

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
FACULTATEA DE ȘTIINȚA MEDIULUI

TEZĂ DE DOCTORAT
(Rezumat)

EMISII GEOGENE DE METAN ÎN
TRANSILVANIA ȘI IMPLICAȚIILE LOR
ASUPRA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

Conducător științific:

Prof. Univ. Dr. Șerban-Nicolae Vlad

Doctorand:

Liana Spulber

Cluj-Napoca
2010

CUPRINSUL TEZEI

INTRODUCERE	6
CAPITOLUL I - CADRUL GEOLOGIC GENERAL.....	7
1.1 BAZINUL TRANSILVANIEI ÎN STRUCTURA GEOLOGICĂ A EUROPEI.....	7
1.2 SITUAȚIA GEOLOGICĂ GENERALĂ A BAZINULUI TRANSILVANIEI.....	9
<i>Fundamentul.....</i>	<i>11</i>
<i>Cuvertura sedimentară</i>	<i>13</i>
Paleogen	14
Neogen	15
Miocen inferior	15
Miocen mediu	15
Miocen superior	17
Pannonian	17
Cuaternar	17
1.3 SITUAȚIA ZĂCĂMINTELOR DE HIDROCARBURI DIN BAZINUL TRANSILVANIEI.....	18
CAPITOLUL II – BILANȚUL ENERGETIC AL TERREI ȘI GAZELE CU EFECT DE SERĂ.....	25
2.1 BILANȚUL RADIATIV AL TERREI ȘI EFECTUL DE SERĂ.....	25
2.2 CARACTERISTICILE GAZELOR CU EFECT DE SERĂ.....	29
I. <i>Vaporii de apă (H₂O).....</i>	<i>29</i>
II. <i>Dioxidul de carbon (CO₂).....</i>	<i>30</i>
a. Surse	30
b. Timpul de rezidență al CO ₂ în atmosferă	31
c. Consumul de CO ₂	32
d. Bugetul emisiilor de CO ₂	32
III. <i>Metanul (CH₄).....</i>	<i>35</i>
IV. <i>Ozonul troposferic (O₃).....</i>	<i>35</i>
a. Sursele	36
b. Timpul de rezidență al O ₃ în atmosferă.....	36
c. Consumul de O ₃ troposferic.....	36
d. Bugetul de O ₃ troposferic	37
V. <i>Protoxidul de azot (N₂O)</i>	<i>37</i>
a. Sursele	37
b. Timpul de rezidență al N ₂ O în atmosferă.....	38
c. Consumul de N ₂ O.....	38
d. Bugetul emisiilor de N ₂ O	38
VI. <i>H₂O stratosferică</i>	<i>38</i>
VII. <i>OH-ul troposferic.....</i>	<i>39</i>
VIII. <i>Gazele antropice.....</i>	<i>39</i>
a. Hidrofluorocarburile.....	40
b. Perfluorocarburile și hexafluorura de sulf (SF ₆).....	40
IX. <i>Clorofluorocarburile și halocarburile</i>	<i>41</i>
X. <i>Gazele cu acțiune indirectă în efectul de seră</i>	<i>41</i>
a. Monoxidul de carbon (CO).....	42
b. Hidrogenul molecular (H ₂)	42
c. Compușii organici volatili (COV).....	42
d. Oxizii de azot (NO _x).....	43

CAPITOLUL III – METANUL	45
3.1. CARACTERISTICI CHIMICE.....	45
3.2. MODALITĂȚI DE FORMARE	48
3.3. METANUL – GAZ CU EFECT DE SERĂ.....	59
<i>Surse de metan în atmosferă</i>	<i>60</i>
<i>Emisiile geologice ca factor de echilibru în bilanțul metanului atmosferic</i>	<i>62</i>
<i>Consumatori de metan</i>	<i>64</i>
CAPITOLUL IV – CARACTERIZAREA PRINCIPALELOR TIPURI DE MANIFESTĂRI GEOGENE	65
4.1 VULCANII NOROIOȘI.....	65
<i>Geneza vulcanilor noroioși</i>	<i>65</i>
<i>Tipurile morfologice și stadii de evoluție ale aparatelor vulcanice.....</i>	<i>67</i>
4.2 FOCURILE VII - FOCURILE NESTINSE	77
4.3 TERMINOLOGIA.....	79
4.4 DISTRIBUȚIA EMISIILOR GEOGENE DE METAN DIN BAZINUL TRANSILVANIEI.....	80
<i>Tipuri de emisii de metan din surse geogene în Bazinul Transilvaniei</i>	<i>80</i>
<i>Vulcanii noroioși din Transilvania</i>	<i>80</i>
<i>Manifestări geogene de tip macroemisii, altele decât vulcanii noroioși.....</i>	<i>84</i>
<i>Mini- și micro- emisiile din Bazinul Transilvaniei.....</i>	<i>84</i>
CAPITOLUL V – METODOLOGIA CERCETĂRII.....	89
5.1 METODE DE INVESTIGARE A FLUXULUI DE METAN ÎN BAZINUL TRANSILVANIEI.....	89
5.2 METODOLOGIA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR	94
CAPITOLUL VI – REZULTATE	98
6.1 MICROEMISIILE ȘI MINIEMISIILE DIN BAZINUL TRANSILVANIEI	98
<i>Caracterizarea perimetrului investigat.....</i>	<i>98</i>
<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	<i>99</i>
6.2 STUDIU DE CAZ: SĂRMĂȘEL (MS) – FOCURI VII	109
<i>Caracterizarea geologică locală.....</i>	<i>109</i>
<i>Caracterizarea perimetrului investigat.....</i>	<i>110</i>
<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	<i>111</i>
Sărmășel I - 2007	114
Sărmășel II - 2008.....	116
6.3 DELENI (MS) – IVIRI DE GAZE ȘI APĂ (GAS-WATER SEEPS)	120
<i>Caracterizarea geologică locală.....</i>	<i>120</i>
<i>Caracterizarea perimetrului investigat.....</i>	<i>121</i>
<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	<i>122</i>
Deleni 1 – 2008.....	124
Deleni 1 – 2009.....	127
Deleni 2 – 2008.....	127
Deleni 2 – 2009.....	130
6.4 STUDIU DE CAZ: MONOR (BN) – VULCANI NOROIOȘI	132
<i>Caracterizare geologică locală.....</i>	<i>132</i>
<i>Caracterizarea perimetrului investigat.....</i>	<i>133</i>
<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	<i>135</i>
6.5 STUDIU DE CAZ: BĂILE HOMOROD (BV) – VULCANI NOROIOȘI.....	143
<i>Caracterizarea geologică locală.....</i>	<i>143</i>
<i>Caracterizarea perimetrului investigat.....</i>	<i>145</i>

	<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	148
6.6	STUDIU DE CAZ: VĂLIȘOARA (MS) – VULCANI NOROIOȘI.....	156
	<i>Caracterizarea geologică locală</i>	156
	<i>Caracterizarea perimetrului investigat</i>	156
	<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	158
6.7	STUDIU DE CAZ: COBĂTEȘTI (HR) – VULCANI NOROIOȘI.....	161
	<i>Caracterizarea geologică locală</i>	161
	<i>Caracterizarea perimetrului investigat</i>	162
	<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	163
6.8	STUDIU DE CAZ: FILIAȘ (HG) – VULCANI NOROIOȘI.....	170
	<i>Caracterizare geologică locală</i>	170
	<i>Caracterizarea perimetrului investigat</i>	170
	<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	172
6.9	STUDIU DE CAZ: PORUMBENII MICI (HG) – VULCANI NOROIOȘI.....	177
	<i>Caracterizarea geologică locală</i>	177
	<i>Caracterizarea perimetrului investigat</i>	177
	<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	179
6.10	STUDIU DE CAZ: BOZ (AB) – VULCANI NOROIOȘI.....	184
	<i>Caracterizare geologică locală</i>	184
	<i>Caracterizarea perimetrului investigat</i>	185
	<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultatele</i>	186
6.11	STUDIU DE CAZ: PRAID (HR) – IVIRI DE GAZE.....	191
	<i>Caracterizare geologică locală</i>	191
	<i>Caracterizarea perimetrului investigat</i>	193
	<i>Interpretarea măsurătorilor și rezultate</i>	194
	CONCLUZII	200
	BIBLIOGRAFIE	205

Cuvinte cheie: emisii de metan, vulcani noroioși, iviri de gaze, gaze cu efect de seră, Bazinul Transilvaniei

Notă: Numerotarea figurilor și tabelor din acest rezumat este cea originală folosită în teză

INTRODUCERE

Metanul este cea mai abundentă hidrocarbură din compoziția atmosferei și unul dintre principalele gaze cu efect de seră. Emisiile de metan din solurile situate deasupra acumulărilor de hidrocarburi sunt răspândite în multe sisteme petro-gazeifere.

Bazinul Transilvaniei, unul dintre cele mai importante bazine purtătoare de hidrocarburi din Europa continentală, este caracterizat de prezența a numeroase zone cu degazeificări ridicate de metan. Manifestările vizibile (vulcani noroioși, focuri vii, iviri de gaze în apă) sau emisiile difuze din solurile aflate în perimetrul zăcămintelor de gaze, fac parte din categoria surselor geogene de metan și reprezintă domeniul principal de interes pentru această lucrare.

Estimarea fluxului de metan din surse geogene s-a dovedit în ultimii ani un element semnificativ în conturarea mai exactă a bugetului de CH₄, la scară globală, a acestui gaz cu efect de seră în atmosferă.

Lucrarea de față a urmărit identificarea cât mai multor zone cu potențial de sursă geogenă și efectuarea de măsurători în vederea estimării emisiilor de metan pentru fiecare areal investigat.

Capitolul I - Cadrul geologic general

Bazinul Transilvaniei este recunoscut de majoritatea autorilor ca fiind un bazin de sedimentare situat în interiorul arcului carpatic românesc, în cadrul căruia există zăcăminte de hidrocarburi importante. Se întinde pe o suprafață de aproximativ 20000 km² (POPESCU, 1995; CIULAVU ET AL., 2000) și are o încărcătură sedimentară cu o grosime ce depășește 5 km, chiar 8 km în unele zone (CIUPAGEA ET AL., 1970; CIULAVU ET AL., 2000). Formarea și evoluția acestui bazin a furnizat opinii diferite de la autor la autor.

Istoria Bazinului Transilvaniei este legată de evoluția domeniului Paratethysului central, iar schimbările care au intervenit și au marcat din punct de vedere tectonic sau ecologic acest domeniu și-au pus amprenta și asupra acestuia.

Recunoscut la nivel european ca important bazin de hidrocarburi, prezența gazului metan este pentru prima dată consemnată în literatură în anul 1863 de către HAUER și STACHE. WANEK (2005) clarifică istoria descoperirii gazului în Bazinul Transilvaniei, deosebind trei etape. Astfel, prima descoperire a gazului este atribuită unor păstori în anul 1671, în apropiere de Bazna, unde gazul s-a aprins spontan; cea de-a doua descoperire (1807-1808) este datorată studiilor emisiilor de gaze conduse de Ferenc Nyulas, András Gergelyffi și György Mészáros;

cea de-a treia și până recent cea mai cunoscută relatare, plasează descoperirea primului zăcământ de gaz metan din România în 1909, odată cu explozia sondei de la Sărmășel.

Provincia purtătoare de hidrocarburi a Bazinului Transilvaniei este situată pe locul 56 în lume ca mărime și deține 0,2% din resursele de gaz și petrol ale lumii așa cum este precizat în raportul USGS World Energy 2000 (PAWLEWICZ, 2005).

Două sisteme petro-gazeifere sunt recunoscute în Bazinul Transilvaniei, în timp ce un al treilea este considerat sistem speculativ. Primul și cel mai important sistem, *Sistemul gazeifer Miocen mediu – superior*, acoperă 12000 km² din suprafața bazinului și găzduiește cele mai mari rezerve de gaz din România. În acest sistem nu a fost generat petrol brut (POPESCU, 1995). Cel de-al doilea sistem, *Deleni* (Jurasic - Cretacic), a generat petrol în roci carbonatice (POPESCU, 1995; KOVÁCS ET AL. 2007), dar fără acumulări comerciale. Gazul termogen din acest sistem a fost probabil generat de maturarea termică atinsă de seriile carbonatice (KRÉZSEK ET AL. 2010). Cel de-al treilea sistem, *Sistemul petro-gazeifer NV-Transilvan (Jibou)*, (*Cretacic superior – Miocen inferior*,) este un sistem petro-gazeifer speculativ situat în cuverturile post-tectonice Gilău-Maramureș și Someș, extinzându-se spre sud-est sub Bazinul Transilvaniei (POPESCU, 1995).

Capitolul II – Bilanțul energetic al Terrei și gazele cu efect de seră

Capitolul II tratează bilanțul schimbului radiativ al Pământului, fenomenul efectului de seră, precum și principalele gaze responsabile de producerea acestuia sub aspectul caracteristicilor majore (surse, timpul de rezidență în atmosferă, consumul și bugetul emisiilor).

Principalele gaze responsabile de producerea efectului de seră în atmosferă sunt următoarele: vaporii de apă (H₂O), dioxidul de carbon (CO₂), metanul (CH₄), protoxidul de azot (N₂O) și ozonul (O₃). Mai mult, există un număr de gaze cu efect de seră produse în întregime de activitățile umane, cum sunt halocarburile și alte substanțe care conțin cloruri sau bromuri, cuprinse în Protocolul de la Montreal. Pe lângă CO₂, N₂O și CH₄, Protocolul de la Kyoto mai adaugă în categoria gazelor cu rol în efectul de seră și hexafluorura de sulf (SF₆), hidrofluorocarburile (HFC) și perfluorocarburile (PFC).

Capitolul III – Metanul

În capitolul III s-a făcut expunerea elementului principal al lucrării, *metanul*. Metanul a fost tratat drept compus chimic, dar s-a insistat și asupra originii și modalităților de formare în mediile geologice, punându-se accentul pe evidențierea caracterului de gaz cu efect de seră.

Metanul se formează pe cale naturală, dar poate fi rezultatul acțiunilor combinate ale activităților umane. În natură, acest gaz ia naștere în foarte multe procese care aparțin atât biosferei, atmosferei cât și geosferei.

Tabelul 3.1

Originea surselor de metan (cu modificări după JUDD, 2000)

Căi de producere	Categorie	Căi de emisie	Timpul necesar evacuării după formare	$^{13}\text{C}\text{‰}$	Adâncimea de formare
Degradarea microbiană a materiei organice în sedimente – <i>activitate prezentă</i>	biogenă	- difuzie - bioturbații - infiltrații	Zile → Ani	-60 la -70‰	câțiva metri
Degradarea microbiană a materiei organice în sedimente – <i>activitate trecută</i>	biogenă*	- infiltrații - difuzie - vulcani noroioși	Ani → zeci de milioane de ani	-60 la -70‰	↓ zeci de metri
Degradarea termică a materiei organice în sedimente / roci sedimentare	termogenă*	- infiltrații - difuzie - vulcani noroioși	Milioane de ani → sute de milioane de ani	-20 la -52‰	1-4 km (depinde de gradientul geotermic)
Surse abiogene	abiogenă*	Activități: vulcanice, geotermale, hidrotermale etc.	→ Miliarde de ani	-5 la -45‰	Adâncimi mari în crustă sau manta

* metan fosil (Metan sărăcit în ^{14}C)

Originea metanului în mediile geologice este sintetizată de JUDD (2000) în **Tabelul 3.1** după MACDONALD, 1993; SCHOELL, 1988; KADKO ET AL., 1995 și WHITICAR (2000) și poate fi rezumată la trei categorii de surse: biogene, termogene și abiogene, rezultate prin patru căi de producere care sunt dezvoltate pe parcursul acestui capitol.

Metanul (CH_4) este gazul care ocupă poziția a treia în accentuarea fenomenului de efect de seră, după vaporii de apă și dioxidul de carbon, înscriindu-se în seria gazelor responsabile pentru schimbările climatice ale Planetei.

Are un potențial de încălzire globală (GWP) pe o perioadă de 100 ani de 25 ori mai mare decât cel al dioxidului de carbon. Concentrația sa atmosferică este de aproape 200 de ori mai mică decât cea a dioxidului de carbon. Timpul de rezidență în atmosferă este situat în intervalul 7-12 ani, cu o medie de aproximativ 8,4 ani.

Emisiile de metan din diferite surse însumate la totalul global sunt de aproximativ 600 Tg/an (IPCC, 2001), din care 60 % sunt datorate activității umane ca agricultura, utilizarea combustibililor fosili și depozitele menajere.

Sursele totale de metan (raportul dintre cantitate și timpul de rezidență) sunt de 598 Tg an⁻¹, consumul de 576 Tg an⁻¹, iar creșterea atmosferică rezultată din diferența celor două valori fiind 22 Tg an⁻¹ (IPCC, 2001).

Estimările făcute de Comisia Interguvernamentală pentru Schimbări Climatice în 2001, subliniază existența unui surplus de metan, care nu este atribuit niciunei surse. Așadar, acest dezechilibru este evident a fi umplut de o sursă de metan importantă ca emisiile din surse geogene, neluate în calcul până acum (ETIOPE, 2004).

