor de minereuri (minele de minereuri Ghelar, Muncelu, Baia de Arieș).

Onica et al. (2006) a studiat cazul zăcămintului de sare gemă, de la Ocele Mari (Vâlcea). În urma exploatării prin dizolvarea cinetică a camerelor, principalul efect negativ apărut a fost dizolvarea pilierilor și unirea camerelor de dizolvare în câmpul II de exploatare și a sondelor S401 și S405, din câmpurile I și II.

Ca urmare, la porțiunea superioară a golurilor de dizolvare aferente sondelor S366, S367, pe o înălțime medie de cca 45 m, procesul de dizolvare s-a desfășurat necontrolat, având drept

consecință formarea unor caverne cu dimensiuni orizontale de 10,5 ha și un volum de 2,5 milioane m³ de saramură.

După exploatarea celor trei câmpuri au apărut, în timp, fenomene cu impact negativ asupra suprafeței terenului: scufundări, denivelări, fisuri și crăpături ale terenului (afectarea clăririlor); impregnarea terenului cu saramură și motorină (utilizată ca fluid izolat în procesul tehnologic de exploatare), ca urmare a pierderii etanșității unor sonde și a scurgerilor accidentale.

Lasc (2013) a efectuat un studiu în perimetrul minier Ocna Mures, județul Alba, unde în apropierea sondei S123 s-a format un con în profunzime, în care s-a surpat magazinul Plus și, astfel, s-a creat un lac plin de saramură, al cărui diametru a crescut de la 10 m la 70-90 m la orele înserării.

Conform lui Lasc (2013) acest incident s-a produs ca urmare a amplasării magazinului Plus cu cel puțin 10 m în interiorul perimetrului impropriu construcțiilor, precum și a fenomenului natural de dizolvare lentă a sării, cauzat de aflusul de apă dulce din râul Mureș și din precipitații, în interiorul perimetrului minier. Stabilitatea suprafeței nu a fost afectată de activitățile miniere de exploatare a sării în subteran.

Singura lucrare legată de zona studiată în această teză, aparține lui Dragomir și Herebei (2012). Autorii acestei lucrări afirmă că monitorizarea unei astfel de zone este importantă și se vorbește despre utilitatea folosirii Sistemului Informațional Geografic (GIS) ca metodă de monitorizare. Studiul nu prezintă nicio informație numerică.

5. Metode de determinare a parametrilor de deformare și deplasare a suprafeței terestre

5.1 Sistemului Satelitar de Navigație Globală (GNSS - Global Navigation Satellite System) utilizat în monitorizarea fenomenului de subsidență

Metoda geodezică utilizată în cazul E.M. Livezeni, Puțul Maleia, bazinul minier Petroșani este metoda sistemului global de navigație prin satelit (GPS). În cele ce urmează se va face o descriere pe scurt a acestui sistem.

GPS-ul s-a dezvoltat sub coordonarea Joint Program Office din cadrul U.S. Air Force Command's, Los Angeles Force Base. Primul satelit GPS a fost lansat în 1978, sistemul fiind

disponibil la nivel global din 1994, iar în România după 1992. La origine este un sistem de poziționare realizat în scopuri și pentru utilizare militară, care a devenit în scurt timp accesibil și sectorului civil (Păunescu et al., 2011).

GPS-ul funcționează pe principiul recepționării de către utilizator a unor semnale radio emise de o constelație de sateliți de navigație specializați, care se mișcă în jurul Pământului pe orbite circumterestre.

Tehnologia GPS are o mare aplicabilitate în domeniul geodeziei și geodinamicii, prin realizare unor rețele geodezice la nivel global și național, la determinarea deplasării plăcilor tectonice, precum și contribuții la determinarea formei și dimensiunilor Pământului și a câmpului său gravitațional (Păunescu et al., 2011).

Constelația de sateliți GPS conține un număr de 24 de sateliți (actualmente funcționează un număr de 30 de sateliți), amplasați pe orbite aproximativ circulare față de suprafața Pământului. Planurile orbitale ale sateliților au o înclinație de 55° față de planul ecuatorial terestru, sateliții evoluând la o altitudine de cca. 20200 km, câte 4 sateliți în fiecare dintre cele 6 planuri orbitale. Rotația completă a unui satelit în jurul Pământului este de 12 ore siderale, respectiv în 11 ore și 56 de minute locale, zilnic răsăritul și apusul fiecărui satelit se face cu 4 minute mai devreme. Durata de funcționare a fiecărui satelit este de cca. 7 ani, durată care, în general, a fost depășită, asigurându-se astfel o siguranță în plus în exploatarea sistemului. (Păunescu et al., 2011).

Contribuția de bază a sistemului GPS este de a furniza informații unui utilizator privind poziția în care se află, viteza cu care se deplasează și timpul (Păunescu et al., 2011).

