



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Kémia Doktori Iskola

A csapadék ionos összetételének kémiai jellemzői és forráselemzése a romániai Kárpátokban, Európában és az Egyesült Államokban

tézisfüzet

Keresztesi Ágnes Zsuzsa

témavezető:
Dr. Szép Róbert
vezető kutató

PÉCS 2022

1. Bevezetés

Az éghajlatváltozás hatásai minden geoszférában érezhetők. A hatások az éghajlati rendszer tehetetlensége miatt láthatóak és elkerülhetetlenek, függetlenül a rövid- és középtávú kibocsátáscsökkentési intézkedések eredményétől. A kibocsátások mennyisége és összetétele nemcsak a levegő minőségében, hanem a légköri csapadékban is megtalálható. Ez a természetes és antropogén környezet változásainak érzékeny mutatója.

A zárt típusú medencéket is jelentősen érintik a globális felmelegedés okozta hatások. Sajátos mikroklimájuknak köszönhetően, alkalmasak különböző matematikai modellek kidolgozására, és amelyeket jelen dolgozatban regionális, sőt kontinentális léptékre is extrapolálunk. A Keleti-Kárpátok zárt típusú medencéinek sajátossága, hogy rendhagyó mikroklima viszonyokkal rendelkeznek, tartós statikus stabilitási és lokális anticiklonális időszakok jellemzik őket. A medencék homorú formája kedvez a levegő termikus rétegződésének (Whiteman et al., 2001). Így a hideg levegő leereszkedik és felhalmozódik ezeknek a mélyedéseknek az alján, ami a hideg évszakban rendkívül gyakori termikus inverziót okoz (Panday et al., 2009; Wekker és Kossmann, 2015). Sőt, a hegyek oltalmazó jellegéből adódóan a medencéken belül csökken a szél frekvenciája, míg a levegő relatív páratartalma magasabb, ami növeli a ködgyakoriságot (Kossmann et al., 2002). Az említett jelenségek a Keleti-Kárpátok medencéire is jellemzőek (Csíki-medence, Gyergyói-medence és a Máramarosi-medence). Ezekre a medencékre jellemzőek a tektonikus törésvonalakon kifejlődött, savas növényzettel és mofettákkal rendelkező talajok, amelyek kémiai állapotát a befogadó kőzetek határozzák meg (Szép et al., 2017).

Az 1960-1980 között alkalmazott agrárpolitika drasztikus változásokhoz vezetett a földhasználatban. Így az extenzív mezőgazdaságra való áttérés a medencék lecsapódását, majd jelentős evapotranszspirációs veszteségeket okozott. Az evapotranszspiráció elvesztése, a relatív páratartalom és a csapadék mennyiségének csökkenése kedvez a nagy aszályos jelenségek kialakulásának, a szennyező anyagok és az azokból származó részecskék felhalmozódásának (Szép és Mátyás, 2014). Az utóbbi időben a nagy szárazság a természetes tűzeglélőhelyek meggyulladásához vezetett, akár önégés, akár tarlóégés következtében a Csíki- és Gyergyói-medencékben (Szép et al., 2017).

A légszennyezés mindenkit érint, minden régió számára állandó kockázati tényező, és a negatív és káros hatások elleni küzdelem érdekében a környezetvédelmi politikákat a helyi sajátosságokhoz kell igazítani. A légszennyezettség és a légköri csapadék kapcsolata érdekes, különösen a nedves ülepedés, valamint a pedoszféra, a bioszféra és az épített örökség értékeire gyakorolt hatás szempontjából. A légköri csapadék kémiai összetételét az elmúlt évtizedekben intenzíven tanulmányozták, így a csapadékvíz jelentősebb ionkoncentrációi jelezhetik a levegő minőségét, megmutatva, hogy milyen relatív források járultak hozzá a légkör szennyezéséhez.

2. Kutatási célkitűzések

A dolgozat fő céljai a következők:

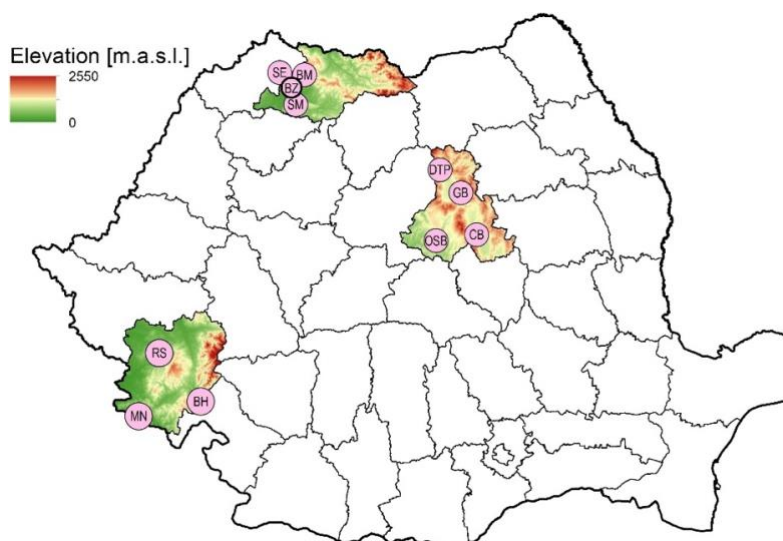
- azonosítani a légköri csapadékban található természetes és/vagy antropogén eredetű szennyező anyagok forrásait, valamint ezek hozzájárulását a csapadék kémiai összetételéhez.
- bemutatni a geológia, geomorfológia, a vizsgált területek éghajlati sajátosságai és a csapadék kémiai összetétele közötti összefüggéseket.
- a légköri áramlatok és a mikroklíma a csapadék kémiai összetételére gyakorolt hatásainak az elemzése a tanulmányozott területeken.
- felmérni a tengeri só koncentrációjának a légtömegektől függő változását és a magas domborzat hatását a csapadék kémiai összetételére (Foehn jelenléte a Déli-Kárpátokban).
- megfejteni a pH változását, a különböző vegyi anyagok neutralizációs képességét, a nedves kiülepedést, a tengeri és nem tengeri sók hozzájárulását, és a különböző szennyező források hatását a csapadék kémiai összetételére, figyelembe véve a tér-időbeli evolúciót, valamint az Európai Unió környezetvédelmi politikáinak hatását a csapadék kémiai összetételére.
- a Kárpátokban és az európai kontinensen kapott eredményeket és modelleket extrapolálni a kontinentális Amerikai Egyesült Államokra, vizsgálva a főbb ionkoncentrációkat, a pH-értékek változását, az esővízben megjelenő speciestek semlegesítő képességét, a nedves kiülepedést, a tengeri sók és a különböző szennyező források hatását, annak érdekében, hogy a különböző régiók közötti tér-időbeli különbségeket és összefüggéseket tárjunk fel, földrajzi elhelyezkedés, éghajlat és gazdasági fejlettség szempontjából, ami jelentős hozzájárulást jelenthet a környezetvédelmi szakemberek és a politikai döntéshozók számára.