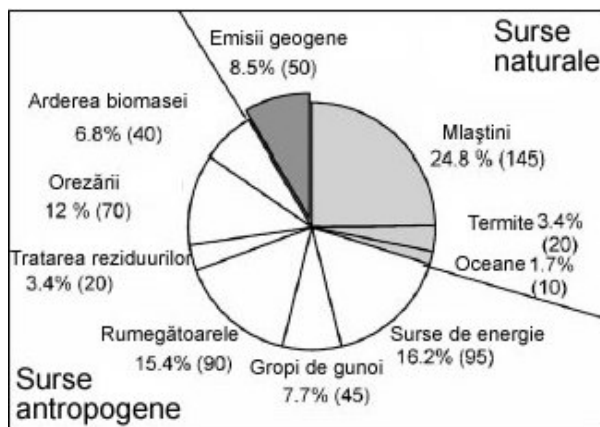


Fig. 3.5 Sursele de metan atmosferic după IPCC 2001 și emisiile din surse geologice (Tg) an⁻¹ (modificat după ETIOPE, 2004)

După Etiope (2004) suma valorilor medii a tuturor surselor oferite de IPCC, 2001 este de 548 Tg an⁻¹, rezultând un surplus de 50 Tg an⁻¹ datorită diferenței dintre surse și consum. Acest surplus poate fi acoperit de sursele geogene de CH₄, care pot contribui cu o valoare a emisiilor de metan de 40-60 Tg an⁻¹, o medie de 50 Tg an⁻¹ (**Fig. 3.5**). Rezultatele arată clar că sursele geogene nu sunt surse minore și au un rol principal în bugetul gazelor cu efect de seră în atmosfera terestră.

Estimări legate de sursele de metan geologice cu impact în bugetul atmosferic al acestui gaz cu efect de seră au mai fost făcute de ETIOPE & KLUSMAN, 2002; JUDD ET AL. 2002; ETIOPE, 2004; KVENVOLDEN & ROGERS, 2005.

În 2007, Comisia Interguvernamentală pentru Schimbări Climatice a acceptat introducerea surselor geogene de metan drept surse care sporesc bugetul metanului. Majoritatea studiilor sugerează că semnificative cantități de metan sunt eliberate în atmosferă din crusta terestră (în principal prin procese microbiotice și termogene), prin intermediul faliilor și rocilor fracturate, vulcanilor noroioși subaerieni și subacvatici, emisiilor din zonele

submarine, microemisiilor din zonele cu hidrocarburi și emisiilor hidrotermale. Emisiile estimate din aceste surse pot fi cuprinse în intervalul 40 - 60 Tg (CH₄) an⁻¹ (IPCC, 2007).

Capitolul IV – Caracterizarea principalelor tipuri de manifestări geogene

Emisiile de metan înregistrate în bazinele sedimentare purtătoare de hidrocarburi provin din diferite tipuri de manifestări geogene, precum vulcani noroioși, focuri vii, iviri de gaze în apă sau în solurile situate deasupra zăcămintelor de gaz.

Acest capitol a urmărit deslușirea aspectelor genetice, a tipurilor morfologice și a stadiilor de evoluție ale vulcanilor noroioși. De-a lungul timpului, mai multe geneze au fost indicate ca fiind responsabile de formarea vulcanilor noroioși (SENCU, 1985; KHOLODOV 2002), totuși *geneza acceptată astăzi de majoritatea cercetătorilor, pentru a explica apariția vulcanilor noroioși, este atribuită exclusiv bazinelor sedimentare purtătoare de hidrocarburi.*

Clasificările morfologice și terminologia utilizate pentru vulcanismul noroios din țară și străinătate, precum și un inventar actualizat privind distribuția vulcanilor noroioși din Transilvania sunt bine punctate în cadrul acestui capitol.

Clasificarea propusă de ALIYEV ET AL. (2009), cuprinde vulcanii noroioși din mediul terestru și mediul subacvatic. În mediul terestru vulcanii pot fi *activi și extinși* (care se află în stadiul de inactivitate de mai bine de 100 de ani) dar și *fosili/îngropați* (*activitatea lor a fost încheiată în timpuri geologice vechi; conuri distruse și însăși aparatul vulcanic îngropat în sedimente*). În mediu marin vulcanii sunt sub formă de insulă sau localizați pe fundul mării.

Clasificarea de mai sus este aplicabilă pentru regiunile intens monitorizate, unde aparatele vulcanilor au făcut obiectul unor cercetări vreme îndelungată. *Pentru vulcanii noroioși din Bazinul Transilvaniei unde, datorită datelor precare de ordin bibliografic precum și dezinteresului pentru aceste fenomene în timp, o clasificare simplificată propusă se reduce la a separa vulcanii noroioși după stadiul de activitate în vulcani activi, inactivi (cu urme recente de curgeri) și fosili (greu de stabilit, datorită schimbărilor topografice survenite).*

Vulcanii noroioși din Transilvania au intrat în atenția cercetătorilor odată cu amplele prospecțiuni pentru gazele naturale demarate după 1910, când aceste fenomene au fost asociate cu aliniamentele gazeifere sau de sare. De o prima clasificare a glodurilor se ocupă VANCEA în 1929A, urmat de BÁNYAI (1932).

Distribuția actualizată, având contribuții locale din partea autoarei, a vulcanilor noroioși și a altor iviri de gaze din Bazinul Transilvaniei este redată în **tabelul 4.2** și **figura 4.12**.

În categoria macroemisiilor, altele decât vulcanii noroioși, în această lucrare includem trei situații. Astfel emisiile de gaze uscate ale Focurilor vii de la Sărmășel (BACIU ȘI ETIOPE, 2002; SPULBER & BACIU, 2007; SPULBER ET AL., 2009; 2010), tratate detaliat în primul studiu de caz. O emisie consemnată pentru prima dată în literatură, care nu trebuie omisă din suita degazeificărilor litosferice, este cea de la Praid (HR) (SPULBER & BACIU, 2007; SPULBER ET AL., 2009; 2010). Ultima o reprezintă manifestările ivirilor cu apă sărată și gaze de la Deleni (MS).

Focurile vii reprezintă emisiile de gaze uscate care ajung la suprafață și ard în mod natural pentru mai multă vreme.

Există situații când flăcările sunt stinse de condițiile meteorologice nefavorabile, dar caracteristic pentru focurile vii este faptul că atunci când vremea se îmbunătățește ele se reaprind spontan. Perimetrele din jurul flăcărilor sunt surse puternice de gaze, uneori prin „zgândărirea” cenușii se poate obține cu ușurință o flacără. Fluxul de gaze este influențat de nivelul precipitațiilor și al pânzelor de apă freatică.

O altă particularitate a focurilor vii este dată de instabilitatea vetrei. Condițiile tectonice sau permeabilitatea stratelor pot determina deplasarea focului propriu-zis pe anumite distanțe, de obicei nu foarte mari (cazul Focurilor vii de la Sărmășel, a căror vatră în care arde focul se deplasează des).

Literatura de specialitate nu precizează clar, poate și datorită vulnerabilității acestor fenomene în timp, vârsta de la care un foc natural este considerat foc nestins.

În România sunt cunoscute focuri vii în zona Subcarpaților de Curbură, pe teritoriul județelor Vrancea (Andreiașu de Jos, Tulnici) și Buzău (Terca și Ploștina, ambele sate aparținând de comuna Lopătari). Un foc este consemnat în Munții Vrancei pe partea dreaptă a Văii Strâmbă, pe cursul inferior, afluent al pârâului Lepșa, fiind singurul consemnat în munți. Focurile vii de la Terca și de la Andreiașu de Jos sunt zone protejate. În Transilvania întâlnim Focul Viu de la Sărmășel, județul Mureș. VANCEA (1929B) consemnează și alte locații cu focuri nestinse la Șaroș (MS), Bazna (SB), Copșa Mică (SB).

Miniemisiile (SPULBER ET AL., 2010) și microemisiile de metan din Bazinul Transilvaniei, ca în orice alt bazin putător de hidrocarburi, sunt posibile la scara întregului bazin.

Măsurătorile de miniemisii s-au evidențiat în primul rând în perimetrele imediat învecinate structurilor care generau macroemisii (ex. flancurile vulcanilor noroioși, arealul ce înconjură vetrele focurilor vii) dar și arealele situate pe cât posibil deasupra zăcămintelor de gaze, acolo unde nu există manifestări vizibile. Microemisiile au fost măsurate la distanțe mai mari de sursa macroemisiilor, iar uneori independent de acestea.

Diferența dintre cele două constă în ordinul de mărime, *miniemisii* sunt fluxuri de metan de ordinul 10^2 - 10^3 mg m⁻² zi⁻¹, pe când microemisiile definite în capitolul anterior sunt cuprinse în intervalul 10^1 - 10^2 mg m⁻² zi⁻¹.

Astfel de măsurători au fost făcute într-un mod aleator, în soluri din perimetrul domurilor gazeifere cunoscute din literatură, în mai multe locuri din Bazinul Transilvaniei (ex. Bazna (SB), Bunești (BV), Cucerdea (MS), Târnăveni (MS), Zau de Câmpie (MS) etc.), precum și în soluri în care nu au legătură cu surse geogene de metan.

Tabelul 4.2 Distribuția vulcanilor noroioși și a ivirilor/emanațiilor de gaze în Bazinul Transilvaniei

		A N D R A E - 1 8 5 3	V A N C E A - 1 9 2 9 a	V A N C E A - 1 9 2 9 b	B Á N Y A I - 1 9 3 2	V A N C E A - 1 9 4 2	B A R T K O - 1 9 4 3	P E A H Ă - 1 9 6 5	P A U C Ă - 1 9 6 9	C I U P A G E A e t a l. - 1 9 7 0	F L O R E A - 1 9 8 5	S E N C U - 1 9 8 5	G Á L - 2 0 0 5	B A C I U & E T I O P E - 2 0 0 2	S P U L B E R & B A C I U - 2 0 0 7	S P U L B E R e t a l. - 2 0 0 9 / 2 0 1 0
1.	Aiud (AB)					x			x	x		x				
2.	Aiud-Băgău (AB)									x						
3.	Apold (MS)									x		x				
4.	Archita (MS)				x											
5.	Avrig (SB)								x	x		x				
6.	Bazna (SB)			o												
7.	Băile Homorod (BV)								x		x			x	x	x
8.	Bercheșiu (CJ)		x													
9.	Beța (AB)					x		x	x	x		x				
10.	Boz (AB)							x								x
11.	Călărași (CJ)					x		x	x							
12.	Ceanu Mare (CJ)		x													
13.	Cenade (AB)					x		x	x	x		x				
14.	Cobătești (HR)				x		x							x		x
15.	Copșa Mică (SB)			o												
16.	Corund (HR)				x					x		x	x			
17.	Crăciunel (HR)				x											
18.	Cristuru Secuiesc (HR)				x								x			
19.	Dârjiu (HR)				x											
20.	Deleni (MS)			o												o
21.	Dumbrava (AB)					x		x	x	x		x				
22.	Făgăraș (BV)									x		x				
23.	Filiaș (HR)				x									x	x	x
24.	Frata (CJ)		x													
25.	Ghijașa de Sus (SB)					x			x	x		x				
26.	Goagiu (HR)				x											
27.	Gușterița (SB)								x	x		x				
28.	Hașag (SB)					x		x		x	x	x			x	x
29.	Homorod (BV)									x		x				

30.	Iclod (AB)						x												
31.	Jimbor (BV)			x															
32.	Loamneș (SB)								x		x								
33.	Ludoș (SB)								x										
34.	Lupu (AB)				x		x	x	x		x								
35.	Măhăceni (AB)				x		x	x	x		x								
36.	Mănărade (AB)								x										
37.	Mărculeni (MS)								x										
38.	Mărtiniș (HR)			x		x													
39.	Merghindeal (SB)								x										
40.	Mihăileni (HR)				x		x												
41.	Miheșu de Câmpie (MS)		x																
42.	Monor (BN)																		x
43.	Morăreni (HR)						x												
44.	Ocnășoara (AB)								x										
45.	Odorhei (HR)				x													x	
46.	Pănade (AB)								x										
47.	Pogăceaua (MS)										x		x						
48.	Porumbenii Mici (HR)				x		x											x	x
49.	Praid (HR)																	o	o
50.	Reghin (MS)										x		x						
51.	Rugănești (HR)				x														
52.	Ruși (SB)		x					x											
53.	Sânbenedic (AB)										x								
54.	Sângeorgiu de Pădure (MS)				x													x	
55.	Sânger (MS)			x							x		x						
56.	Sânpaul (HR)				x														
57.	Saschiz (MS)										x		x						
58.	Săcădate (SB)										x								
59.	Sărmășel (MS)				o						x		x				o	o	o
60.	Soroștin (SB)						x		x	x	x		x						
61.	Spătac (AB)									x	x								
62.	Stejeriș (CJ)						x			x	x								
63.	Șaeș (MS)											x		x					
64.	Șeica Mare (SB)										x								
65.	Șincai (MS)											x		x					
66.	Șoimușu Mic (HR)					x												x	
67.	Șomartin (SB)										x								
68.	Tăureni (MS)			x															
69.	Țeline (SB)											x		x					
70.	Valea Sasului (AB)											x							
71.	Vălișoara/Gloduri (MS)																		x
72.	Veseud (SB)											x							
73.	Vișinelu (MS)			x															

x – vulcani noroioși

o – iviri de gaze

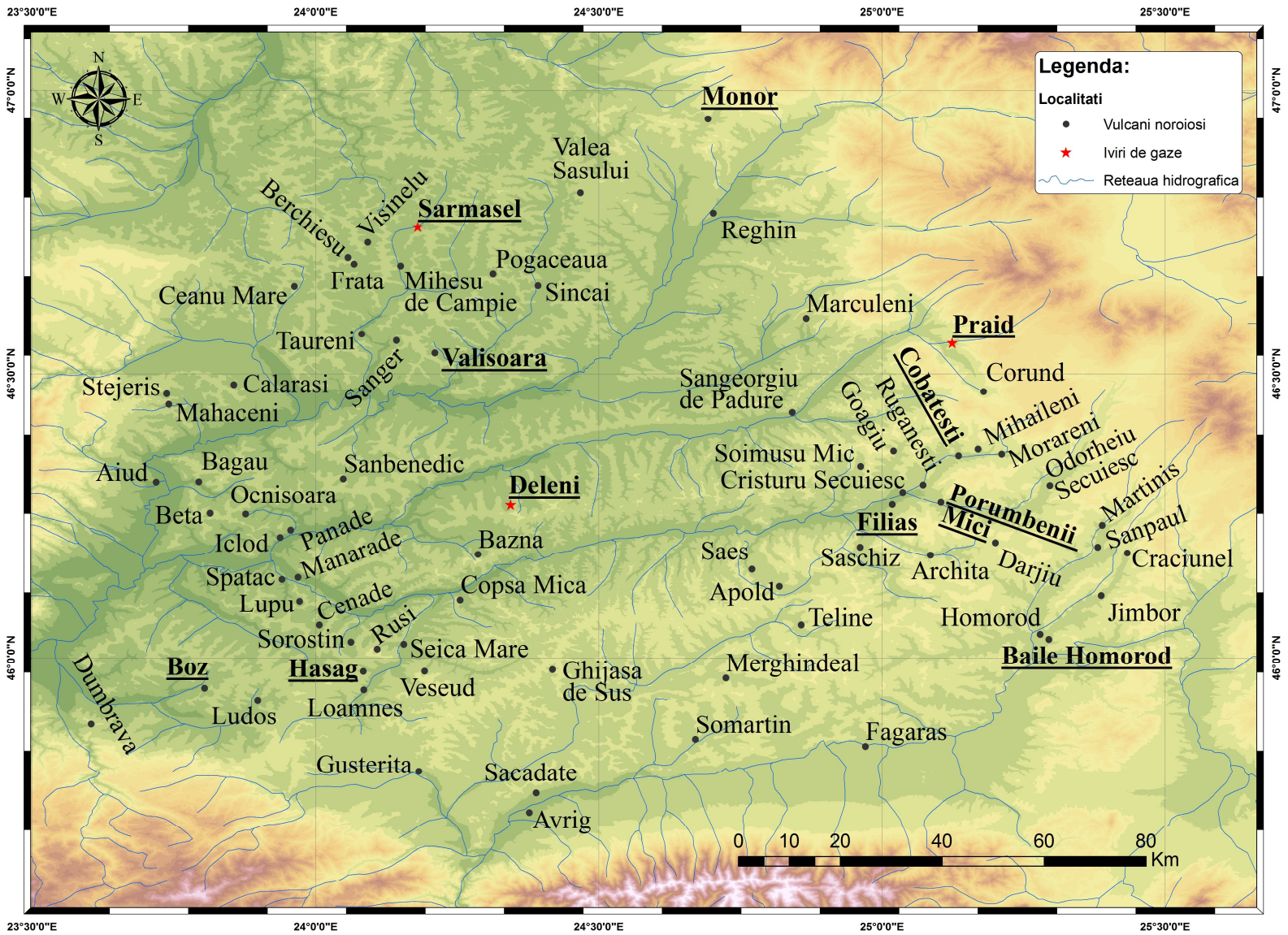


Fig. 4.12 Distribuția vulcanilor noroioși și a unor iviri de gaze în Bazinul Transilvaniei, conform tabelului 4.2

Capitolul V – Metodologia cercetării

Pentru măsurarea fluxului de metan în Bazinul Transilvaniei au fost folosite de-a lungul timpului diferite sisteme care se bazează pe metoda camerei închise (e.g. LIVINGSTON & HUTCHINSON, 1995; ETIOPE ET AL., 2004)

Unul dintre cele mai noi sisteme bazate pe tehnica camerei închise, **Dispozitivul portabil de măsurare a fluxului prin difuzie, pentru dioxid de carbon și metan¹** (Fig. 5.3), a fost folosit pentru măsurarea metanului, în mai multe locații din Bazinul Transilvaniei, rezultatele obținute fiind incluse în această lucrare.



