

Budapest: valóban poros és fakó város?

Salma Imre és Ocskay Rita

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet

E-mail: salma@para.chem.elte.hu

Az 1990-es évek legelején kiteljesedett gazdasági és politikai rendszerváltozás, majd az Európai Unióhoz (EU) történt csatlakozásra való felkészülés kihatott Budapest levegőjére is. Az átmeneti időszakban általában csökkent a levegőszennyező anyagok kibocsátása az ipari recesszió miatt, a gazdaság szerkezete átalakult, az ipari üzemek elhelyezkedése változott, korszerű nagyüzemi és háztartási technológiákat vezettek be széles körben (pl. a fűtés terén), és a társadalom hirtelen megtapasztalta a piacgazdaság előnyeit és hátrányait. Ennek kapcsán például Budapesten és Pest megyében regisztrált személygépkocsik száma (a mikrobuszokkal és terepjárókkal együtt) 748 ezerről 970 ezerre nőtt; a dízel üzemű személygépkocsik országos aránya 5%-ról 14%-ra változott 1992. és 2004. évek között. 1999. április 1-én az ólmozott benzint teljes mértékben kivonták a kereskedelmi forgalomból. A katalizátorral felszerelt gépjárművek aránya jelentősen nőtt, de a személygépkocsik átlagos életkora alig csökkent (tavaly 9.2 év volt Budapestre vonatkozóan) a figyelemmel kísért időszakban. Az EU-val történő jogharmonizáció keretében a fővárosi levegőtisztaság-védelmi automata monitorhálózat bővült és korszerűsödött 2002-ben, amikor például a szálló por (aeroszol) esetében koncepcionális jelentőségű változtatásként áttértek a PM10 méretfrakció (lásd később) mérésére a teljes portartalom mérése helyett, illetve a szabályozás is változott, továbbá kiépítették a közönség-tájékoztatási rendszert (URL: <http://www.kvvm.hu/olm/>). Budapest kémiai levegőminősége szempontjából az aeroszolnak és talán a nitrogén-oxidoknak van kiemelkedő szerepe a szennyező anyagok közül. Az elmúlt 10 évben végzett kutatómunkánk eredményei lehetővé teszik, hogy röviden áttekintsük a budapesti aeroszol levegőszennyezettség és egyes kémiai összetevőinek jellegzetességeit, valamint alakulását a különböző méretfrakciókban, amire a monitorhálózat adatai nem alkalmasak.

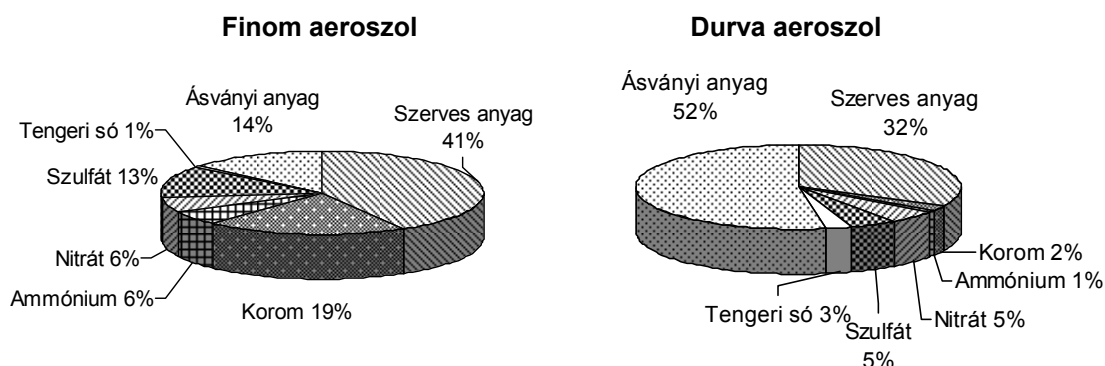
Légköri aeroszolnak nevezzük a levegő és a benne finoman elosztatott (diszpergált) formában lévő cseppfolyós és/vagy szilárd részecskék rendszerét. A részecskék mérete néhány nanométertől néhány tíz mikrométerig (a hajszál vastagságának tizedéig) terjedhet. A részecskék méretüktől függően néhány órától tíz napig tartózkodnak tipikusan a levegőben. Az aeroszol közismert megjelenési formái a köd, por vagy füst. A részecskék teszik láthatóvá

