

# A tektonika és kigázásodás kapcsolata: globális és helyi példák

## Correlations between tectonics and degassing: global and local examples

SZALAY Roland<sup>1</sup>, KIS Boglárka-Mercedesz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Babeş-Bolyai Tudományegyetem Biológia és Geológia Kar, Geológiai Intézet, Kolozsvár,  
Kogălniceanu utca 1, Kolozsvár, RO-400084, Románia

<sup>2</sup> MTA–ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, Budapest Pázmány sétány 1/C, HU-1117, Magyarország

### Abstract

*Worldwide data on degassing suggests a tectonic control over such processes. The research done on greenhouse gases revealed that CO<sub>2</sub> mobilized by tectonically and seismically active areas makes a significant contribution to the annual budget of natural CO<sub>2</sub>. We investigate CO<sub>2</sub> soil flux on major active fault system, such as the Trouş Fault and neighbouring areas, for better understanding of tectonic degassing in the Eastern Carpathians. Our results so far show that a west-eastward CO<sub>2</sub> flux anomaly, where the highest flux of CO<sub>2</sub> (1120 g/m<sup>2</sup>/day) was orders of the magnitudes higher than the environmental background flux (8,8 g/m<sup>2</sup>/day) of the investigated area.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, gas-emission, geodynamics tectonics

**Kulcsszavak:** CO<sub>2</sub>, gázömlés, geodinamika, tektonika,

## 1. BEVEZETÉS

Napjainkban az üvegházhatású gázok kutatása arra hívja fel a figyelmet, hogy jelentős mennyiségű CO<sub>2</sub> származik a tektonikailag és szeizmikusan aktív területekről [9]. A globális becslések alapján, ez a CO<sub>2</sub> hozam megközelíti a vulkáni területek által kibocsátott CO<sub>2</sub> mennyiséget (231 Tg CO<sub>2</sub>/év) [14]. Ezek a becslések különböző geodinamikai esettanulmányok eredményeinek összegeként jöttek létre, valamint globális elméleti modellezésen alapulnak. Így rengeteg még az ismeretlen tényező, pl. a lokális rezervoárok állapota, mélyben fekvő karbonáttestek, amely arra enged következtetni, hogy sokkal nagyobb lehet a valós mennyiségű éves kibocsátás [9, 18]. A tektonikai úton történő kigázásodás mennyisége geológiai időben stabilnak tűnik, ellenében a vulkanikus kibocsátásnál, és nem elhanyagolható a Földünk szén-háztartásának tekintetében [8]. Kisebbségi regionális területeken is a vártnál nagyobb mennyiségeket állapítottak meg, pl. Közép-Olaszország: 11 Tg CO<sub>2</sub>/év, Kelet-Afrika [8, 15]. Napjainkban a becsült mélységi eredetű vulkanikus és tektonikus fel szabaduló CO<sub>2</sub> 0,44-0,57 gigatonna évente, de mennyisége elhanyagolható, hiszen alig 2%-át teszi ki, az antropogén tevékenységek által kibocsátott 9,8 gigatonna/év mennyiségű CO<sub>2</sub>-nak [4].

## 2. GLOBÁLIS PÉLDÁK

Számos tanulmány, kutatás világított rá a mélységi eredetű CO<sub>2</sub> és a szerkezetföldtan kapcsolatára. A szerkezetföldtani környezet hatást gyakorolhat a fluidumok felszínre történő vándorlására, legyen szó extenziós [12, 18], kompressziós [17] vagy összetett oldaleltolódásos [5] rendszerekről. A múlt század kutatásai a globális méretű aktív rift törésrendszerek (pl. Izland, Kelet-Afrika, Eger-rift) és szubdukciós (pl. Andok, Himalája) zónák gázömléseinek geokémiai vizsgálatára és hozam összegzésére koncentráltak [9].

A 2000-es évek elején megjelenő infravörös detektor-technológiát alkalmazó műszerek lehetővé tették a helyszíni és valós idejű, relatíve jó felbontású geokémiai térképezést, valamint a gázhozamok számszerűsítését [21]. Az új megközelítésnek köszönhetően, több információt nyerhettünk a tektonika által irányított CO<sub>2</sub> [21] vagy CH<sub>4</sub> [7] feláramlásról. A jelenben, illetve a közelmúltban a technológiai fejlődésnek köszönhetően,

számos tanulmány méri fel a szerkezetföldtani elemek, kigázasodásra gyakorolt hatását pl. az Eger-rift extenziós öve [3, 12, 16], a toszkánai Amiata vulkán szomszédságában lokális, kis méretű törések mentén felszabaduló száraz gázömlések [19] vagy a Tiber-folyó kompressziós sasbérc rendszere [7]. CHIODINI és munkatársai [6] megfigyelték az Appenin-hegység területén egy 10 éves szeizmikus és stabil izotóp vizsgálat által, hogy a gázömlések összetétele korrelációt mutat a terület szeizmikájával: szeizmikusan aktív periódusban, megnövekszik a mélységű eredetű CO<sub>2</sub> mennyisége a gázelegyenben.

