

## 5. Városi és vidéki területeken gyűjtött aeroszol minták vizsgálata

Az NKFP projekt keretében 2003. július 21. és 2003. augusztus 3. között három helyszínen egyidejűleg gyűjtöttünk aeroszol mintákat. Az egyik városi helyszín Budapest, a másik Debrecen volt. A háttér terület K-pusztá volt, amely Kecskemét-Méntelektől néhány kilométerre egy erdőben elhelyezkedő tisztás, ahol az Országos Meteorológiai Szolgálat mérőállomása található (5.1. ábra). Ez a hely lakott területektől távol helyezkedik el, így megfelelő háttérterületen történő mérésekhez.



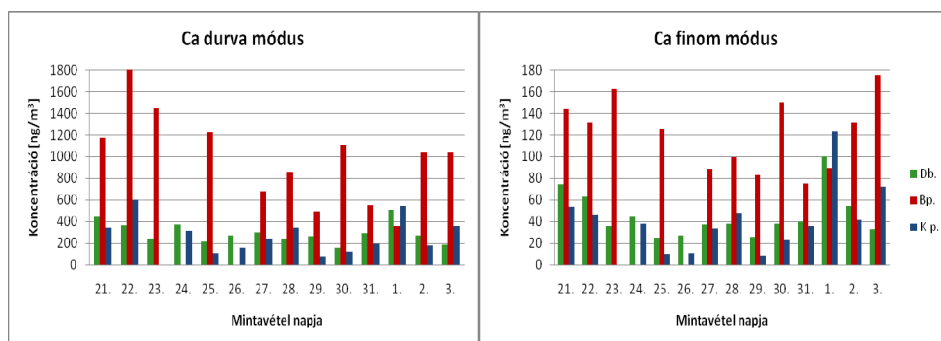
5.1. ábra Országos Meteorológia Szolgálat mérőállomása K-pusztán. Térképen az állomás helyét a zöld csillag jelzi.

Az aeroszol mintákat egyrészt „Genti típusú” kétfokozatú mintavevővel gyűjtöttük az összes helyszínen, továbbá Budapesten és K-pusztán PIXE International típusú hétfokozatú kaszkád impaktorról is végeztünk mintavételt 24 órás gyűjtési idővel. A minták elemkoncentrációit PIXE módszerrel határoztuk meg az ATOMKI 5 MV-os Van de Graaff gyorsítójára telepített PIXE-mérőelrendezésen történt mérésekkel és a PIXEKLM programmal végzett kiértékeléssel.

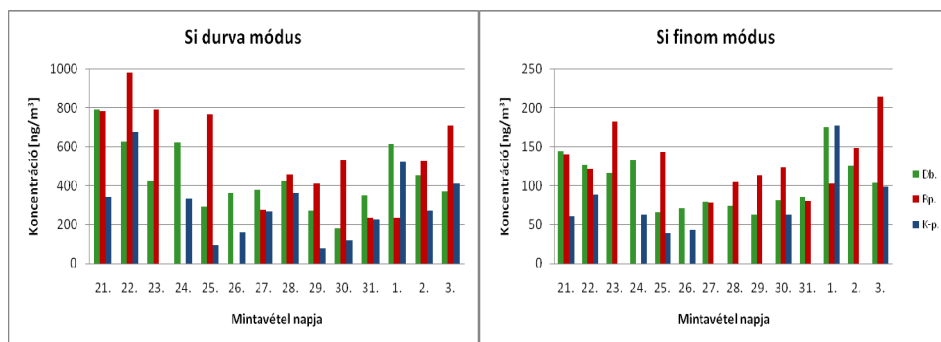
## 5.1 Kétfokozatú mintavevővel gyűjtött minták vizsgálata

Mindhárom helyszínen történt „Genti típusú” kétfokozatú mintavevővel mintagyűjtés 2003. július 21.-augusztus 3. között. Sajnos technikai okok miatt július 24-én és július 26-án nem sikerültek a budapesti mintagyűjtések, így erre a két napra csak Debrecenből és K-pusztáról vannak mért adatok.

- **Kalcium:** 5.1.1. ábráról látható, hogy augusztus 1. kivételével valamennyi nap Budapesten többszörös koncentrációkat mértünk, mint Debrecenben és K-pusztán mindkét módusban. Debreceni értékek átlagban egy kicsivel voltak magasabbak a K-pusztaihoz képest.

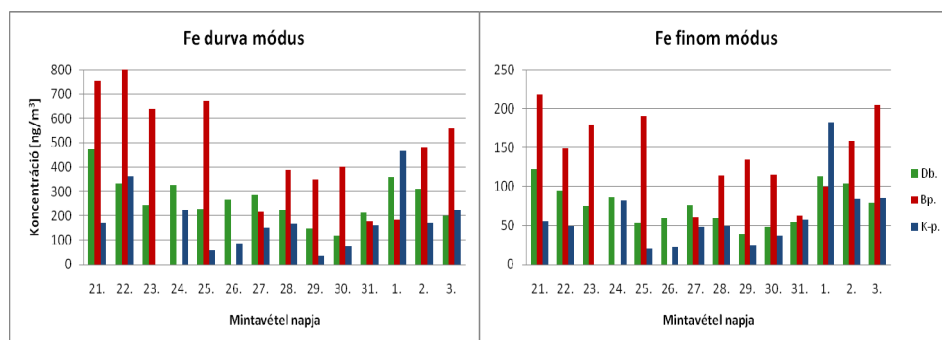


5.1.1. ábra Kalcium elemkoncentrációi.



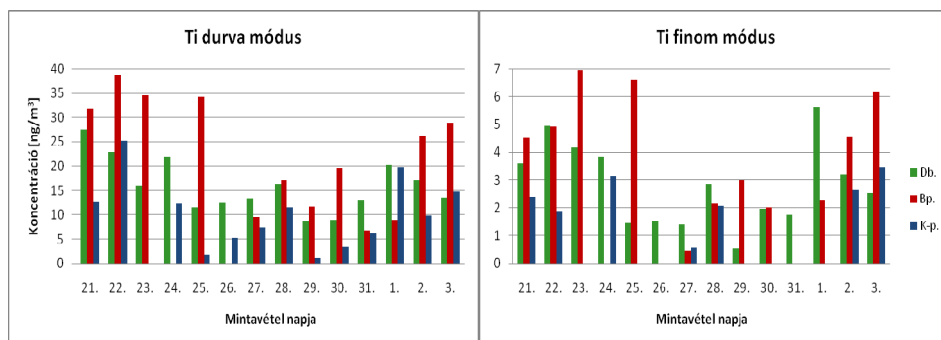
5.1.2. ábra Szilícium elemkoncentrációi.

