

Válaszok a feltett kérdésekre

Köszönetet szeretnék mondani Mészáros Róbert úrnak is, hogy számos elfoglaltsága mellett ő is időt szánt a dolgozatom elolvasására; észrevételeivel, javaslataival pedig emelte a dolgozat értékét.

Ez esetben is elsőként az észrevételekre szeretnék reagálni, majd a feltett kérdésekre válaszolok.

Észrevételek:

1. A 3. és 5. ábra a világ foszfátkőzet kitermelésének időbeli menetét mutatja, de nincs összhangban a két ábrán a kitermelt mennyiség és a hozzá tartozó év.

Mindkettő a globálisan kitermelt foszfátkőzet mennyiségét mutatja, csak míg az első ábrán azt mutatom be, hogy hogyan alakul a világ összes foszfátkőzet kitermelése évről évre (~ 250 Tg, 2020-ban), addig az 5. ábrán az látható, hogy hogyan alakul annak a kitermelt foszfátkőzetnek a mennyisége az összesből, ami a legjobb minőségű, legkönnyebben hozzáférhető, legkisebb szennyezőanyag tartalmú, legkisebb energiaigényű a kitermelése, leggazdaságosabb (~ 20 Mt, 2020-ban). Ennek a kiváló minőségű foszfornak a kitermelése éri el számítások szerint a maximumát a közeljövőben, Cordell (2009) tanulmánya szerint 2033-ban.

2. A 13. ábrán nem szerepel a napi csapadékmennyiség. 07.29-30. napi globálsugárzás rendkívül lecsökkent. Van e információ a két nap felhőzeti viszonyairól?

Köszönöm az észrevételt, nem vettem észre, de valóban lemaradt erről az ábráról a napi csapadékmennyiség. Ennek ábrázolásával azt a látványos eseményt szerettem volna bemutatni, hogy a rövid időn belül lehulló nagy mennyiségű csapadék (néhány óra alatt 38 mm) milyen jelentős mértékben kimossa a részecskéket a légkörből, ami a másodlagos részecske képződési eseményre is komoly hatással volt, és amit az én mérési eredményeim is igazoltak.

A felhőzeti viszonyokról nincs információm.

Kérdések:

1. „Remények és lehetőségek” című fejezetben számos ténybeli állítást sorol fel, egyetlen forrás feltüntetése nélkül.

Válasz: Egyetértek, valóban nem tüntettem fel a forrásokat a szövegben a megfelelő helyen, de az irodalomjegyzékben viszont felsoroltam közülük néhányat, amelyekre máshol is hivatkoztam a szövegben. A teljesség igénye nélkül itt most bepótolom a hiányosságot, és felsorolok további általam fontosnak ítélt irodalmakat. A „Remények és lehetőségek” fejezet ahhoz a témához kapcsolódik, hogy számos kutatás, felmérés foglalkozik a közeljövőben nagy valószínűséggel bekövetkező foszfor válság kérdéseivel és jónéhány közülük megoldási lehetőségekkel, javaslatokkal áll elő arra vonatkozóan, hogy a társadalmak hogyan tudják helyi szinten, saját lehetőségeikhez mérten kezelni a foszforhiányt, hogy az élelmiszer ellátásuk ne szenvedjen jelentős csorbát. Íme néhány tanulmány a témában:

- Soil Association (2010) A rock and a hard place, Peak phosphorus and the threat to our food security
- A broken biogeochemical cycle (2011), *Comment, Nature* **29**, 478.
- Rhodes, C. J. (2013) Peak phosphorus – peak food? The need to close the phosphorus cycle, *Science Progress*, **96** (2), 109-152.
- Smil, V. (2000) Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. *Annual Review of Energy and the Environment* **25**, 53–88.

2. Az egyes mintavételi területek nagysága 3000-5000 m² volt. Mennyire befolyásolhatta a mérést, hogy nem egyforma területről történt a mintavétel?

Válasz: Igyekeztünk körülbelül egyforma nagyságú területről gyűjteni a mintákat, és ez sikerült is nagyjából, mert a tényleges értékek ~4000 m² körüliek, csak a pontosság kedvéért egy tágabb intervallumot adtam meg. Az útfelszín egyébként nem egyformán volt poros az egyes mintavételi pontokon, hiszen volt, hogy forgalmas út mentén vettük a mintát, ahol sokkal nagyobb a porterhelés, és volt köztük csendesebb lakóövezeti helyszín is, ahol sokkal kevesebb a felvert por mennyisége, mindezt annak érdekében, hogy minél szélesebb spektrumból merítsük a mintákat. Azaz szennyezettebb és kevésbé szennyezett útról. Tehát, ha valahol kicsit nagyobb területről gyűjtöttük a mintát, annak az is volt az oka, hogy a lehetőségekhez mérten célunk volt, hogy minél több port gyűjtsünk, hogy a méréseinkhez elegendő mintánk legyen. A mintavételi időtartamok is körülbelül egyformák voltak, ~1,5 óra. A minták átlagos foszfor és epesav tartalmát egy egységre adtam meg, tehát a mért kérdéses vegyületek mennyisége egy gramm porban. Ebből a szempontból nem releváns az összesen gyűjtött por mennyisége.