Metoda de măsurare GPS în perimetrul minier Livezeni, Puțul Maleia, bazinul minier Petrosani, a fost cea statică, astfel că pe fiecare reper s-a staționat cel puțin 2 ore în cadrul unei sesiuni de observații, în decursul a 6 ani de măsurători efectuate în bazin.

6. Proiectarea rețelei geodezice satelitare în zona E.M. Livezeni, Puțul Maleia

Pentru măsurătorile GPS s-au construit reperi subterani din beton armat, în formă de trunchi de piramidă cu următoarele dimensiuni: 1.5 m înălțime, latura de la suprafață de 0.20 m, la subsol de 0.40 m (conform figurii 6.1). Pentru a asigura centrarea perfectă, la partea superioară a reperului s-a amplasat un șurub în care să se înfileteze perfect antena de tip GPS. Partea superioară a pilastrului este protejată cu un capac și un șurub care se înfiletează în locul antenei GPS. Reperul

este îngropat astfel încât partea superioară să fie chiar la suprafața solului. Pentru a-i asigura stabilitatea reperul acesta a fost fixat cu pământ și beton.

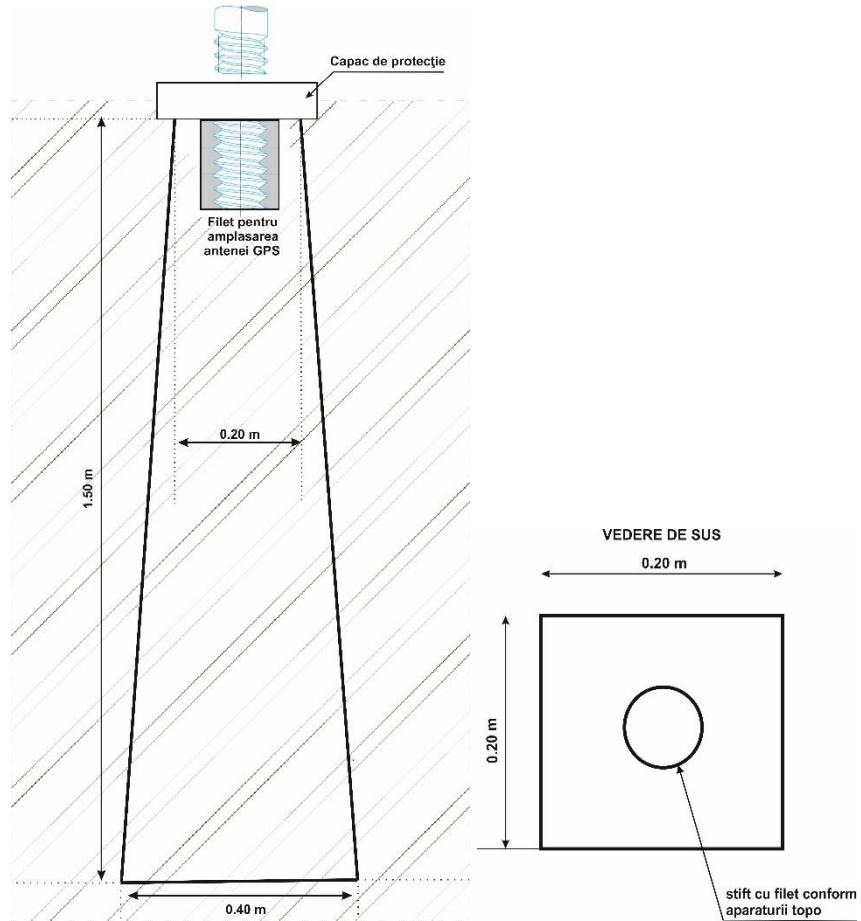


Figura 6.1 Schița unui reper GPS (stânga sus), vedere de sus a reperului (dreapta sus), poziționarea, instalarea în teren a reperilor GPS (partea de jos) (Muntean et al., 2008)

Reperii propuși au fost amplasați atât în arealul studiat, care suportă modificări pe orizontală și verticală, cât și în zone din afara arealului, considerate stabile.

Plantarea reperilor s-a realizat în cursul lunii noiembrie 2006. Din acest motiv nu au fost efectuate măsurători în cursul anului 2006, reperii urmând a se stabiliza cel puțin o jumătate de an.

Tipul de repere este detaliat în figura 6.1. Avantajul îl reprezintă faptul că reperii sunt stabili pe termen îndelungat și asigură permanență în timp. Nu este nevoie de marcaj subteran deoarece refacerea punctului nu ar asigura precizia necesară determinărilor.

