



Lóczy Lajos és a légköri kihullás mérése

Dr. Várkonyi Tibor

Országos Közegészségügyi Intézet, tiborvarkonyi@t-online.hu

DOI: 10.56474/legkor.2024.4.6

Lóczy Lajos neves geológus, Belső-Kína és a Balatonvidék kutatója. Az 1897-98 évek nyarán a tó vízének párolgását vizsgálta a Kereked-öbölben. Azt tapasztalta, hogy a mérőedény aljára üledék rakódik. Az üledéket lemérve $55,27 \text{ g/m}^2/\text{hó}$ adódott. „... *abban szeretném ez irányba ni vizsgálataimnak értékét látni, hogy a szubaeikus porhullás mérésének lehetőségét kimutattam velük.*” Ismereteink szerint is első volt. Ülepedőpor-mérések folytak 1962-64-ben és 1976-ban, hasonló parti helyszíneken. Az átlagos ülepedés $5,6 - 6,4 \text{ g/m}^2/\text{hó}$ volt. A nagyságrendi különbséget mintavételi és környezeti tényezők magyarázhatják. Lóczy javasolta a légköri ülepedés országos mérését. Kívánsága 1976-ben teljesült.

Lajos Lóczy and the atmospheric fallout

Lajos Lóczy was a renowned geologist and an expert of the regions of China Proper and the Balaton highlands (Balatonfelvidék). He studied the evaporation of water in the Kereked Bay of Balaton in the summers of 1897 and 98. He observed a sediment on the bottom of the bailer. When measured, it amounted to $55.27 \text{ g/m}^2/\text{month}$. „... *I imagine the importance of these examinations is becoming aware to the possibility of measuring the subaeric fallout.*” He was the first to do so according to our current knowledge. Sediment from fallout was being measured from 1962-64 and in 1976 at similar coastal locations. Average sedimentation was $5.6-6.4 \text{ g/m}^2/\text{month}$. The difference by order of magnitude is most likely due to environmental factors and sampling differences. Lajos Lóczy recommended the monitoring of atmospheric fallout nationwide. His idea was realized in 1976.

Lóczy Lajosról, a világhírű magyar geológusról előadások, szimpóziumok sora emlékezett meg, és emlékezik meg napjainkban is. Életművét neves szerzők számos írása teszi közzismertté. A figyelmet azonban – érthető módon – elkerülte Lóczynak egy rövid, nehezen fellelhető közleménye, mely tudománytörténeti jelentőségű.

Lóczy Lajos (Pozsony-Balatonfüred, 1849-1920) geológus, geográfus. Hírnevét gróf Széchenyi Béla

Ázsia-expedíciójának tagjaként, Belső-Ázsia geomorfológiájának kutatásával alapozta meg. Mondandójának szempontjából azonban lényeges, hogy Lóczy 43 éves korában Balatonarácsra költözött, házat vett, fő tevékenysége a Balatonvidék tanulmányozása lett. Neki és neves tudóstársainak köszönhető, hogy a térség mindmáig a világ egyik földrajzilag és geológiailag legrészletesebben megkutatott, kisebb tájegysége.



1. ábra. Kereked-öböl.

Lóczy az arácsi temetőben nyugszik, síremlékén barátja, Sven Hedin svéd kutató által a Himalájáról küldött havasi gyopár látható. Sírhelyétől szép kilátás nyílik szóban forgó vizsgálatának színhelyére, a Kereked-öbölre. Az 1. ábra az öbölről készült légi felvétel.

A *Balaton tudományos tanulmányozása* (Lóczy, 1913a) című 32 kötetes monográfia-sorozat Lóczy Lajos szerkesztette. Az első kötetet a Magyar Földrajzi Társaság adta ki 1913-ban. A kötet, mely apai hagyatékából a Szerző birtokában van, csaknem ezer oldal (2,9 kg). Több, neves szerzője van, többek között Eötvös Loránd. Lóczy munkája *A Balatonnak és környékének geológiája és morfológiája* fejezet, 617 oldal terjedelemben (Lóczy, 1913b). Lóczy a kötet 529–533. oldalain közli egy vizsgálatát, melynek címe: *A Balatonba hulló por és a balatonfenéki lerakódások* (sic!).