- **Szilícium:** a kalciumhoz hasonlóan itt is Budapesten volt a legnagyobb koncentráció erre az elemre egy-két naptól eltekintve (5.1.2. ábra). Például július 21-én a debreceni értékek kissé meghaladták a budapestit mindkét módusban. K-pusztán voltak a legkisebbek a koncentrációk, viszont a különbségek messze nem voltak olyan nagyok, mint a kalcium esetében.
- **Vas:** az 5.1.3. ábra alapján elmondható, hogy itt is Budapesten mértük a legnagyobb koncentrációkat augusztus 1. kivételével. Általában kétszerese vagy háromszorosa volt a debreceni koncentrációknak mindkét módusban. A K-pusztai és debreceni értékek között pedig nem volt nagy különbség.



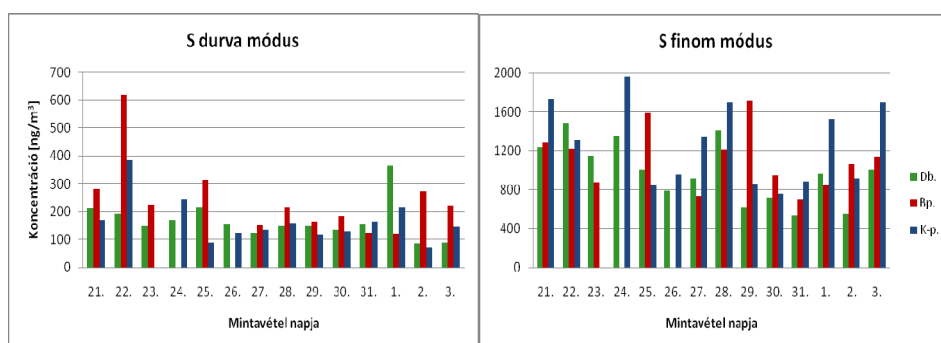
5.1.3. ábra Vas elemkoncentrációi.

- **Titán:** az 5.1.4. ábra tanulsága szerint itt is Budapesten kaptam a legnagyobb koncentrációkat, viszont nem volt olyan mértékben nagyobb a többi helyszínhez képest, mint az előző elemeknél. Augusztus 1. itt is kivétel, ugyanis ekkor Budapesten kisebb volt a koncentráció, mint Debrecenben és K-pusztán a durva módusban valamint Debrecenben a finom módusban. K-pusztán ezen egy nap kivételével nagyon kis koncentrációkat kaptam, sőt a finom módusban több nap is a kimutathatósági határ alatti koncentrációkat mértem.



5.1.4. ábra Titán elemkoncentrációi.

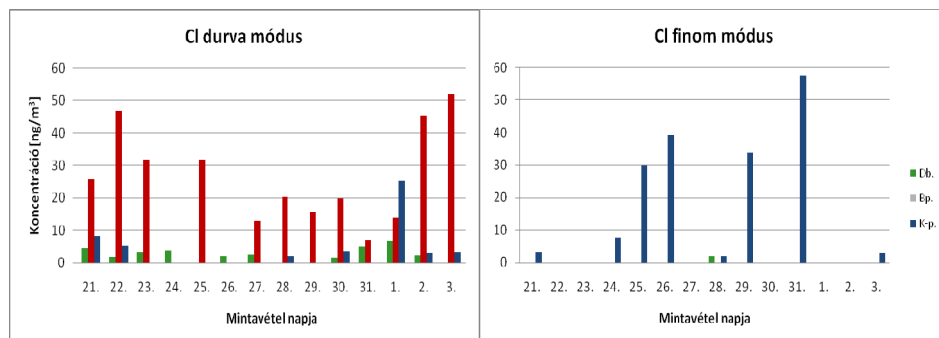
- **Kén:** ezen antropogén elem esetén a koncentrációk mindhárom mérőhelyen gyakorlatilag megegyeztek egymással és egyszerre változtak. K-pusztán volt néhány nap, amikor kiugróan magas értékeket kaptam a finom módusban. Ez nagyon jól látható az 5.1.5. ábrán is. Az is nagyon jól kitűnik a grafikonokról, hogy a finom módusban többszörösét, mégpedig átlagban ötször-hatszor nagyobb kénkoncentrációkat kaptam minden helyszínen, mint a durva módusban.



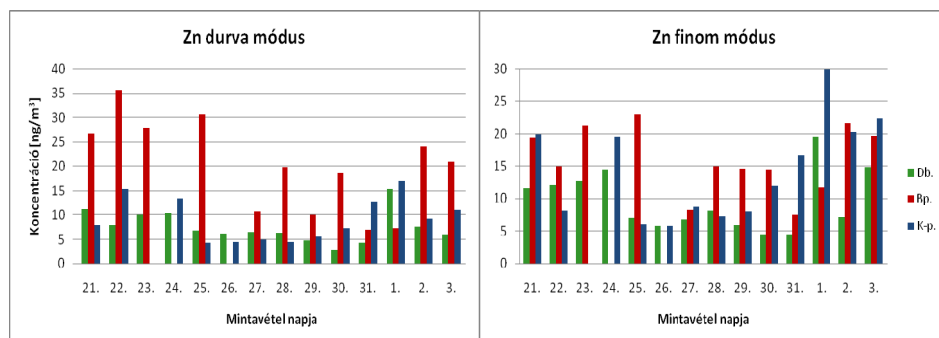
5.1.5. ábra Kén elemkoncentrációi.

- **Klór:** durva módusban csak Budapesten kaptam nagyobb koncentrációértékeket, míg Debrecenben és K-pusztán gyűjtött

aeroszolban nagyon kis mennyiségben, általában a kimutathatósági határ alatti értékekben volt jelen. Kivétel itt is augusztus elseje volt, amikor K-pusztán a Budapestinél is nagyobb koncentrációt mértem és Debrecenben is mérhető értéket kaptam (5.1.6. ábra). Finom módusú aeroszornál sem Budapesten, sem Debrecenben nem kaptam gyakorlatilag egyetlen napra sem detektálási határ feletti koncentrációkat. K-pusztán viszont néhány nap mérhető értékekhez jutottam.



5.1.6. ábra Klór elemkoncentrációi.

