

## **Beregszász légszennyezettségének jellemzése a falevelekre rakódott por vizsgálata alapján**

*Vince Tímea – Szabó György*

*DE, 4027, Debrecen, Egyetem sgt. 13  
vincetimea@gmail.com*

### **Bevezetés**

A levegő állapota az ember életminőségét alapvetően meghatározó tényező. A légkört azonban évszázadok óta folyamatosan szennyezzük, s ennek mértéke a huszadik századra már globális méreteket öltött. A levegőben található szennyező anyagok belégzése egészségügyi problémákat okozhat, emellett a városi légszennyeződés károsan befolyásolja a műtárgyak, épületek és parkok állapotát, csökkenti a látótávolságot és hozzájárul a speciális városi éghajlat kialakulásához is (Bozó et al. 2006).

A szálló és az ülepedő por napjainkban az egyik legjelentősebb légszennyező faktor, ezért nagyon fontos a kérdés tudományos igényű vizsgálata. A porral szennyezett területeken a fáknak fontos környezetvédelmi szerepük van. Egy kifejlett utcai fa is jelentősen képes csökkenteni a levegő portartalmát, mivel levélfelületén több mázsa port tud megkötni (Kovács 1985)

Margitai és munkatársai (2005) a falevelekre tapadt por mennyiségének mérésére alapozva kidolgoztak egy olcsó és gyors módszert a települések porterhelésének vizsgálatára. Bár az eljárással csak a vegetációs időszakban értékelhető az adott település porterhelése, a módszer segítségével viszonylag pontos adatokhoz juthatunk a leülepedő por mennyiségét illetően, emellett a módszer kiválóan alkalmas a por elemi összetételének pontos meghatározására is.

Jelen munkában Beregszász levegőszennyezettségét kívánjuk megvizsgálni. A vizsgálat a Margitai és munkatársai (2005) által kidolgozott módszer alapján, a levelekre ülepedő por mennyiségi és minőségi elemzését foglalja magában. A munka során szeretnénk több szennyezőanyag szempontjából megvizsgálni a levegő állapotát, feltárni a legtisztább és legszennyezettebb területeket és azonosítani a legfőbb szennyező forrásokat.

### **Mintaterület**

A vizsgálati területünk a kárpátaljai Beregszász városa. Beregszász megyei alárendeltségű város, a Beregszászi járás székhelye. A 2001-es népszámlálás adatai alapján a lakosság száma 26600 fő. Kárpátalja délnyugati részén fekszik, az ukrán–magyar határtól (Asztélynál) 6 km-re. A város tengerszint feletti magassága 115 m.

Beregszász a hegyvidék és a Nagy Alföld határán fekszik. Beregszásztól délnyugatra lapos, feltöltött síkság terül el, amelyet főleg folyami hordalék alkot, és csak helyenként szakítanak meg kisebb dombok. Beregszászt északkelet és délkelet felől vulkanikus eredetű hegylánc övezi. Legmagasabb pontja a Nagyhegy, tengerszint feletti magassága 362 m.

A hegylánc kellő védelmet nyújt az északi hideg szelek behatolásától, délnyugat felől, a Közép-dunai Alföldről ide áramlanak a meleg és nedves légtömegek. Az uralkodó szélirány északnyugati. Mivel azonban Beregszászt hegylánc övezi, viharos szelek ritkán fordulnak elő. Évi középhőmérséklete 10,04 °C, az átlagos évi csapadékmennyiség 670 mm, a tél enyhe, a nyár forró, s mindez biztosítja a szőlő, őszi- és kajsziarack, dohány, korai cseresznye, alma és egyéb mezőgazdasági kultúrák bő termés hozamát (Vince 2005). A beregi táj éghajlata tehát a mezőgazdaság számára meglehetősen kedvező.