Fig. 5.3 Dispozitiv portabil de măsurare a fluxului prin difuzie (WEST Systems)

Acest sistem portabil bazat pe metoda camerei închise pentru măsurarea fluxului de metan, a fost dezvoltat de către WEST Systems (companie italiană) prin cooperare cu Institutul Național pentru Geofizică și Vulcanologie (INGV, Roma). Dispozitivul are la bază un sistem alcătuit din senzori de detecție a metanului (limita detecției inferioare: 1 ppm; rezoluția de 1 ppm) care comunică datele obținute printr-o rețea wireless la un Palmtop PC, pentru stocarea acestora și afișarea în timp real a fluxului calculat (calculare bazate pe o regresie

¹ Aparatul va fi numit în continuare DPMFD (West Systems)

liniară). Sistemul este capabil să detecteze valori destul de scăzute ale emansiilor de metan (de ordinul a câtorva zeci de $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ zi}^{-1}$ în 10-15 minute).

Sistemul a fost testat în Bazinul Transilvaniei, în special în vecinătatea rezervoarelor de gaz și deasupra vulcanilor noroioși aparent extinși.

Pentru a începe măsurarea fluxului, camera de acumulare trebuie să fie plasată pe sol în locul unde se va măsura fluxul de metan, asigurându-se că este bine izolată de influența aerului atmosferic. Pentru obținerea unei înregistrări optime a curbei de flux, este recomandată menținerea pentru 2-4 minute în poziția de captare (dacă sunt necesare măsurători pentru fluxuri de metan foarte reduse, atunci intervalul de timp este 5-6 minute sau chiar mai mult).

Între intervalele de măsurare, metanul este captat în camera de acumulare și prin intermediul pompei este ghidat către detectorii de metan care transmit datele înregistrate calculatorului portabil.

FluxManager (ediția 6, 2007) este programul instalat pe calculatorul portabil și permite înregistrarea în timp real a curbelor fluxului de metan precum și calcularea fluxului. Această informație este stocată de asemeni și pe cardul de memorie care poate fi folosit ulterior pe un alt calculator pentru analize detaliate.

Pentru a ajunge la calculul emisiei fiecărui punct investigat îi este asociat valoarea măsurată a fluxului (mg sau uneori gr) și coordonatele spațiale (GPS Garmin). Cu ajutorul câtorva softuri comerciale de GIS valorile fluxului sunt transpuse pe o hartă pentru a obține o distribuție a emisiilor (aria de distribuție), analizată ulterior în programe de statistică.

Estimarea cantității totale de metan de pe suprafața măsurată a fost efectuată aplicând metode de interpolare precum „linear kriging” și „natural neighbour”. Metoda interpolării „linear kriging” este utilizată în general pentru valori cu variație redusă, distribuite omogen; „natural neighbour” este recomandată pentru puncte cu spațiere neregulată având valori ridicate ale fluxului, evitând în același timp alocarea unor fluxuri mari sectoarelor unde nu au fost efectiv efectuate măsurători. Datorită variațiilor mari ale fluxului de gaze dintr-o zonă de emisie, a fost necesară diferențierea și elaborarea (interpolarea) datelor în grupuri separate pentru fluxuri având o diferență de cel puțin trei ordine de magnitudine.

În general într-o zonă de macroemisie este posibilă diferențierea uneia sau a mai multor zone de degazeifiere (în sau împrejurul gurilor de evacuare, cu valori $> 10^4 - 10^6 \text{ mg m}^{-2} \text{ zi}^{-1}$), și zone cu flux redus miniseepage (valori între $10^1 - 10^3 \text{ mg m}^{-2} \text{ zi}^{-1}$). Procedura este coerentă cu metodele de upscaling „factorul de emisie” și „zona omogenă” așa cum este recomandat de către EMEP/EEA (ETIOPE ET AL. 2007).

Capitolul VI – Rezultate

Partea experimentală a prezentei teze de doctorat a constat în investigarea macro-, mini- și microemisiilor de metan din mai multe zone reprezentative din Bazinul Transilvaniei. Acestea sunt: perimetrul Focurilor vii de la Sărmășel (MS); ivirile de gaz și apă sărată de la Deleni (MS); vulcanii noroioși de la Monor (BN); vulcanii noroioși de la Băile Homorod (BV); vulcanii noroioși de la Vălișoara (MS); vulcanii noroioși de la Cobățești (HR); vulcanii noroioși de la Filiaș (HR); vulcanii noroioși de la Porumbenii Mici (HR); vulcanii noroioși de la Boz (AB); vulcanii noroioși de la Hașag (SB) precum și degazeificările din pârâul Corund de la Praid (HR).

Pe lângă investigațiile amintite, pentru o mai bună înțelegere a fluxului de metan într-un bazin purtător de hidrocarburi, au fost măsurate emisiile din diferite zone ale Bazinului Transilvaniei, legate în principal de existența unor zăcăminte de gaze. Astfel, au fost efectuate măsurători în imediata apropiere a unor sonde de exploatare a gazului metan (Bunești (SB); Miheșu de Câmpie (MS); Viforoasa (MS); S67/Drumul European E60, sector Tg. Mureș - Cluj Napoca; Hașag (SB)) sau aleatoriu în zone cu structuri gazeifere cunoscute cum sunt cele de la Sărmașu (MS), Zău de Câmpie (MS), Cucerdea (MS), Târnăveni (MS), Bazna (SB).

Măsurători în locațiile din județul Cluj, Rădaia, Mihăiești, Cluj-Napoca (parc I. Hațieganu și parc Raluca Ripan) au fost realizate atât pentru comparații cât și pentru stabilirea fluxului de fond în zone în care nu sunt cunoscute structuri gazeifere.

Datorită volumului mare de informații, în acest rezumat vor fi prezentate doar 2 studii de caz (Sărmășel – focuri vii și Monor – vulcani noroioși). Rezultatele finale pentru toate măsurătorile elaborate în această teză sunt prezentate sumar pentru fiecare studiu de caz sau zonă de investigație, în cadrul concluziilor (redactate integral) și în acest volum de rezumat.

Măsurătorile de micro și miniemisiile au fost realizate în mai multe puncte de interes din interiorul Bazinului Transilvaniei și de pe bordura sa nord-vestică (**Fig. 6.1.1**). Așa cum s-a mai precizat, pe parcursul acestei lucrări au fost vizate în principal zonele aflate în legătură cu structuri gazeifere cunoscute (Sărmășel, Deleni, Cucerdea, Bazna, Zău, Bunești, Beia, Grebeniș etc.), cum sunt cele din perimetrul sondelor săpate pentru hidrocarburi sau manifestările vizibile de tipul vulcanilor noroioși, focurilor vii etc.

Exclusiv pentru studiul micro- și miniemisiilor au fost efectuate măsurători de flux în zona sondelor de exploatare a gazului, denumite în lucrare după localitatea cea mai apropiată

Bunești (SB); Miheșu de Câmpie (MS); Viforoasa (MS); Hașag (SB) și sonda 67 situată în imediata vecinătate a Drumului European E60, sectorul Târgu Mureș - Cluj Napoca.

Pentru evaluarea fluxului de metan din Transilvania au fost realizate un număr de 357 măsurători în 25 puncte de interes, simplificate în **tabelul 6.1.1**.

Toate măsurătorile au fost realizate cu DPMFD (West Systems), excepție Sărmășel 2007.

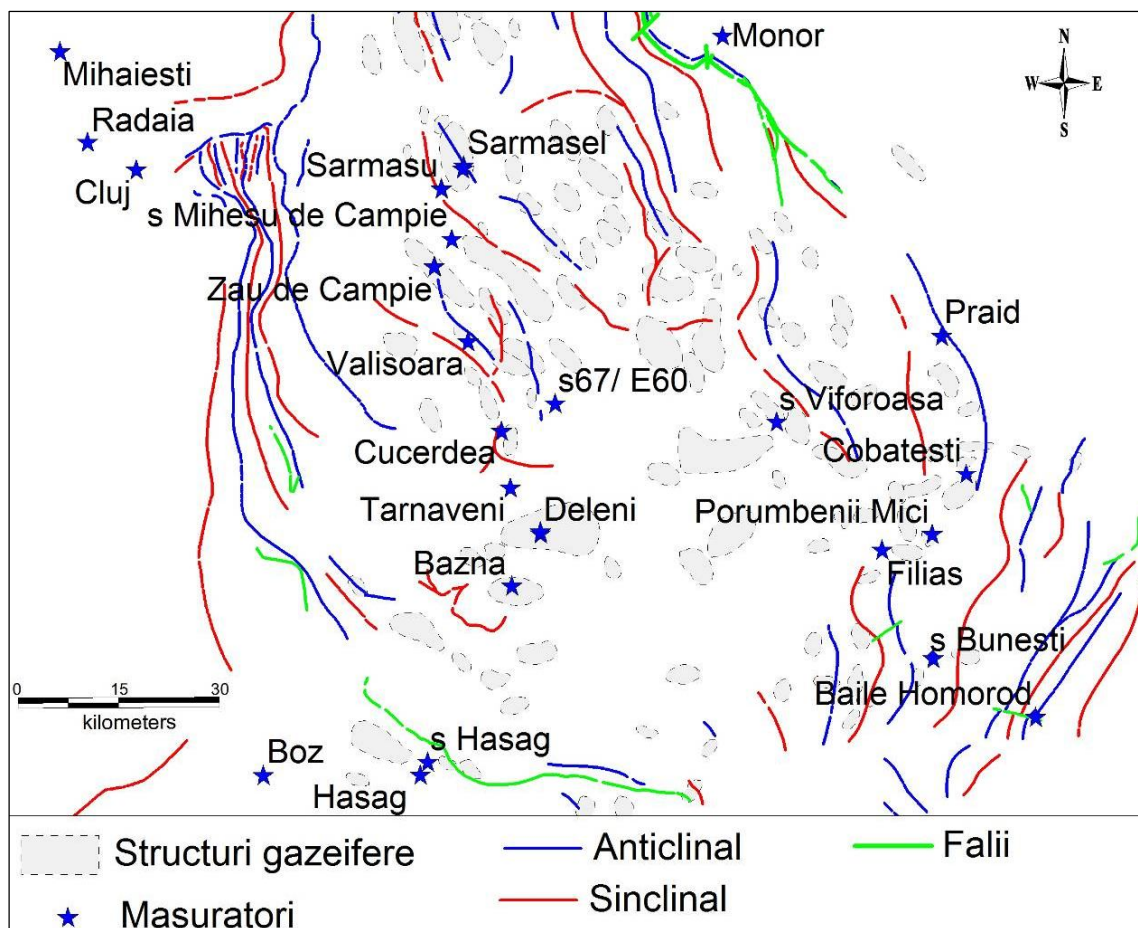


Fig. 6.1.1 Distribuția punctelor de interes investigate pentru micro-, mini- și macroemisiile din Bazinul Transilvaniei și cea a celor mai învecinate structuri gazeifere

Tabelul 6.1.1

Emisiile de metan investigate în Bazinul Transilvaniei

Nr. Crt.	Puncte de interes	Nr. măsurători	Distanța până la cel mai apropiat zăcământ (km)	Tip de emisie măsurată	Caracteristicile situ-urilor investigate	Cea mai mică înregistrare CH ₄ (ppm)	Cel mai mare flux înregistrat CH ₄ (mg m ⁻² zi ⁻¹)
1.	Băile Homorod 2008	5	12 NV Beia	mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	464
	Băile Homorod 2009	16		M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	126 279
2.	Bunești	8	2,5 SV Bunești	M + mi + m	sondă; teren agricol	< 10 ppm	5120
3.	Cobătești 2008	10	- 0,9 N Cadaciu - 0,4 S Simonești	M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	184 000
	Cobătești 2009	18		M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	342 451
4.	Sărmășel 2007	15	pe Sărmășel	M + mi	focuri vii; teren agricol	-	2 500 000
	Sărmășel 2008	44		M + mi	focuri vii; teren agricol	< 10 ppm	12 368 000
5.	Sărmașu	1	1,9 E-NE Sărmășel	M	teren agricol	-	2928
6.	Miheșu de Câmpie	1	2 E-SE Grebeniș	mi	sondă	-	656
7.	Zau de Câmpie	2	pe Zau-Șaulia	m	teren agricol	< 10 ppm	-
8.	Cucerdea	1	0,5 E Cucerdea	mi	teren agricol	-	416
9.	Târnăveni	1	4,5 N Cucerdea	m	teren agricol	< 10 ppm	-
10.	Bazna	3	pe Bazna	m	teren agricol	< 10 ppm	-
11.	Deleni 1 2008	14	pe Deleni	M + mi + m	lviri de gaze și apă	< 10 ppm	4 672 000
	Deleni 1 2009	25		M + mi + m	lviri de gaze și apă	< 10 ppm	367 761
	Deleni 2 2008	16		M + mi + m	lviri de gaze și apă	< 10 ppm	1 664 000
	Deleni 2 2009	4		M + mi + m	lviri de gaze și apă	< 10 ppm	7 100 446

12.	Mihăiești	3	43 E Puini	m	teren agricol	< 10 ppm	-
13.	Rădaia	1	41 NE Puini	m	teren agricol	< 10 ppm	-
14.	Cluj – I. Hațieganu	7	-	m	sol	< 10 ppm	-
15.	Cluj – R. Ripan	20	-	m	sol	< 10 ppm*	-
16.	Viforoasa	4	pe Gălățeni	M + mi + m	sondă	< 10 ppm	14263
17.	S67/E60	3	2,9 V Sanpaul	M + mi + m	sondă	< 10 ppm	1346
18.	Hașag	4	1,7 E Loamneș	M + mi + m	sondă	< 10 ppm	7009
19.	Hașag	3	3 NV Sadinca	M + mi	vulcani noroioși	< 10 ppm	893
20.	Monor	66	13 SV Lunca Tecii	M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	1 794 744
21.	Vălișoara	15	pe Sânger	M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	65644
22.	Filiaș	11	1,2 E Cristur Sud	M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	117267
23.	Porumbenii Mici	14	0,3 S-SV Porumbenii	M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	374982
24.	Boz	15	12,2 E Alămor	M + mi + m	vulcani noroioși	< 10 ppm	70925
25.	Praid	7	- pe Praid** - 4 S Cușmed	M	emisii în apă	-	592872

M = macroemisii; mi= miniemisii; m = microemisii

* ~10-12 ppm (în apropierea arterei stradale)

** FILIPESCU & HUMĂ (1979)

Studiu de caz: Sărmășel (Ms) – Focuri vii

Caracterizarea geologică locală

Focurile vii de la Sărmășel (**Fig. 6.2.1**) sunt situate deasupra structurii gazeifere Sărmășel, zăcământ ce se găsește în cadrul grupului nordic unde structurile gazeifere au drept caracteristică principală reducerea nivelelor productive datorită apariției lor la zi.

Structura îmbracă forma unui dom alungit pe direcția N-S, cu înclinări ale flancurilor sub 6°. Cele 15 orizonturi productive ale domului Sărmășel sunt cantonate în Sarmațian (11) și Badenian (4) (PARASCHIV, 1975; FILIPESCU & HUMĂ, 1979).

Structura Sărmășel este străbătută de un anticlinal cu terminații periclinale pe direcția NV-SE. Litologia este caracterizată de prezența rocilor sarmațiene cu argile marnoase, nisipuri și tufuri precum și de depozite recente ale râurilor cu pietrișuri și nisipuri aparținând Holocenului superior.

Sucesiunea stratigrafică de la Sărmășel este deschisă de formațiuni sarmațiene urmate de cele badeniene, în care întâlnim secvența saliferă, unde sarea poate avea grosimi de aproape 900 m. La baza succesiunii a fost interceptat tuful de Dej.