3. Anyag és módszer

3.1. Mintavételi helyek leírása

Az értekezés alapjául szolgáló vizsgálatok elvégzéséhez a romániai Kárpátok közül több medencét választottunk ki, amelyek zárt típusú és nem zárt típusú medencékre oszthatók. Később a helyi és regionális léptékben kapott eredményeket kontinentális léptékre extrapoláltuk, az alkalmazott matematikai modelleket és becsléseket alkalmazva Euróóra és az Egyesült Államokra.

Az 1. ábra a romániai Kárpátok szintjén kiválasztott mintavételi helyeket mutatja, a Keleti-Kárpátok északi csoportjának négy különböző helyéről (Nagybánya - BM, Bozinta - BZ, Seini - SE, Somcuta Mare - SM) esővízmintákat elemezve, három zárt típusú és egy nyílt medence a Keleti-Kárpátok középső csoportjából (Csíki-medence - CB, Giurgeu-medence - GB, Deda-Toplita-hágó (DTP) és Székelyudvarhelyi nyílt típusú medence (OSB), a Déli-Kárpátokból három mintavételi hely volt: Resita (RS), Baile Herculane (BH) és Moldova Noua (MN).



1. **ábra** Mintavételi helyszínek a Keleti-Kárpátok Közép- és Északi-, valamint a Déli-Kárpátok csoportjából.

A jelen dolgozatban tárgyalt mintavételi helyek részletesebb leírása a korábban megjelent cikkekben található (Keresztesi et al., 2020c, 2020a; Szép et al., 2018).

3.2. Mintavétel és adatelemzés

3.2.1. Mintavételi és analitikai eljárások

A 2006–2017 közötti mintavételi időszakban a romániai Kárpátokban 2095 esővízmintát elemeztünk. A csapadékot mindhárom Kárpát-régióban csapadékvíz-mintavevőkkel gyűjtöttük 1,5-2 m-re a talaj felett, az esőzés kezdetétől az esőzés végéig. A minták pH-értékeit azonnal megmértük 4,0 és 9,2 pH-s pufferoldatokkal standardizált digitális pH-mérőkkel. Az egyes minták vezetőképességének mérésére vezetőképesség-mérőket használtunk. A minta biológiai lebomlásának megakadályozására timolt használtunk, majd az oldhatatlan részecskék eltávolítását, a minták membránszűrőn

történő szűrésével végeztük el. Ezután az összes mintát 4 °C-ra hűtöttük a további elemzésig. A Romániai Kárpátokból származó összes mintavételi helyen az anionokat ionkromatográffal (Dionex 2000i/SP) mértük, eluensként CO₃²⁻/HCO₃⁻ pufferrel (1,7 mM Na₂CO₃/1,8 mM NaHCO₃). A Keleti-Kárpátok középső és északi csoportjaiban összegyűjtött kationokat atomabszorpcióval (AAS, Perkin Emler, 2380-as modell, Air/C₂H₂, 422,7 nm) mértük. Emissziós spektroszkópiát (ICP-AES, iCAP 6300 Duo View ICP-AES Spectrometer) használtunk a Déli Kárpátokban gyűjtött adatokra (Keresztesi et al., 2020a, 2020c). A Cl⁻ és NH₄⁺ mérése UV-VIS spektrométer módszerrel történt (Nicolet Evolution 100, 463 és 440 nm) (Nollet, 2007; Szép et al., 2017).

A mintavételi eljárások részletesebb leírását a korábban megjelent cikkekben találja (Keresztesi et al., 2020c, 2020a; Szép et al., 2018).

A Keleti-Kárpátok középső csoportjában 2006 januárja és 2016 novembere között a CB-nél összesen 362, a GB-nál 114, a DTP-nél 118 és az OSB-nél 114 minta, míg a Keleti-Kárpátok északi csoportjában egy 9 éves időszakban, 2009 januárja és 2017 decembere között összesen 1112 esővízmintát gyűjtöttek: 286 Nagybányán (BM), 270 Bozintán (BZ), 280 Seini (DK) és 276 Şomcuţa Mare (SM). A Déli-Kárpátokban lévő mintavételi helyeken összesen 275 csapadékmintát gyűjtöttek: 81 Resicán, 97-et Moldova Nouă-ban, és 97 mintát Herkulesfürdőn 2014. január 1-től 2017. december 31-ig.

A csapadékkémiai adatokat Európa és az Amerikai Egyesült Államok esetében regionális és országos monitoring hálózatokból töltöttük le (Vet et al., 2014). Az európai kontinensen gyűjtött csapadékminták ionösszetétel-elemzési adatait a GAW World Data Center for Precipitation Chemistry-től szereztük be, amely a <http://wdcpc.org> címen érhető el, míg az Egyesült Államok adatai a National Atmospheric Deposition Programme (<http://nadp.slh.wisc.edu>) a National Trends Network (NTN) hálózatán keresztül érhető el.

3.2.2. Meteorológiai adatok és a légköri keringés típusai és ezek osztályozása

Az atmoszférikus cirkulációs típusok (CT) a cost733cat v 1.2 osztályozó szoftver (Philipp et al., 2016) és az ERA reanalízis (Interim verzió) segítségével készültek. Ennek érdekében az átlagos tengersizinti nyomást (MSLP) és az 500 hPa geopotenciál magasságát választottuk. A CT felépítéséhez számos módszert választottunk annak ellenőrzésére, hogy a kapcsolódó szinoptikus mintázatok jellemzőek-e a 10 mm feletti csapadékos napokra, 1981 és 2016 között. A CT összeállításához 0,05 fok/cella térbeli felbontással töltöttük le a CT adatokat, a 2005-2014 közötti időszakra a METEOSAT második generációs geostacionárius műholdak CLAAS-2 verziójából; SYNOP-al validált és MODIS-szal kalibrált, emellett a Liquid water path (LWP) adatkészletet is felhasználtuk (Szép et al., 2018). Az egyes osztályozási módszerekhez a heves esőzésekhez leginkább kapcsolódó típusokat választottunk, kiszámítva az LWP átlagát és bemutatva az LWP értékek lehetséges terjedését. A különböző szinoptikus minták és a délkelet-európai esőzések közötti összefüggések felmérésére a CT napi osztályozását alkalmazták. Az időjárási típusok besorolásához cost722class szoftvert használtunk az ERA-Interimből kinyert MSLP adatokkal. Mivel az előre meghatározott küszöbértékeket használtunk arra, hogy minden napot egy bizonyos CT-hez kapcsoljunk, a Grosswetter-Types (GWT) besorolást választottuk, ami 27 időjárási típust eredményezett az 1979-2018 közötti időszakban.

3.2.3. A zónális cirkulációk és a zónális index felépítése

A napi zónális index (ZI) összeállításához az ERA Interim MSLP-t használtuk, amelyet 12 UTC-kor rögzítettek (Dee et al., 2011), amelyet az 56°-os MSLP és az ÉSZ 32°-os MSLP közötti szélességi különbségként jellemeztünk. A meridionális indexet (MI) ugyanezen elvek alapján, de a keleti hosszúság 5° és 45° között építettük fel Kutiel és munkatársai (1996) módszerével, akik a fent említett indexeket a mediterrán térségben alkalmazták. a csapadékhoz. A Románia feletti nyugati körforgásokra jellemző csapadék elemzésére a ZI-t használtuk, az „erős ZI” kifejezést úgy definiálva, hogy azok a napok, amelyeknél a ZI pontszám magasabb, mint 1 azok kerültek kiválasztásra.