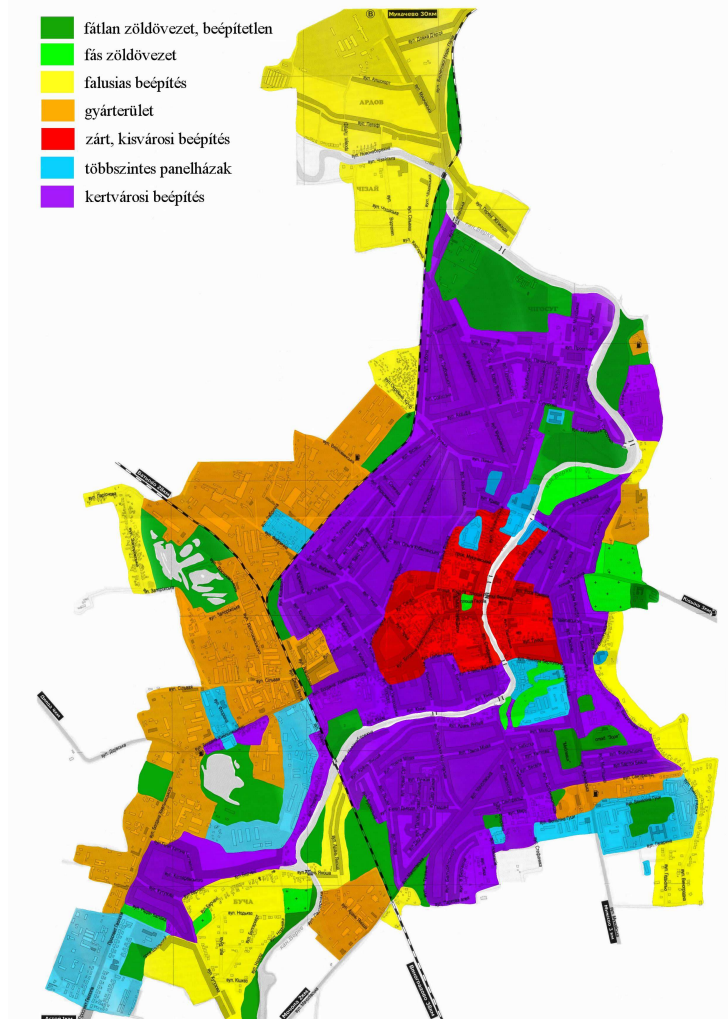
A beregi síkság igen termékeny, mivel a Tisza és mellékfolyói évezredekén keresztül rendszeresen elárasztották, s a lerakott hordalékon jó minőségű, humuszban gazdag talajok alakultak ki.

A környéken bányászott ásványi kincsek közül jelentősek az arany (Muzsalyi hegy), a színes ércek (Nagybégány), a kaolin, a perlit (Beregszászi hegy) stb.

A Beregszász környékén található folyók síksági jellegűek. A Tisza Beregszásztól kb. 9 km-re folyik a határ mentén. Jelentősebb mellékfolyói közül a környéken folyik a Borzsa. Beregszászt a Vérke - csatorna szeli át, amely a Borzsa és a Latorca folyókat köti össze.

A Beregszászi járás erdősültsége 12%. A fafajták közül legelterjedtebb a tölgy, a gyertyán, a nyár és a hárs. Fűfélék közül megemlíthetjük a csenkeszt és a perjét. A növény- és állatvilágot az antropogén hatások jelentős mértékben befolyásolják (Kormány 1996).

A város legnagyobb részén kertvárosi beépítés a jellemző, de megtalálható a falusias jellegű beépítési mód is. Többszintes panelházakat a település több pontján is találhatunk, melyek a szélviszonyokat jelentős mértékben befolyásolják. A zárt kisvárosi beépítési típus csak a város központjában fordul elő. A levegőszennyezés szempontjából jelentős szerepe van a város nyugati részén végighúzódó ipari övezetnek. Sajnos a településen belül viszonylag kicsi a zöldfelületek aránya, ráadásul a kategórián belül elsősorban a fátlan, beépítetlen területek dominálnak, s csak néhány kisebb foltban találunk fás zöldfelületeket (1. ábra).



1. ábra. Beregszász beépítettségi térképe (Forrás: Papp 2008)

A város gazdaságában meghatározó helyet foglal el a könnyűipar, az élelmiszeripar, a bányászat, a gépgyártás és a malomipar. A vállalkozói tevékenységet folytató vállalatok 24,8% mezőgazdasági tevékenységben érdekelt. A város levegőszennyezettségét leginkább befolyásoló iparágak: gépgyártás (Merkurij Kft, Beregszászi Rádiógyár Rt), bányaiipar (Zakarpatpolimetal Kft), famegmunkálás (4 famegmunkálással foglakozó vállalat).

### **Anyag és módszer**

A minták begyűjtésére a vegetációs időszak végén, 2008 október 4-én került sor. Három hársfajt vizsgáltunk: ezüsthársat (*Tilia tomentosa*), nagylevelű hársat (*Tilia plathyphyllos*), kislevelű hársat (*Tilia cordata*). A vizsgált fák közül 17 kislevelű, 9 ezüst és 4 nagylevelű hárs volt. A mintákat a város különböző pontjairól gyűjtöttük be. Arra törekedtünk, hogy legyenek mintáink forgalmas utak mellől, lakóparki övezetekből, zöld területekről, parkokból egyaránt. Összesen 30 pontról gyűjtöttük be a mintáinkat. Minden fáról 35-40 levelet szedtünk, 150-200 cm-es magasságból. A leveleket begyűjtés után +4 C-on tároltuk.