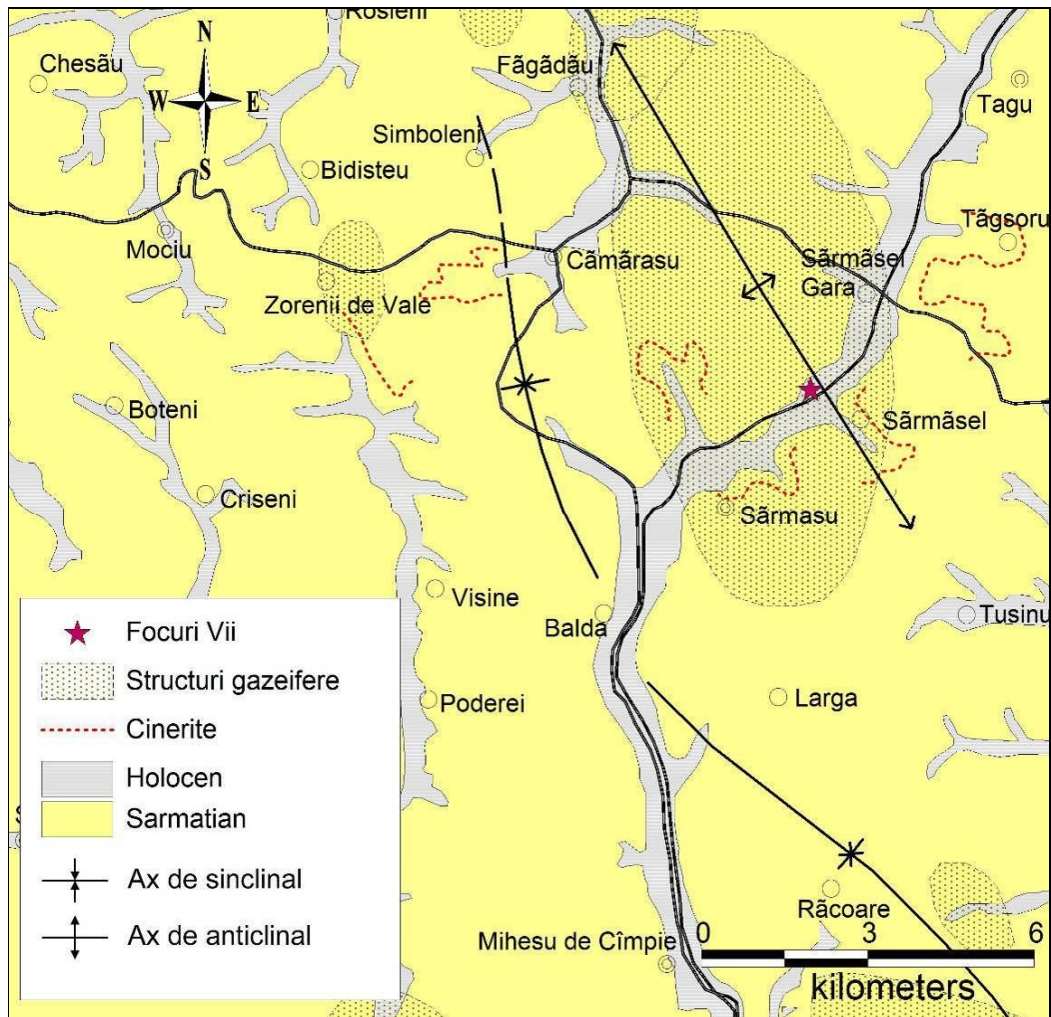


Fig. 6.2.1 Situația geologică din perimetrul localității Sărmășel (modificată după Harta geologică 1:200000, Foaia Bistrița, RĂILEANU ET. AL., 1967)

Caracterizarea perimetrului investigat

Din spusele localnicului Rusu Vasile, în 1912, în perimetrul actual al vetrelor a avut loc o explozie puternică, care a proiectat în aer o casă. Suflul exploziei s-a auzit și în satele vecine, flacăra rezultată în urma acesteia arzând 2 ani, până când s-a intervenit cu nămol pentru stingerea ei.

În prezent terenul este necultivat, vetrele (**Fig. 6.2.2**) în care existența focului își face simțită prezența putând fi recunoscute ușor datorită lipsei vegetației și prezenței depozitelor menajere aduse de localnici pentru a fi arse. Focul este aprins intenționat de către oamenii din zonă pentru arderea deșeurilor menajere, cu toate că în multe locuri emisiile de metan sunt atât de mari încât pot fi considerate „grisou”, existând pericolul unor deflagrații.

Emisiile sitului geologic „Focurile nestinse” de la Sărmășel au fost studiate în mai multe rânduri și cu diferite tipuri de instrumente (BACIU & ETIOPE, 2002; ETIOPE ET AL., 2003; BACIU ET. AL., 2007).

Metodele de investigare pentru măsurarea fluxului direct din arealul studiat au fost utilizarea aparatului de detectare a metanului METREX 2, Huberg, pentru cercetările derulate în mai 2007 și DPMFD (West Systems), pentru măsurătorile efectuate în mai 2008.



Fig. 6.2.2 Vetrele focurilor vii de la Sărmășel, caracterizate de lipsa vegetației

Interpretarea măsurătorilor și rezultatele

În mai 2007, în condiții atmosferice normale pe sol aproape uscat, au fost măsurate emisiile în două vetre cu foc și într-o altă vatră unde focul nu mai ardea, dar a cărei activitate trecută și-a pus amprenta pe vegetația din zonă (**Fig. 6.2.3**).



Fig. 6.2.3 Măsurători ale fluxului de metan într-una din vetrele focurilor vii de la Sărmășel, cu METREX 2, Huberg, pentru a înregistra valorile de metan din aer, în imediata apropiere a focurilor.

Pe lângă acestea au mai fost efectuate măsurători și în perimetrul învecinat vetrelor. Aria cercetată a fost de aproximativ 3610 m². Emisiile geogene de metan au fost măsurate pentru 15 puncte de probare, valorile regăsindu-se în **Tabelul 6.2.1**.

Tabelul 6.2.1

Fluxul de metan măsurat, Sărmășel I – Mai 2007

Nr. Probe	Denumirea probei	Latitudinea	Longitudinea	Flux CH ₄ (mg m ⁻² zi ⁻¹)
1	S1	46 46 08.3	024 11 21.7	320
2	S2	46 46 08.6	024 11 23.1	209000
3	S3	46 46 07.8	024 11 24.1	61000
4	S4	46 46 07.5	024 11 23.8	27000
5	S5	46 46 06.7	024 11 24.2	70
6	S6	46 46 07.4	024 11 24.9	3400
7	S7	46 46 07.4	024 11 25.2	2300
8	S8	46 46 08.0	024 11 24.4	3200
9	S9	46 46 08.6	024 11 23.9	15000
10	S10	46 46 09.2	024 11 23.5	3400
11	S11	46 46 10.0	024 11 23.0	65000
12	S12	46 46 10.5	024 11 22.4	12000
13	S13	46 46 09.7	024 11 23.2	52000
14	S14	46 46 08.2	024 11 23.6	200000
15	S15	46 46 08.1	024 11 24.4	250000

A doua campanie de măsurători pentru conturarea emisiilor de la Sărmășel a fost realizată în mai 2008, atunci când a fost investigată o arie de șapte ori mai mare decât la prima campanie, cca. 25450 m². Și de această dată au fost vizate emisiile din zona vetrelor, dar s-a considerat necesar extinderea perimetrul studiat anterior.

Fluxul de metan a fost măsurat în 45 puncte, rezultatele acestei campanii fiind prezentate în **Tabelul 6.2.2.**

Tabelul 6.2.2

Fluxul de metan măsurat, Sărmășel II – Mai 2008

Nr. Probe	Denumirea probei	Latitudinea	Longitudinea	Flux CH ₄ (mg m ⁻² zi ⁻¹)
1	S1	46 46 10.1	024 11 22.8	3040
2	S2	46 46 09.9	024 11 22.7	8080
3	S3	46 46 09.7	024 11 23.4	252800
4	S4	46 46 10.2	024 11 22.5	1696
5	S5	46 46 10.4	024 11 21.9	2624
6	S6	46 46 09.7	024 11 21.3	2928
7	S7	46 46 09.4	024 11 21.2	1872
8	S8	46 46 08.5	024 11 20.2	1616
9	S9	46 46 07.3	024 11 18.7	1280
10	S10	46 46 06.6	024 11 19.4	1792
11	S11	46 46 05.8	024 11 20.9	1712
12	S12	46 46 05.0	024 11 19.7	384
13	S13	46 46 04.4	024 11 18.5	880
14	S14	46 46 04.2	024 11 17.5	1008
15	S15	46 46 04.7	024 11 16.9	720
16	S16	46 46 05.8	024 11 17.1	656
17	S17	46 46 06.2	024 11 22.2	688
18	S18	46 46 07.1	024 11 21.6	1408
19	S19	46 46 07.1	024 11 23.1	1328
20	S20	46 46 07.6	024 11 23.4	600000
21	S21	46 46 07.8	024 11 23.9	43824
22	M22	46 46 08.1	024 11 24.2	1120000
23	M23	46 46 08.0	024 11 24.3	992000
24	M24	46 46 08.3	024 11 24.7	976000
25	M25	46 46 08.0	024 11 24.7	1792000
26	S26	46 46 08.6	024 11 24.1	161600
27	M27	46 46 08.3	024 11 23.5	251200
28	M28	46 46 08.3	024 11 23.6	6592000
29	S29	46 46 08.1	024 11 23.9	528000
30	M30	46 46 07.9	024 11 24.0	11104000
31	S31	46 46 07.5	024 11 24.7	8960
32	S32	46 46 07.8	024 11 26.2	1696
33	S33	46 46 08.4	024 11 28.6	2080
34	S34	46 46 08.9	024 11 20.5	1872
35	S35	46 46 09.1	024 11 26.5	1008
36	S36	46 46 08.6	024 11 25.3	1360
37	S37	46 46 08.4	024 11 24.9	432
38	S38	46 46 08.2	024 11 24.6	2112
39	S39	46 46 08.2	024 11 24.6	1168
40	M 28 bis	46 46 08.3	024 11 23.6	12368000
41	S40	46 46 09.1	024 11 23.3	156800

42	S41	46 46 09.2	024 11 23.2	180800
43	M42	46 46 09.3	024 11 23.0	966400
44	S43	46 46 08.8	024 11 22.2	3824
45	S44	46 46 09.5	024 11 21.1	2560

Sărmășel I - 2007

Pentru interpretarea valorilor de la Sărmășel 2007, a fost aleasă metoda de interpolare Natural Neighbour (NN), datorită fluxurilor neomogene întâlnite (extrem de mari în zona vetrelor). Astfel, pentru cele 15 valori ale fluxului de metan de la Sărmășel a fost calculată o emisie totală de 251 t CH₄/an distribuită pe o arie de 1408,05 m² (Fig. 6.2.4). Punctele s1 și s5 nu au fost luate în calcul.

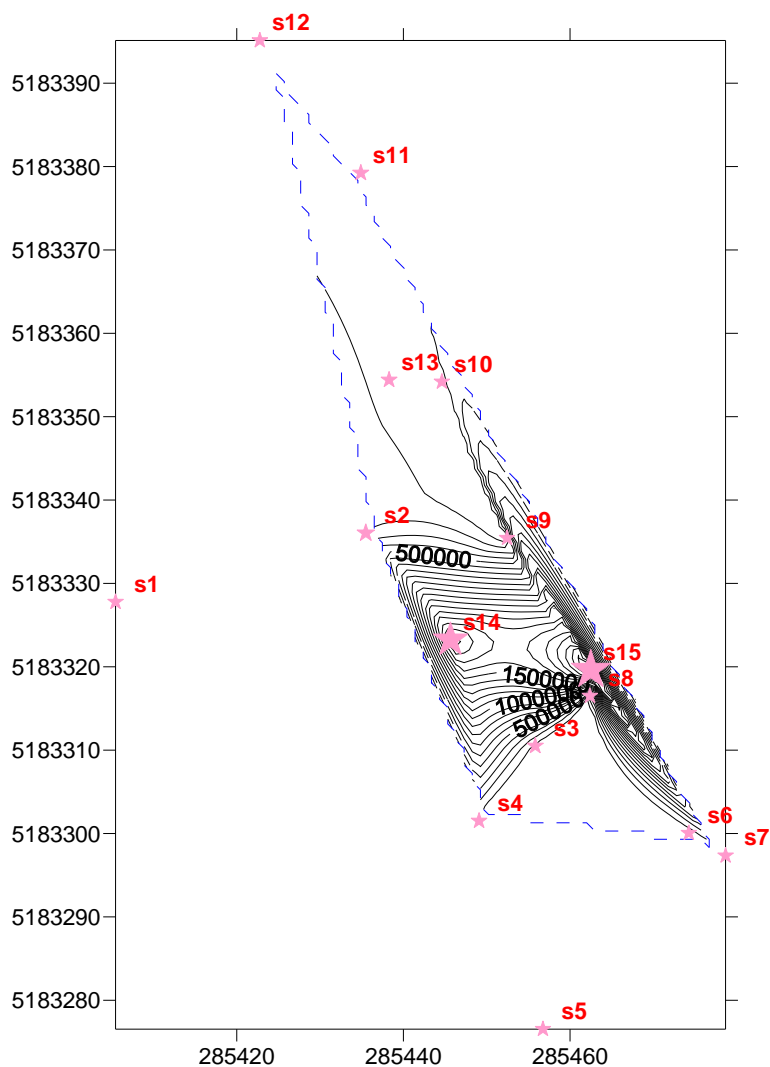


Fig. 6.2.4 Distribuția fluxurilor de metan pentru Sărmășel I, rezultată în urma interpolării NN

O hartă cu o posibilă modelare vectorială a fluxului de metan de la punctele cu fluxuri ridicate spre cele cu fluxuri mai joase, denotă direcțiile radiante din zona celor două vetre (s14, s15) (Fig. 6.2.5).

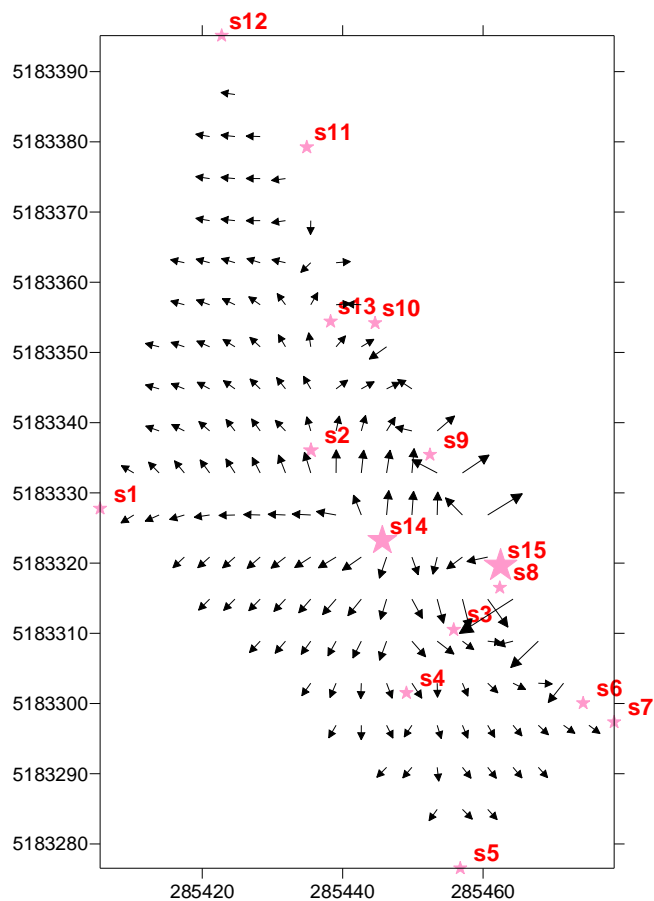


Fig. 6.2.5 Distribuția vectorială a fluxurilor de metan pentru Sărmășel I

O interpretare 3D a fluxului de metan din zona vetrelor s14, s15 arată contrastul evident al fluxurilor din zona vetrelor cu cel al zonelor învecinate (Fig. 6.2.6).

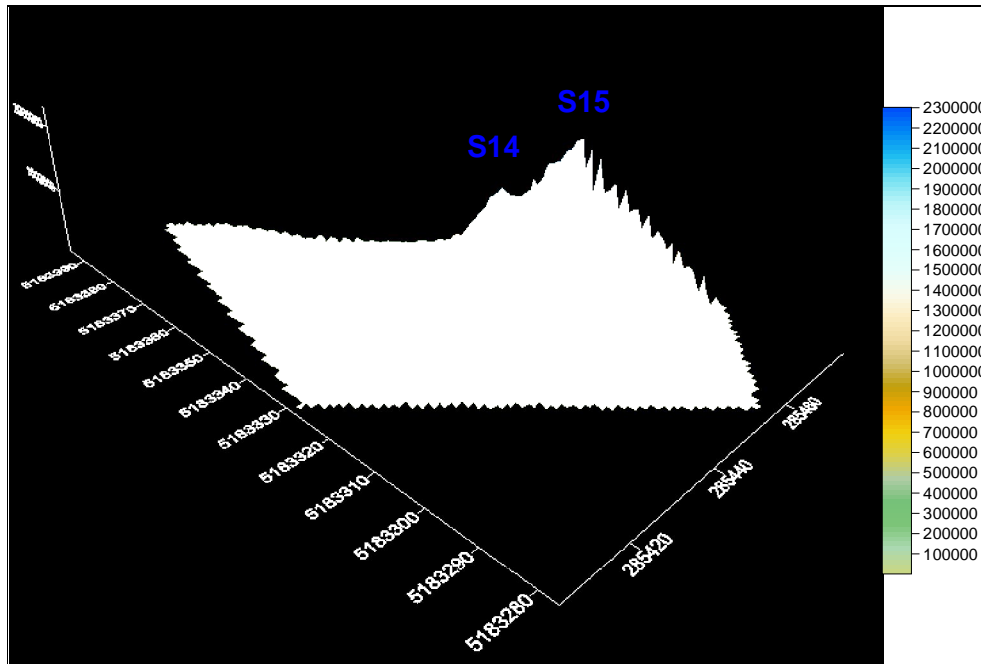


Fig. 6.2.6 Reprezentare 3d pentru fluxurile de metan din zona vetrelor (Sărmășel I)

Sărmășel II - 2008

În urma campaniei Sărmășel II au fost investigate 45 puncte din perimetrul focurilor vii.

