

Habilitation Thesis

~ Abstract ~

**Influences of climatic variability and anthropogenic factors
on the chemistry of atmospheric precipitations, particulate
matter and tropospheric ozone in closed intra-mountain
basins from the Eastern Carpathians**

Szép Robert Eugen

March 2024

Abstract

Global climate change and global warming already has multiple observable effects on the environment, which include more frequent wildfires, longer periods of drought in some regions, high temperatures, and an increase in the number, duration and intensity of precipitations and storms. These effects are intensely felt in intra- and extra-mountain areas too, such as the Ciuc and Giurgeu basins in the Eastern Carpathians.

Due to the specific climatic and atmospheric conditions, involving atmospheric static stability paired with thermal inversions, the Ciuc basin is suitable to develop various climatic models, that can be used in similar areas with the same problems regarding air pollution.

In the '60s and '70s Eastern-Carpathian basins were heavily drained, resulting in significant water loss and lower evapotranspiration. Local anticyclonic conditions, with long episodes of static stability of the atmosphere, involving thermal inversions, are the main cause of particulate matter and pollutants accumulation (Szép et al., 2017a, 2017b, 2016c, 2016d; Szép and Mátyás, 2014), which are often above the limit accepted by the European Directives. The concentrations of accumulated pollutants are similar to those of urban agglomerations, although the basins are mostly dominated by rural areas and it is rather dominated by agricultural activities, than industrial ones.

In order to investigate the specific and unique atmospheric conditions paired with the more and more visible consequences of climate change, which have a significant impact on the environment, the chemical composition of precipitation during the 2006-2016 period was studied, at four different monitoring stations from the Eastern Carpathians (Szép et al., 2018), which also helped in understanding the inter-relation between sites situated in intra mountain areas and extra mountain areas.

In the study of Szép et al., (2017b), the chemical characteristics of the ionic composition of rainwater in the wettest and driest year from the last decade was also studied, in order to highlight the differences between the precipitation chemistry collected in two specific years with contrasting climatic and meteorological conditions. The year of 2012 was a significant one in terms of climate and precipitation chemistry from the last two decades, regarding the uneven distribution of precipitation and the presence of westerly anticyclonic systems which led to higher temperatures

with 2 - 6 °C, causing acute pedological drought, eventually leading to the auto ignition of peat bogs in the Ciuc and Giurgeu basins (Szép et al., 2019).

The accumulation of pollutants and their effects on the ecosystem and human health, was studied in different conditions, involving thermal inversions and diurnal and nocturnal variations of pollutant concentration. The study of Szép and Mátyás, (2014) presents the conditions of PM₁₀ accumulation and the role of atmospheric stability, focusing on intra-diurnal variation. Since the main cause to pollutant accumulation is the phenomenon of static atmospheric stability, it was further examined and determined using various methods, such as Richardson number, Monin-Obukhov length, SRDT method in the study of Szép et al., (2017a).

Breathing in polluted air with particulate matter harms human health, therefore predicting the concentration of air pollutants and the timely warning of the vulnerable target groups are very important. Therefore, the study of (Szép et al., 2016c) aimed to create an easily accessible and usable model on the level of the Ciuc basin, in order to forecast the periods when the concentration of particulate matter exceeds the limits for human health. The negative effects of pollutant accumulation were studied not only in case of human health, but also taking under consideration ecosystems and the vegetation of the Ciuc basin. The dry deposition of accumulated particulate matter to the vegetation and its health effect was examined in the study of Szép et al., (2016b). Since the tropospheric ozone is a determinative key element in the atmosphere's oxidative environment and it is the main component of photochemical smog, which affects the air quality in urban and regional levels, tropospheric ozone concentrations along with NO and NO₂ as a function of NO_x in the Ciuc basin were also studied in the paper of Szép et al., (2016d). The above-mentioned study (Szép et al., 2016d) summarizes the results of a yearlong continuous measurements of gaseous pollutants, NO, NO₂, NO_x and O₃ in the ambient air of the Ciuc basin.

The above presented studies provide a complete characterization of the behavior of different pollutants in specific climatic conditions, the chemical relations between them, as well as the contribution of the regional and continental air masses on the atmospheric chemistry in the studied area. In this analysis, mathematical models have been developed integrating chemical and geochemical data measured at ground level with satellite reanalysis data.

Rezumat

Schimbările climatice și încălzirea globală produc multiple efecte vizibile asupra mediului, care includ în unele regiuni, incendii frecvente, perioade lungi de secetă, temperaturi ridicate și o creștere a numărului, duratei și intensității precipitațiilor abundente, respectiv a furtunilor. Aceste efecte sunt resimțite intens atât în zonele intra și extra-montane, cum ar fi depresiunile Ciucului și Giurgeului din Carpații Orientali.