6.1 Achiziția datelor GPS

Scopul principal al studiului este de a obține rezultate cu un grad de încredere ridicat privind deplasarea și deformarea terenului din zona exploatării miniere Livezeni, Putul Malei, bazinul Petroșani, deoarece această zonă nu a fost monitorizată în trecut.

În acest scop a fost creată o rețea densă de repere geodezici pentru a putea monitoriza zona prin măsurători GPS, pe o perioadă mai lungă de timp.

Ca și amplasare zona studiată este situată în partea estică a bazinului minier Petroșani, iar din punct de vedere administrativ, perimetrul se situează pe teritoriul județului Hunedoara, în zona limitrofă orașului Petroșani.

Rețeaua GPS constă din 18 repere, notați R01A....R19A, și un vechi reper geodezic din zona, PIRA.

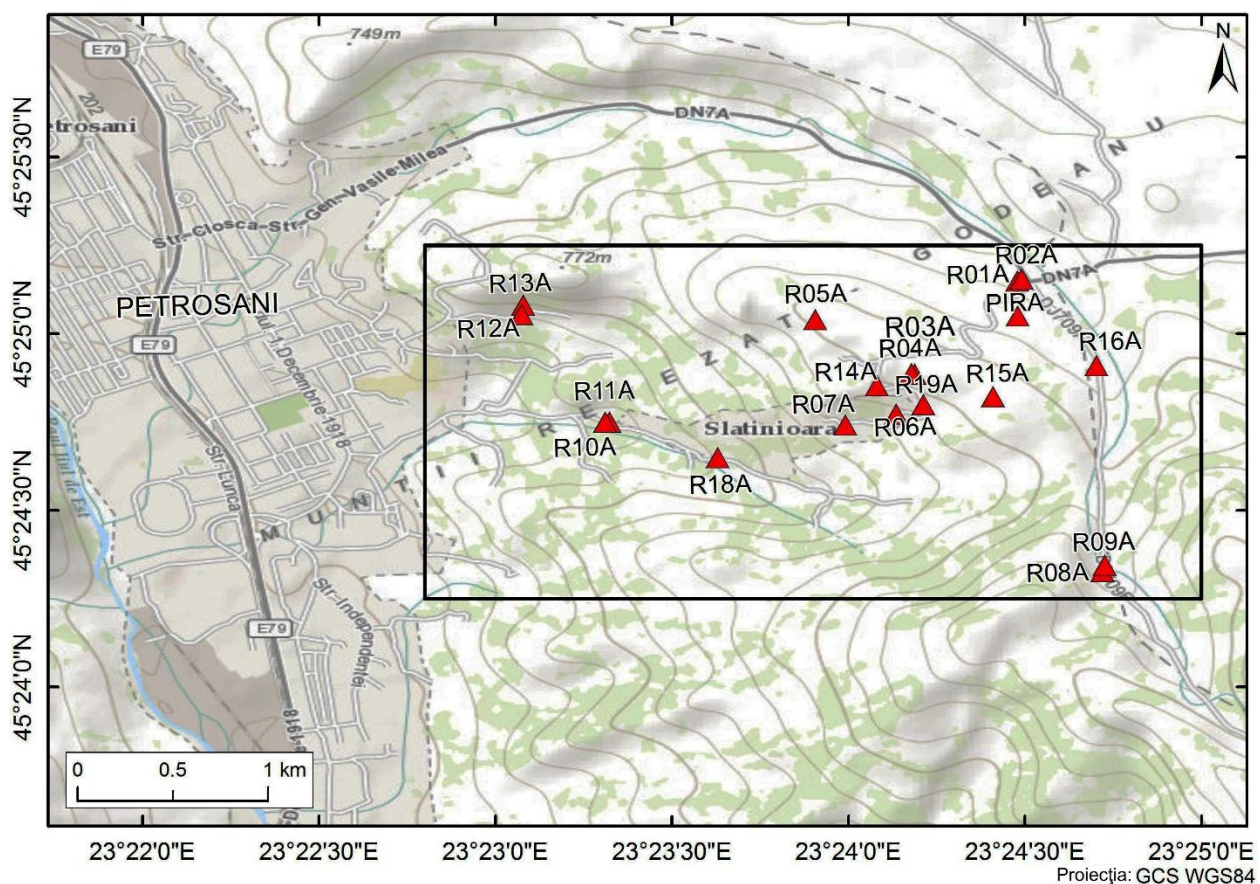


Figura 6.2 Amplasarea reperilor GPS (după Toma Dragoș, comunicare personală)

În primii ani de măsurători aceste puncte au fost staționate atât cu trepid cît și cu un sistem de centrare forțată (placută triunghiulară, cu o tijă de 12 cm) a antenei, precum și cu receptoare GPS de tip Leica și Topcon. În campaniile de măsurători efectuate în perioada 2009-2012 au fost utilizate doar sisteme de centrare forțată a antenei și receptoare Leica 500.