Fluxul de metan din zona vetrelor este cel mai mare măsurat cu DPMFD (West Systems) în Transilvania (**Fig. 6.2.7** și **Fig. 6.2.8**). Majoritatea măsurătorilor înregistrează cantități de metan din aer, cu mult înainte de a plasa camera de acumulare pe sol. O măsurătoare cu metan de la zero este imposibil de înregistrat în zona vetrelor și cea imediat învecinată. *Zeci de mii de ppm-uri de metan sunt înregistrate în intervale de sub 10 secunde în zona vetrelor focurilor vii.*

La fel ca și la prima campanie, valorile fluxului au fost interpolate, reprezentările cu distribuția punctelor luate în studiu putând fi observate în **Fig. 6.2.9 a;b;c și d**.

Metoda de interpolare Kriging a fost aleasă pentru distribuția fluxului în zonele cu microemisii și miniemisii, în care nu au fost luate în calcul punctele cu valori de peste 100 g CH₄/m²/zi. Această metodă a condus la emisie de 165 t CH₄/an pe ~25000 m² **Fig. 6.2.9 a**.

Zona cu macroemisii (zona vetrelor unde ardea focul) a fost apreciată de interpolarea Natural Neighbour a avea o arie de 483 m² din care rezultă o emisie de 429 t CH₄/an **Fig. 6.2.9 b**.

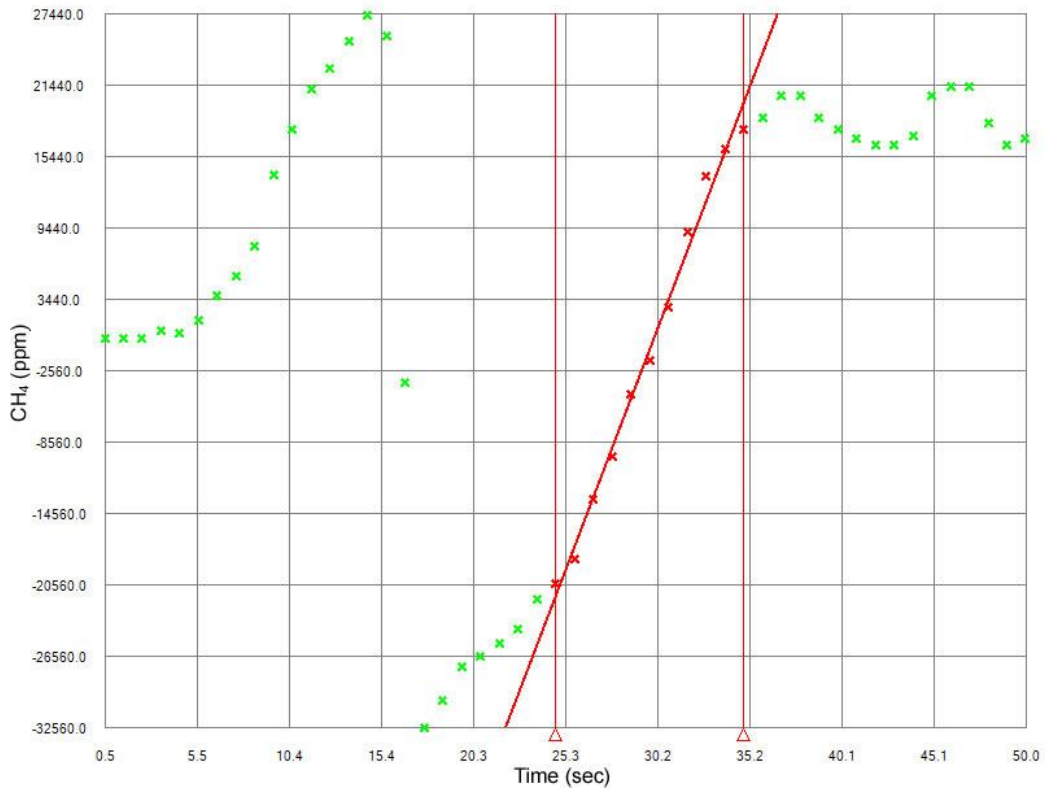


Fig. 6.2.7 Cea mai mare înregistrare a fluxului pentru Sărmășel II, M28bis

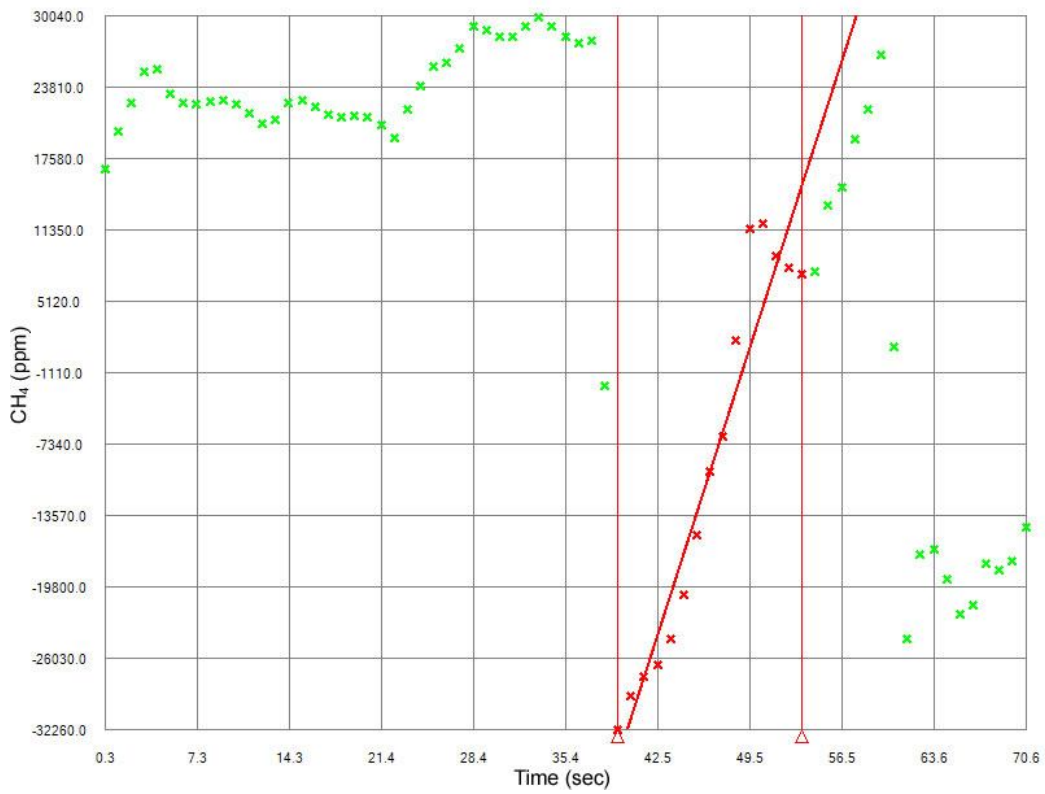


Fig. 6.2.8 Una dintre cele mai mari înregistrări ale fluxului pentru Sărmășel II, M30

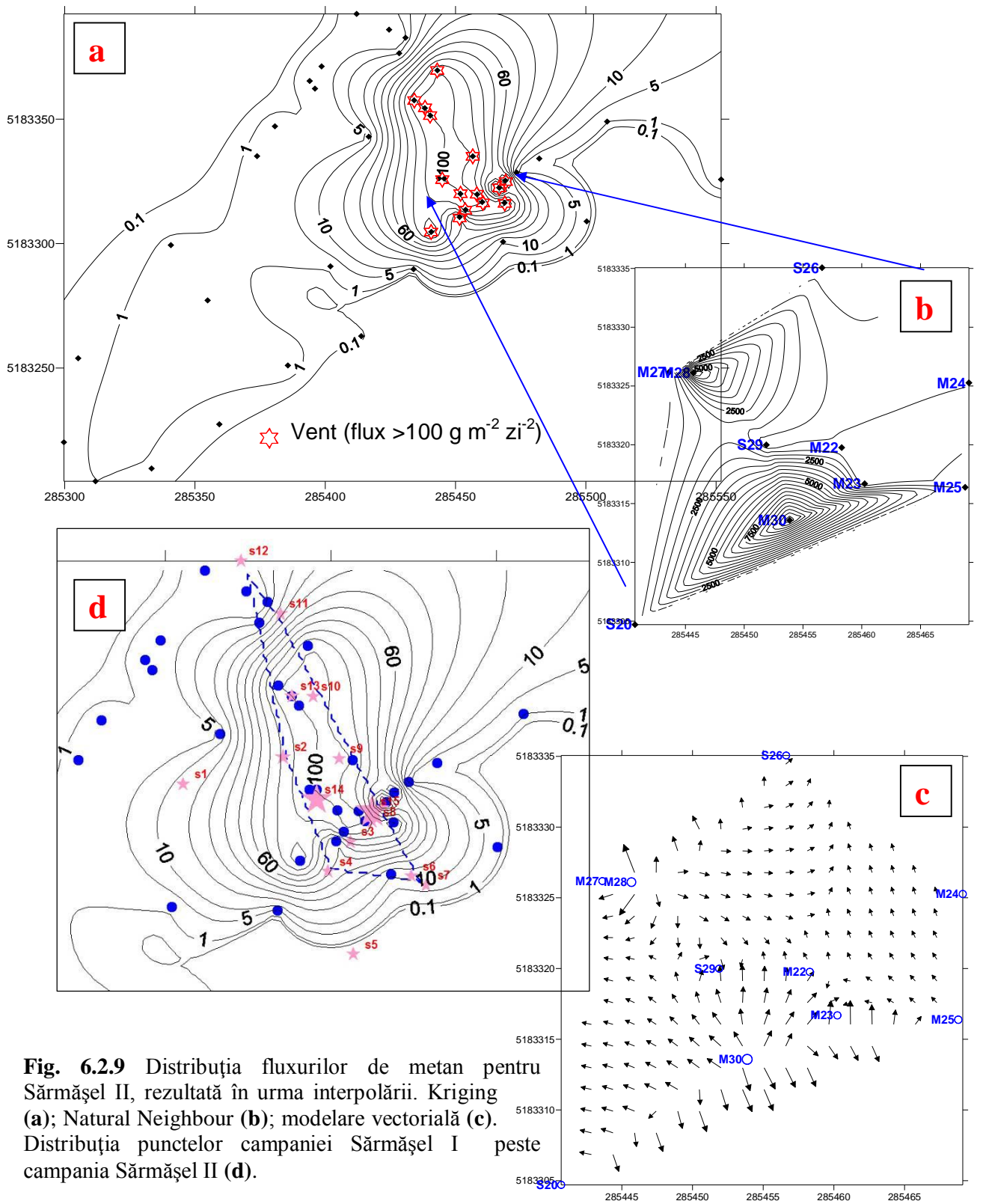


Fig. 6.2.9 Distribuția fluxurilor de metan pentru Sărmășel II, rezultată în urma interpolării. Kriging (a); Natural Neighbour (b); modelare vectorială (c). Distribuția punctelor campaniei Sărmășel I peste campania Sărmășel II (d).

Cele mai mari valori, 3 puncte (M28, M28bis, M30), au fost calculate separat. De aici a fost apreciată o emisie de 0,5 t CH₄/an pe 3 m². Distribuția posibilă a metanului în sol este redată vectorial în **Fig. 6.2.9 c**, unde vectorii se distribuie radial dinspre zonele cu emisii ridicate la cele cu emisii joase.

Campania de măsurători Sărmășel II a îmbunătățit informațiile primei campanii punând în evidență zone cu microemisii ridicate situate la mare depărtare de arealul investigat în prima campanie **Fig. 6.2.9 d**.

Campaniile de investigare a focurilor vii de la Sărmășel au însumat în total 60 de măsurători. Analiza statistică a tuturor datelor obținute este sintetizată în **tabelul 6.2.3**.

Tabelul 6.2.3

Elementele statistice principale extrapolate din interpretarea emisiilor de metan de la Sărmășel

	Sărmășel I (Senzor portabil, Metrex 2, Huberg)	Sărmășel II Dispozitiv portabil cu Metrex 2, Huberg incorporat
Numărul măsurătorilor	15	45
Mediana (mg m ⁻² zi ⁻¹)	15000	2560
Valoarea minimă (mg m ⁻² zi ⁻¹)	70	384
Valoarea maximă (mg m ⁻² zi ⁻¹)	2 500 000	12 368 000
Aria investigată (m ²)	3610	25453
Aria de distribuție a emisiilor - Surfer (m ²)	1408	25000
Estimări de flux pentru aria totală (t CH ₄ /an)	251	595

Estimările macroemisiilor din zona vetrelor focurilor vii precum și din micro- și miniemisii înregistrate pe teritoriul imediat învecinat, propulsează Sărmășelul în rândul surselor cu nivele de emisie record demne de luat în considerare.

Astfel, dacă presupunem că se păstrează condițiile de emisie la nivelele înregistrate de noi, atunci putem propune o emisie de 251 t CH₄/an corespunzătoare ariei de 1408 m² pentru Sărmășel I și o emisie totală de 595 t CH₄/an pe o suprafață de 25000 m² pentru Sărmășel II.

Studiu de caz: Monor (Bn) – Vulcani noroioși

Caracterizare geologică locală

Rezervația geologică care găzduiește vulcanismul noroios de la Monor este desfășurată pe aproximativ 2 ha. Structurile vulcanice întâlnite aici sub aspectul mărimi și al densității, ocupă locul fruntaș în Bazinul Transilvaniei.

Vulcanii noroioși de la Monor, **Fig. 6.4.1** sunt situați pe formațiunile de terasă cuaternare cu pietrișuri și nisipuri. Sedimentele expulzate sunt argile marnoase, nisipuri, gresii, tufuri și uneori, sare.

Zăcămintul gazeifer cel mai apropiat vulcanismului noroios de la Monor este cel de la Lunca, acesta aparținând grupului structurilor estice. Gazele din orizonturile productive ale brahianticinalului Lunca, conțin 98,9-99,02% metan (PARASCHIV, 1975).

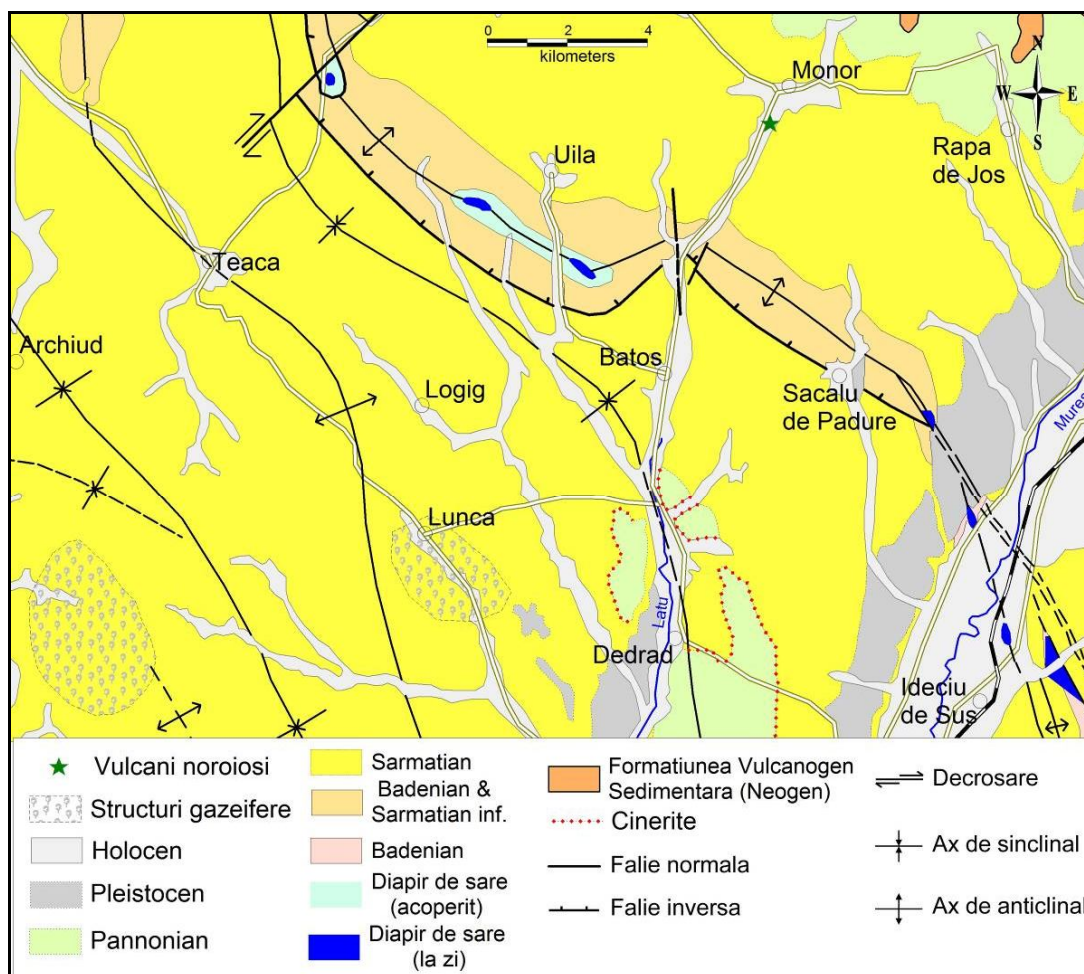


Fig. 6.4.1 Situația geologică din perimetrul localității Monor (modificată după Harta geologică 1:200000, Foaia Bistrița, RĂILEANU ET. AL., 1967)

Acest perimetru gazeifer este situat la aproximativ 13 km de Monor. Sub aspect structural, la mijlocul distanței dintre vulcanii de la Monor și structura Lunca, întâlnim un

anticlinal cu depozite badeniene în ax; străpungeri de sare la zi, complicate de apariția unor falii normale și inverse.