a fénysugarakat poros levegőben, vagy a fényszórók nyalábját ködös időben (Tyndall-jelenség). A részecskék fényszórása miatt a tiszta ég kék színe (amit a gázmolekulák Rayleigh-szórása okoz) foltokban és irány szerint is változik; az aeroszol szennyezettség gyakran sárgásra, barnásra színezi az eget, míg a nagymennyiségű vízpára és aeroszol miatt fakó, sőt opálos is lehet az ég. Az emberi egészség szempontjából elsősorban a 10 μm -nél kisebb részecskék jelentősek (ezek alkotják a PM10 méretfrakciót), mert a nagyobbak nem jutnak be a tüdőbe. A mérettartományon belül megkülönböztetünk durva (10–2 μm közötti), illetve finom (kisebb, mint 2 μm) méretű részecskéket, amelyek eredete és ennek megfelelően kémiai összetétele is eltérő. A durva részecskék természetes forrásokból és mechanikai folyamatokból származnak; például a felszín aprózódásával keletkeznek erózió által, és ezért főleg kőzetalkotó elemeket (szilíciumot, kalciumot, vasat, alumíniumot, magnéziumot, káliumot és oxigént) tartalmaznak. Egészségügyi hatásuk nagy koncentrációban jelentős (bányákban szilikózist okozhatnak). A finom részecskék a levegőben képződnek gázfázisú kémiai reakciók termékeinek vagy égéstermékek (gőzök) kondenzációjával. Városi környezetben főleg emberi tevékenységhez kapcsolódó (antropogén) folyamatokból származnak (pl. kipufogógázból, szemétegetésből, erőműi kibocsátásokból). A finom részecskék kémiai összetétele nagyon változatos; nagy arányban tartalmaznak ammónium-szulfátot, szerves vegyületeket, ammónium-nitrátot és kormot. Ezen komponenseken túlmenően potenciálisan veszélyes és káros anyagok (pl. poliaromás-szénhidrogének, átmeneti és nehézfémek) egész sora is megtalálható bennük nyomnyi, de egészségügyi hatásuk miatt mégsem elhanyagolható mennyiségben. Durva részecskékből általában néhány tíz darab található 1 ml városi levegőben, míg finom részecskék száma meghaladhatja a százezret is.

A budapesti aeroszol fő komponensei

Budapest belvárosában az aeroszol tömegkoncentrációjának napi átlaga általában az egészségügyi határérték (ami $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2005. január 1-től) körül alakul. Szeles vagy csapadékos időben sokkal tisztább a levegő, szélcsendes időben és (téli) inverziók esetén viszont sokkal nagyobb értékek is előfordulnak. A levegőminőségnek napszakos és évszakos változékonysága is van, illetve a városrészek/útvonalak között lényeges különbségek alakulhatnak ki. Az aeroszol légszennyezettség ezen összefogó értéke szerint Budapest az EU nagyvárosai között a középmezőnybe sorolható. Az aeroszol levegőszennyezettség mértékében csökkenés mutatkozik a belvárosban a legutóbbi években, különösen a durva

aeroszolt tekintve. A durva részecskék tömegkoncentrációja azonban még mindig nagyobb a finom aeroszol tömegénél, ellentétben több, nyugat-európai nagyvárossal. Más szóval: a belváros poros. Az ilyen jellegű szennyezés könnyen csökkenthetőnek tűnik: utcáinkat, tereinket és lakóhelyünk környékét kell tisztán és rendezett állapotban tartani, parkosítani, és száraz nyári időben locsolni. Meggondolva, hogy az emberi hozzáállás megváltoztatása gyakran a legnehezebben elérhető feladatok közé tartozik, talán mégsem olyan egyszerű ezt megvalósítani, mint például füstgáz-tisztítót felszerelni a kéményekre. Az 1. ábrán bemutatjuk a finom és a durva aeroszol fő komponenseinek járulékát a tömeghez a Rákóczi úton 2002 tavaszán.