A begyűjtött levelek felületének meghatározását lapszkenner segítségével végeztük. A feldolgozásra került levélfelületek mintavételi pontonként 1400-2800 cm<sup>2</sup> között változtak. Szkennelés előtt a levelekről eltávolítottuk a levélnyelet. A leveleket fonákukkal lefelé helyeztük a szkennelerszkenner üveglapjára. A szkennelés 300 dpi felbontással történt. Fekete-fehér bitmap képeket állítottunk elő. A felületet a fekete képpontok alapján számoltuk ki, a kalibráláshoz ismert felületű négyzetet használtunk. (Margitai et al. 2005; Braun 2007).

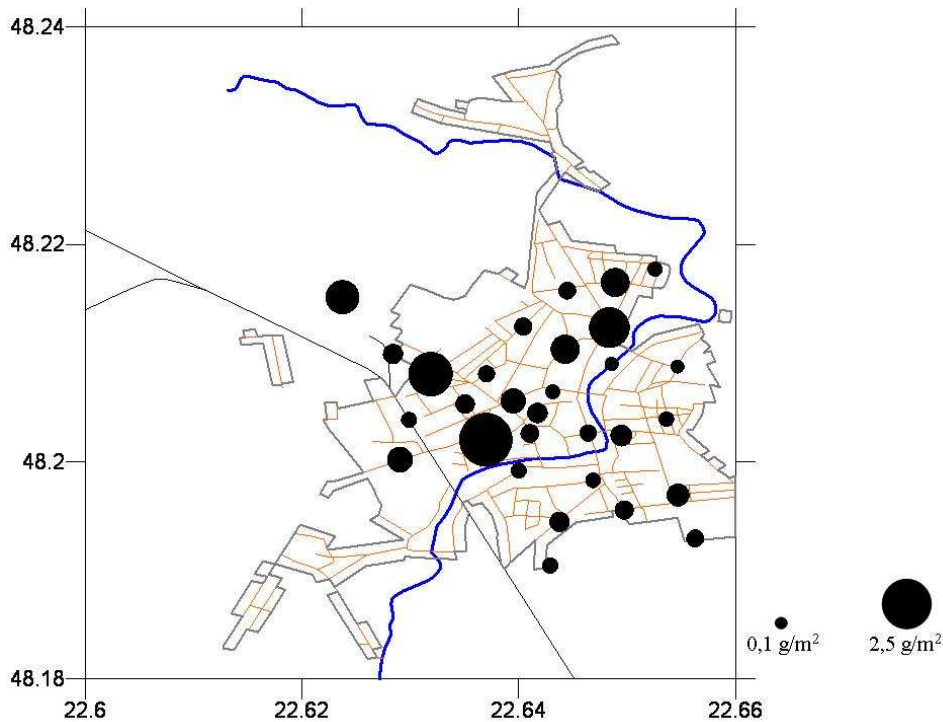
Az egyes mintavételi pontokból begyűjtött leveleket 500 ml térfogatú műanyag edényekbe helyeztük, majd 200 ml desztillált vizet öntöttünk rájuk. Ezt követően 10 percen keresztül rázógéppel ráztattuk. A rázatás során a levelek felületéről a por jelentős része lemosódott. A vizet 150 µm szitán átszűrtük és újabb 50 ml vízzel átöblítettük a leveleket.

Az így kapott kb. 250 ml térfogatú, szennyeződést tartalmazó szuszpenziót főzőpohárba öntöttük át, majd szárítószekrényben 15-20 ml térfogatra pároltuk. A bepárolt mintát ezután előre lemért tömegű, 50 ml térfogatú főzőpoharakban szárítottuk, míg a maradék víz is elpárolgott. Az edényeket újra lemértük és kiszámítottuk a por mennyiségét, majd a levélfelületek figyelembevételével kiszámítottuk az 1 m<sup>2</sup>-nyi levélfelületre jutó pormennyiséget.