A hitelesség okából a vonatkozó részeket az eredeti szövegből idézzük.

Idézetek Lóczy: Balaton-monográfia I. kötet, 529–533 old.-ról

(Kiemelések a Szerzőtől)

A Balatonba hulló finom por mennyiségét két éven keresztül pontosan mérhettem. Erre a mérésre egészen más feladatnak nyomozása vezetett reá. Hogy

a Balaton felszínén elpárolgó víz mennyiségét megbízhatóbban állapítsuk meg, (...) egy párolgásmérőt helyeztem el magam a Balaton vizén, Csopak és Balatonkövesd alatt, a Kereked-öbölben. (...) Egy 10 m. hosszú és 5 m. széles fenyőszálakból összetákolat tutajt macskáztunk le. (...) Cardan-féle felfüggesztéssel egy 0,80 m belső átmérőjű, horganybádoggal bélelt 0,70 m magas fakádat alkalmaztunk. (...) A kádat leszűrt Balaton-vízzel töltöttem meg. (...) 1897-ban április hó 28-tól november hó 21-ig, 1898-ban április hó 7-től november 10-ig volt a párolgásmérő a vízen.

○○○

Alig volt a párolgásmérő néhány hétig megfigyelés alatt, nagy meglepetésemre azt tapasztalám, hogy a tiszta vízben a kád fenekét és a fenéken lévő sárgaréz szereit finom iszap lepi el, ez minden nap jobban és jobban szaporodott, utóbb egészen elfedte a sima horganybádogot. Ősszel a partra vontatott tutajról leemeltetem a kádat, és a benne lévő vizet felkavarva, azzal mindent gondosan leöblögetve, megsűrtem a vizet.

○○○

Az első nyárszakán, 1897-ben a 209 nap alatt hullott és megszáritott por súlya *191.68 gr-nyi* volt, a második, 1898 évi nyárszaki 217 napján viszonylagosan valamivel kevesebb *197.18 gr* volt a kádba hullott por. (Összesen 388,86 gr.)

○○○

Az utóbbi évben hullott por térfogati súlyát EMSZT KÁLMÁN m. kir osztály-geológus és vegyész 1000 cm²-re 960 gr-nak határozta meg. Ezzel az értékkel számolva 1897-ben 209 nap alatt 199.67 cm³ pormennyiség hullott a kádba, egyenletesen elosztva ezt a 80 cm átmérőjű kerek kád fenekén 0.3981, lekerekítve 0.4 mm magas réteget ad. Az 1898-ban hullott 217 napi pormennyiség 205.4 cm³ volt és 0.40854, lekerekítve 0.41 mm vastagságban lepte el a kád fenekét.

○○○

Távol legyen tőlem, hogy fentebbi számításaim eredményeinek túlságos jelentőséget és abszolút bizonyítóerőt tulajdonítsak. **Inkább csak abban szeretném eziránybani vizsgálataimnak értékét látni, hogy a szubaerikus porhullás mérésének lehetőségét kimutattam velük.**

Különben is a porhullás megfigyelését nem csupán egy helyen kellene rendszeresíteni, hanem a Balaton több pontján és közepén is hasonló mérőkésztségeket felállítani, amilyen a Kereked-öbölben két évig fennállott. ***A meteorológiai megfigyelésébe kellene bevonni és az egész országra kiterjeszteni a porhullás mérését.*** (Idézetek vége)

Lóczy szerint, valamint mai ismereteink szerint, ***Ő ezzel elsőként végezte tudományos pontossággal az ülepedő por (subaerikus porhullás, légköri kihullás, szedimentum, porlerakódás, fall out) mérését.*** Bár ezt nem a levegő minőségének vizsgálatára, hanem a mindmáig napirenden lévő feliszapolódás meghatározására használta, másirányú jelentőségét ő maga is felismerte, hangsúlyozta. Ülepedő pornak nevezzük a 10 mikrométernél nagyobb átmérőjű szemcséket.