3.3. Az esővíz kémiai összetételének felmérésére használt módszerek

A savas és semlegesítő potenciál

A savas (AP) és a semlegesítési potenciál (NP) hányadát az alábbi egyenlet alkalmazásával határozhatjuk meg (Keresztesi et al., 2020c, 2019):

$$AP/NP = (NO_3^- + nssSO_4^{2-}) / (NH_4^+ + nssCa^{2+} + nssMg^{2+} + nssK^+) \quad (1)$$

ahol nss a fent említett kationok nem tengeri só arányát jelenti.

Neutralizációs faktor (NF)

A csapadék semlegesítési képességét a következő képlet alkalmazásával határoztuk meg (Keresztesi et al., 2019; Szép et al., 2018):

$$NF_{xi} = \frac{[X_i]}{[SO_4^{2-}] + [NO_3^-]} \quad (2)$$

Ahol: $[X_i]$ a csapadékmintákban mért kationok (Ca^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+}) koncentrációja, $\mu\text{eq/L}$ -ben kifejezve.

Nedves kiülepedés

A nedves kiülepedési fluxusokat a VWM (mg/L koncentráció) és az éves csapadékmennyiség (RF) szorzatával fejezzük ki (Szép et al., 2017), az alábbi egyenlet szerint:

$$WD (kg\text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}) = VWM (mg\text{L}^{-1}) * \frac{RF}{100} \quad (3)$$

Tengeri és kéreg dúsulási tényezők

A tengeri és földkéreg dúsítási faktorokat (EF_{sea}, EF_{crust}) a következő képlettel határoztuk meg, ahol a tengervíz referenciaeleme a Na^+ , a szárazföldi nyomion pedig a Ca^{2+} (Keresztesi et al., 2020b, 2019):

$$EF_{\text{seawater}} = [X/Na^+]_{\text{rainwater}} / [X/Na^+]_{\text{seawater}} \quad (4)$$

$$EF_{\text{crust}} = [X/\text{Ca}^{2+}]_{\text{rainwater}} / [X/\text{Ca}^{2+}]_{\text{crust}} \quad (5)$$

ahol X a csapadékban érdekelt elem mennyiségét jelenti; X/Na⁺ and X/Ca²⁺ arány a csapadékban mért arányokra utal; X/Na⁺ tengervíz és X/Ca²⁺ kéreg, a tengervíz és a kéreg összetételének arányát jelenti (Keresztesi et al., 2019).

Tengeri só és nem tengeri só arányok

A tengervíz és a nem tengervíz források százalékos arányának meghatározásához az esővízkémiában a tengeri só frakciókat (SSF) és a nem tengeri só frakciókat (NSSF) számítottuk ki az alábbi egyenletek szerint (**Das et al., 2005**):

$$\%SSF = \frac{100 \cdot (\text{Na})_{\text{rain}} \cdot (X/\text{Na})_{\text{sea}}}{(X)_{\text{rain}}} \quad (6)$$

$$\%NSSF = 100 - SSF \quad (7)$$

ahol X a megfelelő ion koncentrációját jelenti.

Európa és az Amerikai Egyesült Államok esetében, ahol a Na⁺-ból számított SSF 100% feletti értékeket ad, és a legtöbb esővízmintában a Na⁺/Cl⁻ arány hasonló értékű, mint a Na⁺/Cl⁻ tengervíz arány (0,86), a tengervíz és a nem tengervíz járulékok számíthatók a Cl⁻ referenciaelem használatával (Keresztesi et al., 2020b, 2019):

$$\%SSF = \frac{100 \cdot (\text{Cl})_{\text{rain}} \cdot (X/\text{Cl})_{\text{sea}}}{(X)_{\text{rain}}} \quad (8)$$

$$\%NSSF = 100 - SSF \quad (9)$$

ahol X a megfelelő ion koncentrációja.

4. Eredmények

4.1. A légköri keringés és a Keleti-Kárpátok hatása a csapadéokra

A Kárpátok zárt típusú medencéit a hegyvidéki orográfiai gát okozta alacsonyabb csapadékmennyiség jellemzi. Ez a jelenség az orografikus konvekción keresztül figyelhető meg, ami az északnyugati lejtőkön több csapadékhoz vezet, amit a légköri áramlások uralkodó iránya is befolyásol, ami a csapadék kémiai összetételére is hatással van. A csapadék mennyiségét, a hőmérsékletet és a szélirányt az adiabatikus viszonyok is befolyásolják, így a hátulsó rámpákon stabilabbá válik a levegő. Az orográfiai konvekció, amely a csapadék és a magasság közötti kapcsolatot feltételezi, szintén azt okozza, hogy a vízgőz a kondenzációs szintre emelkedik. A Romániára jellemző légköri cirkulációs típus az Azori-szigetek magas kiterjedése Dél- és Közép-Európával szemben; de ez a mintázat a troposzféra felső szintjein lezajló meridionális keringésnek is megfelel, ahol a légtömegek Észak-Európából északnyugatra és délkeletre érkeznek, több nedvességet szállítva a vizsgált területekre. A Keleti-Kárpátok által létrehozott hegyvidéki gát gyakran útját állja e légtömegeknek, módosítva a pályájukat, illetve a szélirányt, ami a csapadékvíz kémiai összetételét is befolyásolja.

4.2. A csapadék általános változékonysága és kémiai összetétele

A csapadékkémiai statisztikai elemzéseket, úgymint térfogatsúlyozott átlag (VWM), átlag, minimum, maximum, standard hiba és szórás értékeket a jelen dolgozatban minden vizsgált régióra elvégeztem. Megfigyeltem, hogy lokálisabb léptékben és általában a Kárpátokban a csapadék lúgos, a domináns ionok az ammónium és a kalcium, míg a savas komponensek közül a klór és a szulfát a legjelentősebb. Elmondható, hogy a domborzat szerkezete befolyásolja a csapadékvíz kémiáját, ezért a kalcium és magnézium asszociációja gyakran a mészkövek oldódására utal, a jelentős mennyiségű szulfát, klorid és egyéb savas komponensek a rézkohók, bányászat jelei lehetnek, ipari tevékenységre, közlekedésre utalnak, míg a nagy mennyiségű kálium és ammónium utalhat mezőgazdasági munkákra, szarvasmarhatartásra és szarvasmarha-ürülék lerakásra, de utalhat biomassza égetésre vagy tőzegtüzekre is. A tengeri sók, például a nátrium és a klorid nagy koncentrációja tengeri forrásokra utalhat. Az európai kontinensen és az Egyesült Államokban a savas fajok koncentrációja magasabb volt, mint a lúgosaké. Európában a szulfát volt a legnagyobb mennyiségben, a kationok közül pedig a nátrium. Az USA-ban a kalcium és a magnézium volt a legelterjedtebb, az USA ipari övezeteiben magas szulfát-értékeket, a mezőgazdasági övezetekben pedig magas ammónium- és káliumkoncentrációt figyeltem meg.