A porminták analitikai vizsgálatát is elvégeztük. Az előkészítés során a mintákra 10 ml salétromsavat öntöttünk, majd főzőlapra helyeztük és beszárítottuk. Ezután 2 ml hidrogén-peroxidot fecskendeztünk rá, majd újra főzőlapon szárítottuk. Az így leronsolt mintákra 10 ml 1%-os salétromsavat öntöttünk, majd ultrahangos fürdő segítségével feloldottuk a beszáradt mintákat. Az elemösszetétel meghatározása plazma optikai emissziós spektrométerrel (ICP-OES) történt.

### **Eredmények és értékelésük**

Bár a levelekre rakódott pormennyiség alapján nem állapítható meg pontosan, hogy egy adott időegység alatt, adott felületen milyen mennyiségű por ülepedett le, arra alkalmas az általunk alkalmazott módszer, hogy a településen belül feltérképezhessük a porterhelés mértékében mutató területi különbségeket. A 2. ábrán – ahol a leülepedett pormennyiség arányos a fekete körök területével – jól megfigyelhető, hogy a 30 mintavételi pont esetében fajlagosan mekkora mennyiségű por ülepedett le a fák leveleire.



2. ábra. Az ülepedő por mennyisége Beregszászban a mintavételi pontokon mért értékek alapján ( $1 \text{ m}^2$ -nyi levélfelületre vonatkoztatva)

Megállapítottuk, hogy a legnagyobb porterhelés a forgalmas utak menti területeken mutatható ki, ami egyértelműen a közlekedés meghatározó szerepére utal. A legmagasabb értéket a B. Hmelnickij út mellett mértük, amely az ukrán-magyar határ és a város között fekszik. Magas a porszennyezés a városon keresztül vezető Ungvár - Munkács - Nagyszőlős - Huszt - Técső - Rahó közút mentén is.

A forgalmas utak mellett azonban olyan területeken is viszonylag magas porterhelést mutattunk ki, amelyek távolabb estek a forgalmas utaktól. A város nyugati részén tapasztalt magas porterhelés nem magyarázható a forgalmas utak közelségével, azonban itt húzódik a város ipari övezete, emellett ez a városrész van legközelebb a szántóföldi művelés alatt álló területekhez, ahonnan az őszi betakarítási munkák során jelentős mennyiségű por transzportálódhatott a nyugati városrész fölé. A Bereg–Szatmári-síkság területén a talajközeli légrétegekben a leggyakoribb szélirány az északi, északnyugati, délnyugati és déli, a többi égtáj felől fújó szél közel 5–10 százalékos gyakorisággal jelentkezik (Kormány 2003). A 3. ábrán megfigyelhetjük, hogy a mezőgazdasági földek nagyrészt ezeken a területeken fordulnak elő. Szabó et al. (2008) porterheléssel foglalkozó tanulmányai rámutatnak arra, hogy a mezőgazdasági területekről – különösen a betakarítási munkák idején – komoly mértékű porterhelés érheti a környező településrészeket.

Alacsony porterhelés a város kevésbé forgalmas, a központtól távolabb eső, kertvárosi jellegű részeire jellemző.



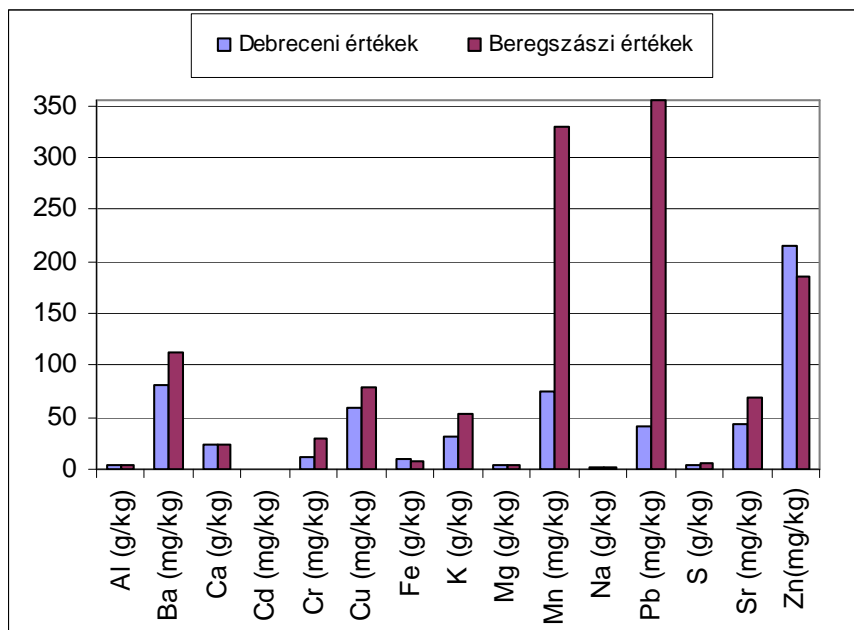
3. ábra. Beregszász környezetének műholdképe  
 (Forrás: <http://www.earth.google.com>)

A minták analitikai elemzésével megismertük a por összetételét. A kapott értékeket összehasonlítottuk Margitai és Braun (2005) debreceni vizsgálatának eredményeivel (1. táblázat, 4. ábra).