Tekintettel a monográfia műfajára és terjedelmére, nyilván senki nem olvassa el annak teljes szövegét. Saját könyvről lévén szó, a Szerző esélye nagyobb volt, hogy véletlenül ráakadjon a számára érdekes részre.

Az 1962–64-ben végzett vizsgálatok

1962–64 időszakban az Országos Közegészségügyi Intézet Levegőegészségügyi Osztálya végzett folyamatos ülepedőpor-méréseket a Balaton szűkebb



2. ábra. Szabványos ülepedő por mérőeszköz.

környezetében (Mórik és Záborszky, 1966). Lóczy egykori kívánságának megfelelően, a tó közepén, Balatonszemes – Akali közt, erre a célra cölöpökre épített „szigeten” is működött mérőállomás. A vizsgálatokban Szerző asszisztensként vett részt.

Lóczy vizsgálataihoz közeli mérőhely sajnos nem volt. Az összehasonlítás céljára leginkább alkalmasak az északi parton, részben vízfelületen létesített mérőhelyek, valamint a tóközepi mérőállomás lehet. Nyári hónapok adatait vettük figyelembe, Lóczy vizsgálatának megfelelően. Az ülepedő por vizsgálata a 21454/1-73 sz. Magyar Szabvány szerint történt. A 2. ábrán a porgyűjtő eszköz látható a Limnológiai Kutatóintézet kertjében. Az összehasonlítás szempontjából döntő a porgyűjtő felület mérete, a mintavétel időtartama és felszín feletti magassága. A kiválasztott mérőpontok természeti környezetben, szennyező forrásoktól közvetlenül nem érintett helyen voltak telepítve. Az ülepedő por mennyiségére vonatkozó adatok g/m²/hónapban vannak megadva. A leginkább jellemzőnek ítélt helyszínek átlagértékei az alábbiak:

1962	Tihany Limnológiai Kutatóintézet	júl.-nov.	8,6 g/m ² /hó
1963	Balatonszemes-Akali közt tóközép	júl.-okt.	6,8
	Tihany rév, vízi	júl.-okt.	3,2
1964	Tihany Limnológiai Kutatóintézet	ápr.-jún.	3,9
Átlag			5,6

Az Országos Immisszió-mérő Hálózat mérései, 1976.

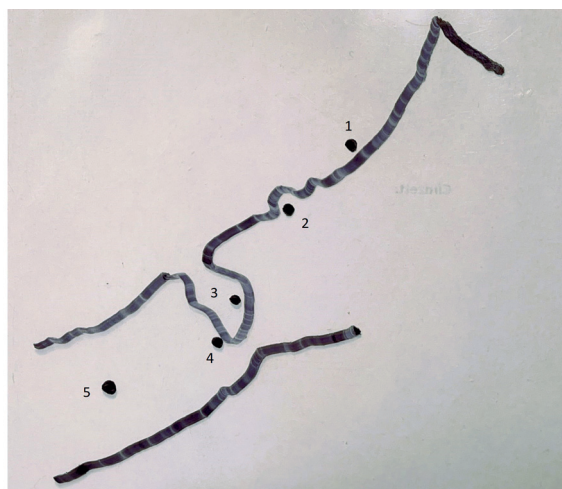
Lóczy kívánsága, a rendszeres monitorozás, több mint 60 év után 1976-ban valósult meg. Az Országos Közegészségügyi Intézet (OKI) Levegőegészségügyi Osztálya által 1974-ben megszervezett Országos Immisszió-mérő Hálózat, más szennyező anyagok mellett 260, majd 340 helyen végzett folyamatos ülepedőpor-méréseket az ország településein. Ez a tevékenység 2002-ig tartott, amikor a mérőhálózat más tárcához került, leépült.