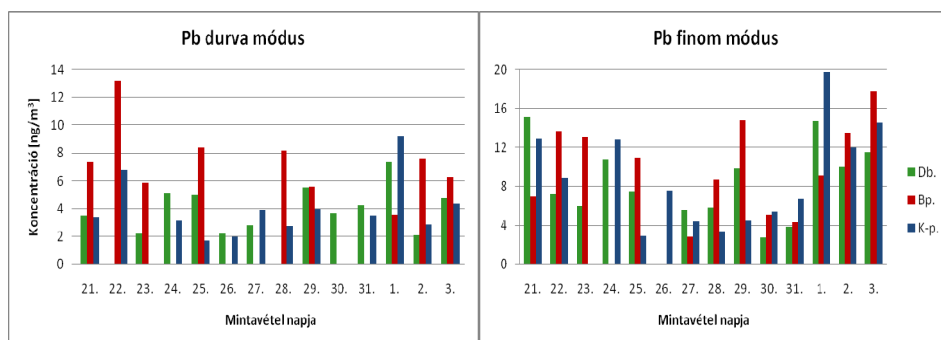


5.1.7. ábra Cink elemkoncentrációi.

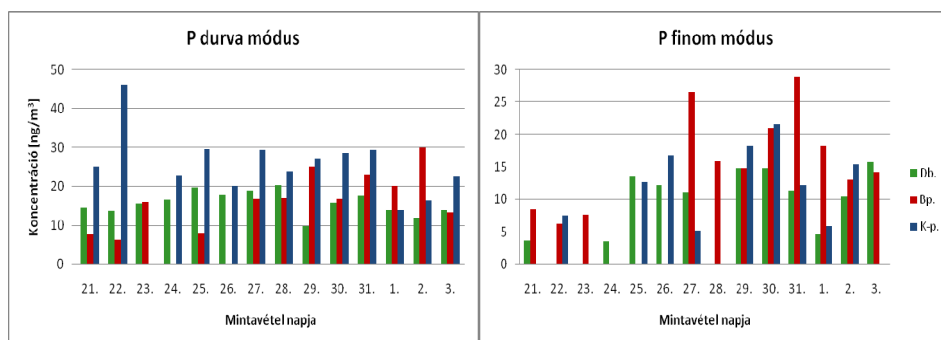
- **Cink:** ennél az elemnél gyakorlatilag minden nap Budapesten kaptam a legmagasabb koncentrációkat mind a durva, mind a finom frakcióban egyaránt. Természetesen most is az augusztus elseje volt a kivétel,

amikor a finom módusban K-pusztai többszörösen, a debreceni is jóval meghaladta a Budapesten mértet. A K-pusztán és Debrecenben mért koncentrációk közel azonosak voltak egy adott nap, hol az egyik, hol a másik helyen nagyobb egy kicsit (5.1.7. ábra).

- **Ólom:** ennél is a budapesti értékek voltak a legmagasabbak a július 27., 30., 31. és augusztus 1. napoktól eltekintve, amikor Budapesten nagyon lecsökkent mindkét módusban az ólomkoncentráció (5.1.8. ábra). Átlagban másfél-kétszerese voltak a finom módusú koncentrációk a durvához képest.

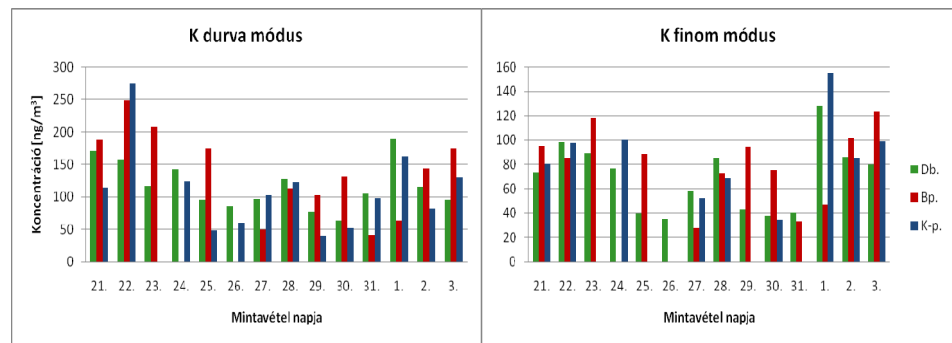


5.1.8. ábra Ólom elemkoncentrációi.



5.1.9. ábra Foszfor elemkoncentrációi.

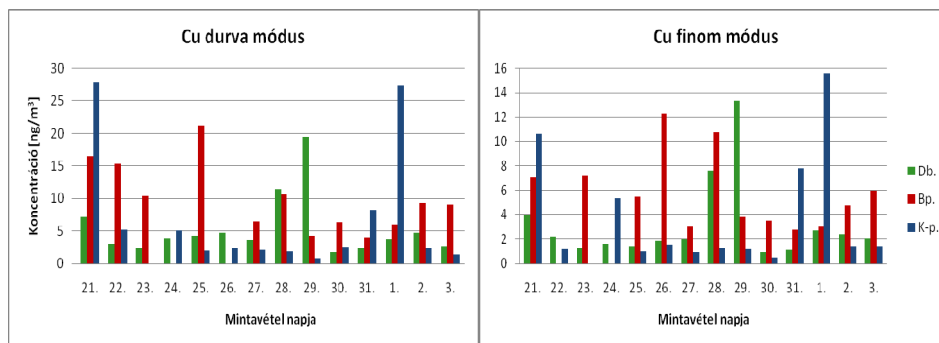
- **Foszfor:** a durva módusban nem voltak lényeges különbségek a különböző helyen mért koncentrációk között. Egyedül július 22-én kaptam egy kiugró értéket Debrecenben. A finom módusú koncentrációk általában a kimutatási határ környékén mozogtak, így nem igazán tudtam ezen adatokból messzemenő következtetéseket levonni (5.1.9. ábra).
- **Kálium:** az 5.1.10. ábrán lévő grafikonokon nagyon jól látható, hogy mind a durva, mind a finom módusban teljesen rendszertelenül változtak a koncentrációk egymáshoz képest. Hol az egyik, hol a másik helyszínen volt nagyobb a koncentráció. Átlagban elmondható ugyan, hogy Budapesten volt a legnagyobb a koncentráció, de napról napra változott a helyzet. Finom módusban több nap Budapesten és Debrecenben is a detektálási határ alatti értékeket kaptam, amelyek természetesen nincsenek megjelenítve a grafikonon.



5.1.10. ábra Kálium elemkoncentrációi.