7 . Metoda utilizată în procesare datelor

Datele GPS achiziționate în E.M Livezeni, Puțul Maleia, bazinul minier Petroșani, au fost procesate cu softul GIPSY/OASIS 6.2, folosind strategia poziționării precise pe punct (PPP) (Zumberge et al., 1997) generând soluții individuale pentru fiecare fișier de observație. Acesta este un aspect unic al softului GIPSY/OASIS (în comparație cu alte softuri,) deoarece permite analiza unui set de date fragmentat fără a avea nevoie de stații de referință. GIPSY/OASIS este un soft

care conține modele capabile să corecteze diferite efecte. Plecând de la influența segmentului uscat și umed al atmosferei până la parametri privind influența sarcinii oceanului. Modelele prezintă o acuratețe de sub 1 mm. S-au folosit produse privind orbitele și ceasurile sateliților de la Jet Propulsion Laboratory (JPL), precum și informații privind ambiguitatea, pentru a invoca ambiguitatea fixă pe stații. În primul pas se obțin rezultate într-un sistem de referință liber, denumite „non-fiducial”, apoi aceste soluții sunt transformate în sistemul internațional terestru de referință ITRF2008, folosind cei 7 parametri Helmert furnizați de JPL, la fel ca și datele privind ceasurile și orbitele sateliților. Ulterior, aceste soluții individuale ale locațiilor sunt grupate în soluții zilnice combinate. În pasul următor soluțiile zilnice obținute sunt convertite în sistemul de referință Euroasiatic stabil prin scaderea mișcării plăcii Euroasiatice față de ITRF, utilizând modelul rotației polilor. Astfel, rezultă soluții ale seriilor de timp ale poziției coordonatelor față de placa Euroasiatică. În pasul final, sunt calculate deplasările 3D utilizând regresia liniară a soluției poziției fiecărui punct individual. S-a testat această metodă la câteva stații permanente de pe placa Euroasiatică stabilă, mișcările obținute sunt aproape de zero, demonstrând validitatea metodei (Muntean et al., 2015).

8. Rezultate

Vitezele liniare estimate sunt reprezentate grafic în figurile 8.1 și 8.2 (Muntean et al., 2015). Acestea arată distribuția geografică a componentelor orizontale și verticale ale vitezelor estimate. Contururile colorate umplute din figura 8.2 reprezintă distribuția spațială a magnitudinii absolute interpolate a vitezei orizontale, variind de la un albastru deschis (viteze mici) la roșu (viteze mari).