1. táblázat. A fákról gyűjtött porminták átlagos összetétele

	<b>Beregszász</b>	<b>Debrecen</b>
<b>Elemek</b>	<b>Átlag</b>	<b>Átlag</b>
Al (g/kg)	4,86	4,82
Ba (mg/kg)	113,15	80,23
Ca (g/kg)	23,93	22,96
Cd (g/kg)	0,59	0,50
Cr (mg/kg)	28,81	11,66
Cu (mg/kg)	78,21	58,56
Fe (g/kg)	8,60	10,04
K (g/kg)	53,88	31,19
Mg (g/kg)	3,94	4,25
Mn (mg/kg)	329,80	75,16
Na (g/kg)	1,13	2,24
Pb (mg/kg)	354,23	41,36
S (g/kg)	5,99	3,24
Sr (mg/kg)	68,46	43,25
Zn (mg/kg)	186,09	215,00

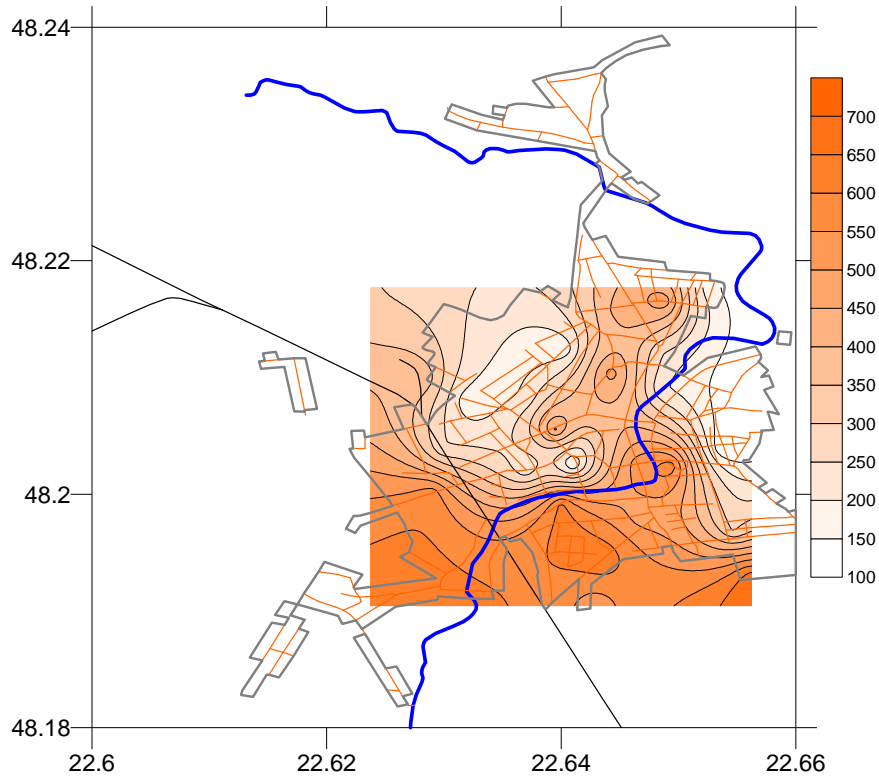
A 4. ábrán jól megfigyelhetők a két város közötti különbségek. Beregszász és Debrecen pormintáinak elemösszetételét vizsgálva az alábbi következtetésekre jutottunk. Tizenegy (Al, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, K, Mn, Pb, S, Sr) elem esetében a beregszászi értékek voltak a magasabbak, a vas, magnézium, nátrium és cink esetén pedig a debreceniek. Beregszászban kiemelkedően magas ólomkoncentrációkat mértünk (5. ábra). A minták átlagos ólomtartalma 354 mg/kg volt, ami lényegesen magasabb néhány európai város pormintáiban mért értékeknél (München Pb - 7 mg/kg, Brüsszel Pb - 145 mg/kg) (Margitai et al. 2005). A felhalmozódás oka lehet a közlekedés, mivel ezek a nehézfémek jelen vannak a benzinben, az autó alkatrészeiben, a kenőolajban. Ukrajnában jelenleg is kapható ólmozott benzin és a katalizátoros járművek sem elterjedtek. Valószínűleg lehet egyéb forrása is a szennyezőanyagoknak, ugyanis ekkora mértékű feldúsulás csak a nagyobb ipari városokban fordul elő (Várna Pb – 355 mg/kg) (Margitai et al. 2005).