- **Réz:** érdekességképpen mutatom meg ennek az elemnek a koncentrációit az 5.1.11. ábrán. Általában nagyon kicsiny értékeket kaptam rájuk néhány kivételtől eltekintve. Július 21-én minden helyszínen többszöröse volt a kapott koncentráció a többi napokhoz képest mindkét módusban. Ezen kívül Budapesten július 25-én a durva módusban, 26-án a finom frakcióban volt egy-egy kiugró érték. Valamint augusztus elsején K-

pusztán mindkét frakcióban, Debrecenben pedig 28-án és 29-én kaptam jóval magasabb értékeket szintén mindkét módusban.



5.1.11. ábra Réz elemkoncentrációi.

Az 5.1.1. táblázatban a kampány teljes időszakára vonatkozó átlagkoncentrációkat tüntettem fel a durva és finom módusra egyaránt. Ez alapján a talaj eredetű elemeknek, mint a szilícium, kalcium, titán és vas, a durva és finom módusban egyaránt Budapesten mértem a legnagyobb koncentrációkat. Debrecenben és K-pusztán detektált értékek ennél jóval kisebbek voltak. Továbbá a K-pusztai értékek egy kicsit alacsonyabbak voltak a debreceniénél. Antropogén eredetű elemeknél, mint a kén, kálium, réz, cink és ólom, a durva módusban szintén a budapesti értékek voltak a legmagasabbak, míg a debreceni és K-pusztai adatok közel azonosak. A finom frakcióban viszont az előbb felsorolt elemek esetében már változatosabb volt a helyzet. Réz, cink és ólom esetén Budapesten mértem a legmagasabb koncentrációkat, míg Debrecenben a legalacsonyabbakat. Kén és kálium esetében viszont K-pusztán voltak a legmagasabbak az átlagkoncentrációk a három helyszín közül, míg Debrecenben a legalacsonyabbak. Meg kell említenem még a klórt, amelynél Budapesten volt a legmagasabb koncentráció, míg Debrecenben a legalacsonyabb a durva frakcióban. Finom frakció esetén csak K-pusztán volt mérési adatom. Foszfor

esetén nem volt lényeges különbség a három helyszínen mért koncentráció között.

**5.1.1. táblázat** A teljes időszak elemkoncentráció átlagai ng/m<sup>3</sup>-ben.

	Durva módus			Finom módus		
	Debrecen	Budapest	K-pusztá	Debrecen	Budapest	K-pusztá
Kalcium	294,4	981,1	274,6	45,6	121,2	41,6
Szilícium	439,9	558,6	297,3	103,2	129,5	79,2
Vas	266,3	469,4	181,2	75,9	140,5	61,3
Titán	16,0	22,3	10,1	2,8	4,0	2,3
Kén	167,6	240,5	164,9	981,6	1109,6	1268,0
Klór	3,4	27,0	7,3	-	-	22,1
Cink	7,6	19,9	9,0	9,7	16,0	14,2
Ólom	4,8	6,3	4,4	11,5	17,7	14,6
Foszfor	15,7	16,7	25,8	10,5	15,9	12,8
Kálium	117,0	136,8	108,5	69,4	80,2	85,9
Réz	5,4	10,0	6,9	3,2	5,8	3,8

A durva és finom módusú minták elemkoncentrációinak időbeli változása követte az időjárás változásait, ugyanis esős napokon csökkent a koncentráció. A kampány időszakában egymást követték az időjárási frontok kiadós csapadék kíséretében. A legnagyobb eső K-pusztán július 29-én hullott, amelyet az elemkoncentrációk jó részén meg is látszik. A természetes eredetű elemeknek (Si, Ca, Ti, Fe) a koncentrációja mindkét módusban ezen a napon volt a legkisebb. Hasonlót figyelhettünk meg a réz és kálium esetén is.

## 5.2 Hétfokozatú kaszkád impaktossal gyűjtött minták vizsgálata

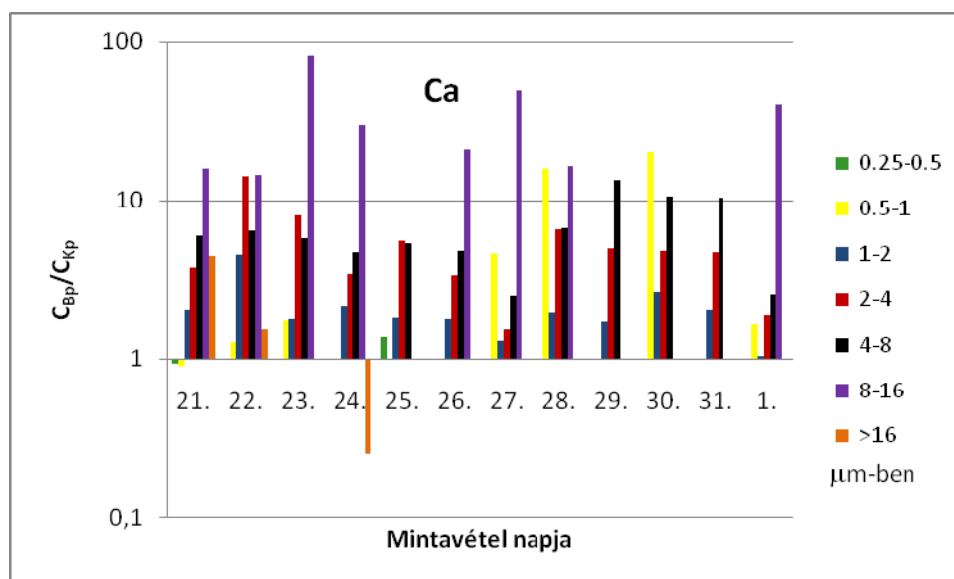
Két helyszínen, Budapesten és K-pusztán, egyidejűleg történt hétfokozatú kaszkád impaktossal mintagyűjtés 2003. július 21.-augusztus 1. között. Az impaktor gyűjtési mérettartományait az 5.2.1. táblázat mutatja.

5.2.1. táblázat A kaszkád impaktor gyűjtési mérettartományai.

Fokozat	1	2	3	4	5	6	7
Mérettartomány ( $\mu\text{m}$ )	0.25-0.5	0.5-1	1-2	2-4	4-8	8-16	>16

A következőkben nem az egyes fokozatokban gyűjtött koncentrációk, hanem koncentrációarányok ( $C_{Bp}/C_{Kp}$ ) alapján fogom az egyes elemek viselkedését vizsgálni. Mégpedig a budapesti és K-pusztai koncentrációk arányát tüntetem fel az ábrákon, ezáltal információt kapok arról, hogy mikor és hol volt éppen nagyobb koncentrációja egy adott elemnek egy adott mérettartományban.