3. A 9. táblázat adatai alapján mi az oka annak, hogy 2003.07.29-én a durva módus foszfortartalma mindössze 7 ng m⁻³ volt (szemben a finom módusban tapasztalt 10,8 ng m⁻³ rel), miközben minden más esetben a durva módus foszfortartalma jóval meghaladta a finom módusét?

Válasz: Ahogy egy korábbi válaszban írtam, ezen a napon rövid időn belül nagy mennyiségű csapadék hullott a térségre, ami azt az eseményt vonta magával, hogy az előtte való napokban felgyülemlett részecskék a csapadékkal együtt nagyrészt kimosódtak a légkörből. Ez a kimosódás a durva módusú részecskék esetén jobban érvényesül. Tehát természetükből adódóan a durva méretű foszfortartalmú részecskék koncentrációja sokkal magasabb a légkörben, mint a finom módusú részecskéké, mivel sokkal jelentősebb forrásaik vannak, nevezetesen az apatit mállása során légkörbe kerülő talaj eredetű részecskék, biomassza eredetű, illetve az antropogén eredetű részecskék. Ezt a tényt bizonyítják a táblázatban szereplő adatok is, azaz hogy a csapadék hullás előtt ez az arány a durva és finom módusú részecskék esetében 80-20 %. Az arány felborult a kimosódás miatt, de a következő napon visszarendeződött.

4. Mekkora mértékben járulhat hozzá a légköri foszfor az ökoszisztémák produktivitásához?

Válasz: Az olyan egyensúlyi ökoszisztémák esetén, ahol a természetes foszfor utánpótlás (megőrzés) biztosított, ott szerintem meglehetősen kicsi szerepe lehet a légkörből érkező különböző foszforformáknak, hiszen mennyiségük rendkívül csekély. Olyan

ökoszisztémákban azonban, ahol a megőrződés, vagy a foszfor más módon történő visszapótlása nagymértékben korlátozott, ilyen lehet például egy magashegyi tó, vagy annak környezete, ott adott esetben lehet szerepe és jelentősége ennek a légköri forrásnak is az ökoszisztéma élővilágának akár fennmaradására, de talán produktivitására is. Az persze külön megfontolást igényel, hogy adott környezetben milyen mértékben.

5. A mintavételi időszak (2003) szélsőséges volt (forró, száraz nyár). Mennyiben befolyásolhatta ez a kapott eredményeket? Eltérő időjárási helyzet, évszak mennyiben adott volna más eredményt?

Válasz: Elképzelhető, hogy más időjárási helyzetben, vagy évszakban nem sikerül megfigyelni ezt a légkörkémiai eseményt, de ezzel nem is az volt a célom, hogy hosszú távú következtetéseket vonjak le egy adott időjárási helyzetben megfigyelt eseményből. A cél az volt, hogy igazoljam a másodlagos foszfortartalmú részecskék keletkezésének lehetőségét, amit ott és akkor abban az évszakban és adott meteorológiai helyzetben vizsgáltam. Ez sikerült, tehát az esemény a vizsgálataim eredménye alapján reálisan és potenciálisan megtörténhet. De valóban érdekes volna további kutatások során vizsgálni, hogy különböző évszakokban és időjárási körülmények között hogyan alakul ez az esemény.

6. Mivel magyarázza, hogy a kálium koncentrációja Budapest belvárosában magasabb volt, mint a K-pusztai mintákban? Bár ezt a későbbiekben taglalja, de ott nem biomassza égetésre vezeti vissza a többletet.

Válasz: A Budapesten mért nagyobb hozzájárulás oka a nagyvárosokban általában jellemző kibocsátások, mint pl. a sütés, bioüzemanyagok használata, hulladékégetés lehet. Ezen kívül egyéb forrásai is lehetnek a kálium kibocsátásnak, mint pl. fosszilis tüzelőanyagok égetése, ipari tevékenység, amihez foszfor emisszió nem társul (Andreae, 1983). Ezek az egyéb források okozhatnak magasabb kálium koncentrációt. Ez a tény azonban a kálium alapján becsült biomassza égetés hozzájárulásban felülbecslést okoz, tehát amikor ennek ellenére is maradt becsült finom foszfor többlet, ennek más forrásból, a hipotézisem alapján jórészt másodlagos forrásból kellett származnia, amit a foszfin légköri sorsára vonatkozó ismeretek is valószínűsítene.