Egy célzott mérési program keretében az Osztály 1976-ban, a tágabban vett Balatonvidék 25 helyszínén telepített mérőállomásokat. Ezekre a légszennyező gázok mellett az ülepedő por mérése is folyt. Az eredményekről 1978-ban tanulmány készült a *Balatonvidék Levegőminősége* címmel (Várkonyi et al., 1976). A 78 oldalas tanulmány a térség levegőminőségének

adatait, légszennyezettségét befolyásoló tényezőit mutatja be, és azok elemzését tartalmazza. A levegőminőség megóvására vonatkozó, megvalósult javaslatok közül leglátványosabb az a nagy kiterjedésű erősáv, melyet a balatonfüzfői vegyiművek légszennyező hatásának csökkentésére, a Litérre vezető út mentén telepítettek. A tanulmányt a MTA Limnológiai Kutatóintézete a feliszapolódás vizsgálatokhoz felhasználta.

Az 1976. évi mérőhelyek, melyek Lóczy mérési helyszínével közelítőleg összevethetők, az 1962–64 évekkel részben azonosak. Vízfelszínen vagy partközvetben vannak elhelyezve, szennyező forrásoktól közvetlenül nem érintett helyen. A vizsgálatok Magyar Szabvány szerintiék. A mért porterhelés egyébként csekély. A mintavételi helyeket a 3. ábra vázlatja mutatja.

Almádi	ápr.-szept.	5,8 g/m ² /hó
Tihany, Limnológiai Kutatóintézet	ápr.-szept.	4,9
Tihanyi rév, vízi	ápr.-szept.	7,7
Parti háttér-szennyezettség	ápr.-szept.	4,9
Nyáron terhelt helyszínek	ápr.-szept.	8,5
Átlag		6,4



3. ábra. Mintavételi helyek: 1. Almádi; 2. Kereked-öböl; 3. Tihany, Limnológiai Kutatóintézet; 4. Tihanyi rév; 5. Balatonszemes-Akali, tóközép.

Mintavételi különbségek

A legjelentősebb paraméterek: a mintavétel időtartama, a gyűjtési felület mérete, valamint a mintavétel felszín feletti magassága. Figyelembe véve a kétszer

7 havi (426 napi) expozíciót, valamint a 80 cm átmérőjű edény felületének (5024 cm²) arányát 1 m²-hez, megkapjuk a g/m²/hó értéket. (Lóczy adatai osztva 14-gyel, szorozva 1,99-el.)

A mintavételi magasság Lóczy esetében talaj- (víz-) felszín felett 70 cm. Az újabb mérések esetében ez 130–150 cm, az ún. „légzési zóna”. A durva (nehéz) por alacsonyabb szinten ülepedik ki. Ennek a hatásnak a korrigálására a Stokes-formula (Mészáros, 2008) adna lehetőséget. Alkalmazásához azonban nem állnak rendelkezésre a szükséges adatok. Lóczy vizsgálata nem terjedt ki a vízben oldódó frakcióra.

Eredmény

Lóczy mérései szerint a Kereked-öbölben, 1897 és 1898 nyári félévében, 70 cm felszín feletti magasságban **a kihulló por tömege: 55,27 g/m²/hó.**

Látható, hogy ez az érték egy nagygrenddel nagyobb az 1962–64 és 1976. évi mérésekhez viszonyítva. A különbséget egyrészt a mintavétel felszín feletti magassága okozhatja, másrészt a környezeti változások is jelentősek.