Caracterizarea perimetrului investigat

Vulcanii noroioși „La Gloduri” de la Monor, așa cum sunt cunoscuți de localnici, sunt protejați de lege prin intermediul rezervației de tip geologic „Vulcanii noroioși la Gloduri”, Monor, Bistrița-Năsăud.

Sunt ușor de localizați ei aflându-se la intrarea în satul Monor, dinspre Reghin, pe partea dreaptă, în imediata apropiere a confluenței pâraurilor Pârgului cu Lutului.



Fig. 6.4.2 Unul dintre aliniamentele de conuri vulcanice de la Monor și craterul (medalion) activ al unuia dintre vulcanii noroioși 2008

La Monor structurile vulcanismului noroios sunt organizate pe două aliniamente principale în care se succed conurile vulcanilor **Fig. 6.4.2**. Pe lângă acestea sunt evidențiate numeroase zone înmlăștinite cu boltiri ale solului, unde „pământul tremură sub picior” **Fig. 6.4.3**.

Per ansamblu toate structurile, inclusiv cele fosile, au conuri care nu depășesc 2,5 – 3m înălțime, iar diametrul lor bazal poate ajunge la 10 m.

Activitatea vulcanilor activi este destul de lentă, produsele de erupție fiind apa de infiltrație și curgerile de noroi care ajung și la 8-9 m lungime, mai mult sau mai puțin evidente datorită instalării rapide a covorului ierbos. Sarea apare dizolvată atât în apă cât și în nămol.



Fig. 6.4.3 Măsurători în perimetrul zonelor înmlăștinite cu boltiri pronunțate datorită gazelor acumulate



Fig. 6.4.4 Crăpăturile („crevase”) de pe unul dintre aliniamente vulcanice. Manifestări care caracterizează zonele instabile în care nămolul fluid apare la suprafață.

Interpretarea măsurătorilor și rezultatele

La Monor au fost realizate un număr de 66 de măsurători în condiții de temperatură de 16 °C și presiune atmosferică de 966,67 mBar.

Valoarea fluxului de metan este redată în **tabelul 6.4.1**.

Cele mai mari valori au fost înregistrate în zona structurilor aplatizate în m49 (**Fig. 6.4.5**) și m63 (măsurătoarea efectuată prin provocarea fluxului). În m63 (**Fig. 6.4.6**), concentrația de metan în cameră ajunge la ~27000 ppm în 15 secunde și se păstrează așa până la sfârșitul măsurătorii vreme de 1 minut, fluxul estimat în acest punct fiind de ~8.7 Kg m⁻² zi⁻¹

Tabelul 6.4.1

Fluxul de metan măsurat, Monor Aprilie 2009

Nr. Probe	Denumirea probei	Caracteristici	Flux CH ₄ (mg m ⁻² zi ⁻¹)
1	m1	V1/top/crater	< 10 ppm
2	m2	V1/crater	< 10 ppm
3	m3	V1/crater	< 10 ppm
4	m4	V1/crater/bat m7	< 10 ppm
5	m5	V1/flanc	< 10 ppm
6	m6	V1/flanc	< 10 ppm
7	m7	V1/crater	< 10 ppm
8	m8	V1/flanc	< 10 ppm
9	m9	V1/crater	< 10 ppm
10	m10	V2/crevase	1359
11	m11	V2/crevase	12450
12	m12	V2/crevase	60626
13	m13	V2/crevase	3325
14	m14	V2/crevase	22157
15	m15	V2/noroi uscat	< 10 ppm
16	m16	V2/noroi uscat	< 10 ppm
17	m17	V2/noroi uscat	< 10 ppm
18	m18	V2/noroi uscat	< 10 ppm
19	m19	V3/top/crater	406929
20	m20	V3/top/crater	28322
21	m21	V3/top/crater/bat m19	121088
22	m22	V4/top/crater	< 10 ppm
23	m23	V4/flanc	< 10 ppm
24	m24	V5/top/crater	< 10 ppm
25	m25	V5/top/crater	< 10 ppm
26	m26	V6/top/crater	< 10 ppm
27	m27	V6/top/crater/bat m26	10224
28	m28	V7/top/crater/bat m29	18324
29	m29	V7/top/crater	< 10 ppm
30	m30	V8/top/crater	< 10 ppm
31	m31	V8/top/crater/bat m30	11543
32	m32	V8/flanc	< 10 ppm
33	m33	V8/flanc	< 10 ppm
34	m34	V9/flanc	< 10 ppm
35	m35	V9/flanc	< 10 ppm
36	m36	V9/top/crater	6552
37	m37	V9/top/crater	36212
38	m38	V10/top/crater	< 10 ppm
39	m39	V11/top/crater	6052

40	m40	V11/top/crater	< 10 ppm
41	m41	V11/top/crater	2938
42	m42	V11/flanc	1914
43	m43	V11/flanc	1584
44	m44	V11/flanc	1467
45	m45	G12/top	34407
46	m46	G12/top	210549
47	m47	G13/top	45583
48	m48	G14/top	3636
49	m49	G15/top	1794744
50	m50	G15/top	105165
51	m51	G15/top	672239
52	m52	G15/top	25661
53	m53	G15/top	5490
54	m54	G16/top	49510
55	m55	G16/top	12595
56	m56	G17/top	7245
57	m57	V18/top	164315
58	m58	V18/top	315949
59	m59	V18/top	14667
60	m60	G19/top	35213
61	m61	G19/top/m60	7188691
62	m62	G19/top/bat	294528
63	m63	G19/top/bat	8762226
64	m64	G20/top/bat	1586665
65	m65	G20/top/m66	2556216
66	m66	G20/top	33709

Pe lângă măsurătoarea menționată au mai fost realizate și alte câteva măsurători pentru care nămolul din crater/flanc a fost agitat prin introducerea unui băț de cca. 2 m (**tabelul 6.4.2**). Aceste măsurători au avut ca scop compararea fluxurilor de metan din condiții normale cu cele dintr-un mediu perturbat. Cum era de așteptat aproape toate măsurătorile (excepție m19/m21) provocate au înregistrat valori record. *Nici una din măsurătorile provocate (m4: m21; m27; m28; m31; m61; m65; m62; m63) nu a fost luată în calcul în estimarea emisiilor de pe suprafețele investigate.*

Tabelul 6.4.2

Măsurători în același punct pentru evaluarea fluxului (Monor)

Măsurători	Condiții normale (mg m ⁻² zi ⁻¹)		Provocate (mg m ⁻² zi ⁻¹)		Caracteristici
1	m7	< 10 ppm	m4	< 10 ppm	V1/top/crater
2	m19	406929	m21	121088	V3/top/crater
3	m26	< 10 ppm	m27	10224	V6/top/crater
4	m29	< 10 ppm	m28	18324	V7/top/crater
5	m30	< 10 ppm	m31	11543	V8/top/crater
6	m60	35213	m61	7188691	G19/top
7	m66	33709	m65	2556216	G20/top
8		-	m62	294528	G19/top/bat
9		-	m63	8762226	G19/top/bat
10		-	m64	1586665	G20/top/bat

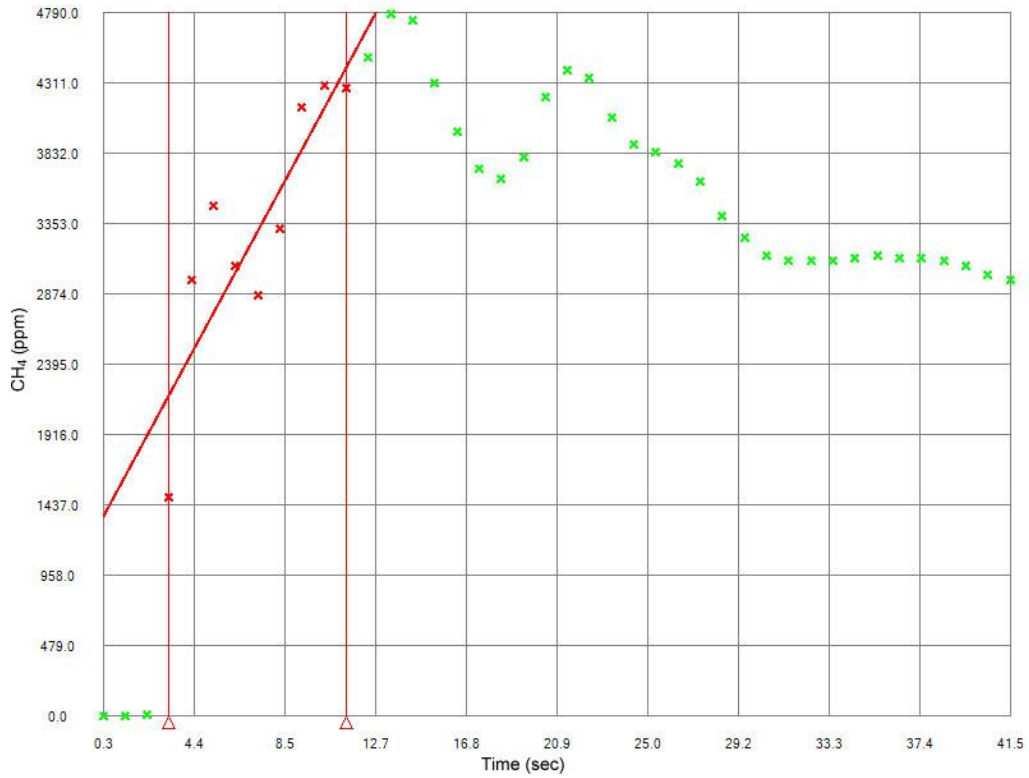


Fig. 6.4.5 Cea mai mare înregistrare a fluxului pentru Monor, m49

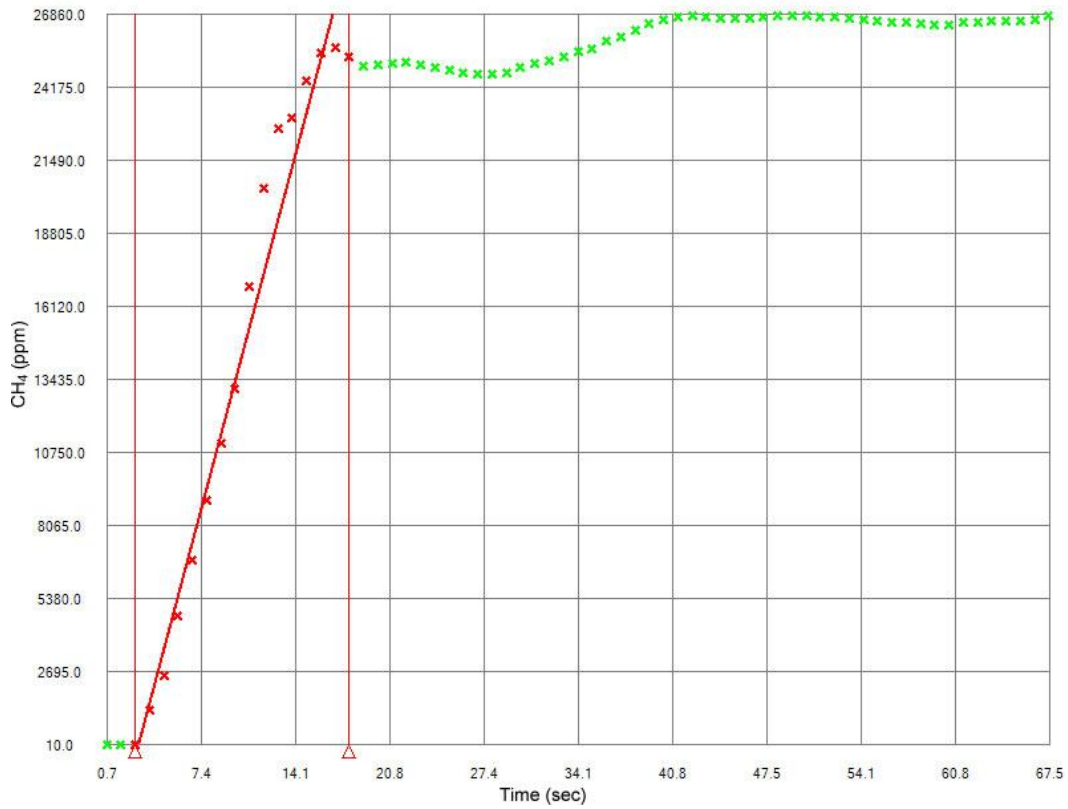


Fig. 6.4.6 Cea mai mare înregistrare provocată a fluxului pentru Monor, m63

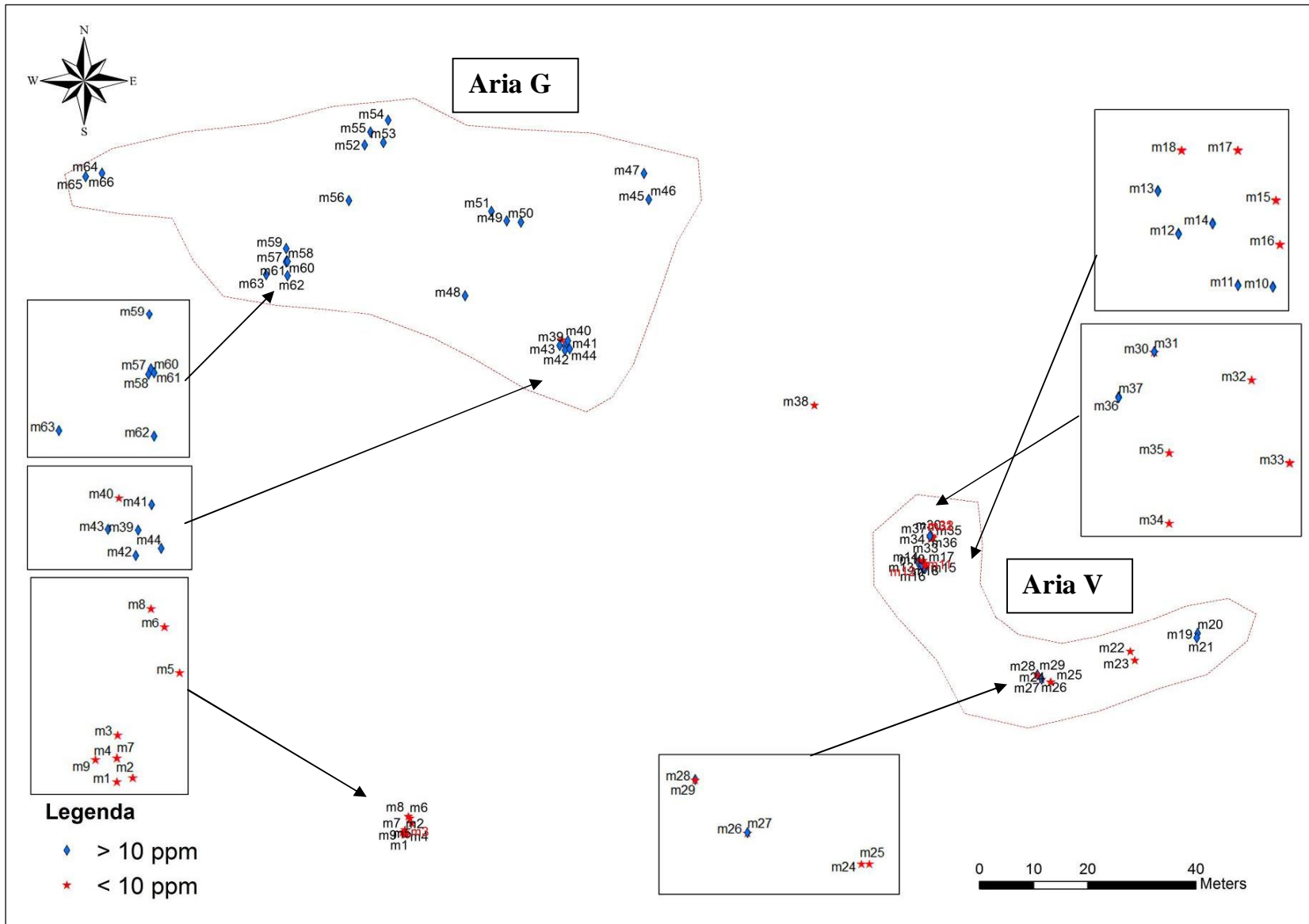


Fig. 6.4.7 Distribuția măsurătorilor în arealul vulcanilor de la Monor 2009

Pentru Monor 2009 au fost stabilite 2 arii pentru raportarea emisiilor. Aria V, unde predomină structurile înălțate, conice și aria G, unde predomină structurile aplatizate. Astfel, pe aria V (cca. 860 m²), se dispun mai multe structuri vulcanice, care au fost investigate cu măsurătorile m1-m38, iar în aria G efectuându-se 27 măsurători.

