

Budapesti porszennyezettség vizsgálata a Margit-körút térségében

Farkas Orsolya

BME Vegyész- és Biomérnöki Kar, orsi0803@freemail.hu

Török Ákos

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, torokakos@mail.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A porszennyezettség napjainkban már számos területen megfigyelt jelenség, Budapest kiemelt mértékben szennyezettnek számít. A porréteg az épületek kőanyagaira káros hatással van az esztétikai elváltozások mellett, az időjárási viszonyoktól függően a kőanyag károsodását is előidézhetheti, és akár kőanyag veszteséget is eredményezhet. Az épületek körüli áramlások figyelembe vételével a szennyezőanyag terjedésének modellezésével megismerhetők a transzmissziós folyamatok. A modellezett terület Budapest egyik leginkább porszennyezésnek kitett területe, a Margit-körút egy szakasza volt. Az épületek homlokzatáról szedett porminták laboratóriumi vizsgálatával pedig a leülepedett por sajátosságai határozhatók meg. Vizsgálataink során MISKAM szoftvert, kézi mikroszkópot, röntgendiffrakciót és lézerdiffrakciós részecskeméret analízist használtunk.

Kulcsszavak: PM₁₀, modellezés, ásványtani összetétel, ülepedő por, épületek

1 BEVEZETÉS

A magas koncentrációban előforduló por az emberi egészség mellett számos más területen is kifejti hatását. A szálló por részben természetes forrásokból, pl. talajerózióból, vulkáni tevékenységből, erdőtüzekből származik. Emberi tevékenység során főbb forrásai a szén, olaj, fa, illetve a hulladék eltüzelése, valamint a közúti közlekedés által keltett kibocsátás és a közlekedés felverte por (Salma et al. 2004). Az ipari technológiák, mint bányászat, cementgyártás, kohászat is jelentős kibocsátást okoz. A kisebb szemcsék természetes forrása a tengeri légtömegekkel érkező só, a növényi pollenek, baktériumok. A 2,5 mikronnál kisebb részecskék az atmoszféra kémiai reakcióiból is származhatnak.

A gépjárművek közül a dízel motoros járműveknek jelentősebb a szálló por emissziója, mint a benzines autóknak. A dízel hajtású motorok kibocsátásának káros hatását többek között C izotópos elemzés segítségével vizsgálták (Hildeman et al., 1994). A dízel és benzines meghajtás közötti számszerű különbséget is kimutatták már (Rodriguez-Navarro és Sebastian, 1996).

A légszennyező anyagokkal foglalkozó kísérletekben, tanulmányokban már kimutatták a finomszemcsés szennyező anyagok koncentrációja és az abból következő megbetegedések száma közötti összefüggést (Dockery et al., 1993).

A por lerakódása az épületekre is káros hatással van. A kén-dioxid megkötését elősegíti, és gipszkristályok kialakulásához vezet, ami az épületek kőanyagának károsodását vonja maga után. A légköri SO₂-t CaSO₄*2H₂O-ként (gipszként) köti meg. Ez a fekete-kéreg fejlődésének első állomása (Rodriguez-Navarro és Sebastian, 1996). A fekete mállási kéreg számtalan külföldi és hazai épületünkön megfigyelhető és jól jelzi a kőzet és a légszennyező anyagok kölcsönhatását.

Az egészségre gyakorolt hatások és a helyi koncentrációeloszlások mellett megfigyelhetőek a szilárd pornak a globális hatásai is, úgy mint a klímaváltozás, ökoszisztémák változása, láthatóság csökkenése (Gieré és Querol, 2010). A szálló por emissziójával, eloszlásával és hatásaival foglalkozni kell. A helyzet komolyságát bizonyítja, hogy az ABC (Atmospheric Brown Cloud) már az űrből is látható Dél- és Délkelet-Ázsia felett (Engling és Gelencsér, 2010).