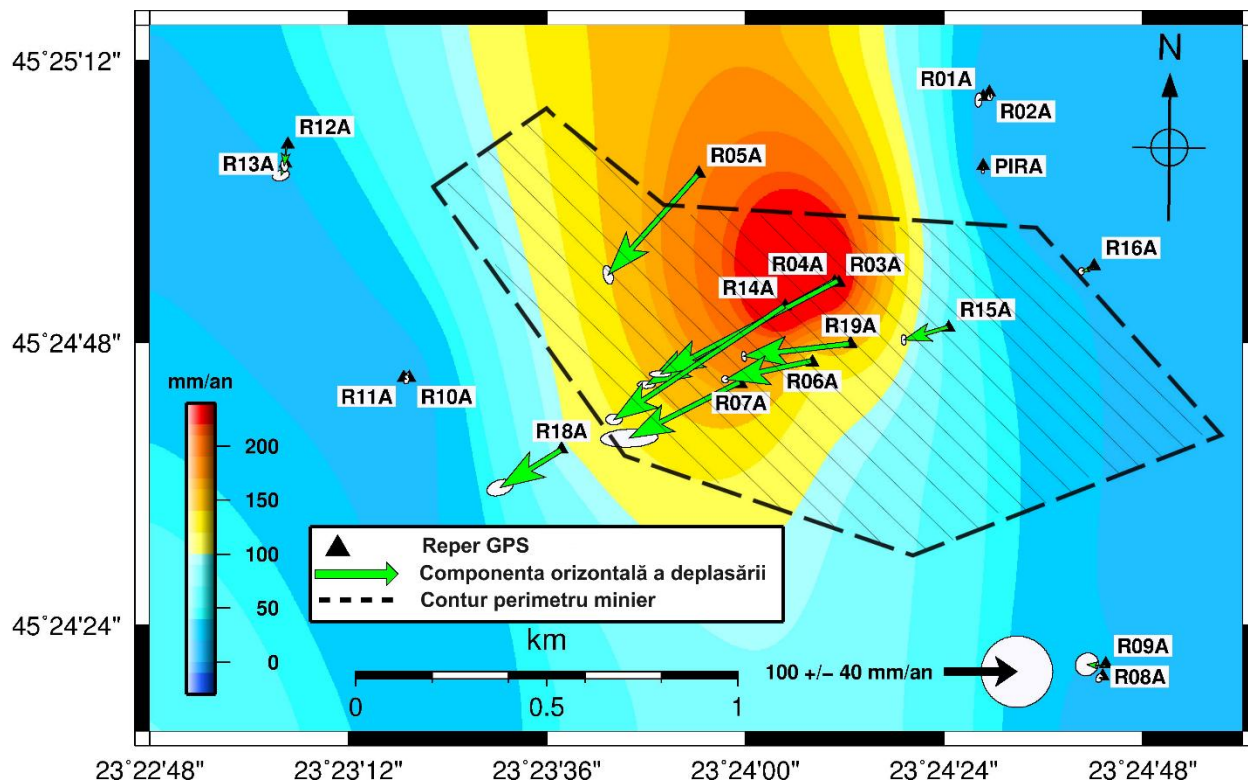


Figura 8.1 Vectorii mișcării orizontale cu elipsa erorii 2-sigma obținuți din observațiile GPS. Conturul colorat reprezintă câmpul de viteze interpolat. Conturul întrerupt, hașurat în interior, indică amplasarea perimetrului minier (Muntean et al., 2015)

În perioada Iulie 2007 – Septembrie 2008 au fost efectuate cinci campanii de nivelment. Rezultatele nu au fost publicate deoarece au fost probleme privind calitatea datelor la câteva puncte. Cu toate acestea, luând în calcul perioada scurtă de observații, doar 14 luni, rezultatele obținute pentru punctele R06A, R14A, R19A, se coreleză foarte bine cu rezultatele GPS. Acestea confirmă rata de subsidență puternică a punctelor menționate, precum și magnitudinea ratei de scufundare. Măsurătorile de nivelment confirmă de asemenea și rata mică de ridicare a punctelor R12A și R18A (Muntean et al, 2015).

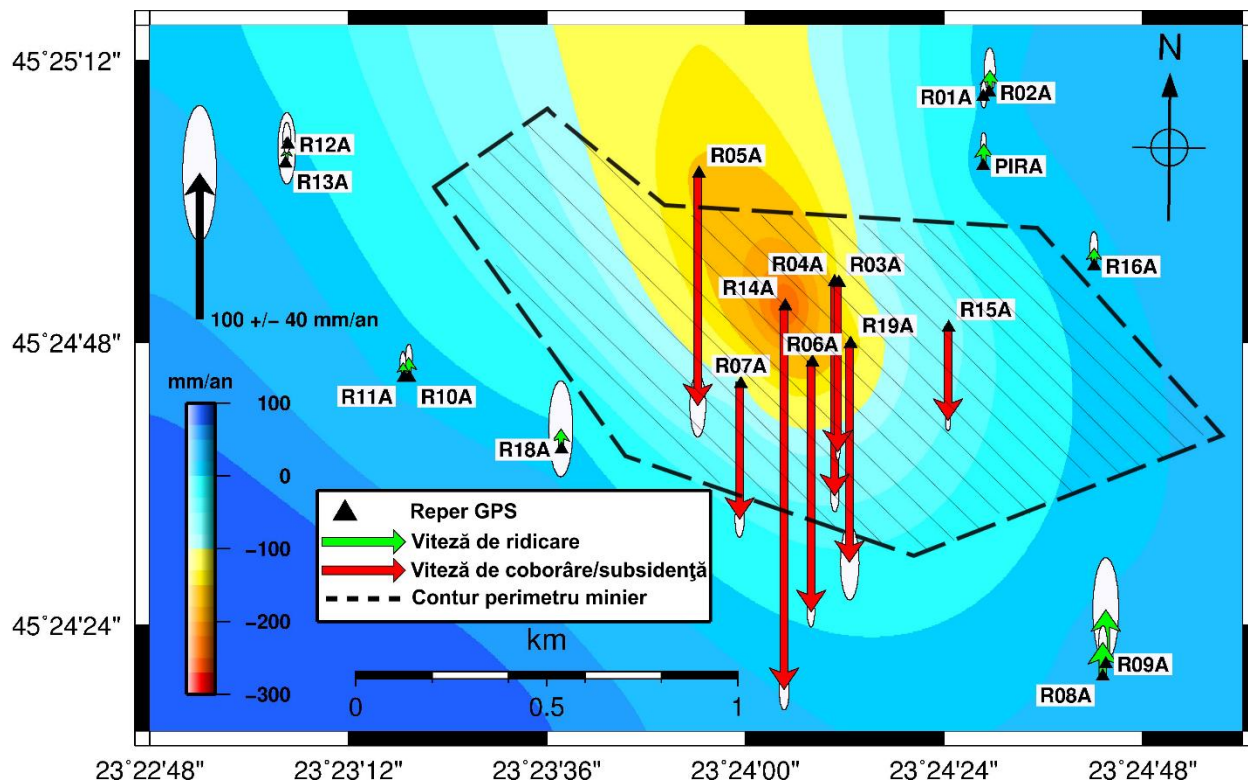


Figura 8.2 Vectorii mișcării verticale cu eroarea 2-sigma obținuți din observațiile GPS. De reținut că axele orizontale ale elipsei erorii verticale sunt toate setate ca procent al incertitudinii verticale și sunt incluse pentru a evidenția incertitudinea verticală. Conturul colorat reprezintă câmpul de viteze interpolat. Conturul întrerupt, hașurat în interior, indică amplasarea perimetrului minier