Datorită condițiilor atmosferice specifice, care implică nivele crescute de stabilitate statică a atmosferei asociate cu perioade intense de inversiuni termice, depresiunile Ciucului respectiv Giurgeului sunt potrivite pentru a dezvolta diferite modele climatice, care pot fi extrapolate în zone cu probleme de calitate a aerului.

În anii '60 și '70, depresiunile est-carpătice au fost puternic drenate, ducând la pierderi semnificative de ape subterane și implicit la scăderea nivelului evapotranspirației, accentuând dezvoltarea unor sisteme anticlonale locale, cu episoade lungi de stabilitate statică a atmosferei, fiind cauza principală a acumulării de particule și a altor tipuri de poluanți (Szép et al., 2017a, 2017b, 2016c, 2016d; Szép and Mátyás, 2014), care depășesc adesea limita impusă de Directivele Europene. Concentrațiile de poluanți acumulați sunt similare cu cele ale aglomerărilor urbane, deși depresiunile au caracter rural cu activități agricole în detrimentul celor industriale.

Pentru a investiga condițiile atmosferice specifice s-a studiat compoziția chimică a precipitațiilor atmosferice în perioada 2006-2016, la patru stații de monitorizare diferite din Carpații Orientali (Szép et al., 2018), care a ajutat, de asemenea, la înțelegerea fenomenelor de blocaj orografic a dispersării poluanților dintre zonele intra- și extra-montane.

În lucrarea Szép et al., (2017b), au fost analizate caracteristicile chimice ale compoziției ionice a precipitațiilor atmosferice din cel mai secetos și cel mai ploios an din ultimul deceniu, pentru a pune în evidență diferențele chimismului precipitațiilor, induse de condițiile climatice și meteorologice specifice. Anul 2012 a fost caracterizat de o distribuție inegală a precipitațiilor și prezența sistemelor de anticloni vestici, care au condus la temperaturi mai ridicate cu 2 - 6 ° C față de media multianuală, cauzând secetă pedologică acută, cu efecte asupra turbăriilor, producând incendii de autocombustie de lungă durată în depresiunile Ciucului și Giurgeului (Szép et al., 2019).

A fost studiată deasemenea, acumularea de poluanți atmosferici și efectele acestora asupra ecosistemelor și a sănătății umane în diferite condiții meteorologice și climatice. Studiul Szép & Mátyás, (2014) prezintă condițiile de acumulare a PM₁₀ și rolul stabilității atmosferice, concentrându-se asupra variației intra-diurne. Deoarece principala cauză a acumulării de poluanți o reprezintă nivelul ridicat a stabilității statice a atmosferei, aceasta a fost determinată prin metode variate, cum ar fi numărul Richardson, lungimea lui Monin-Obukhov, metoda SRDT (Szép et al., 2017a).

Aerul poluat afectează sănătatea umană, prin urmare, preconizarea tendințelor acumulării poluanților atmosferici, respectiv avertizarea în timp util a grupurilor țintă vulnerabile este foarte importantă. Prin urmare, Szép et al., (2016c) urmărește crearea unui model ușor accesibil și ușor de utilizabil la nivelul Depresiunii Ciucului, cu scopul de a anticipa perioadele de acumulare a PM₁₀ peste limitele admise pentru sănătatea populației. Aceste efecte au fost studiate și pentru ecosisteme și impactul asupra vegetației din Depresiunea Ciucului. Depunerea uscată și scăderea productivității agricole datorate acestora a fost de asemenea studiată în lucrarea Szép et al., (2016b). Deoarece ozonul troposferic este un element cheie determinativ în mediul oxidativ al atmosferei și este componenta principală a smogului fotochimic, care afectează calitatea aerului la nivel urban și regional, concentrațiile de troposferice ale ozonului, împreună cu NO și NO₂, în funcție de NO_x în Depresiunea Ciucului au fost discutate și în lucrarea lui Szép et al., (2016d). Studiul menționat mai sus rezumă rezultatele măsurătorilor continue pe tot parcursul anului a poluanților gazoși, NO, NO₂, NO_x și O₃ din aerul ambiental al Depresiunii Ciucului și influența ozonului asupra celorlalți poluanți atmosferici.

Studiile prezentate mai sus oferă o caracterizare completă a comportamentului diferiților poluanți în condiții climatice specifice, relațiile chimice dintre acestea, aportul maselor de aer regionale și continentale asupra chimismului atmosferei zonei studiate. În această analiză au fost create modele matematice integrând date chimice și geochimice măsurate la nivelul solului, cu date satelitare de reanaliză.