2 A VIZSGÁLT TERÜLET

A vizsgált terület Budapest II. kerületében a Margit körút és a Török utca kereszteződésénél található. A területválasztást az indokolta, hogy ez a terület már régóta bekapcsolódott a főváros úthálózatába és nagy forgalmú útszakasznak minősül, ezért a porszennyezettség mértéke is az egyik legmagasabbnak számít már az 1970-es évektől. A vizsgálatok alátámasztották feltételezéseinket. Az 1. ábra mutatja a modellezett és a helyszíni mintázással is elemzett 400m x 400m-es területet.



1. ábra. A terület bemutatása

3 VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A szennyezőanyag terjedés modellezésére egy német fejlesztésű szoftvert alkalmaztunk. A MISKAM szoftver a vizsgált területen az áramlási viszonyok és a kialakult koncentráció eloszlás megjelenítésére alkalmas. Az alkalmazás megkönnyítése érdekében a használat során rengeteg rögzített paraméter megadása szükséges. Ezen belül a legfontosabbnak számítanak: a terület geometriája (épületek, domborzat, növényzet), a szélviszonyok, a 10 m-es referenciamagasságban mért szélerekségek és az egyes útszakaszokhoz rendelt emisszió. A futtatást követően a 3 dimenzióban történő megjelenítésre Tecplot programot használtunk.

A porminták laboratóriumi elemzésénél Dino Lite típusú kézi mikroszkóppal a por ásványtani összetételét vizsgáltuk. A röntgendiffrakciós vizsgálatot, a szeretlen, kristályos fázisú ásványi összetevők minőségi meghatározására alkalmaztuk (Phillips PW 3710 műszer / X'Pert High Score Plus szoftver). A lézerdiffrakciós részecskeméret analízis segítségével pedig a por részecskeeloszlását határoztuk meg (2. ábra).