### 3. A KELETI-KÁRPÁTOK MOFETTA ÖVE

A Keleti-Kárpátok vonulata bővelkedik a CO<sub>2</sub> által dominált gázömlésekben, amelyek megjelennek száraz, illetve nedves formában. A gázömlések kutatása a 19. századig nyúlik vissza és napjainkban is tart [1, 2, 11, 13, 20 és még sokan mások]. Ezen tanulmányok összegzésével, számos népi feredő történetét, a gázok kémiai összetételét, geológiai környezetét és a gázok geológiai eredetét ismerhetjük meg. A térséget egy egy-séges mofetta-övként írta le Airinei 1980-ban. Airinei és Pricăjan, 1970 említést tesz a lehetséges kapcsolatról a gázömlések felszíni megjelenése és a terület szerkezetföldtani elemei között. A nemzetközi tektonikus kigázasodást összefoglaló tanulmányok [4, 18] egyike sem említi, hazánk természetes gázömléseit, holott mofetta-övrünk részben egy szeizmikusan aktív (Vrâncsa-zóna) és aktív törésrendszerekkel jellemezhető terület.

### 4. EREDMÉNYEK

Munkánk célkitűzése a gázömlések és tektonikai elemek közti kapcsolat megértése és vizsgálata a területünkön. A Keleti-Kárpátok területén, a tektonika és a kigázasodás megértése céljából Szlanikfürdő területét és szomszédságát választottuk ki. A fürdőtelep a mofetta öv keleti peremvidékén helyezkedik el. A paleogén flis összletben található. A kutatott terület érinti a Tatros aktív törésrendszert, mely észak-nyugati irányban mélyen benyúlik a Keleti-Kárpátok flis takaróiba [10]. A Tatros a Kárpáti Előtér része, összetett, szinisztrális irányú normál oldaleltolódásos törés, amely délről határolja a horizontálisan stabil, de vertikálisan emelkedő Szkíta és Kelet-Európai lemezeket a Dobrudzsa északi felétől, valamint a Moesia Platform dél-keleti irányú mozgásaitól [10]. Hipotézisünk szerint a feltételezhetően 40 km mély törésrendszer befolyásolhatja a területen fellelhető mofettákat és CO<sub>2</sub> hozamokat az alapvetően CH<sub>4</sub> jellemezte gáz geokémiai környezetben. 2023 évben elkezdjük a kutatott fürdőtelep CO<sub>2</sub> talajgáz hozamának térképezését. Méréseinket a terület beépítettsége és helyenként a talaj hiánya nehezítette. Elsődleges eredményeink alapján egy kelet-nyugat irányú CO<sub>2</sub> talaj gázhozam anomáliát vettünk észre. A mért legmagasabb CO<sub>2</sub> hozam 1120 g/m<sup>2</sup>/nap volt, amely a terület természetes háttérértékének (kb. 8,8 g/m<sup>2</sup>/nap) több mint százszorosa.

### Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a Román Oktatás, Kutatás és Digitalizációért felelős hivatalának CNCS/CCCDI – UEFISCDI, számú projektje a TE63/2020 projekt, valamint. Szalay R. kutatási ösztöndíja a Babeş-Bolyai Tudományegyetemen Doktorai Grantja, valamint a Kolozsvári Magyar Egyetemi Intézetet és a Bethlen Gábor Alapkezelő Zrt támogatta.

### IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] AIRINEI, ST., PRICAJAN, A., 1970: Corelatii între structura geologica adanca si aureola mofettica din judetul Covasna cu privire la zonelor de aparitie a apelor minerale carbogazase, *Buletinul Societății Stiințifică Geologică Romană*, **XII**, 125–135, Bucuresti, Romania.
- [2] AIRINEI, ȘT., 1980: Radiografia geofizică a subsolului României, *Editura științifică*, 24–28, Bucuresti, Romania.
- [3] BRÄUER, K., KÄMPF, H., STRAUCH, G., WEISE, S.M., 2003: Isotopic evidence (3He/4He, 13CCO2) of fluid-triggered intraplate seismicity. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **108/B2**, 2070.
- [4] BURTON, M.R., SAWYER, M., GRANIERI, G., 2013: Deep Carbon Emissions from Volcanoes. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, **75**, 323–354.