4. ábra. A fákról gyűjtött porminták átlagos összetétele

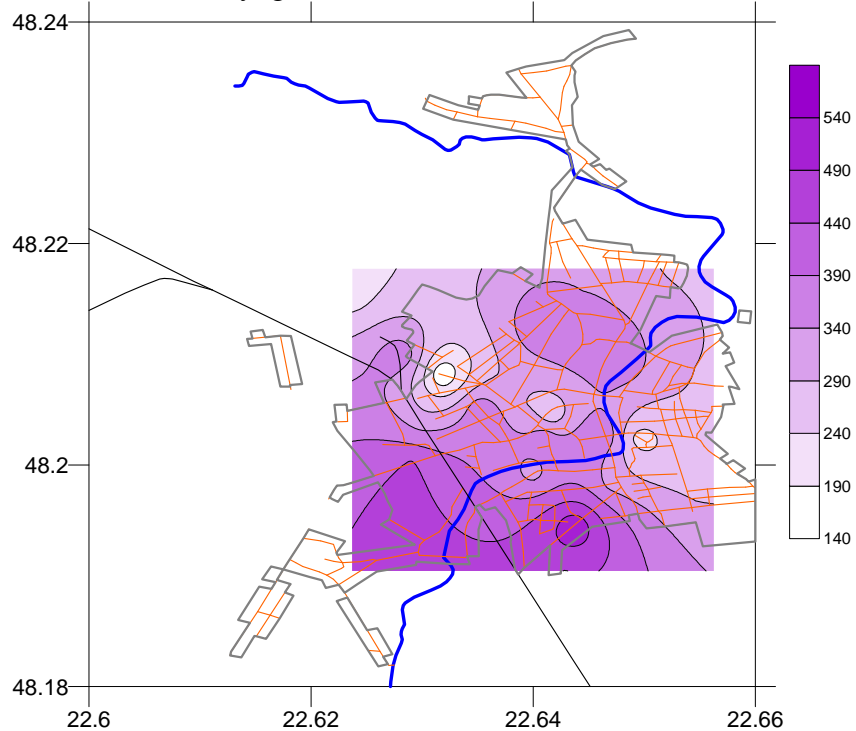
Megvizsgáltuk, hogy a város mely területein fordulnak elő a kiemelkedően magas ólomkoncentrációk.

Az ólom és a mangán esetében hasonlóak az elterjedési területek (5. és 6. ábra). Mindkét elemnél a város déli területein mértünk magas értékeket. Ez részben alátámasztja azt az elképzelést, hogy a közlekedés a fő szennyező forrás, ugyanis a város déli részén halad el az ukrán-magyar határhoz vezető út és több forgalmas útvonal is.



5. ábra. Az ólomszennyezés mértéke Beregszász különböző területein (mg/kg)

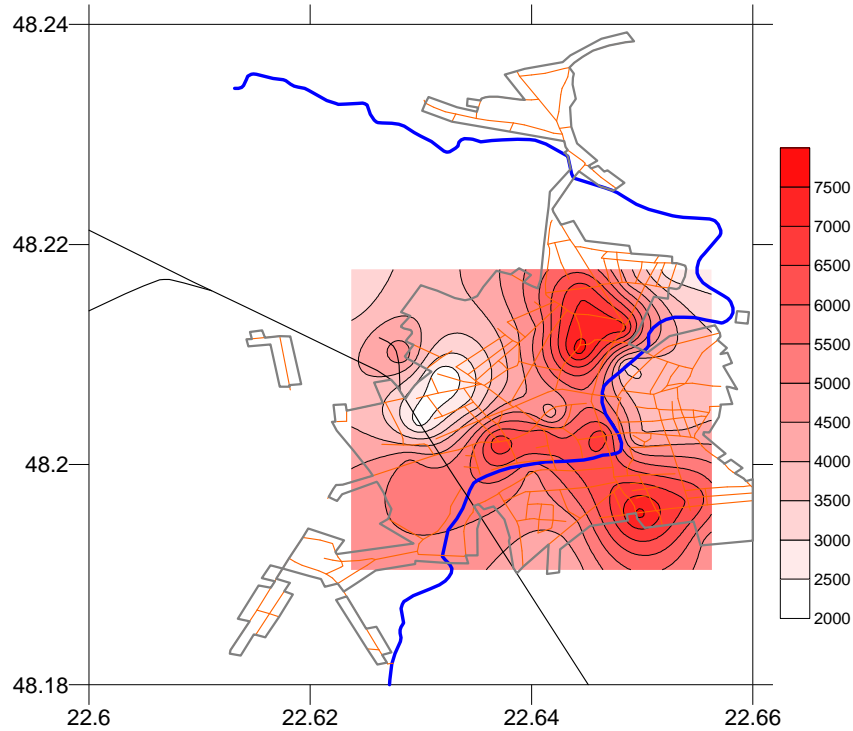
Legnagyobb ólomkoncentrációt a Muzsalyi úton mértünk 686 mg/kg-ot, legnagyobb mangánkoncentrációt pedig a Macsolai úton, 537 mg/kg-ot. Legkisebb értékek mindkét esetben az északkeleti és északnyugati területeken fordulnak elő.