Măsurătorile m1-m9 au fost făcute la vulcanul 1, toate situându-se sub 10 ppm. Pentru calcularea emisiilor ariei V au fost luate în calcul 27 de măsurători (m10-m37). Interpolarea Natural Neighbour (**Fig. 6.4.8a**) a condus la o emisie de 2,67 t CH₄/an pe o suprafață de 94 m². O posibilă modelare vectorială a fluxurilor din zonele cu fluxuri mai mari spre cele cu fluxuri mai mici este redată în **Fig. 6.4.8b**.

Estimările de metan din aria G (cca. 2600 m²), au fost făcute separat atât pentru micro- și miniemisii (**Fig. 6.4.10a,b**), cât și pentru ivirile cu fluxuri mari (macroemisii); ele fiind evaluate separat în grafice (**Fig. 6.4.9a,b**). Fluxul de metan din micro- și miniemisii a fost apreciat pe o arie de 1474 m², emisia rezultată fiind de 10,8 t CH₄/an. Exclusiv din macroemisiile măsurate la 7 structuri vulcanice aplatizate, distribuite pe o suprafață de 394 m² a fost calculată o emisie de 2,1 t CH₄/an.

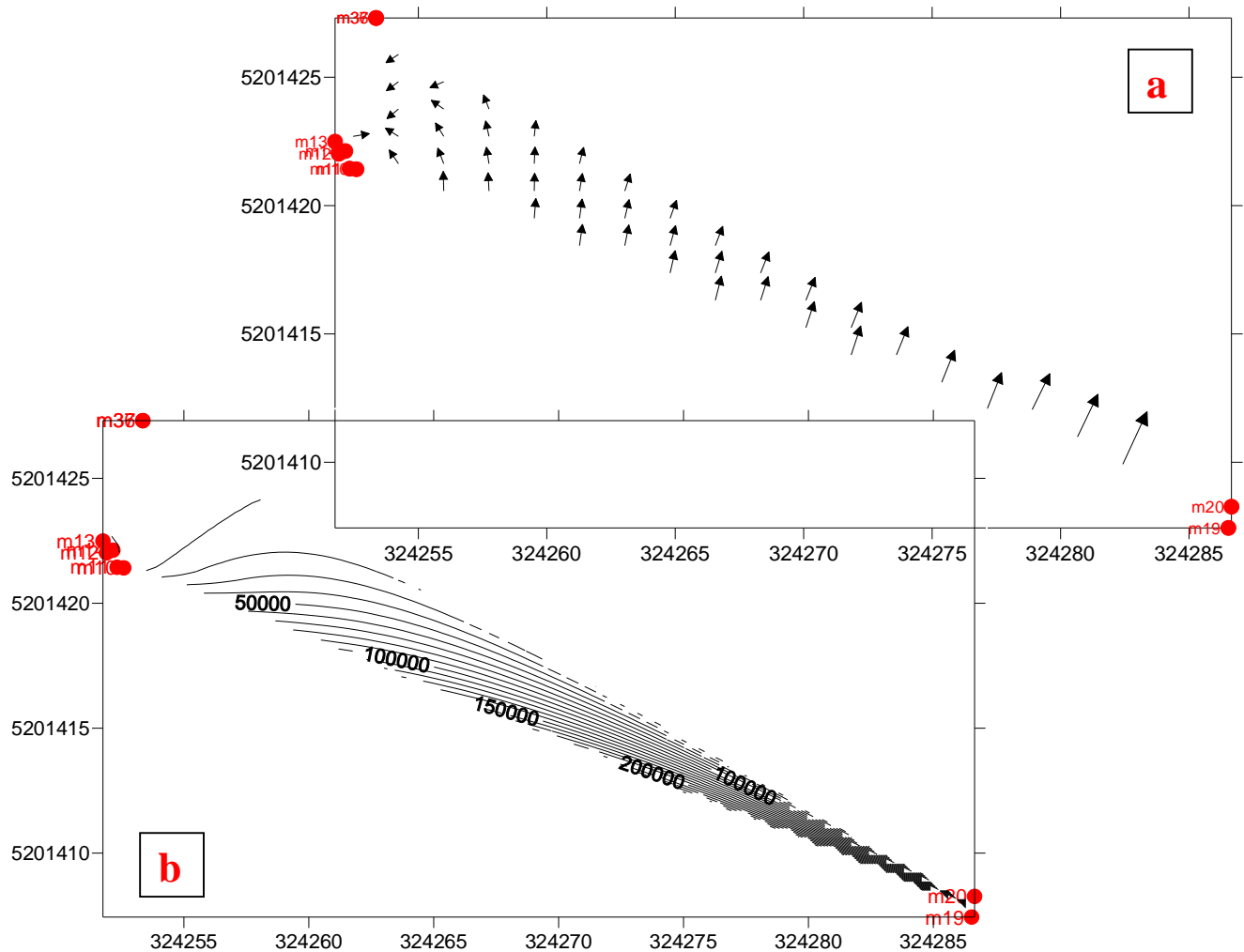


Fig. 6.4.8 Distribuția fluxurilor de metan pentru aria V, măsurătorile m10-m37, rezultată în urma interpolării Natural Neighbour (a); modelarea vectorială (b).

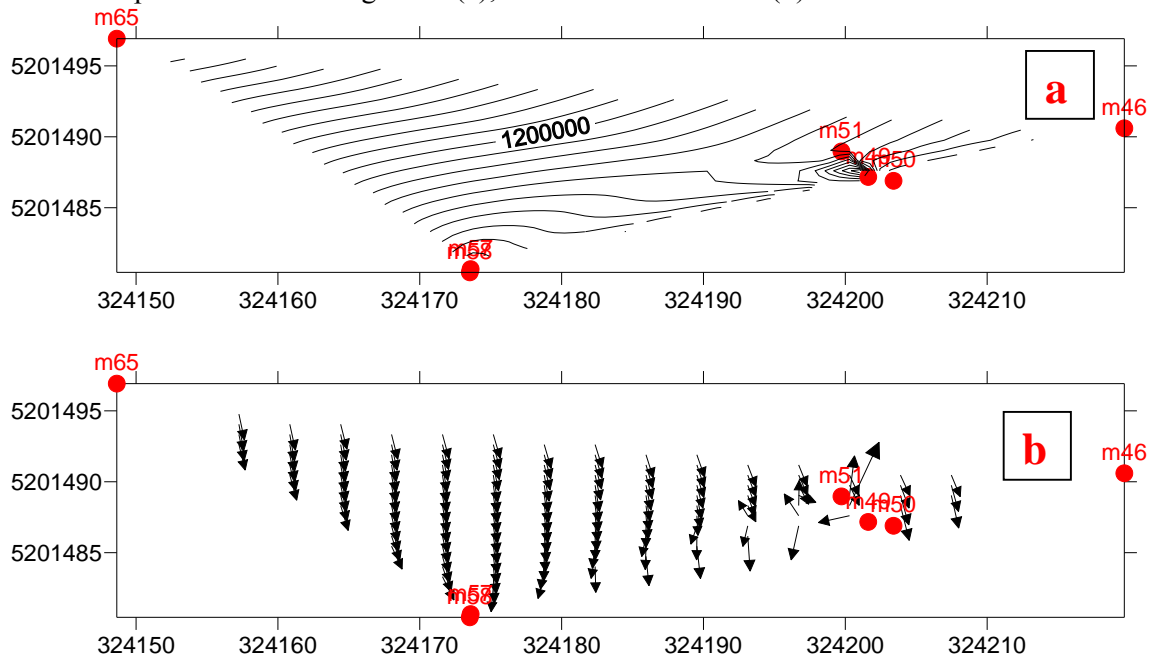


Fig. 6.4.9 Distribuția macroemisiilor de metan pentru aria G, rezultată în urma interpolării Natural Neighbour (a); modelarea vectorială (b).

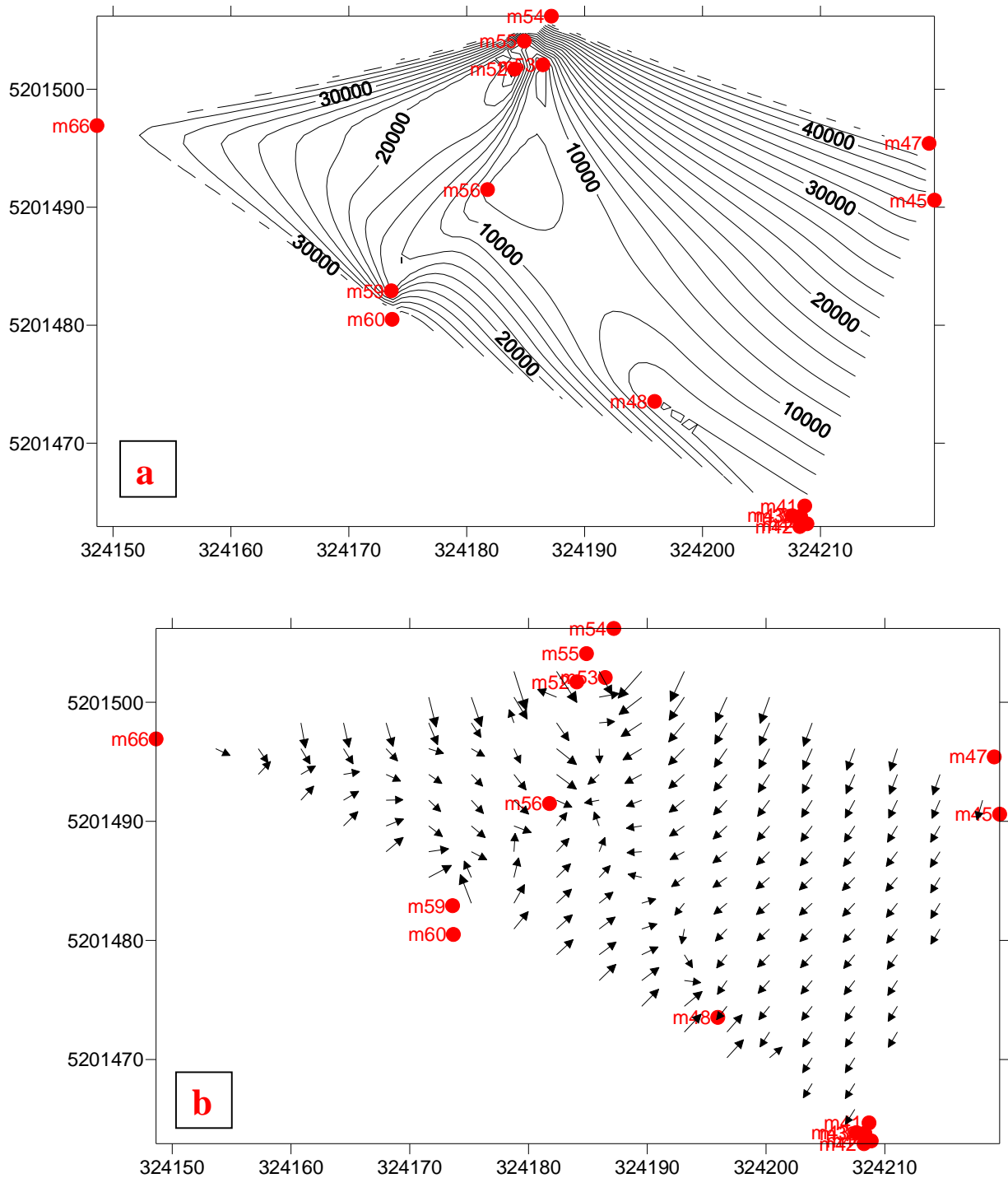


Fig. 6.4.10 Distribuția microemisiilor și miniemisiilor de metan pentru aria G, măsurătorile m39-m66, rezultată în urma interpolării Natural Neighbour (a); modelarea vectorială (b).

Aria G (~1870 m²) unde au fost înregistrate cele mai mari fluxuri, a oferit emisii cumulate de 12,9 t CH₄/an, fiind cele mai mari emisii raportate până acum la vulcanii noroioși din Transilvania.

Tabelul 6.4.3

Elementele statistice principale extrapolate din interpretarea emisiilor de CH₄ de la Monor

	Monor aria V (2009)	Monor aria G (2009)
Numărul măsurătorilor ^a	38	28
Mediana ^b (mg m ⁻² zi ⁻¹)	22157	29685
Valoarea minimă ^b (mg m ⁻² zi ⁻¹)	1359	1467
Valoarea maximă ^b (mg m ⁻² zi ⁻¹)	406929	1794744
Valoarea maximă provocată ^b (mg m ⁻² zi ⁻¹)	121088	8762226
Aria investigată (m ²)	860	2600
Aria de distribuție a emisiilor - Surfer ^b (m ²)	94	1868
Estimări de flux pentru aria totală ^b (t CH ₄ /an)	2.67	12.9

^a Toate măsurătorile înregistrate

^b Valori > 10 ppm

Tabelul 6.4.3 redă elementele statistice esențiale extrapolate din măsurătorile de la Monor, unde putem raporta o emisie de metan de cca. 16 t CH₄/an pe o suprafață de aproape 2000 m².

Concluzii

Impactul metanului asupra mediului este universal cunoscut la scară globală. Scopul lucrării a fost estimarea emisiilor de metan din surse geogene în interiorul unui bazin purtător de hidrocarburi (Bazinul Transilvaniei).

Pentru măsurătorile de gaze au fost alese manifestările geogene vizibile de tip natural (vulcani noroioși, focuri vii, iviri de gaze în apă) și perimetre cu intervenție antropică (sonde/foraje de gaz), dar au fost investigate și zone care nu au legătură cu zăcăminte de gaze.

Majoritatea studiilor de caz analizate în această lucrare se află în corespondență sau în apropierea unor structuri gazeifere cunoscute.

Este prezentat într-o formă actualizată un recensământ al vulcanilor noroioși și ivirilor de gaze din Bazinul Transilvaniei, din date de teren și bibliografice. Au fost evidențiate din literatură 73 de zone cu potențial de sursă geogenă de metan (69 vulcani noroioși și cel puțin 4 iviri de gaze sub altă formă). Emisiile de metan au fost măsurate la 8 vulcani noroioși, 1 foc viu și 2 iviri de gaze în apă.

În prezent, cei mai mulți din vulcanii noroioși din Transilvania sunt inactivi sau au experimentat o lungă fază de inactivitate. Observații preliminare sugerează că reactivarea poate fi legată de condițiile meteorologice și hidrogeologice (în timpul perioadelor ploioase apariția bulelor de gaze crește în intensitate).

Focurile vii de la Sărmășel se află în topul surselor geogene cu cel mai mare impact asupra mediului din Transilvania. Un teren agricol devenit rampă de gunoi „incinerator în aer liber” pentru localnici, găzduiește câteva vetre în care datorită puternicelor degazeificări din zăcămintul Sărmășel își face simțită prezența focul, care arde mocnit. Acest perimetru injectează cantități impresionante de metan în atmosferă, apreciate în această lucrare la 251 t/an, distribuite pe o arie de 1408 m² (2007) sau 595 t/an pe o suprafață de ~25000 m² (2008). În afara acestor focuri vii, nu se mai cunosc în literatura actuală alte locații de acest gen în Bazinul Transilvaniei.

Manifestările de gaze și apă sărată de la Deleni sunt expresia degradării uneia dintre cele mai mari structuri gazeifere din Bazinul Transilvaniei (Delenii). Două arii de ~4000 m² găzduiesc ivirile de gaze, nămol și apă sărată. Bazine de apă în care gazele bolborosesc și întinse suprafețe înmlăștinite, înconjurate de eflorescențe saline, reprezintă imaginea la suprafață a „depresurizării/detensionării” acestui zăcămint. În urma acestui studiu, emisiile

totale de metan au fost apreciate a se situa la valoarea de 19,55 t/an, raportate la o suprafață maximă măsurată de 3845 m² (2008) sau 2,2 t/an atribuite unei suprafețe restrânse de doar 604 m² (2009).

Ivirile de gaze din pârâul Corund (Praid) sunt puse pe seama ascensiunii gazelor pe liniile de falii care limitează zăcământul de sare în partea sa sud-vestică, sau a detensionării zonei marginale a zăcământului prin forajele săpate. Măsurătorile de metan înregistrate se încadrează exclusiv în categoria macroemisiilor, fiind situate în intervalul 85496 – 592872 mg m⁻² zi⁻¹. Valorile mari ale CO₂ (>40 g/m²/zi), denotă sursa endogenă, motiv pentru care a fost estimat și acest gaz. Emisiile de CH₄ au fost apreciate la 4,38 t/an pe o suprafață de 28 m², iar cele de CO₂ la 3,62 t/an pe o suprafață de 25 m².

Vulcanismul noroios de la Monor ocupă suprafețe extinse (cca. 2 ha), pe care își fac apariția numeroase conuri orientate NV-SE și zone înmlăștinite cu boltiri ale solului, unde „pământul tremură sub picior”. Conexiuni apropiate cu un zăcământ de gaze cunoscut sunt greu de apreciat pentru aceste manifestări. Totuși, mărimea acestor conuri (2,5 – 3 m, înălțime) denotă existența unei surse geogene care menține și amplifică aceste fenomene. La Monor au fost înregistrate cele mai mari fluxuri de metan dintre cele investigate la vulcanii noroioși din Bazinul Transilvaniei. O măsurătoare de 8,76 kg CH₄/m²/zi a fost înregistrată în condiții provocate. Cea mai mare înregistrare, realizată în condiții normale în mediu neperturbat, a atins 1,79 kg CH₄/m²/zi la un vulcan noroios din Bazinul Transilvaniei. Emisia totală de metan de la vulcanii de la Monor a fost apreciată la 15,57 t/an pe o suprafață de 1962 m².