S-a făcut o corelație între activitatea seismică din zona și activitatea minieră, ca să vedem dacă există sau nu o legătură între aceste două fenomene.

În cazul E.M. Livezeni, Putul Malei, bazinul minier Petroșani activitatea seismică este una redusă, cu evenimente crustale.

După acest studiu am ajuns la concluzia, că nu există nicio legătură între activitatea seismică și galeriile miniere. Majoritatea evenimentelor seismice înregistrate în ultimii 5 ani se datorează creșterii numărului de stații seismice. Magnitudinea evenimentelor seismice este în jur de 2.3 [ML] (Muntean et al, 2014).

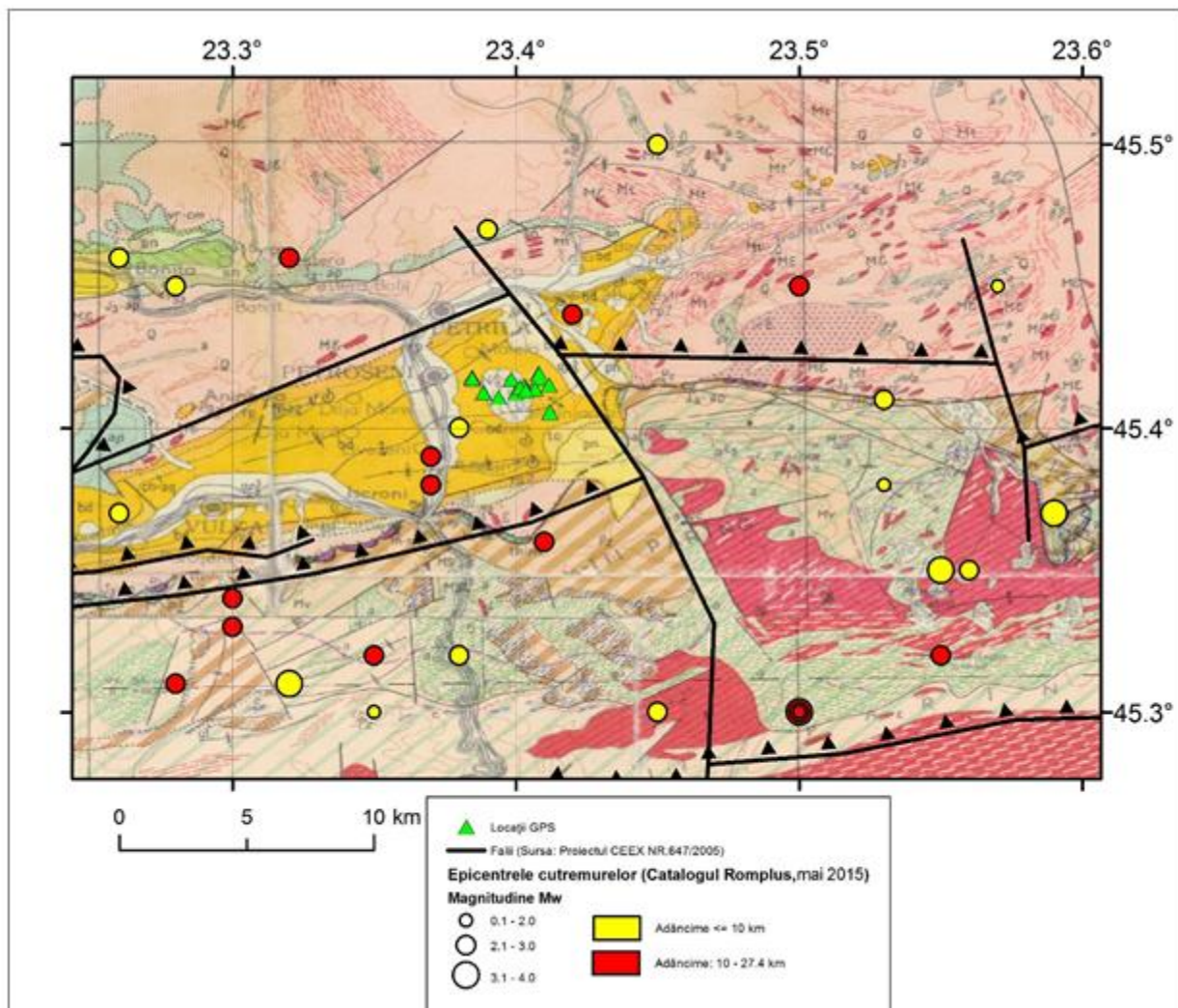


Figura 6.3 Harta geologică a României cu distribuția evenimentelor seismice în zona studiată (după Toma Dragos, comunicare personală)