6. ábra. A mangánszennyezés mértéke Beregszász különböző területein (mg/kg)

Elsősorban a közúti forgalom okozta szennyezéshez köthető az alumínium és a kadmium feldúsulása a vizsgált pormintákban (7. ábra)

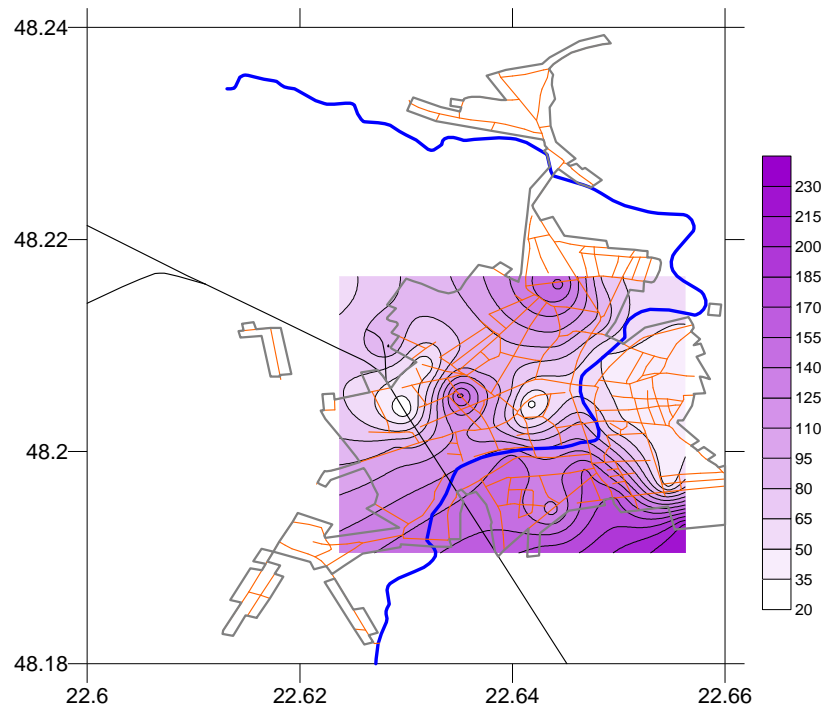
Az 7. ábrán megfigyelhetjük, hogy a legszennyezettebb területek a forgalmas utak mentén alakultak ki. Ezen elemek esetében azonban az értékek nagyrészt megegyeztek a debreceni eredményekkel.



7. ábra. Az alumíniumszennyezés mértéke Beregszász különböző területein (mg/kg)

A réz Beregszász délkeleti részén halmozódott fel legnagyobb mennyiségben (8. ábra), aminek az oka, hogy Beregszász és Nagymuzsaly között nagy kiterjedésű szőlőültetvény található, a réz-szulfát oldatot pedig a szőlészetben a peronoszpóra elleni permetezéshez alkalmazzák (Szabó 2000). A réz tartalmú por feltehetőleg innen került a vizsgált fák leveleire.