Vulcanismul de la Băile Homorod apare pe bordura estică a bazinului. Activitatea vulcanului noroios și a celor 3 salse depinde de condițiile meteorologice, intensificându-se după perioadele ploioase. Cantități mici de metan au fost raportate în mai multe rânduri de diverși autori prin prisma faptului că vulcanii de la Băile Homorod sunt dominant azotici. Totuși, investigațiile din această lucrare raportează emisii pentru o perioadă secetoasă (2008) de doar 0,003 t CH₄/m²/zi pentru o suprafață de 10 m², dar și pentru o perioadă ploioasă (2009) de 0,64 t CH₄/m²/zi pentru o suprafață de 42,5 m². Fluxuri de CO₂ de proveniență endogenă au fost înregistrate în urma perioadei ploioase la vulcanul noroios, conducând la o emisie totală 0,55 t CO₂/m²/zi pentru o suprafață de 18,65 m².

Vulcanii noroioși de la Vălișoara se suprapun pe structura gazeiferă Sânger. Două perimetre situate la 34 m unul față de celălalt găzduiesc 2 vulcani cu o activitate moderată. Și aici, perioadele ploioase influențează drastic activitatea vulcanilor. Fluxurile sunt destul de mici, câteva înregistrări din zonele cu nămol fluid s-au situat între 8860 – 65644 mg CH₄ m⁻²

zi⁻¹. O estimare severă a emisiei totale de metan de 0,034 t/an a fost posibilă doar pe o suprafață de 5,7 m².

La Cobătești au fost analizați doi vulcani noroioși, unul activ iar celălalt inactiv, ambii fiind acoperiți de vegetație. Vulcanul activ de la Cobătești are un diametru de aproximativ 8 m, o înălțime de sub 50 cm și o curgere de noroi ce depășea 20 m. Au fost efectuate două rânduri de măsurători între 2008 (perioadă secetoasă) și 2009 (perioadă ploioasă). În 2008 au fost înregistrate fluxuri pozitive în toate cele 10 măsurători, ceea ce a condus la o estimare a emisiei de 0,25 t CH₄ an⁻¹, atribuită unei suprafețe de 10 m² de pe conul vulcanului activ. În 2009, măsurătorile de la Cobătești au fost concentrate de asemenea asupra vulcanului activ, pe o suprafață de 80 m², rezultatul fiind o estimare a emisiei de 0,27 t CH₄ an⁻¹.

La Filiaș sunt patru conuri de vulcani noroioși, toate peste 3 m înălțime. Acestea reprezintă probabil cele mai înalte structuri vulcanice din Transilvania. Activitatea acestora este foarte scăzută, în mare parte influențată de precipitații. Cea mai mare valoare a fluxului (117267 mg CH₄ m⁻² zi⁻¹) a fost înregistrată într-unul dintre craterele vulcanice, de tipul „crater în crater”. Acesta reprezintă de fapt un crater mai mic cu suprafețele neregulate instalat în vechiul crater, ca rezultat al retragerii craterului principal datorită reducerii activității vulcanice. Estimările totale ale emisiei de metan de la Filiaș ating valoarea de 0,39 t CH₄/an, valoare atribuită unei suprafețe combinate de ~ 50 m².

Manifestările vulcanice de la Porumbenii Mici sunt reprezentate de un vulcan mic cu o morfologie asimetrică, cu activitate continuă dar calmă și o zonă mlăștinoasă cu vegetație abundentă, situată aproximativ la 13 m NE de vulcan. Zona mlăștinoasă are dimensiuni aproximativ eliptice, cu un diametru de aproape 15-20 m, și poate fi considerată o suprafață cu bolborosiri de noroi, izvoare de apă și noroi proaspăt solidificat. Toate elementele sunt înconjurată de vegetație abundentă, dificil de străbătut. Fluxurile de metan măsurate în ambele zone la Porumbenii Mici sunt mari (4386-374982 mg CH₄ m⁻² zi⁻¹). Emisia totală de la Porumbenii Mici este de 0,47 t CH₄ an⁻¹, raportată unei suprafețe de 36,2 m².

Vulcanismul noroios de la Boz îmbracă forma unor edificii pozitive de conuri vulcanice, dar și a unor structuri aplatizate. Mai mult de 12 structuri sunt răspândite pe aproximativ 0,5 ha. Cel mai impresionat edificiu vulcanic noroios (17 m diametrul bazei x 2 m înălțime x 5 m diametrul craterului) din Bazinul Transilvaniei, activ de cel puțin 50 de ani, se află la Boz. Aparatul vulcanului noroios de la Boz, ca stadiu de activitate dar și datorită dimensiunilor, este singurul din Bazinul Transilvaniei comparabil cu unii grifoni din zona Pâclelor. Fluxuri mici de metan au fost întâlnite pe toate structurile active de la Boz. Estimări

conservative ale emisiilor au condus la o emisie de metan apreciată la $0,20 \text{ t CH}_4 \text{ an}^{-1}$ pentru o suprafață de doar 23 m^2 .

În absența vulcanismului noroios sau a ivirilor de gaze, măsurători de metan au fost efectuate în alte 12 locații din Bazinul Transilvaniei, aflate sau nu în legătură cu structuri gazeifere cunoscute. Aceste măsurători au fost realizate în imediata vecinătate a unor sonde/foraj de gaz la (Bunești (SB); Miheșu de Câmpie (MS); Viforoasa (MS); S67/ Drumul European E60, secțiunea Tg. Mureș - Cluj Napoca; Hașag (SB) sau aleatoriu în zone cu structuri gazeifere cunoscute precum cele de la Sărmașu (MS), Zău de Câmpie (MS), Cucurdea (MS), Târnăveni (MS), Bazna (SB). Fluxuri de metan relevante (până la $10^3 \text{ mg m}^{-2} \text{ zi}^{-1}$) înregistrate în apropierea sondelor de producție sau a forajelor de explorare, au condus la estimarea de macroemisiile. O valoare excepțională de $14263 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ zi}^{-1}$ a fost înregistrată aproape de sonda de la Viforoasa.

Măsurătorile efectuate pe solurile care nu au legătură cu surse geogene de metan (Cluj, Rădaia, Mihăiești, Cluj-Napoca (parc I. Hațieganu și parc Raluca Ripan)) sunt considerate măsurători din categoria microemisiilor ele neputând fi estimate cu exactitate în această lucrare.

Stabilirea unor intervale de ordine de mărime pentru fluxul de CH_4 a fost necesară în vederea elaborării unor criterii de calcul pentru distribuția fluxului dinspre zonele cu potențial ridicat spre cele cu potențial scăzut. Au fost astfel definite zonele cu micro-, mini- și macroemisiile.

Fluxurile de metan din zonele cu macroemisiile și din sol se pot modifica sezonier, dar diferențele anuale ale factorului mediu de emisie sunt considerate minime.

O estimare a emisiei totale generale, pentru investigațiile prezentate mai sus din Bazinul Transilvaniei, conduce la o valoare de $\sim 640 \text{ t CH}_4 \text{ an}^{-1}$. De aici aproximativ $620 \text{ t CH}_4 \text{ an}^{-1}$ sunt datorate ivirilor de gaze (Deleni, Praid, Sărmășel), $20 \text{ t CH}_4 \text{ an}^{-1}$ emisiilor rezultate din 7 vulcanii noroioși și doar $0,10 \text{ t CH}_4 \text{ an}^{-1}$ emisiilor din solurile din vecinătatea sondelor de gaz.

Această estimare totală de CH_4 din surse naturale/geogene investigate reprezintă doar o parte din cantitatea de metan pe care un bazin purtător de hidrocarburi le introduce anual în atmosferă.

Estimări preliminare conservative la scara întregului sistem gazeifer miocen (12 000 Km²), conduc la o emisie conservativă de ~ 680 t CH₄ an⁻¹, incluzând aici emisiile din toate sursele geogene cunoscute (vulcanii noroioși, iviri de gaze, zăcăminte de gaze).

Metodologia aplicată în lucrare este inovativă, până în prezent existând foarte puține studii bazându-se pe o tehnică similară. Performanțele „Dispozitivului portabil de măsurare a fluxului prin difuzie, pentru CO₂ și CH₄ (WEST Systems)” permite evidențierea rapidă a unor noi surse naturale sau antropice de emisie (posibile acumulări de gaze; scurgeri din conducte etc.). Fluxurile de CO₂ și CH₄ sunt calculate direct pe teren, ducând la simplificarea etapei de procesare a datelor.

Emisiile din surse geogene atribuie metanului statutul de gaz cu efect de seră și doar excepțional pe cel de poluant. Impactul negativ al metanului din surse geologice asupra mediului locuit și al sănătății umane apare foarte rar. Cazuri excepționale, când emisiile de CH₄ ajung în spații închise, pot fi datorate neefectuării unor analize privind concentrația gazelor din sol înaintea realizării construcțiilor, în absența unor prevederi legislative (ex. cartierul ANL Gherăiești (BC) amplasat într-un perimetru cu degazeificări mari de CH₄). Tot în categoria geohazardelor, prin schimbarea situației geologice locale (ex. ascensiunea gazelor datorită apariției unor falii/fisuri), metanul din surse geologice mai poate apărea în spațiile locuite.

Contribuțiile privind emisiile din sursele geogene din această lucrare deschid perspective noi pentru efectuarea unor studii privind conturarea mai precisă a emisiilor de CH₄ la scara Bazinului Transilvaniei.

Bibliografie (selectie)

- Aliyev Ad. A., Guliyev I.S., Rahmanov R. R., 2009, *Catalogue of mud volcanoes eruptions of Azerbaijan (1810-2007)*. Nafta Press, Baku, 106 pp.
- Andrae C. J., 1853, *Salzen von Reussen bei Hermannstadt und über die geol. Beschaffenheit des Berges Büdös und seiner Umgehung*. Jahrb.d.k.k.geol. R.A.N, Viena, p. 169-170
- Baciu C., Etiope G., 2002, *The environmental significance of methane emission from geogenic sources*. Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Special Issue 1, Seria Geologie, p. 31-36
- Baciu C., Caracausi A., Etiope G., Italiano F., 2007, *Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux*. Annals of Geophysics, 50(4), p.501-512
- Bartkó L., 1943, *Székelyudvarhely-Homoródalmás Környékének*. Földtani Vizsnyai, M.A.F.I. ÉVI Jelentése az 1943-as évről, v. II, Budapest, p. 91-119
- Bányai J., 1932, *Udvarhely vármegye iszapforrásai*, Erdélyi Múzeum, (37)1-3, p.1-17
- Ciulavu D., Dinu C., Szakács A., Dordea D., 2000, *Neogene kinematics of the Transylvanian basin (Romania)*. AAPG Buletin, v. 84/10, p. 1589-1615
- Ciupagea D., Paucă M., Ichim T., 1970, *Geologia Depresiunii Transilvaniei*. Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 256 pp.
- Etiope G., 2004, *New Directions: GEM—Geologic Emissions of Methane, the missing source in the atmospheric methane budget*. Atmospheric Environment 38 (19), p. 3099-3100
- Etiope G., Klusman R.W., 2002, *Geologic emissions of methane into the atmosphere*. Chemosphere, 49, p. 777-789
- Etiope G., Caracausi A., Favara R., Italiano F., Baciu C., 2003, *Reply to comment by A. Kopf on "Methane emission from the mud volcanoes of Sicily (Italy)", and notice on CH₄ flux data from European mud volcanoes*. Geoph. Res. Lett., 30 (2), 1094, doi: 10.1029/2002GL016287.
- Etiope G., Fridriksson T., Italiano F., Winiwarter W., Theloke J., 2007, *Natural emissions of methane from geothermal and volcanic sources in Europe*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 165, p. 76-86
- Filipescu M. N., Humă I., 1979, *Geochimia gazelor naturale*. Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 175 pp., 6 pls.
- Florea M., 1985, *Observații cu privire asupra unor vulcani noroioși de pe teritoriul României*. Ocrotirea naturii și a mediului înconjurător, Natura, Terra, 3, p.45-46
- Gál A. A., 2005, *Fenomene pseudovulcanice din Podișul Târnavelor*. Lucrare de disertație, Facultatea de Geografie, Cluj-Napoca, (in Romanian)
- Judd A.G, 2000, *Geological sources of methane*. In: Atmospheric methane: Its role in global environment, Khalil M.A.K. (Ed.). Springer, Berlin. p.280-303
- Judd A. G., Hovland M., Dimitrov L. I., Garcia-Gil S., Jukes V., 2002, *The geological methane budget at Continental Margins and its influence on climate change*. Geofluids, 2, p. 109-126
- Kholodov V.N., 2002, *Mud Volcanoes, Their Distribution Regularities and Genesis: Communication 1. Mud Volcanic Provinces și the Morphology of Mud Volcanoes*. Litology and Mineral Resources. Vol. 37, Nr. 3, p. 197-209
- Kovács J.Sz., Piteiu M., Bucur I.I., Săsăran E., Pinca O.G., Nagy I., 2007, *Carbonate reservoirs of the 6042 Deleni well (Târnavă Basin, Romania): questions arising for future exploration*. Abstract. In: AAPG & AAPG European Region Energy Conference and Exhibition, November 18–21, 2007, Athens, Greece
- Krészek Cs., Filipescu S., Silye L., Mațenco L., Doust H., 2010, *Miocene facies associations and sedimentary evolution of the Southern Transylvanian Basin (Romania): Implications for hydrocarbon exploration*. Mar. Petrol. Geol., 27, p. 191-214

- Kvenvolden, K.A., Rogers B.W., 2005, *Gaia's breath - global methane exhalations*. Mar. Petrol. Geol., 22, p. 579–590
- Livingston G.P., Hutchinson G.L., 1995, *Enclosure-based measurement of trace gas exchange: applications and sources of error*. In: P.A. Matson and R.C. Harriss (eds.) Biogenic Trace Gases: Measuring Emissions from Soil and Water. Methods in Ecology. pp 14-51. Blackwell Science Cambridge University Press, London.
- Paraschiv D., 1975, *Geologia zăcămintelor de hidrocarburi din România*. Institutul de Geologie și Geofizică, Stud. Teh. Econ., Seria A, v. 10, 363 p
- Paucă M., 1969, *Vulcanii noroioși din Transilvania*. Ministerul Minelor, Bul. Geol. 4, p. 38-40
- Pawlewicz M., 2005, *Transylvanian Composite Total Petroleum System of the Transylvanian Basin Province, Romania, Eastern Europe*. U. S. Geological Survey Bulletin 2204-E, p. 10
- Peahă M., 1965, *Vulcanii noroioși din România*. Edit. Acad. R. S. R., Studii și cercetări de geologie, geofizică, geografie, Seria Geografie, Tomul 12, Nr. 2.
- Popescu B. M., 1995, *Romania's petroleum systems and their remaining potential*. Petroleum geosciences, v. 1, p. 337-350
- Răileanu Gr., Rădulescu D., Marinescu Fl., Pelty. S., 1967, *Harta Geologică a României, sc. 1:200.000, Foaia Bistrița*. Comitetul de Stat al Geologiei, Inst. Geologic, București
- Sencu V., 1985, *Vulcanii noroioși de la Berca*. Edit. Sport-Turism, București, 21 pp.
- Spulber L.**, Baciu C., 2007, *Distribuția și importanța emisiilor geogene de metan din Bazinul Transilvaniei*. Environment & Progress 11, Cluj – Napoca, 442-447
- Spulber L.**, Baciu C., Maloș C., 2009, *Environmental impact of methane from geogenic sources*. Philobiblon, *In press*.
- Spulber L.**, Etiope G., Baciu C., Maloș C., Vlad Ș.N., 2010, *Methane emission from natural gas seeps and mud volcanoes in Transylvania (Romania)*. Geofluids, *In press*.
- Vancea A., 1929a, *Observațiuni geologice în regiune de SW a Câmpiei Ardelene – Cu o privire generală asupra geologiei Basinelui Transilvaniei și cu descrierea specială a domului de gaz natural dela Zaul de Câmpie (Moinești)*. Teză de doctorat, Mediaș, pp. 67, anexe pp. 54, 2 pls., 2 profile, 2 harti geologice (in Romanian)
- Vancea A., 1929b, *I. Zăcămintele de hidrocarbure naturale – Răspândirea geografică și condițiunile lor de zăcămintă II. Apele fosile – Importanța compoziției lor chimice în studiul zăcămintelor de hidrocarbure naturale*. pp. 25
- Vancea A., 1942, *Geologische Untersuchungen im west-südwestlichen Gebiete des Siebenbürgischen Beckens*. Bull. Soc. Roum. Géol., V, București, p. 177-218
- Wanek F. 2005, *Az erdélyi földgáz felfedezésének igaz története*. Műszaki szemle, 30/2005 (Historia scientiarum 2.), p. 27–40, Kolozsvár; újrakiadva [2007] in: BKL, Kőolaj és földgáz, 40 (140)/ 8., Budapest, p. 1–12