CONCLUZII

Concluzia principală ce se desprinde din lucrare se referă la unicitatea studiului deoarece este pentru prima dată când fenomenul de subsidență în cazul unui bazin minier a fost monitorizat pe o perioadă lungă de timp (6 ani) iar măsurătorile au fost efectuate la un număr atât de mare de stații (19 reperi). Un studiu asemănător a fost efectuat de Dolezalova et al., în 2009 și 2010. Este clar că partea centrală a zonei studiate, situată deasupra vechilor galerii miniere, este afectată de deformații atât pe direcție orizontală cât și pe direcție verticală cu rate foarte mari de 250 mm/an. Aceste valori sunt mult mai mari decât cele publicate în studii anterioare de către Mancini et al. (2009) și Can et al. (2013), care arată rate de aproximativ 100 mm/an.

Vectorii cu o rată de subsidență mare sunt grupați în centrul perimetrului minier, în timp ce vectorii cu mișcări de ridicare sunt situați în zona exterioară perimetrului. Sectorul central, aflat în subsidență, ia forma unei depresiuni cu un diametru de aproximativ 500 m.

În contrast, punctele aflate pe marginea rețelei, în exteriorul zonei afectate de subsidență arată o ridicare consistentă, însă cu o rată mică. Surprinzător, sectorul central arată și o puternică mișcare pe orizontală pe direcție SW, cu valori absolute comparabile cu mișcările pe verticală. Punctele aflate în exteriorul rețelei par a fi fixe pe placa Euroasiatică, dacă luăm în considerare rația mică S/N pe direcție orizontală.

Subsidența din zona centrală (Figura 8.2) este cu siguranță o cauză a geologiei de suprafață, prin existența unui anticlinal a 12 strate de cărbune în culcuș. Putem spune că există o legătură între scufundarea activă, lucrările de lungă durată și rețeaua densă de galerii. Poziția reperului R05A, situat în exteriorul zonei considerate instabile, dar fiind afectat de fenomenul de subsidență cu o rată destul de mare, ne indică faptul că structura geologică se extinde dincolo de perimetrul minier afectat de subsidență. O altă explicație ar fi aceea că, comportamentul elastic al unor formațiuni sedimentare poate determina extinderea fenomenului de scufundare în exteriorul galeriilor miniere.

Așa cum am menționat, sectorul central (incluzând reperul R05A) pe componenta orizontală, arată o deplasare către VSV cu o rată de 200mm/an (Figura 6.1) Această zonă se scufundă și se înclină cu +35 grade față de componenta orizontală. Poate fi interpretat ca fiind un efect combinat între topografia locală, structura formațiunilor sedimentare și distribuția tridimensională a galeriilor miniere.

De asemenea, este important de arătat faptul că toate punctele situate în jurul arealului considerat instabil, prezintă o tendință constantă de ridicare ușoară de câțiva centimeri pe an. Interpretăm acest fenomen ca fiind răspunsul mecanic al structurilor geologice de suprafață la redistribuirile de masa, cauzate de tasări sau de forțe interne. Poate fi „water bed”, un efect similar ca cel descris de Can et al. (2012).

Ca și concluzie, putem spune că am atins telul ales, și anume obținerea măsurătorilor de o calitate înaltă a deplasărilor orizontale și verticale cauzate de activitatea minieră din exploatarea minieră Livezeni, Puțul Maleia, bazinul Petroșani. Am arătat că se pot obține rezultate după mini-campanii GPS scurte, făcute la un interval de un an de zile. Rezultatele sunt concludente și de o bună calitate. Am arătat că partea centrală situată în apropierea vechilor galerii miniere este afectată de fenomenul de subsidență, luând forma unui castron cu un diametru aproximativ de 500m. Rata maximă de subsidență este de 250 mm/an, în timp ce zona marginală prezintă o ușoară tendință de ridicare cu o rata maximă de 40 mm/an. De asemenea, am obținut valori destul de mari, de aproximativ 300 mm/an, ale deplasării componentei orizontale în zona centrală. Direcția de deplasare este constantă, dacă luăm în calcul și deplasarea pe componenta verticală și se poate trage concluzia că, zona este afectată de fenomenul de alunecare de teren.