- [5] CAPPA, F., RUTQVIST, J., YAMAMOTO, K., 2009: Modeling crustal deformation and rupture processes related to upwelling of deep CO<sub>2</sub>-rich fluids during the 1965–1967 Matsushiro earthquake swarm in Japan. *Journal of Geophysical Research*, **114**, B10304.
- [6] Chiodini, G., Caliro, S., Avino, R., Bini, G., Giudicepietro, F., De Cesare, W., Ricciolino, P., Aiuppa, A., Cardellini, A., Petrillo, Z., Selva, S., Siniscalchi, A., Tripaldi, S., 2020: Hydrothermal pressure-temperature control on CO<sub>2</sub> emissions and seismicity at Campi Flegrei (Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **414**, 107245.
- [7] CIOTOLI, G., FRANCESCO, M., MANCINI, M., MOSCATELLI, F., CAVINATO, M., PAOLO, G., 2015: Geostatistical interpolators for the estimation of the geometry of anthropogenic deposits in Rome (Italy) and related physical–mechanical characterization with implications on geohazard assessment. *Environmental earth sciences*, **10**, 1007.
- [8] DASGUPTA, R., 2013: Ingassing, storage, and outgassing of terrestrial carbon through geologic time, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. **75**, 183–229.
- [9] FISCHER, T. P., AIUPPA, A., 2020: AGU Centennial Grand Challenge: Volcanoes and deep carbon global CO<sub>2</sub> emissions from subaerial volcanism—Recent progress and future challenges. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **21**, e2019GC008690.
- [10] van der HOEVEN, A.G.A., MOCANU, V., SPAKMAN, W., NUTTO, M., NUCKELT, A., MATENCO, L., MUNTEANU, L., MARCU, C., AMBROSIOUS, B.A.C., 2005: Observation of present-day tectonic motions in the Southeastern Carpathians: Results of the ISES/CRC-461 GPS measurements. *Earth and Planetary Science Letters*, **239**, 3–4, 177–184.
- [11] ILOSVAY, L., 1895: A torjai-büdösbarlang levegőjének kémiai és fizikai vizsgálat. *Természettudományi, Társulat.*, Budapest, Magyarország.
- [12] KÄMPF, H., BRÄUER, K., SCHUMANN, J., HAHNE, K., AND STRAUCH, G., 2013: CO<sub>2</sub> discharge in an active, non-volcanic continental rift area (Czech Republic): characterisation ( $\delta^{13}\text{C}$ , 3He/4He) and quantification of diffuse and vent CO<sub>2</sub> emissions, *Chemical Geology*, **339**, 71–83.
- [13] KIS B.M., IONESCU, A., CARDELLINI, C., HARANGI, SZ., BACIU, C., CARACAUSI, C., VIVEIROS, F., 2017: Quantification of carbon dioxide emissions of Ciomadul, the youngest volcano of the Carpathian-Pannonian Region (Eastern-Central Europe, Romania). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **341**, 119–130.
- [14] LE VOYER, M., HAURI, E. H., COTTRELL, E., KELLEY, K. A., SALTERS, V. J. M., LANGMUIR, C. H., 2019: Carbon fluxes and primary magma CO<sub>2</sub> contents along the global mid-ocean ridge system. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **20**, 1387–1424.
- [15] Minissale, A., Mattash, M., Vaselli, O., Tassi, F., Al-Ganad, I., Selmo, E., Shawki, A., Tedesco, D., Poreda, R., Ad-Dukhain, A., Hazzae, M., 2007: Thermal springs, fumaroles and gas vents of continental Yemen: Their relation with active tectonics, regional hydrology and the country's geothermal potential. *Applied Geochemistry*, **22**, 4, 799–820.
- [16] NICKSCHICK, T., KÄMPF, H., FLECHSIG, C., MRLINA, J., HEINICKE, J., 2015: CO<sub>2</sub> degassing in the Hartouov mo-fette area, western Eger Rift, imaged by CO<sub>2</sub> mapping and geoelectrical and gravity surveys. *International Journal of Earth Sciences*, **104**, 2107–2129.
- [17] SIBSON, R.H., 2007: An episode of fault-valve behaviour during compressional inversion—The 2004 MJ6.8 Mid-Niigata Prefecture, Japan, earthquake sequence. *Earth Planet Science Letters*, **257/1-2**, 188–199.
- [18] TAMBURELLO, G., PONDRELLI, S., CHIODINI, G., 2018: Global-scale control of extensional tectonics on CO<sub>2</sub> earth degassing, *Nature Communications*, **9**, 4608.
- [19] TASSI, F., VASELLI, O., CUCCOLI, F., BUCCIANTI, A., NISI, B., LOGNOLI, E., MONTEGROSSI, G., 2009: A Geochemical Multi-Methodological Approach in Hazard Assessment of CO<sub>2</sub> Rich Gas Emissions at Mt. Amiata Volcano (Tuscany, Central Italy). *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, **9**, 117–127.
- [20] VASELLI, O., MINISSALE, A., TASSI, F., MAGRO, G., SEGHEDI, I., IOANE, D., SZAKÁCS, A., 2002: A geochemical traverse across the Eastern Carpathians (Romania): constraints on the origin and evolution of the mineral waters and gas discharge. *Chemical Geology*, **182/2-4**, 637–654.
- [21] VIVEIROS, F., CARDELLINI, C., FERREIRA, T., CALIRO, S., CHIODINI, G., SILVA, C., 2010: Soil CO<sub>2</sub> emissions at Furnas volcano, São Miguel Island, Azores archipelago: Volcano monitoring perspectives, geomorphologic studies, and land use planning application. *Journal of Geophysical Research*, **115**, B12208.