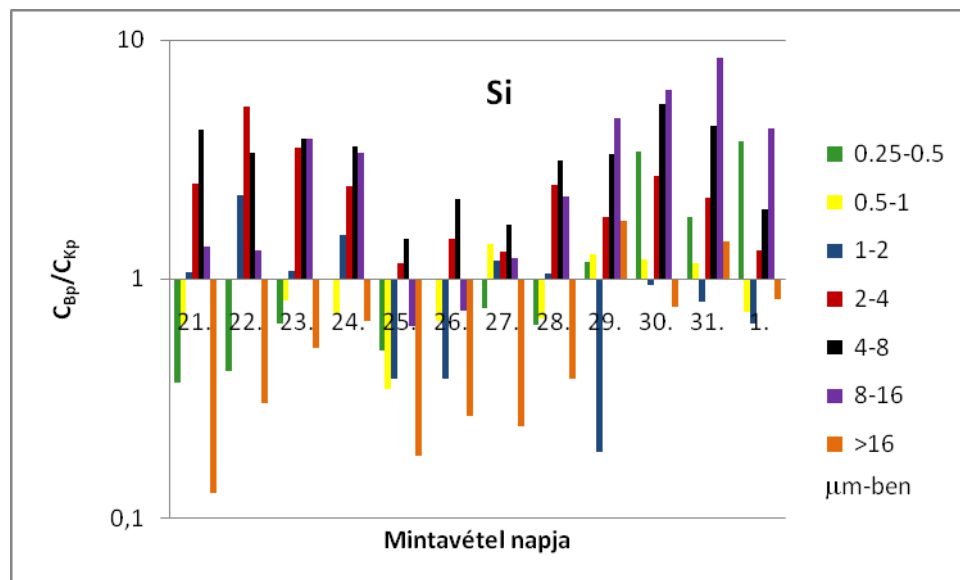
- **Kalcium:** 5.2.1. ábráról látható, hogy majd az összes mérettartományban a budapesti koncentráció többszöröse, mint amit K-pusztán mértek.



5.2.1. ábra Kalcium koncentrációarányai.

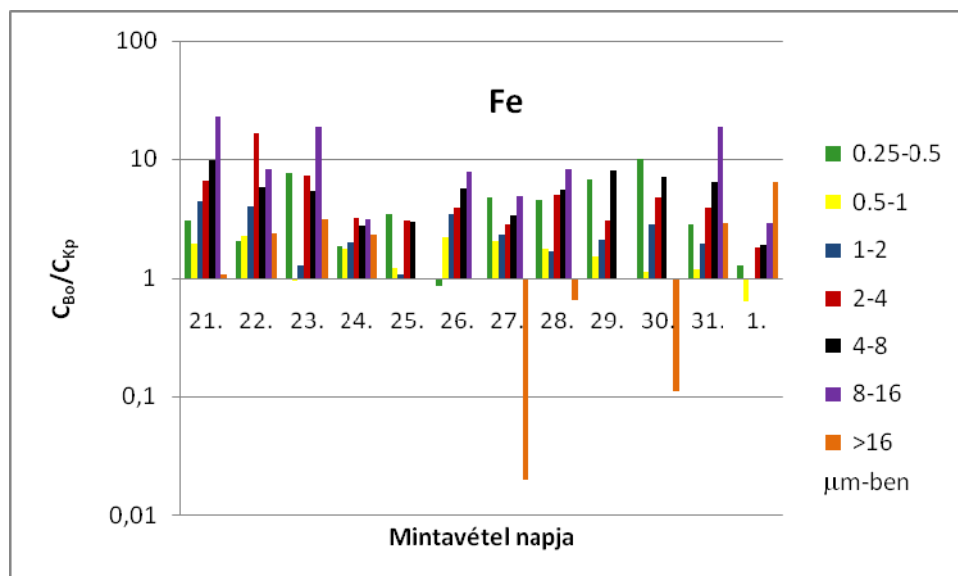
- **Szilícium:** az elem viselkedése rendkívül érdekes volt. 0,25-0,5  $\mu\text{m}$  mérettartományban július 21-28. között a K-pusztai, míg július 29-augusztus 1. között a budapesti koncentrációk voltak egyértelműen magasabbak. 2-8  $\mu\text{m}$  mérettartományban Budapesten kaptam a nagyobb

értékeket. 16  $\mu\text{m}$  felettiben a K-pusztán mért értékek voltak egyértelműen magasabbak július 28-ig, ezt követő időszakban viszont Budapesten (5.2.1. ábra).

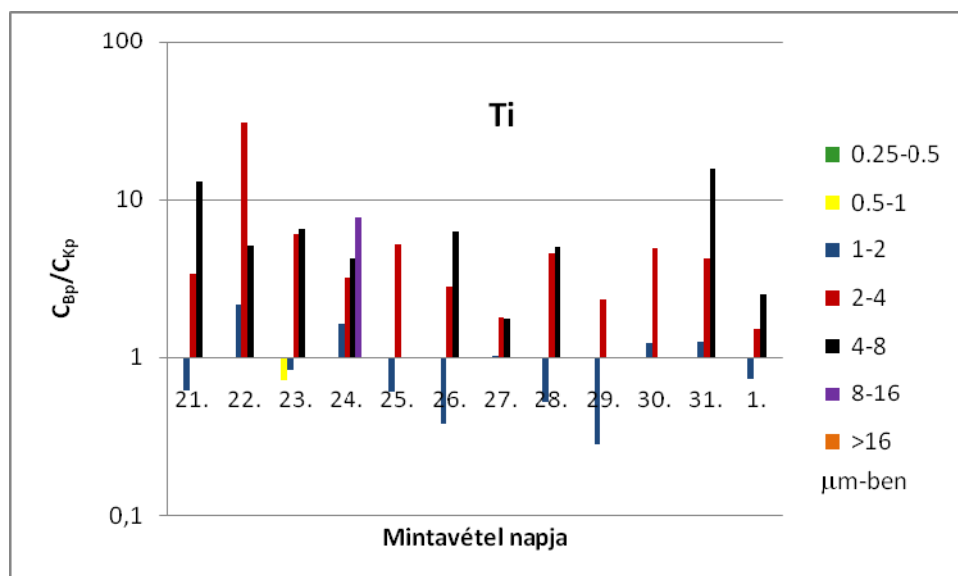


5.2.1. ábra Szilícium koncentrációarányai.