Este foarte clar că aceste deformări ale suprafeței pot determina apariția hazardului în zona. Din fericire, zona nu este populată sau traversată de infrastructuri importante. Credem că este important ca zona să fie monitorizată în continuare pentru a urmări evoluția deplasărilor crustale prin măsurători de GPS și chiar prin măsurători de nivelment. De asemenea, ar fi util instalarea unei stații permanente GPS în zona centrală, pentru a detecta posibilele variații temporale ale mișcării de suprafață. Întrucât nu am avut acces la unele informații (nivelul apei subterane, informații privind galeriile abandonate, perioada de minerit) nu s-au utilizat rezultatele pentru modelare.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

Almașan, Bujor, 1984. Exploatarea zăcămintelor minreale din România. Editura Tehnică, București, 494 p

Anghiuș, S. 2002 Studiul deplasării suprafeței sub influența exploatării subterane a zăcămintelor de lignit din bazinul Olteniei, Teză de doctorat, Petroșani.

Fodor, Dumitru 2006. Influența industriei miniere asupra mediului. Buletin Agir nr. 3/2006.

Galloway. D., Jones. D.R., Ingebritsen, S.E., 1999. Land subsidence in the United States. U.S. Geological Survey Circular, 1182, 175 p.

ICPM, Institutul de Cercetări și Proiectări Miniere SA Petroșani. www.icpm.ro

ITRF, International Terrestrial Reference Frame - Rețeaua de Referință Terestră Internațională website. <http://itrf.ensg.ign.fr/>.

JPL, Jet Propulsion Laboratory. ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/JPL_GPS_Products/

Lasc G., 2013. Studii privind stabilitatea suprafeței și ale construcțiilor în perimetrul minier Ocna Mures. Teză de doctorat, Petroșani.

Lupei, Nestor, 1986. Geologie Minieră. Editura Tehnică, București 522 p.

Mocanu, V., Păunescu, C., Andrei, G., Munteanu, L., Muntean, A., Herebei, O., Dima., N., Vereș, I., Subsidența terenurilor afectate de exploatarea miniere subterane. Cazul bazinului minier petroșani. Proiect CEEEX. Contract nr. 722/2006.

Muntean, A., Mocanu, V., Ambrosius, B., 2015. A GPS study of land subsidence in the Petrosani (Romania) coal mining area, Nat. Hazards, DOI 10.1007/s11069-015-1997-y.

Muntean, A., Mocanu, V., Ambrosius, B., Nastase, E., 2014. Surface deformation due to over-exploitation of subsurface natural resources. Study case: Petrosani mining area Romania, European Geosciences Union General Assembly 2014

Muntean, A., Ambrosius, B.A.C., Mocanu, V., Andrei, G., Nastase, E., 2014. Satellite geodesy and geophysics used to study the land subsidence affected by extensive mining works, GEODOCT2014, Doctoral School of Geology, University of Bucharest, Faculty of Geology and Geophysics.

Onica, I., Cozma E., Goldan T., 2006 Degradarea terenului de la suprafață subinfluența exploatării subterane. Buletinul AGIR nr. 3/2006.

Ortelecan, 1997 M. Studiul deplasării suprafeței sub influența exploatării subterane a zăcămintelor din Valea Jiului, zona estică. Teză de doctorat, Petroșani.

Paunescu, C., Mocanu, V., Munteanu, L., Andrei, G., **Muntean, A.**, Herebei, O., Veres I., Dima, N., Filip, L., 2008. Stability analysis of over-exploited mining areas by satellite geodesy, GEO 2008, The scientific meeting of the Faculty of Geology and Geophysics, University of Bucharest, Ed Vergiliu, 218-220, ISBN 978-973-7600-49-3.

Păunescu, C., Dimitriu, S.G., Mocanu, V., 2011 Sistemul de determinare a poziției utilizând sateliți (GNSS).

Popa, A., 1961. Exploatări miniere, Editura de stat didactică și pedagogică, București, 456 p.

Pop, Emil, 1993. Monografia geologica a bazinului Petrosani, Editura Academiei Române, București, 300 p.

Portal Valea Jiului, <http://valeajiului.blogspot.ro/>

Ratschbacher, L., Linzer, H., Moser, F., Strusievicz, R., Bedelea, H., Har, N and Mogoș, P., 1993 Cretaceous to Miocene thrusting and wrenching along the central South Carpathians due to a corner effect during collision and orocline formation. Tectonics 12: doi: 1029/93TC00232.issn:0278-7407.

Zumberge, J., Heflin, M., Jefferson, D., Watkins, M., Webb, F., 1997. Precise Point Positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. J. Geophys. Res. 102, B3, pp. 5005-5017.

Conducător științific

Prof. dr. ing. Victor Mocanu