4.3. A pH változása

Lu és munkatársai tanulmányaiban (2011); Pu és mtsai, (2017); Tiwari et al., (2016); Xing et al., (2017) és Xu és mtsai, (2015) bemutatják, hogy a csapadék pH-értéke szennyezetlen környezetben a légköri CO₂ jelenléte miatt 5,6 körül van. 1982-ben Charlson és Rhode megfigyelte ennek az értéknek a csökkenő tendenciáját a természetben előforduló egyéb savak jelenléte miatt, kijelentve, hogy az esővíz pH-értéke tiszta környezetben 5 és 5,6 között változhat (Charlson és Rodhe, 1982; Hu et al., 2003). A fentiek alapján megállapítható, hogy az 5,6 alatti értékek savas esőkre, míg az 5,6 feletti értékek lúgos fajok jelenlétére utalnak a csapadékvízben. Ez az alfejezet a vizsgált területeken a romániai Kárpátokból, valamint Európából és az Egyesült Államokból összegyűjtött csapadékvíz pH-értékeinek többéves átlagait és térfogattal súlyozott átlagait mutatja be.

4.4. Savas speciestek semlegesítése

A csapadék savasságát és lúgosságát különféle tényezők és kémiai vegyületek szabályozzák, mint például a H₂SO₄, HNO₃, szerves savak, valamint az NH₃ és CaCO₃ megléte (Wu et al., 2016; Xu et al., 2015). A szakirodalom szerint a szulfát és a nitrát koncentrációja magasságtól függetlenül állandó marad a légkörben, míg az ammónia és az ammónium mennyisége a magasság növekedésével gyorsan csökkenhet (Harrison és Pio, 1983). Ezért felhőszinten a savas vegyületek, például a H₂SO₄, HNO₃, NH₄HSO₄ nagyobb mennyiségben fordulnak elő, mint a lúgos vegyületek, mint az (NH₄)₂SO₄ és az NH₄NO₃ (Balasubramanian et al., 2001). A neutralizációs faktorokat (NF) és a savas potenciál (AP) és a semlegesítési potenciál (NP) arányát a romániai Kárpátok, Európa és az Egyesült Államokból származó összes vizsgált régióban értékeltük, hogy megvizsgáljuk a semlegesítési folyamat sebességét az esővízben. Az eredmények azt mutatták, hogy a csapadékvizek savasságának semlegesítése közel 100%-ban minden Keleti- és Déli-Kárpátok mintavételi helyén megtörténik, kivéve az OSB mintavételi helyet a Keleti-Kárpátok középső csoportjából, ahol ez a különbség a Keleti-Kárpátok orográfiai gáthatásából fakadhat, valamint a zárt és nyílt típusú medencék közötti különbségeknek tudható be. A savsemlegesítés eredményei egybeesnek a pH-változás eredményeivel, így a csapadékvíz savassága Európában csak ~69%-ban, míg az Egyesült Államokban ~61%-ban semlegesült.

4.5. A nedves kiülepedés térbeli és időbeli változékonysága

A nedves lerakódás megváltoztathatja a csapadékvíz ökoszisztémára gyakorolt hatását, és információt szolgáltat a lokálisan kibocsátott vagy nagy távolságra szállított szennyező anyagokról is, az oldott ionkoncentráció miatt. A Keleti-Kárpátok központi csoportja – az NH₄⁺, Ca²⁺ és SO₄²⁻ WD magasabb volt, mint a többi ion esetében. A legmagasabb többéves átlagos WD fluxust SO₄²⁻ esetében (36 kg/ha/év) az OSB-n mérték. Itt a nagy távolságra szállított szennyezőanyagok könnyebben lerakhatók az OSB-n, mint a többi mintavételi helyen, amelyeket a hegylanc véd a szennyezőanyagokat szállító légtömegektől. A Keleti-Kárpátok északi csoportja - A lúgos fajok közül az összes mintavételi helyen a kalcium, míg a savas fajok között a szulfát mutatta a legnagyobb WD fluxust. Déli Kárpátok - A lúgos és savas fajok esetében a WD fluxusok a BH-ban voltak a legmagasabbak, szignifikáns értékek a szulfát és a klorid esetében. A kationok közül a

kalciumnak volt a legmagasabb WD aránya, az értékek 97,95 kg/ha/év BH-nál, 50,33 kg/ha/év MN-nél és 14,63 kg/ha/év RS-nél. Európa - A legmagasabb lerakódási fluxusokat az SO_4^{2-} esetében kaptuk, kivéve Törökország értékét, ahol az NO_3^- mutatta a legmagasabb WD fluxust. Az SO_4^{2-} átlagos WD értéke Európában 15,88 kg/ha/év volt. Görögországban a legalacsonyabb a savas WD arány, míg Szlovéniában a legmagasabb, ami az éghajlati viszonyokkal magyarázható. Egy másik tényező lehet a szennyezőanyag-szóródási viszonyok, amelyek Görögországban alacsonyabb lerakódási arányokat okozhatnak, míg Szlovéniában a szennyezőanyag-felhalmozódás jelensége jelentősebb. US - a legtöbb megemelkedett WD fluxus a Cl- esetében volt megfigyelhető, ~35 kg/ha/év értéket adva azokon a területeken, ahol kloridot használnak a gyártási folyamatban. A kationok esetében a kalcium WD aránya volt a legmagasabb, főként a sivatagi területeken és a központi régióban.

4.6. Főbb ionok eredete az esővízben

A Spearman-féle rangkorrelációs elemzés, a főkomponens-elemzés, a tengeri és kéregdúsító tényezők, a tengeri só frakciók és a nem-tengeri só frakciók hasznos eszközök a szennyező anyagok eredetének megfejtésére és értékelésére, valamint a gázok, részecskék és a részecskék közötti kölcsönhatások és kapcsolatok megfejtésére. Az egyes ionok közötti szignifikáns korrelációs együtthatók általánosságban jelezhetik azok forrását, de a legtöbb esetben a helyi sajátosságok is magyarázhatók. Az összes fent említett módszer eredménye hasonló volt. A legtöbb esetben a Na^+ és a K^+ , Ca^{2+} és Mg^{2+} közötti szignifikáns korreláció a Keleti-Kárpátokban gyakran előforduló, nátriumban és káliumban gazdag lúgos plagioklász földpátok, filoszilikátok és amfibolok jelenlétére utal, amelyek vulkáni eredetűek (Szép et al., 2018).