- **Vas:** valamennyi fokozatban a teljes időszakban a budapesti koncentrációk átlagban 5-10-szer magasabbak voltak, mint a K-pusztai értékek (5.2.2. ábra).
- **Titán:** mérhető koncentrációkat csak az 1-8  $\mu\text{m}$  mérettartományba kaptam. Ezen belül az 1-2  $\mu\text{m}$  mérettartományban jó néhány nap volt, amikor a Budapesten mért koncentrációk kisebbek voltak (5.2.2. ábra). 2-8  $\mu\text{m}$  méretű részecskéknél valamennyi koncentráció, ahol mérhető mennyiséget kaptam, a budapestiek többszöröse voltak a K-pusztaiaknak.



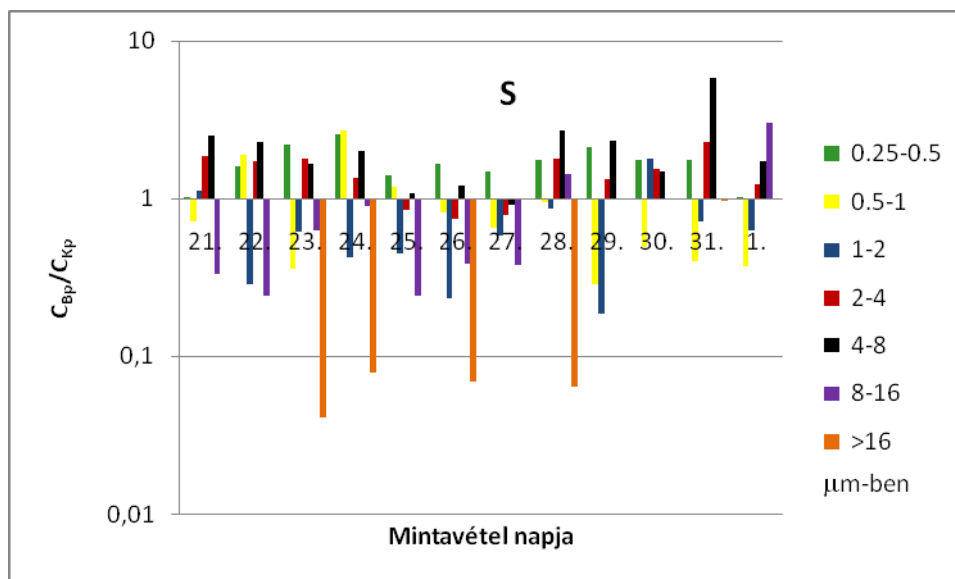
5.2.2. ábra Vas koncentrációarányai.



5.2.2. ábra Titán koncentrációarányai.

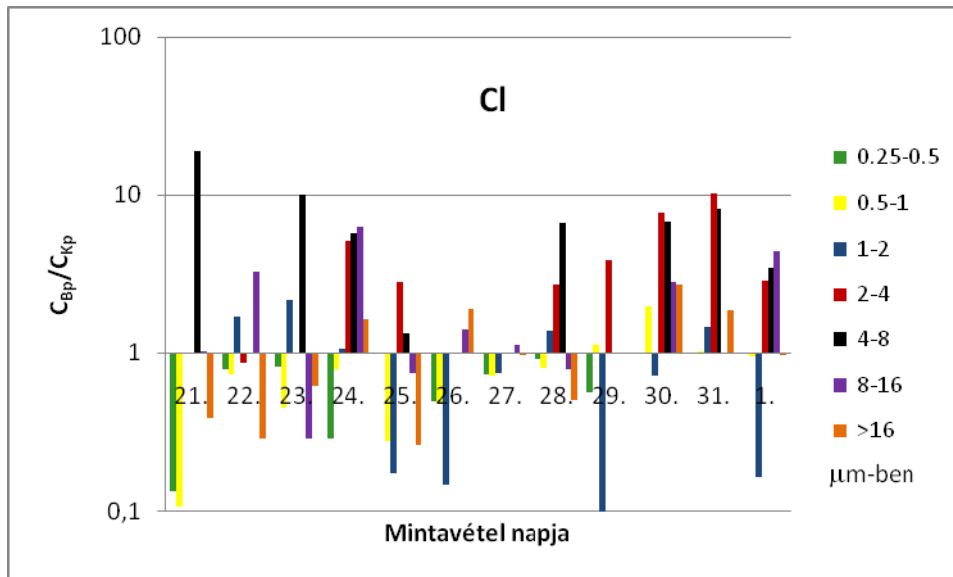
- **Kén:** a koncentrációarányok alapján négy csoportba soroltam a mérettartományokat (5.2.3. ábra):

- 0,25-0,5  $\mu\text{m}$  és a 4-8  $\mu\text{m}$ : koncentrációk Budapesten voltak a nagyobbak a teljes időszakban.
- 1-2 és 8  $\mu\text{m}$  felett: K-pusztán végig magasabb értékeket kaptam.
- 2-4  $\mu\text{m}$ : az első négy napon Budapesten, a következő négy napon K-pusztán, míg az utolsó négy napon ismét Budapesten mértem a nagyobb koncentrációkat.
- 0,5-1  $\mu\text{m}$ : július 21-25. között a kapott koncentrációk teljesen rendszertelenül változtak. Viszont július 26-tól valamennyi nap K-pusztán mértem a magasabb értékeket.

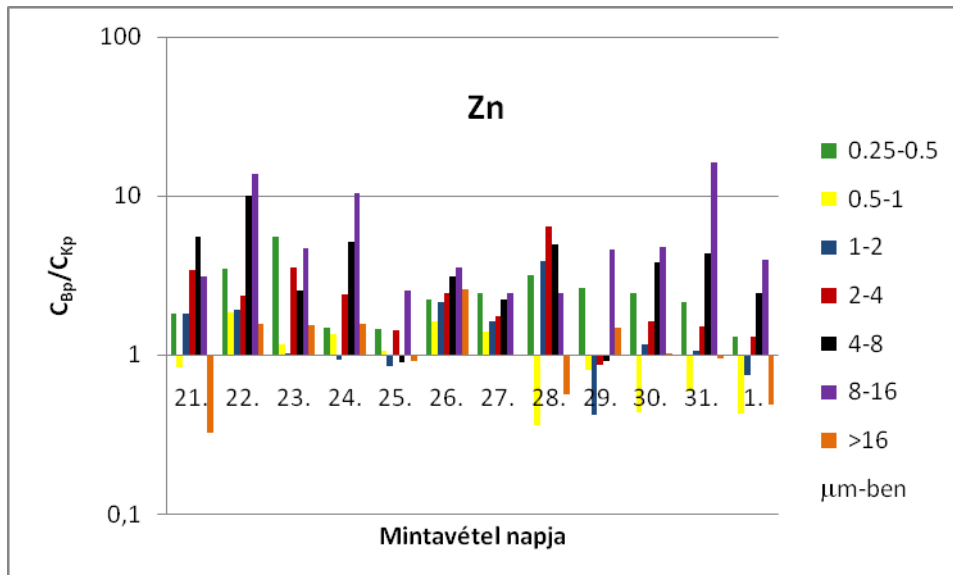


5.2.3. ábra Kén koncentrációarányai.