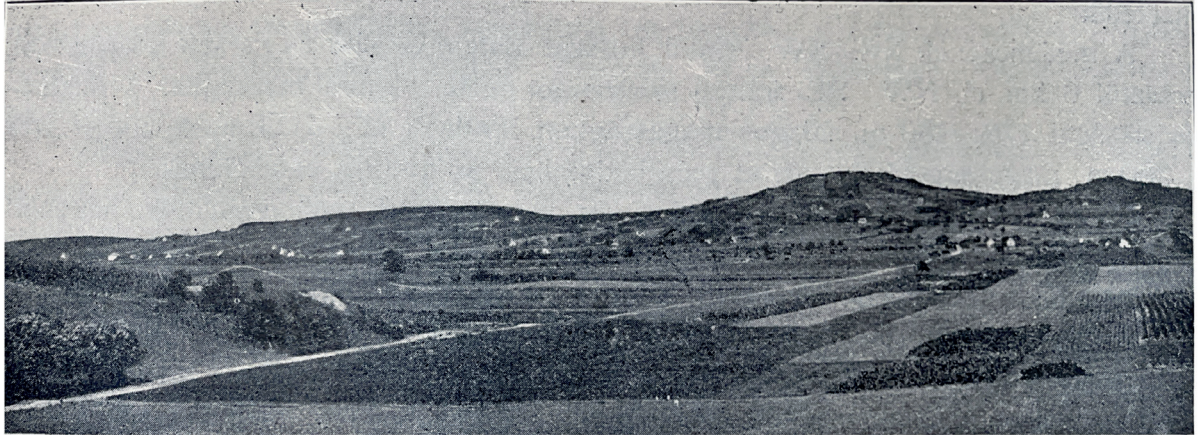
Környezeti változások

A 4. és 5. ábrák a korabeli jellemző környezetet mutatják be.



4. ábra. Kopár hegyoldalak Tihany (Balaton monográfia, 1913).

Az idézett Lóczy-féle monográfia első oldalán egy kép látható, mely a tó felől mutatja Tihanyt. *A part és a hegyoldal kopár!* A könyvben található fotók is azt mutatják, hogy az észak-nyugati part erdőszültése, növényzettel való borítottsága a mainál sokkal



5. ábra. Balatonfüred-nyugat (Balaton monográfia, 1913).

gyéresebb volt. A terület döntő részét lakatlan: a beépítettség a talaj-eredetű porképződést csökkenti. Ezek miatt a szélnek kitett porzó felületek nagyobbak voltak. Az uralkodó szélirány nyugati. Lóczy is említi: „A Balaton-felvidéki viharok állandóan a Balaton víz-szélére seprik a port.” A porlerakódás mértékét ezek a környezeti tényezők is befolyásolhatták.

A légköri kihullás mérését jelenleg a HungaroMet háttérállomásain végzik. Aktualitást ad az ülepedő porterhelés vizsgálatának a fotovoltaiikus eszközök, elsősorban a nagy felületen telepített napelem-parkok esetében, a felületükre hulló por, mely a teljesítmény romlását okozza. A klímaváltozás hatásai (szárazság, szaharai por) a porterhelést növelik, amit a mindennapi gyakorlatban is tapasztalunk.

Megjegyzés

Aligha fog teljesülni Szerző több évtizedes elképzelése, miszerint megismételhetnék Lóczy vizsgálatát. Szabványos mérésekkel egyidejűleg, ellenőrizhető lenne a jelentős különbség is. A mérési gyakorlat tökéletesítése, a tó feliszapolódásának verifikálása és a tudománytörténeti jelentőség mellett szépnek tűnik az a gondolat, hogy Lóczynak is kedvére lenne, ha az arácsi temetőből „lepillantana”... Az Ő mintavételi eszközének pontos leírása rendelkezésünkre áll. A Kereked-öböl is rendelkezésünkre áll. Ma még. Terv készült a beépítésére...

Irodalom

- Lóczy L., 1913a: A Balaton tudományos tanulmányozása. Monográfia I. kötet. Magyar Földrajzi Társaság.
- Lóczy L., 1913b: A Balaton környékének geológiai képződményei. (In: Lóczy, 1913a) https://library.hungaricana.hu/hu/view/SZAK_BAKO_BalatonTudTanEredm_01/?pg=0&layout=s
- Mészáros E., 2008: A levegő megismerésének története. MTA Tudománytörténeti Intézete.
- Mórik J. és Záborszky K., 1966: Az ülepedő por mennyiségének vizsgálata a Balaton térségében. *Egészségtudomány* 10, 275–281.
- Várkonyi T. et al., 1976: A Balatonvidék levegőminősége. Egészségügyi Minisztérium, téma számjelle:60-10-0401-04-O/T.