Egy másik szignifikáns korrelációs koefficiens található a Na^+ és a Cl- között, ami általában a tengeri hatást jelzi az esővízben, sőt a nátriumot gyakran használják tengeri nyomelemként, tengervíz-, szilikát- és halit kőzetekben való tartalma miatt (Szép et al., 2018). Ez a korrelációs együttható a Keleti-Kárpátokban moffetta gáz, sóbányák és ásványforrások jelenlétére is utalhat. Rao és mtsai. (2017) szerint a klorid dúsított formában megtalálható a tengervízben, a halit kőzetekben és az antropogén tevékenységből származó szennyező anyagokban. A Cl- és a SO_4^{2-} , NO_3^- és NO_2^- közötti jó korreláció antropogén források jelenlétére utalhat (szénégetés, szemétegetés, biomassza égetés) (Rao et al., 2017). Ha az SO_4^{2-} és a Cl- jól korrelál azokon a területeken, ahol a nem tengeri só klorid értéke magas, az a kohászati ipar kibocsátására utalhat, amely a széntüzelésről és a Cl- felhasználásáról ismert (Xu et al., 2009). Az esszenciális talajkomponensekként ismert lúgos ionok, mint a Ca^{2+} , K^+ és Mg^{2+} nagyon hatékony semlegesítők. A kalcium és a magnézium közötti szignifikáns korreláció a közös eredetre utal, mint például a kalcit, dolomit és mészkő oldódása/mállása, nyílt kőbányák és/vagy cementgyárak jelenléte (Niu et al., 2014; Rao et al., 2017). Szép et al., 2018; Xiao, 2016).

A főbb kationok és anionok közötti szignifikáns korrelációk azt jelzik, hogy a savas szennyező anyagokat a részecskék felszívhatják, és reakcióba léphetnek lúgos vegyületekkel (Pu et al., 2017). A Ca^{2+} és SO_4^{2-} , valamint a Na^+ és SO_4^{2-} közötti pozitív korreláció a gipsz mállási folyamatára vagy más evaporitos sók, például mirabilit és ternadit jelenlétére utalhat (Stoiber and Rose, 1974; Wu et al., 2014). A fent említett vegyületek a vulkáni fumarolok és a posztvulkáni aktivitás indikátorai. Ezenkívül a kationok, például a kalcium, a magnézium és a kálium közötti pozitív korrelációs együttható arra utalhat, hogy közös származásuk van, földi/kéregforrásból (Mouli et al., 2005). Jiang és Yan (2010) tanulmányukban azt javasolták, hogy a vezetőképesség,

valamint a kalcium és a hidrogén-karbonát közötti erős korrelációs együttható a víz és a kőzetek közötti összefüggésre utal, ami mészkő és dolomit oldódást eredményez. A szilvit (KCl) jelenlétére utal az erős korreláció a kálium és a klorid között, amely a talaj ásványi anyagaiban jelen lehet, a légkörbe fújva és az esővízben feloldódva (Rao et al., 2017).

Az NH_4^+ és SO_4^{2-} között pozitív korrelációk léphetnek fel a légkörben zajló kémiai reakciók miatt (Zhang et al., 2007). Az ammónia általában $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4HSO_4 és NH_4NO_3 , formájában van jelen, ami being the result of H_2SO_4 -el és HNO_3 -al való reakciók eredménye (Gong et al., 2013). Általánosságban elmondható, hogy az NH_4^+ és K^+ közötti pozitív korreláció az N típusú műtrágyák túlzott használatának, a szarvasmarha tenyészetnek, a mezőgazdasági tevékenységnek és a biomassza égetésének tulajdonítható. A mezőgazdasági tevékenységek másik nyoma az NH_4^+ és NO_3^- közötti szignifikáns korreláció. Az SO_4^{2-} és a NO_3^- közötti szignifikáns összefüggések az ipari tevékenységek, a forgalom és a széntüzelés indikátorai (Y. Z. Cao et al., 2009). A pH-értékek, a szulfát és a nitrát közötti szignifikáns negatív korrelációs együttható a savas vegyületek pH-értékre és az esővíz savasságára gyakorolt hatását jelezheti.

4.7. A Foehn hatás a Déli-Kárpátokban

A Déli-Kárpátok tengeri só arányait és nem tengeri só arányait elemezve az ezen a területen gyűjtött csapadékvíz mintákban a tengeri sók hiányát figyeltük meg. A legmagasabb Cl⁻ SSF értéket az RS-re számoltuk, mindössze 35%, míg BH-nál és MN-nél még ennél is kisebbek voltak, 20,23% és 26,77%. Ez a Foehn-szelek jelenléte miatt fordulhat elő. A csapadék mennyiségét és eloszlását a Balkán-félszigeten elemeztük, figyelembe véve a Földközi-tenger keleti medencéjében az 1979-2018 közötti időszak ciklonális körforgását is. Az É-Európából a Földközi-tengerig terjedő légtömegek a Genovai-öbölben ciklogenezishez vezetnek, javítva a baroklin feltételeket. Az ezen a területen megszülető ciklonok általában Ny-ról K-re haladnak, átkelve a Dinári-Alpokon, a Balkán felé. Kelet felé haladva nedvességtartalmuk folyamatosan csökken a magas domborzat okozta orográfiai akadály miatt. Az abszolút gyakoriságot tekintve ezek a szinoptikus típusok gyakrabban fordulnak elő télen, tavasszal és ősszel, és kevésbé nyáron, amikor általában anticiklonális körülmények uralkodnak Európában. A tengeri sók koncentrációja a csapadékban a Dinári-Alpok szélmenti lejtőin lezajló adiabatikus folyamatok miatt befolyásolja a tengeri sók koncentrációját. Ez a légtömeg hőmérsékletére is hatással van, mivel a leszálló levegő a hátoldali oldalon melegebb, majd szárazabb lesz az adiabatikus kompresszió miatt.

4.8. A légtömegek zónális cirkulációi, zónális index és kémiai összetétele

Az ÉNy, ÉK, DNy és DK Európából érkező légtömegek hatását, valamint a nagy távolságra szállított szennyezőanyagok hozzájárulását a Keleti-Kárpátok északi csoportjában összegyűjtött csapadékvíz mintákban, a ZI és MI napi értékek alapján értékeljük, amelyek 8 csoportra lettek osztva irányuktól függően. Általában az É-D vagy Ny-K pályákat a ZI és MI pozitív vagy negatív fázisai adják meg, míg az olyan irányok esetében, mint az ÉK, ÉNy, DK és DNy, a másodlagos irányokat figyeljük meg. Például az ÉNy-i irányt egy pozitív ZI és egy negatív MI, míg a DK-i irányt egy negatív ZI és egy pozitív MI jellemzi. A BM-ben gyűjtött esővíz adatokat ezzel a technikával vizsgáltuk. A csapadékeseményeket a ZI és MI értéküktől függően négy csoportba soroltuk. Emiatt 82 esőzést ÉNy-ról, 12 ÉK-ról, 51 DNy-i és 56 DK-ról származónak osztottunk be, míg 85 eseményt vegyes/bizonytalan eredetűnek minősítettünk, ami összesen 286 esőzést jelent. A nagy hatótávolságú szállított szennyezőanyagok lenyomatának felméréséhez a fő ionok térfogatsúlyozott átlagát az egyes fent említett irányokban mérve összehasonlítottuk a fő ionok VWM értékeivel a teljes adatbázisra vonatkozóan. A DK-i és ÉK-i irányban regisztrált VWM-ek 184,38 $\mu\text{eq/l}$, illetve 155,76 $\mu\text{eq/l}$ értéket mutattak, ami szignifikánsan magasabb, mint a teljes vizsgált időszakra vonatkozó VWM (142,66 $\mu\text{eq/l}$).