- **Klór:** a 0,25-1  $\mu\text{m}$  mérettartományban nagyrészt a K-pusztán mért koncentrációk voltak a magasabbak, míg a 4-8  $\mu\text{m}$  tartományban Budapesten kaptam nagyobb értékeket (5.2.3. ábra).

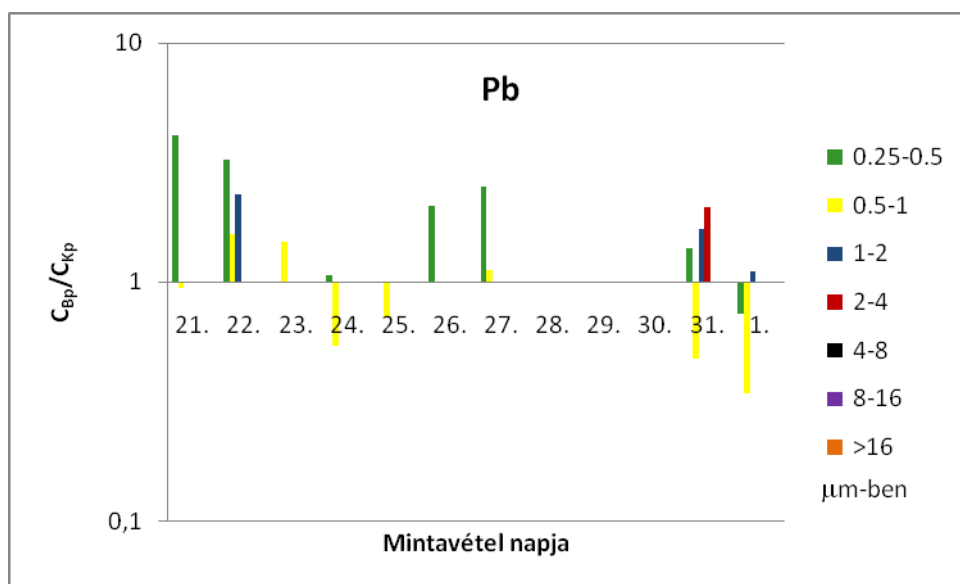


5.2.3. ábra Klór koncentrációarányai.



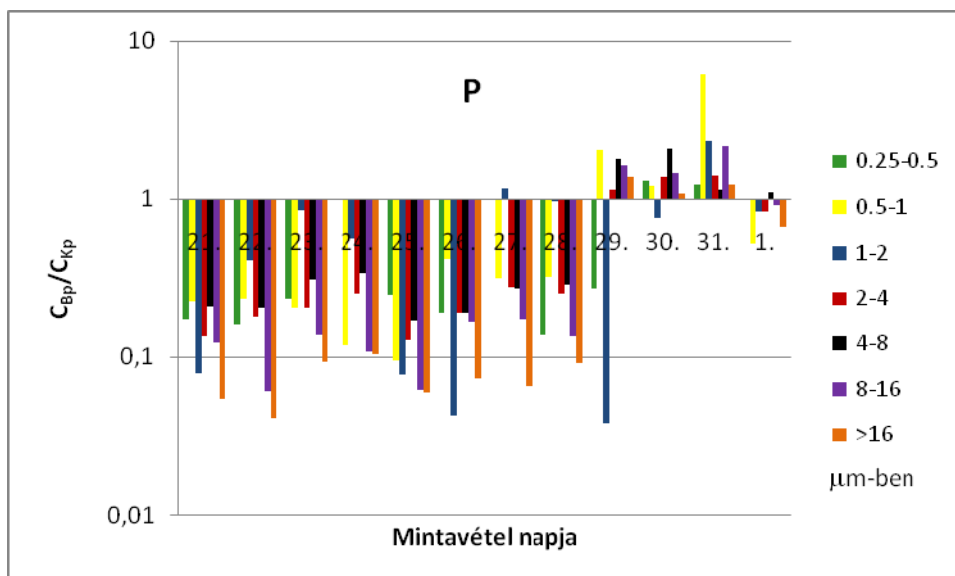
5.2.3. ábra Cink koncentrációarányai.

- **Cink:** a legtöbb napon a legtöbb mérettartományban Budapesten mért koncentrációk magasabbak voltak, mint K-pusztán. Kivéve a 0,5-1  $\mu\text{m}$ -es tartományt, ahol július 22-27. között Budapesten, július 28-tól pedig K-pusztán kaptam nagyobb értékeket (5.2.4. ábra).
- **Ólom:** mérhető koncentrációkat csak igen kevés esetben kaptam. Egyedül talán a 0,25-0,5  $\mu\text{m}$ -es mérettartományban mondható el, hogy annyi adat volt, hogy biztosan kijelenthető, hogy a budapesti értékek szinte minden nap magasabbak voltak (5.2.4. ábra).