1. ábra: Az aeroszol komponensek járuléka a finom és durva tömeghez a Rákóczi úton 2002 tavaszán

A finom frakcióban a széntartalmú aeroszol (szerves anyag és korom) dominál, mely a tömeg ~60%-át reprezentálja. A durva frakció túlnyomó mennyiségben ásványi anyagból áll, illetve szerves vegyületeket tartalmaz. Az ásványi anyag jelentős része a közúti közlekedés által felvert por. A korom aeroszol és a szerves anyag jelentékeny hányada is a gépjárművekkel hozható kapcsolatba. Becslések szerint a szálló por 70–80%-a közlekedés révén kerül a levegőbe a fővárosban. Az aeroszol egy része tehát a városban keletkezik, de jelentős a regionális-kontinentális légköri transzportfolyamatok által, a városon kívülről szállított szennyezők mennyisége is.

A közlekedési eredetű aeroszol összetevők

Az aeroszol részletes kémiai összetételét megvizsgáltuk és összehasonlítottuk korábbi adatainkkal. Az tapasztaltuk, hogy a Pb és Br (mindkettő az ólmozott benzin adalékanyaga)

légköri koncentrációja harmadára-negyedére csökkent 1999 tavaszán az ólmozott benzin kereskedelemből történt kivonása utáni hetekben, és azóta gyakorlatilag azonos koncentrációkat mérünk. A Pb átlagos koncentrációsintje a PM10 frakcióban ma 28 ng/m^3 körüli, ami messze alatta marad a megengedett légköri határértéknek.

Néhány fém, nevezetesen az Sb, Cu, Zn, Ba, Fe és Ca, valamint a korom légköri koncentrációja viszont jelentősen megnőtt. Legnagyobb mértékben: 50–100%-kal az Sb és Cu koncentrációja növekedett a durva frakcióban (ami tehát mechanikus eredetre utal) az elmúlt tíz évben. A Cu koncentrációja a PM10 frakcióban tipikusan 62 ng/m^3 körüli jelenleg, míg az Sb 16 ng/m^3 koncentrációban található a belvárosban, ami azt jelenti, hogy a Cu 76-szor, míg az Sb 5 100-szor van feldúsulva a levegőben az átlagos felszíni közethez viszonyítva. A dúsulás valószínűleg az utak mentén és az ott élő növényzetben is kimutatható. Matematikai módszerekkel megállapítottuk, hogy az említett elemeknek közös a forrásuk; további vizsgálatok azt mutatták, hogy az Sb és Cu elemek a gépjárművek fékbetéteiből származhatnak. A fékbetétek elhasználódásának mértéke mintegy 15 mg kilométerenként személygépkocsiknál; a lekopó anyag ~30%-a szálló porként a levegőbe kerül. Az azbesztmentes fékbetétek viszonylag nagy koncentrációban tartalmaznak Sb-t (2–7%-ban) és Cu-t (8–15%-ban); jellemzőjük a Cu/Sb koncentráció arány, amely átlagosan (4.6 ± 1.2) . Gyakorlatilag ezt az értéket kaptuk a durva aeroszolra vonatkozóan is: 4.3 ± 0.8 , ami az eredetre vonatkozó feltételezésünket igazolta, sőt azt mutatja, hogy az elemek egyik fő forrása a fékbetétek elhasználódása. A Cu légköri koncentrációjának 69%-át, míg az Sb 66%-át a PM10 frakcióban a közúti forgalom eredményezi. A gépjárművek gumi futófelületének kopása, ami kilométerenként 10–100 mg körüli személygépkocsik esetén, szintén jelentős levegőszennyezés. A gumi szerves anyagokat és Zn-t (1–3%-ban) tartalmaz. Méréseink alapján megállapítottuk, hogy a Zn jelenlegi koncentrációjának (ami átlagosan 90 ng/m^3) mintegy 65%-át a PM10 frakcióban a gépjárműforgalom eredményezi, míg a PM10 frakciójú aeroszol tömegének 5–6%-a a gumik kopásából származik. Ez utóbbi jelentősége meglehetősen nagy, ha például az ásványi anyag relatív jelenlétéhez viszonyítjuk. A gumik kopásának járuléka összevethető más városokra vonatkozó, eltérő módszerekkel kapott adatokkal, de valamivel nagyobb értékű. A különbség Budapest úthálózatának (viszonylag) rossz állapotával magyarázható. A korom légköri koncentrációjának növekedése a dízelüzemű járművek növekvő hányadával magyarázható elsősorban, amelyek akár 1 nagyságrenddel is több kormot bocsátanak ki a kipufogógázban, mint a benzinüzeműek. Poros környezetben zajló, intenzív közúti forgalom ráadásul fokozottan hátrányos, mert a gépjárművek ismételt felverik a felszínre korábban már kiülepedett port. A felvert por azonban már komplex