Az ÉNy-i és DNy-i advekción típusok a teljes VWM-hez hasonló szulfát VWM értékeket mutattak, 132,66 $\mu\text{eq/l}$ és 135,82 $\mu\text{eq/l}$ értékkel, ami azt mutatja, hogy bár a SE és NE advekción típusok a legkevésbé dominánsak, az ezekből az irányokból érkező légtömegek több savasító szennyező anyagot szállítanak, mint az ÉNy-i és DNy-i irányból. Az eltérések magyarázata lehet az EU-n kívüli országok (Ukrajna, Oroszország) ipari tevékenysége, amelyek eltérő környezetvédelmi törvények és szabályozások alapján működnek, míg a Balkán-félszigetről és Románia délnyugati részéről származó légtömegek nagyobb terhelést jelenthetnek a savas vegyületek koncentrációját nézve, a nem korszerűsített ipari telephelyek miatt. Az MI és ZI értékek felhasználásával nyert adatokra Spearman korrelációs analízist is alkalmaztunk. Erős korrelációs együttható ($r=0,56$) volt megfigyelhető a klorid és a nátrium között az ÉNy-i advekción típusnál, az Atlanti-óceánból származó légtömegekre utalva. Tengeri és nem-tengeri frakciókat is értékeltünk, bizonyítva, hogy a klorid tengeri permetből származik, a következő értékekkel ÉNy-i, DNy-i, DK-i és ÉK-i irányban: 93,54%, 91,49%, 65,90% és 84,30%. Mint látható, DK-i és ÉK-i irányban alacsonyabb SSF értékeket regisztráltak, ami a kontinentális hatásoknak, például a szibériai anticiklonnak köszönhető, így a csapadékvíz kémiai összetételének változékonyságát nagyban befolyásolja a domináns légtömegek nagysága.

5. Tézispontok

A dolgozat a csapadék kémiai összetételének átfogó elemzését mutatja be, amelyet a romániai Kárpátokban, Európában és az Egyesült Államokban végeztünk.

1. Az adatokat elemezve jól megfigyelhető az orográfiai gát és a légköri cirkulációk. A vízelvezetési munkák, az evapotranszspiráció csökkenése és a helyi anticiklonális viszonyok a csapadékmennyiség csökkenéséhez vezettek az elmúlt évtizedekben. A nagyon stabil lokális anticiklonális rendszerek és a Keleti-Kárpátok orográfiai gátja hosszú aszályos időszakok kialakulásához vezethet.
2. A Keleti-Kárpátok északi csoportjában az adatok a nagy távolságra szállított szennyezőanyagok hatását mutatják be meteorológiai technika (zonális és meridionális index) alkalmazásával a csapadékkémia területén. Ez hasznos lehet a különböző szennyező források hatásának bemutatására az Európai Unión kívüli országokban, ahol eltérőek a környezetvédelmi jogszabályok és szabályozások.
3. A Déli-Kárpátokban a csapadékvíz kémiai vizsgálata azt mutatta, hogy egyes domborzati viszonyok között a légköri cirkulációkat és a fő légtömegszállítási útvonalakat meteorológiai jelenségek is befolyásolhatják, mint ebben az esetben a Foehn-hatás. Ez gyakran megfigyelhető a Dinári-Alpok hátulsó lejtőin, amikor a hegyláncon és a Balkán-félszigeten áthaladó légtömegek kiszáradnak páratartalmuktól, ami a csapadék kémiai összetételében is érezhető.
4. A 27 európai országot megcélzó átfogó értékelés rámutatott a környezetvédelem és a környezetvédelmi jogszabályok egységes alkalmazásának fontosságára.
5. Az USA-ban 40 év alatt gyűjtött adatokon végzett elemzés rávilágított a vizsgált területek közötti összefüggésekre és különbségekre, ami nagy segítséget jelenthet további elemzésekben, tanulmányokban, amelyek a környezetvédelmi előírások végrehajtásának a légkör kémiai összetételére gyakorolt hatásait értékelik.

A disszertációhoz kapcsolódó közlemények

N°	Közlemény	IF	AIS
1	Szép R, Mateescu E, Nechifor AC, Keresztesi Á (2017) Chemical characteristics and source analysis on ionic composition of rainwater collected in the Carpathians “Cold Pole,” Ciuc basin, Eastern Carpathians, Romania. <i>Environmental Science and Pollution Research</i> 24 : 27288–27302. https://doi.org/10.1007/s11356-017-0318-2	4.223	0.520
2	Keresztesi Á , Petres S, Ghita G, Dumitru FD, Moncea MA, Ozunu A, Szép R (2018) Ammonium neutralization effect on rainwater chemistry in the basins of the Eastern Carpathians-Romania. <i>Revista de Chimie</i> 69 : 57–63.	1.755	0.064
3	Szép R, Mateescu E, Niță IA, Birsan MV, Bodor Z, Keresztesi Á (2018) Effects of the Eastern Carpathians on atmospheric circulations and precipitation chemistry from 2006 to 2016 at four monitoring stations (Eastern Carpathians, Romania). <i>Atmospheric Research</i> 214 : 311–328. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.08.009	5.369	1.010
4	Szép R, Bodor Z, Miklóssy I, Niță IA, Oprea OA, Keresztesi Á (2019) Influence of peat fires on the rainwater chemistry in intra-mountain basins with specific atmospheric circulations (Eastern Carpathians, Romania). <i>Science of the Total Environment</i> 647 : 275–289. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.462	7.963	1.119
5	Keresztesi Á , Boga R, Bodor Z, Bodor K, Tonk S, Deák G, Nita IA (2019) The Analysis of the Chemical Composition of Precipitation During the Driest Year from the Last Decade. <i>Present Environment and Sustainable Development</i> 13 : 19–32. https://doi.org/10.2478/pesd-2019-0002	0	0
6	Keresztesi Á , Birsan MV, Nita IA, Bodor Z, Szép R (2019) Assessing the neutralisation, wet deposition and source contributions of the precipitation chemistry over Europe during 2000–2017. <i>Environmental Sciences Europe</i> 31 : 50. https://doi.org/10.1186/s12302-019-0234-9	5.893	0
7	Birsan MV, Micu DM, Niță IA, Mateescu E, Szép R, Keresztesi Á , (2019) Spatio-temporal changes in annual temperature extremes over Romania (1961–2013). <i>Romanian Journal of Physics</i> 64 : 816.	1.888	0.194
8	Keresztesi Á , Nita I, Birsan MV, Bodor Z, Szép R, (2020) The risk of cross-border pollution and the influence of regional climate on the rainwater chemistry in the Southern	4.223	0.520