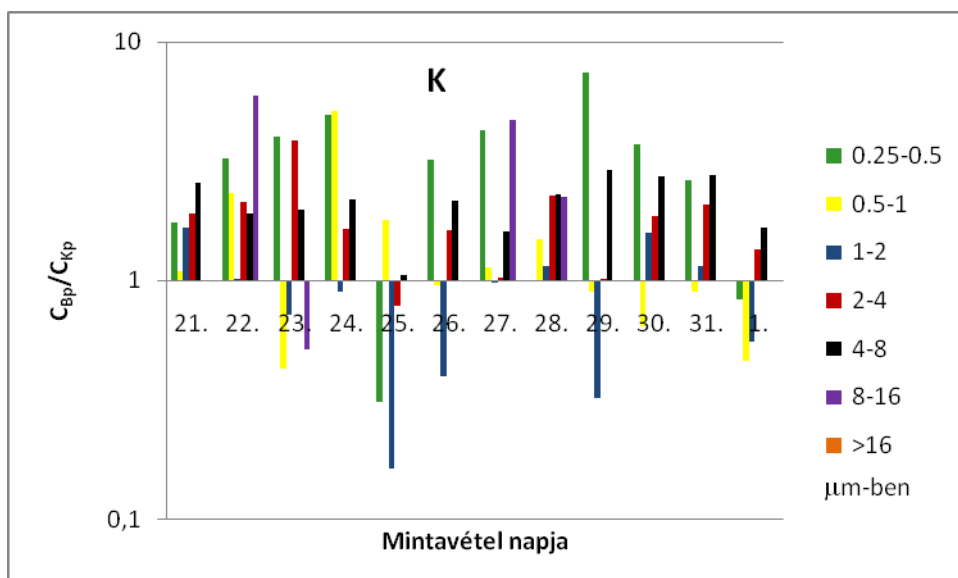


5.2.4. ábra Ólom koncentrációarányai.

- **Foszfor:** két nagyon élesen elkülönülő időszak figyelhető meg (5.2.5. ábra). Július 21-28. között sokkal magasabb (többszörös) koncentrációkat kaptam K-pusztán, mint Budapesten erre az elemre. Ezzel ellentétben július 29-től a kapott értékek alacsonyabbakká váltak K-pusztán, mint Budapesten. Augusztus elsején, igaz kismértékben, de ismét K-pusztán kaptam nagyobb koncentrációkat.

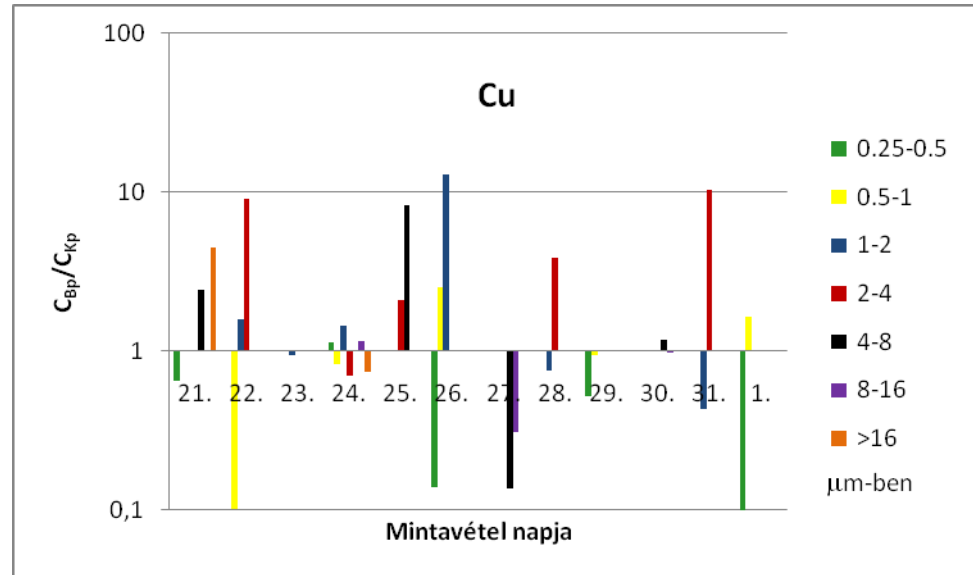


5.2.5. ábra Foszfor koncentrációarányai.



5.2.6. ábra Kálium koncentrációarányai.

- **Kálium:** a 0,25-0,5  $\mu\text{m}$  és 2-8  $\mu\text{m}$  mérettartományokban valamennyi koncentráció Budapesten volt nagyobb. 8  $\mu\text{m}$  felett gyakorlatilag nem kaptam mért eredményeket, 0,5-1  $\mu\text{m}$ -re pedig a kapott adatok teljesen rendszertelenül váltakoztak (5.2.5. ábra).



5.2.6. ábra Réz koncentrációrányai.

- **Réz:** olyan kevés értékelhető adatot kaptam, hogy a koncentrációk arányaiból nem tudtam megállapítani, hogy mely helyszínen voltak magasabbak a koncentrációk (5.2.6. ábra).

Ezek alapján néhány tapasztalatot összefoglaltam:

1. A kalcium, titán és vas, mint talajeredetű elemekre, a legtöbb esetben nagyobb koncentrációkat kaptam Budapestre, mint K-pusztára. Ugyanis ezeket az elemeket tartalmazó aeroszol részecskék nem tudtak kiüledni a városokban szinte állandó és rendkívül nagy gépkocsiforgalomnak köszönhetően.

2. A szilícium, ami szintén talajeredetűnek tekinthető, különös viselkedése az időjárási körülményekkel volt magyarázható. Július 21-28. között meleg és száraz idő volt K-pusztán, míg július 29-től egy nedvesebb időszak kezdődött többszöri nagy mennyiségű csapadékkal kísért zivatarokkal. Valószínűleg ez lehet az oka annak, hogy a 0,25-0,5  $\mu\text{m}$  és 16  $\mu\text{m}$  mérettartományba eső aeroszol részecskék koncentrációja a második időszakban sokkal kevesebb volt K-pusztán, mint az elsőben, mert kimosta őket az eső. A többi mérettartományban is jóval nagyobb volt a koncentráció a fővárosban, mint K-pusztán július 29-től. A száraz időszakban pedig a futóhomokos területen elhelyezkedő mérőállomáson a szél által bőven volt utánpótlása a szilíciumtartalmú finom aeroszolnak.
3. A klór, cink és ólom, mint mesterséges (antropogén) eredetű elemek a legtöbb esetben nagyobb koncentrációban voltak jelen Budapesten, mint K-pusztán.
4. A kén, mint antropogén elem, viselkedése egy kis magyarázatra szorul. Több esetben nagyobb koncentrációt kaptam K-pusztára, ami emberi és ipari tevékenységtől távol lévő terület, mint Budapestre. Ennek oka az többek között, hogy különösen a finom részecskék kéntartalmú másodlagos aeroszolként igen nagy utat tudnak bejárni, mielőtt kiülepednének, vagy megkötődnének, továbbá képződésük kén-dioxidból is elég hosszú időt, akár több napot is igénybe vehet. Természetesen átlagban Budapesten voltak nagyobbak a kénkoncentrációk.