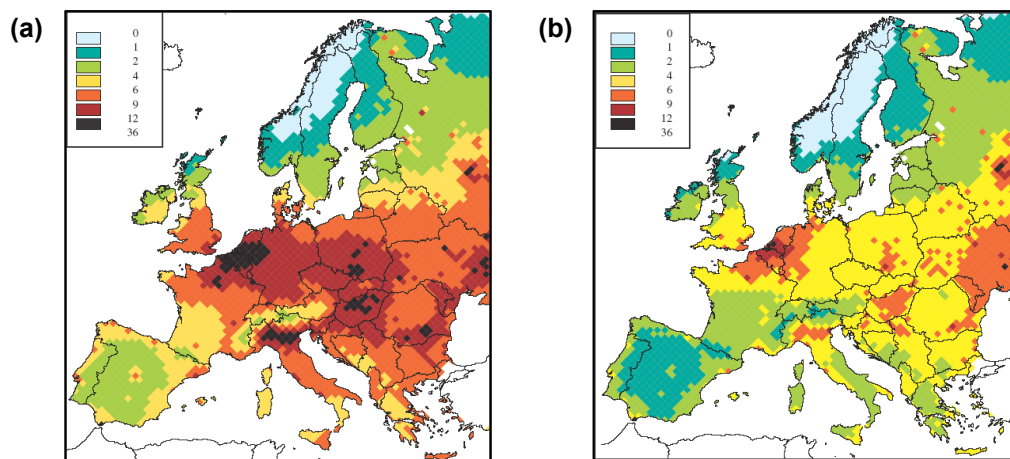
forrástípusokból származó anyagokat is tartalmaz az ásványi anyag mellett, mert a felületükön megkötődnek a korábban kiülepedett, eredetileg antropogén eredetű finom részecskék is. A benzin ólmozásának megszüntetése, a kipufogógáz gáznemű, káros anyagainak katalitikus átalakításában elért eddigi sikerek, a dízelüzemű gépjárműveknél rövidesen bevezetendő koromkezelési eljárások, valamint a gázolaj kéntartalmának csökkentése következtében a közúti forgalom nem kipufogógáz eredetű szennyezése egyre fontosabbá válik. A mechanikai kopás eredményeként nemritkán olyan fémek jutnak a levegőbe (pl. Sb), amelyek egészségügyi és élettani hatásáról keveset tudunk. A hármashatású katalizátorok platinafémeket tartalmaznak (platinát, palládiumot és ródiumot), amelyek szintén a levegőbe kerülnek, és potenciális veszélyforrást jelentenek. Az utóbbi fémek koncentrációja általános környezetünkben rendkívül kicsi, és ezért még egy mérsékelt emisszió is jelentős relatív növekedést okoz.