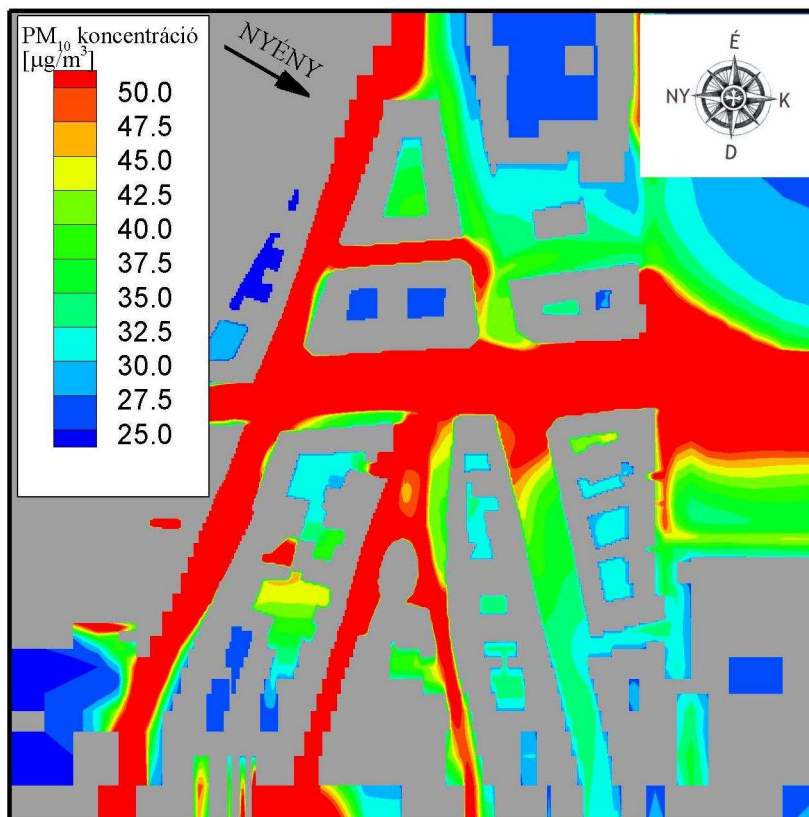


2. ábra. Részecskeméret analízishez használt lézerdiffrakciós készülék

4 EREDMÉNYEK

4.1 Porszennyeződés modellezése

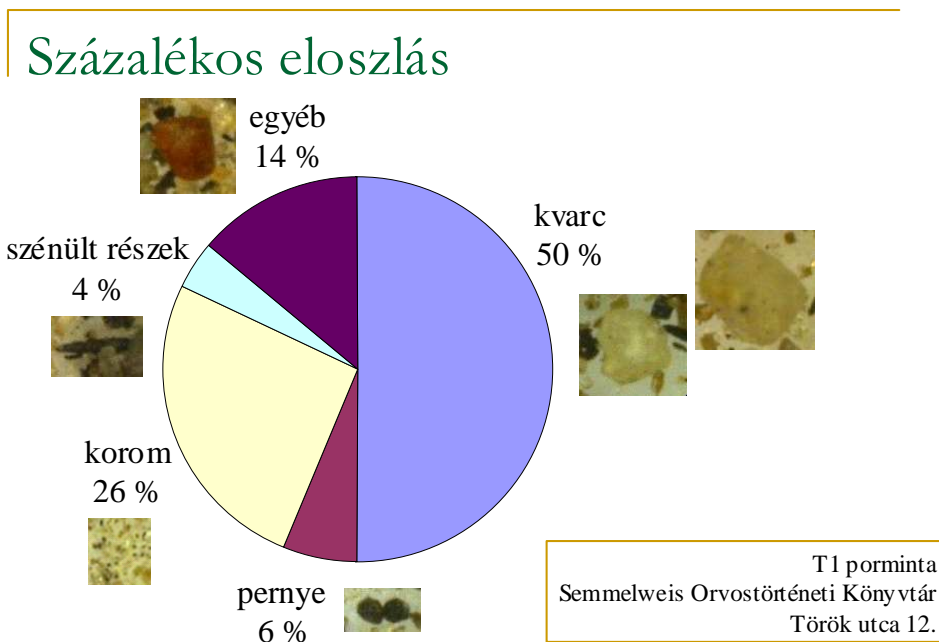
A szennyezőanyag terjedés modellezése során több áramlási jelenséget azonosítottunk. Ezek közül ki kell emelni az utcaörvény és sarokörvény jelenségét, amelyek során az örvény belsejében a por koncentrációja feldúsul. Ez is nagyban hozzájárul a koncentráció eloszlás kialakulásához. A 3. ábra a terület PM_{10} eloszlását mutatja a földtől mért 1 m-es magasságban.



3. ábra. Por koncentráció eloszlása 1 m-es magasságban (MISKAM szoftveres elemzés)

4.2 Laboratóriumi elemzés

A 200-szoros nagyításra képes kézi mikroszkóp segítségével a porminta összetevőinek százalékos eloszlását állapítottuk meg. Az USB-csatlakozóval ellátott mikroszkópos felvételeket a számítógép monitorján figyelhettük. A mikroszkóphoz tartozó szoftver segítségével a méretarányokat képekre illeszthettük. Ez lehetővé tette, hogy 1 mm²-es tartományokat kijelölve, az azon belüli részecske számok alapján meghatározzuk az eloszlást. 5 csoportba soroltuk az összetevőket: kvarc, pernye, korom, szénült maradványok és egyéb szemcsék. A 4. ábrán látható egy helyszínrre vonatkozó szemcseeloszlás.



4. ábra. Porminta összetételének százalékos eloszlása (T1 mintavételi hely)

Egy minta esetében 3 párhuzamos számlálást végezve az eredményeket kördiagramokon ábráztuk és az egyes csoportokhoz tartozó szemcsék százalékos értékeit az 1. táblázatban összefoglaltuk.