8. ábra. A részszennyezés mértéke Beregszász különböző területein (mg/kg)

### Összegzés

Beregszász levegőszennyeződését vizsgáltuk a falevelekre ülepedő por mennyiségének meghatározásával, valamint a minták kémiai analízisével. Legtöbb por a város legforgalmasabb útjai, valamint az ipari és a mezőgazdasági területekhez közeli városrészekben fordult elő. Beregszász kisebb lakosságú, mint Debrecen és ipara is jelentéktelenebb, mégis jóval nagyobb a szennyezettsége. Az ólom és mangánkoncentráció sokszorosan meghaladja a Debrecenben mért értékeket, de magasabbak a beregszászi értékek a bárium, króm, réz, kálium, stroncium estén is. Néhány elem vizsgálatánál kb. azonos értékeket kaptunk (Al, Ca, Cd, Fe, Mg, Na, S).

A továbbiakban folytatni kívánjuk a város levegőszennyezettségének a kutatását, szeretnénk megismételni 2009-ben az ülepedő por mennyiségi és minőségi vizsgálatát, összehasonlítani a 2008-as eredményekkel, megkeresni a fő szennyező forrásokat, összehasonlítani hasonló vizsgálatok eredményeivel a mért értékeinket.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket kívánjuk kifejezni az Analab Kft-nek, a minták analitikai elemzésében nyújtott segítségével.

### Irodalomjegyzék

- Bozó L. - Mészáros E. - Molnár Á. 2006: Levegőkörnyezet, Budapest, 15, 74.  
Braun, M. – Margitai, Z. – Leermakers, M. – Finsy, R. 2007: Néhány erdélyi település környezeti állapotának jellemzése a falevelekre lerakódott por vizsgálata alapján. Anyagvizsgálók lapja, 1, 27-35.  
Kormány Gy. 2003: A Szatmár-Beregi-síkság domborzati és klimatikus viszonyai. Szabolcs-Szatmár Beregi Szemle, 38/2.  
Kormány Gy. 1996: Kárpátalja földrajzi vázlata (Oktatási segédanyag), Nyíregyháza – Beregszász.  
Kovács M. 1985: Nagyvárosok környezete, Budapest 66-68.

- Margitai Z. - Braun M. - Posta J. 2005: Légszennyezettség jellemzése a falevelekre ülepedett por szeretlen komponenseinek elemzése alapján. *Anyagvizsgálók lapja*, 5, 61-64.
- Margitai Z. - Braun M. 2005: Falevelekre rakódott por mennyiségének meghatározása turbidimetriás módszerrel. *Anyagvizsgálók lapja*, 4, 127-128.
- Margitai Z. - Braun M. 2005: Nyolc európai város légszennyezettségének vizsgálata falevelekről gyűjtött por elemösszetételének diszkriminancia analízisével. *Magyar kémiai folyóirat*, 3/1, 38-41.
- Margitai Z. – Braun M. – Leermakers M. – Szabó Gy. 2008: Tree leaves as natural traps of atmospheric deposition: a new aspect of leaf analysis – In: Boltiziar, M. ed. *Implementation of Landscape Egology in New and Changing Conditions*, ILE Slovak Academy of Sciences, pp. 259-262.
- Papp G. 2008: Beregszász város légszennyezettségének vizsgálata az 1997-2007-es KÖJÁL-adatok alapján. *Acta Beregsasiensis*, 7/2, 89-97
- Szabó Gy. 2000: Talajok és növények nehézfém tartalmának földrajzi vizsgálata egy bükkaljai mintaterületen - *Studia Geographica - Debrecen, Egyetemi Kiadó*, p.144.
- Szabó Gy. - Koi R. - Szegedi S. - Szabó Sz. 2008: Dust pollution of an opencast mine and its landscape protection aspects – In: Boltiziar, M. ed. *Implementation of Landscape Egology in New and Changing Conditions*, ILE Slovak Academy of Sciences, pp. 409-414.
- Szabó Gy. - Braun M. - Koi R. - Szabó Sz. - Szegedi S. 2008: Environmental impact of an opencast mine – *Methods of Landscape Research, Dissertations Commission of Cultural Landscape No. 8. – Commission of Cultural Landscape of Polish Geographical Society, Sosnowiec*, pp. 113-126.
- Szabó Gy. - Koi R. - Szegedi S. - Szabó Sz. 2008: Az ülepedő por tér- és időbeli eloszlásának vizsgálata a pályázati perlitbánya környezetében – in.: Csorba P. – Fazekas I. szerk.: *Tájkutató, tájökológia* pp. 167-176.
- Vince T. 2005: Éghajlatváltozások detektálása a Beregszászi Meteorológiai Állomás adatai alapján. *Diplomamunka. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Beregszász*, 17.  
<http://www.earth.google.com>