N°	Közlemény	IF	AIS
	Carpathians, Romania. <i>Environmental Science and Pollution Research</i> 27 : 9382–9402. https://doi.org/10.1007/s11356-019-07478-9		
9	Keresztesi Á , Nita IA, Birsan MV, Bodor Z, Pernyeszi T, Micheu MM, Szép R (2020) Assessing the variations in the chemical composition of rainwater and air masses using the zonal and meridional index. <i>Atmospheric Research</i> 237 : 104846. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104846	5.369	1.010
10	Birsan MV, Nita IA, Craciun A, Sfica L, Radu C, Szep R, Keresztesi Á , Micheu MM (2020) Observed changes in mean and maximum monthly wind speed over Romania since AD 1961. <i>Romanian Reports in Physics</i> 72 : 702.	1.785	0.170
11	Nita IA, Sfica L, Apostol L, Radu C, Keresztesi Á , Szep R (2020) Changes in cyclone intensity over Romania according to 12 tracking methods. <i>Romanian Reports in Physics</i> 72 : 706.	1.785	0.170
12	Keresztesi Á , Nita IA, Boga R, Birsan MV, Bodor Z, Szép R (2020). Spatial and long-term analysis of rainwater chemistry over the conterminous United States. <i>Environmental Research</i> 188 : 109872. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109872	6.498	1.218
13	Bodor Z, Bodor K, Keresztesi Á , Szép R (2020) Major air pollutants seasonal variation analysis and long-range transport of PM ₁₀ in an urban environment with specific climate condition in Transylvania (Romania). <i>Environmental Science and Pollution Research</i> 27 : 38181–38199. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09838-2	4.223	0.520
	Total	50.974	6.515

ISI Proceedings

1. **Keresztesi Á**, Korodi A, Boga R, Ghita G, Ilie M, Petres S (2017) Chemical characteristics of wet precipitation in the Eastern Carpathians, Romania. ECOTERRA - J. Environ. Res. Prot. 14, 52–59.

A disszertációhoz nem kapcsolódó közlemények

N°	Közlemény	IF	AIS
1	Petres S, Lanyi S, Piriianu M, Keresztesi Á , Nechifor AC (2018) Evolution of Tropospheric Ozone and Relationship with Temperature and NOx for the 2007-2016 Decade in the Ciuc Depression. <i>Revista de Chimie</i> 69 : 601–608.	1.755	0.064
2	Rápó E, Szép R, Keresztesi Á , Suciú M, Tonk S (2018) Adsorptive removal of cationic and anionic dyes from aqueous solutions by using eggshell household waste as biosorbent. <i>Acta Chimica Slovenica</i> 65 : 709–717. https://doi.org/10.17344/acsi.2018.4401	1.735	0.151
3	Micheu MM, Birsan MV, Szép R, Keresztesi Á , Nita IA (2020) From air pollution to cardiovascular diseases: the emerging role of epigenetics. <i>Molecular Biology Reports</i> 47 : 5559–5567. https://doi.org/10.1007/s11033-020-05570-9	2.316	0.40
4	<u>Micheu</u> MM, Birsan MV, Nita IA, Andrei MD, Nebunu D, Acatrinei C, Sfica L, Szép R, Keresztesi Á , F-dez. de Arróyabe Hernáez P, Onciul S, Scafa-Udriste A, Dorobantu M (2021) Influence of meteorological variables on people with cardiovascular diseases in Bucharest, Romania (2011-2012). <i>Romanian Reports in Physics</i> 73 (707).	1.785	0.170
5	Boga R, Keresztesi Á , Bodor Z, et al (2021) Influence of rising air temperature and solar radiation on the tropospheric ozone in the Ciuc Basin, Romania. <i>Romanian Journal of Physics</i> 66, 805.	1.888	0.194
6	Boga R, Keresztesi Á , Bodor Z, Tonk S, Szép R, Micheu MM (2021) Source identification and exposure assessment to PM10 in the Eastern Carpathians, Romania. <i>Journal of Atmospheric Chemistry</i> 78 (77-97).	2.158	0.73
7	Bodor K, Micheu MM, Keresztesi Á , Birsan MV, Nita IA, Bodor Z, Petres S, Korodi A, Szép R (2021) Effects of PM10 and Weather on Respiratory and Cardiovascular Diseases in the Ciuc Basin (Romanian Carpathians). <i>Atmosphere</i> 12 (289). https://doi.org/10.3390/atmos12020289	2.686	0
8	Kósa CsA, Nagy K, Szenci O, Baska-Vincze B, Andrásófszky E, Szép R, Keresztesi Á , Mircean M, Taulescu M, Kutasi O (2021) The role of selenium and vitamin E in a Transylvanian enzootic equine recurrent rhabdomyolysis syndrome. <i>Acta Veterinaria Hungarica</i> 69 (3).	0.955	0

9	Elena HOLBAN, Gyorgy DEAK, Răzvan MATACHE, Tiberius DĂNĂLACHE, Monica MATEI, Mădălina BOBOC, Marius RAISCHI, Ionuț GHEORGHE, Ágnes KERESZTESI , Ferenc KILÁR, IDENTIFICATION OF STURGEON BEHAVIOR IN DIFFERENT HYDROMORPHODYNAMIC CONDITIONS RESULTING FROM THE IMPLEMENTATION OF HYDROTECHNICAL ARRANGEMENTS, International Journal of Conservation Science, In press, 2022.	0	0
10	György DEÁK, Natalia ENACHE, Lucian LASLO, Anda ROTARU, Monica MATEI, Madalina BOBOC, Cristina SILAGHI, Sorina CALIN, Ágnes KERESZTESI, Ferenc KILÁR, CO2 EFFLUX MEASUREMENTS ON AQUATIC AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE, International Journal of Conservation Science, In press, 2022.	0	0
	Total	15.278	1.709

ISI proceedings

1. Korodi A, Petres S, **Keresztesi Á**, Szép R (2017) Sustainable Development. Theory or Practice? SGEM2017 17th Int. Multidiscip. Sci. GeoConference 54. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/54/s23.049>
2. Ilie M, Deák G, Anghel AM, **Keresztesi Á**, Mărcuş IM (2017) Mathematical modelling of pollutant dispersion in atmosphere resulting from an asphalt mixture preparation plant, in: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. <https://doi.org/10.5593/sgem2017H/43/S19.054>
3. Petres S, Boga R, **Keresztesi Á**, Ghita G, Ilie M, Deák Gy (2017) Comparative study of air temperature evolution in the Ciuc depression, *ECOTERRA – Journal of Environmental Research and Protection*, 14(2), 60-69.
4. Boga R, Korodi A, **Keresztesi Á**, Ghita G, Ilie M, Deák Gy (2017) Tropospheric ozone temporal variations and relationship to atmospheric oxidation, *ECOTERRA – Journal of Environmental Research and Protection*, 14(2), 44 – 51.
5. Dumitru FD, Panait AM, Olteanu MV, Holban E, Deák Gy, Szép R, **Keresztesi Á** (2017) Assessing the preservation state of a Romanian historic concrete icon – the Constanta Casino, *Ecoterra*, Volume: 14, Issue: 3, pp. 1-7.
6. Raischi SN, Balaceanu CN, Raischi M, Dumitru FD, Moncea A, Laslo L, Deák Gy, **Keresztesi Á** (2018) Air Pollution Analysis in Moldova Noua Waste Dump, *ECOTERRA – Journal of Environmental Research and Protection*, 14(2), 70-77.