Egészségügyi vonatkozások

Az egészségügyi hatások és az antropogén aeroszol perturbáció általában forgalmas nagyvárosok vagy iparvidékek szennyezett levegőjében és levegőcsóvájában jelentkeznek. A városi agglomerációt egyben nagyszámú lakos és gyakran értékes épített környezet is jellemzi, így az esetleges káros hatások jelentős populációt és kulturális örökséget érintenek. Az aeroszol koncentrációjának csökkentését az egészségügyi okokon kívül közvetlen érzékszervi tapasztalás (pl. látótávolság észlelése) is motiválja és mozgatja. Ennek megfelelően, a világ fejlettebb területei (köztük az EU is) az aeroszol kibocsátás visszafogását (úgy tűnik sikeresen és növekvő ütemben) el is kezdték, ami a koncentráció szint csökkenését eredményezi rövid időn belül a kis tartózkodási idő miatt. Az egészségügyi hatás mértékének és jelentőségének tudatosításához segíthet az USA 90 városára kiterjedő szisztematikus vizsgálat eredménye, amelyből – a hibás számolás korrigálása után – megállapítható, hogy a PM10 frakciójú aeroszol tömegkoncentrációjának $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ értékű megnövekedése átlagosan 0.27%-kal növeli a napi halálozás relatív rizikóját! A megállapítást számos kritikai észrevétel érte, amelyek azonban várhatóan nem befolyásolják a lényegét.

Az Európai Unió 2001-ben indította a Tiszta Levegőt Európának (Clean Air for Europe) elnevezésű programját egy hosszútávú levegőkörnyezet-politikai stratégia kidolgozása céljából. Ennek keretében modellszámításokkal és közelítésekkel megbecsülték az antropogén eredetű finom részecskéknek a várható élettartam csökkenésére kifejtett hatását 30 évnél idősebb lakosság körében. A 2000. évi adatok alapján az EU-ban átlagosan mintegy 8 hónap

ez az idő, míg Budapesten a kilátások sokkal rosszabbak (lásd a 2. ábrát). A jelenleg előírányzott levegőminőségi előírásokat maradéktalanul teljesítve a várható élettartam csökkenése Európában mintegy 6 hónap, míg hazánkban 8 hónap körül várható 2020-ban.



2. ábra: Az antropogén eredetű finom aeroszol becsült hatása a várható élettartam csökkenésére (hónapokban kifejezve) Európában a 2000. évben (a), és 2020. évre előre jelezve (b). (Forrás: Impact Assessment of the Thematic Strategy on Air Pollution, SEC Report 1133, 2005.)

Zárszó

Összegezőként megállapítható tehát, hogy Budapest meglehetősen poros, de legtöbbször nem fakó város. A levegő aeroszol szennyezettsége gyakran az egészségügyi határérték körül ingadozik, és még talán elviselhető a város egészét tekintve. Ez azonban nem a lakosai környezettudatos magatartásával, vagy a város és kerületei vezetésének hathatós és elhivatott tevékenységével magyarázható leginkább, hanem a kedvező geográfiai elhelyezkedésnek és meteorológiai viszonyok köszönhető. A friss légtömeg a északnyugati, uralkodó szélirányból a Budai-hegységen keresztül eléri a város belsejét, a Duna fölötti szabad légtérben felhígítja a városi, szennyezett levegőt, majd a délkeleti irányba akadály nélkül távozik. A Duna fölötti légcsatorna igen kedvező hatását egy ködös délelőtt (2004. december 5-én) szemléltető jellegének segítségével szépen követhetjük egy webkamera felvételen (URL: http://www.irisz.hu/webcam_archiv.html). A levegő kémiai minőségének és tisztaságának javítása azonban elengedhetetlen, ami egy komplex intézkedési terv következetes megvalósítását igényli. A javítás lehetőségei adottak.