1. táblázat. Adatok összegzése (ásványtani összetétel)

[%]	T1	T2	T3	T5	MK1a	MK5	TF1
Kvarc	49,95	49,40	35,94	42,94	63,63	54,71	5,65
Pernye	6,11	4,59	4,13	6,30	9,86	7,68	6,55
Korom	25,95	40,46	48,18	36,53	14,71	15,28	21,40
Szénült maradvány	4,13	1,67	2,80	3,96	6,32	3,87	2,31
Egyéb antropogén eredetű alkotók (fékbetét, aszfalt és gumi darabok, stb.)	13,85	3,88	8,95	10,27	5,48	18,46	13,09

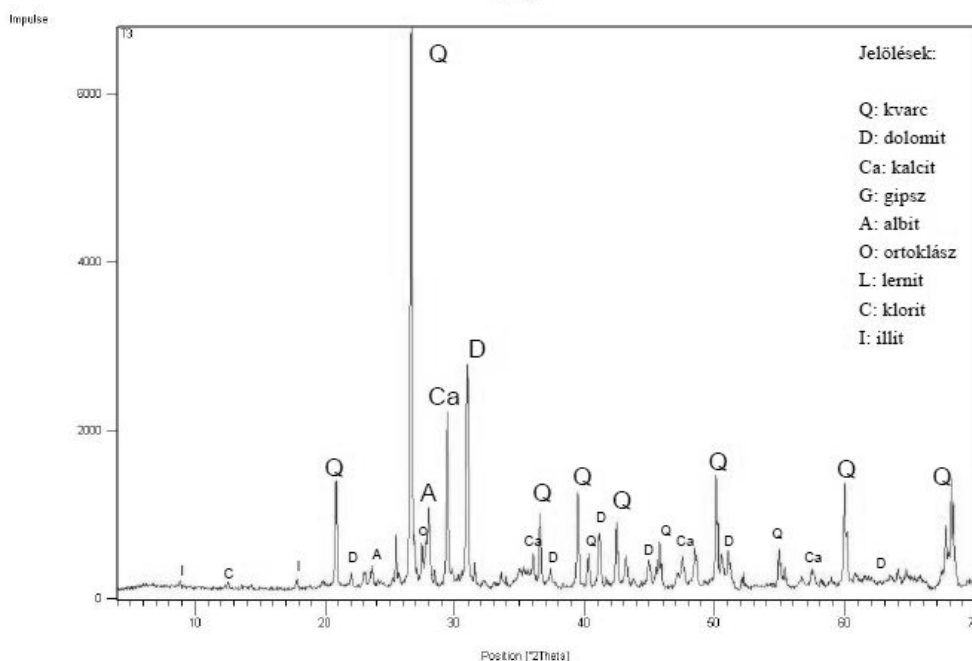
A mintavételi helyekhez rendelve az így kapott eloszlásokat az alábbi következtetésre jutottunk. A megfigyelt útszakaszok között különbség tapasztalható az összetevők arányait tekintve. Míg a Margit körút mentén egyértelműen a kvarc szemcsék dominálnak, magas a részarányuk, addig a Török utca esetében a még mindig jelentős mennyiségben előforduló kvarc arány mellett a korom részaránya megnövekedett (5. ábra). Ez a különbség a szeles és szélvédett területek elhelyezkedésének és a forgalom nagyságának tudható be.



5. ábra. Porminták összetételének különbsége az egyes mintavételi helyeken (pontok jelölik)

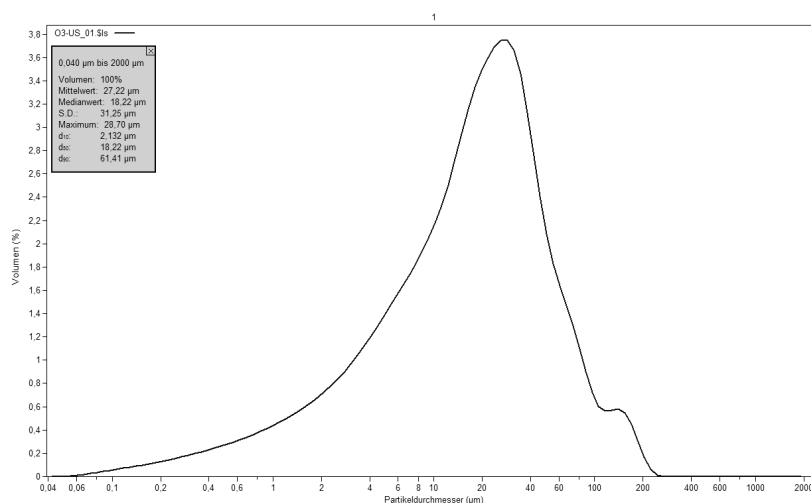
A röntgendiffrakciós elemzés a szervesetlen összetevők kimutatására alkalmas. A vizsgált porminták esetében az összetevők nem tértek el egymástól, a röntgendiffrakciós felvételeken azonos helyeken figyelhetők meg az egyes ásványokat jelölő csúcsok. A csúcsok magassága kismértékben különbözik, ami az egyes összetevő mennyiségére utal, de pontos értéket nem szolgáltat. A helyszínen gyűjtött pormintákra jellemző röntgendiffraktogram látható az 6. ábrán. A meghatározó ásványtani összetevőket a csúcsok melletti jelölésekből leolvashatjuk: kvarc, kalcit, dolomit, albit, ortoklász, gipsz, illit, klorit, lenit.