A disszertációhoz kapcsolódó konferencia részvételek

1. **Keresztesi Á**, Szép R, Boga R, Korodi A, Petres S, Miklóssy I (2017) Precipitation Chemistry in The Ciuc Basin. *International Symposium, Present Environment and Sustainable Development*, Book Of Abstracts, P. 46–47, 2-4 June 2017, Iasi [presentation].
2. Szép R, **Keresztesi Á**, Korodi A, Petres S, Miklóssy I, Boga R (2017) Calitatea Aerului În Depresiunea Ciucului - Realitate Şi Percepție. *International Symposium, Present*

- Environment and Sustainable Development*, Book Of Abstracts, P. 87–88, 2-4 June 2017, Iasi. [presentation]
3. Szép R, **Keresztesi Á**, Boga R, Korodi A, Petres S, Schimbări Cliatice. Realitate Și Percepție. *Conferința Internațională, Fenomene Meteo Extreme Și Sisteme De Avertizare Timpurie În Contextul Managementului Riscului Dezastrelor Naturale*, București, 16-17 October 2017 - [presentation]
 4. **Keresztesi Á**, Szép R., Boga R., Korodi A., Petres S., Schimbări Climatice În Depresiunea Ciucului. *Conferința Internațională, Centrul Educațional Privind Adaptarea La Efectele Schimbărilor Climatice Perspective și Cooperare la Nivel Național și European*, Târgu-Mureș, 18-19 October 2017. [presentation]
 5. **Keresztesi Á**, Szép R, Boga R, Korodi A, Petres S,(2021) Climate Change effects on ecosystems in the Ciuc Basin..*International Conference on Natural Ecosystems and Climate Change Adaptation Needs*, Brasov, 20-21 October 2017. [presentation]
 6. **Keresztesi Á**, Szép R, Boga R, Bodor Zs, Miklóssy I (2012) Precipitation Chemistry And The Influence Of Different Sources On The Ionic Composition Of Rainwater Collected In Harghita County, Romania. *XXIII-th International Conference Of Chemistry*, 25-28 October 2017, Deva, Romania. [presentation]
 7. **Keresztesi Á**, Szép R, Bodor Zs, Péter H (2018) Variabilitate în Chimia Precipitațiilor în Depresiunile Intra- și Extra-Montane, *International Symposium, Present Environment and Sustainable Development*, 1 – 3 June 2018, Iasi, Romania [presentation]
 8. **Keresztesi Á**, Szép R, Bodor Zs, Boga R, Tonk Sz, Nita IA (2018) The Dinaric Alps Foehn Effect on The Ionic Composition Of Rainwater Collected In Caras-Severin County, Romania. *24th International Conference On Chemistry, Sovata Bai, Romania*, 24-27 October 2018. [presentation]
 9. **Keresztesi Á**, Szép R, Birsan MV, Nita IA, Bodor Zs, Assessing The Chemical Composition Of Precipitation Over The European Continent During The Last Two Decades, *21st Edition Of The Scientific Research And Education In The Air Force International Conference (AFASES 2019)*, 28 May – 02 June 2019, Brasov, Romania. [presentation]
 10. Bodor Zs, Bodor K, Szep R, **Keresztesi Á** (2019) Seasonal variation and long-range transport of major air pollutants in the Ciuc Basin (Romania) with specific climate condition. *XIX International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019*, 28 June – 7 July, 2019, Albena, Bulgaria - International Scientific Geoconference SGEM2019 [poster]
 11. **Keresztesi Á**, Szép R, Bodor Z, Bodor K, Schmutzer G, Bálint K (2020) Long-term analysis of rainwater chemistry over the European continent, *26th International Conference on Chemistry*, October 30th. [presentation]
 12. **Keresztesi Á**, Szép R, Bodor Z, Bodor K, Tánzos S (2021) Long-term analysis of rainwater chemistry over the conterminous United States, *27th International Conference on Chemistry*, October 29th. [presentation]

A disszertációhoz nem kapcsolódó konferencia részvételek

1. Boga R, Szép R, Korodi A, **Keresztesi Á** (2017) Tropospheric ozone temporal variations and relationship to atmospheric oxidation. *International Symposium. Present Environment and Sustainable Development*, 2-4 June 2017 Iasi. Book of Abstracts, p. 72-73. [presentation]

2. Bodor K, Bodor Z, Boga R, **Keresztesi Á** (2019) Time series analysis from 2008 to 2018 of PM10 evaluation of Bucharest region, Romania. *The 14th Edition of Present Environment and Sustainable Development International Conference*, Iași, 2019. [presentation]
3. Bodor K, Bodor Z, Szép R, **Keresztesi Á**, Szép A (2020) Characterization of some bottled Romanian mineral waters on the basis of the total mineral content, 26th International Conference on Chemistry, October 30th. [presentation]
4. Bodor K, Bodor Z, Szép A, Szép R, **Keresztesi Á** (2021) Human health impact assessment and time series analysis of lead content of PM10 particulate matter in Copsa Mică Romania, 27th International Conference on Chemistry, October 29th. [presentation]

Díjak és ösztöndíjak

Díjak

1. Legjobb prezentáció: Bodor Zs., Bodor K, Szep R, **Keresztesi Á** (2019) Seasonal variation and long-range transport of major air pollutants in the Ciuc Basin (Romania) with specific climate condition. *XIX International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019*, 28 June – 7 July 2019, Albena, Bulgaria. [poster]
2. Különdíj: **Keresztesi Á**, Szép R, Bodor Z, Bodor K, Schmutzer G, Bálint K (2020) Long-term analysis of rainwater chemistry over the European continent, 26th International Conference on Chemistry, October 30th. [presentation]
3. II. díj: Bodor K, Bodor Z, Szép R, **Keresztesi Á**, Szép A (2020) Characterization of some bottled Romanian mineral waters on the basis of the total mineral content, 26th International Conference on Chemistry, October 30th. [presentation]

Ösztöndíjak

1. Székely Előfutár Ösztöndíj, 2018
2. Collegium Talentum a 2020/2021 tanévre
3. Új Nemzeti Kiválóság Program Ösztöndíj a 2020/2021 tanévre
4. Új Nemzeti Kiválóság Program Ösztöndíj a 2021/2022 tanévre.

Tudományos mutatók

- Össz Impact Factor (IF): **66.252**
- Impact Factor / szerzők száma: **50.326**
- Cumulative Article Influence Score (AIS): **8.224**
- Hirsch index (Web of Science): **10**
- Idézettség (Web of Science): **319**
- ISI indexált publikáció: **23 (12 mint első/levelező szerző)**
- Konferenciárszövetel: **13**