T3



6. ábra. Röntgendiffrakciós felvétel

A lézerdiffrakciós részecskeméret analízissel részecskeeloszlás görbéket kaptunk (7. ábra), amelyek a mikroszkópos számlálás eredményeivel összhangban vannak. Az eloszlásgörbék lefutása és a táblázatos formában rendelkezésünkre álló értékek alapján megfigyelhető, hogy azon porminták esetén, melyeknél magasabb volt a kisebb méretű részecskék aránya, ott a mikroszkópos számlálás során magasabb korom részarányt tapasztaltunk, míg ahol a kisebb méretben kevesebb részecske volt, ott a kvarc részaránya volt a magasabb. Ez a korom és a kvarc szemcsék eltérő nagyságával függ össze.



7. ábra. Részecskeméret eloszlásgörbe (vízszintes tengelyen a részecskeátmérő értéke, logaritmikus léptékben, a függőleges tengelyen pedig a térfogatszázalék látható)

5 KÖVETKEZTETÉSEK

A Margit-körút vizsgált térségében a porszennyeződés igen nagymértékű, sok esetben meghaladja az egészségügyi határértéket, és nem ritka a tájékoztatási és a riasztási küszöbértékek elérése sem. A street canyon hatást a modellezéssel sikerült kimutatni. Több áramlási jelenség is megfigyelhető a területen. A helyszíni bejárás során, a mintavétel alkalmával tapasztalt por mennyiségek első megközelítésben a számítógépes megjelenítésnél kapott értékeknek megfelelőek. Ahol kisebb koncentráció értéket jelölt a térkép, ott valóban kevesebb porszennyeződés is volt. A modellezési eredmények és a szálló-, valamint az ülepedő por közötti pontosabb összefüggés megállapításához még további mintázás és részletesebb modellezés szükséges, több paraméter együttes figyelembevételével.

KÖSZÖNET

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

IRODALOM

- Dockery, D.W., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G., Speizer, F.E. 1993. Légszennyezettség és mortalitás közötti kapcsolat vizsgálata hat egyesült államokbeli nagyvárosban. *The New England Journal of Medicine*, **329**, 1753-1759.
- Engling, G., Gelencsér, A. 2010. Atmospheric Brown Clouds: From Local Air Pollution to Climate Change. *Elements*, **6**, 223-228.
- Gieré, P., Querol, X. 2010. Solid Particulate Matter in the Atmosphere. *Elements*, **6**, 215-222.
- Hildemann, L. M., Klinedinst, D. B., Klouda, G.A., Currie, L. A., Cass, G.R. 1994. Sources of Urban Contemporary Carbon Aerosol. *Environmental Science and Technology*, **28**, 1565-1576.
- Rodriguez-Navarro, C., Sebastian, E. 1996. Role of particulate matter from vehicle exhaust on porous building stones (limestone) sulfation. *The Science of the Total Environment*, **187**, 79-91.
- Salma, I., Chi, X., Maenhaut, W. 2004. Elemental and organic carbon in urban canyon and background environments in Budapest, Hungary. *Atmospheric Environment*, **38/1**, 27-36.