

LÉGSZENNYEZETTSÉGI VISZONYOK MÉRÉSE BUDAPESTEN KERÉKPÁRRA SZERELHETŐ MÉRŐRENDSZERREL

Mészáros Róbert, Csapó Péter, Boda Balázs, Leelőssy Ádám

ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

e-mail: mrobi@nimbus.elte.hu

Bevezetés

Kutatásaink során a budapesti levegőminőséget vizsgáltuk hordozható, kerékpárra szerelhető légszennyezettség-mérő műszerekkel. A kerékpárral végzett mérések segítségével a légszennyezettség részletes térbeli felbontásban határozható meg, ami a pontbeli mérésekhez képest jelentős többlet információt jelent. A mérések során a szén-monoxid, a nitrogén-dioxid, a felszínközeli ózon, valamint a VOC (illékony szerves vegyületek) koncentrációját mértük félperces időbeli felbontásban, különböző útvonalakon. A mérések tervezése, végrehajtása, az időközben felmerült problémák és azok megoldása rendkívül sok tapasztalatot jelentettek a további városon belüli kerékpáros mérések tervezéséhez.

Városi légszennyezettség mérések

A városok légszennyezettségi viszonyainak feltérképezése kiemelt jelentőséggel bír, hiszen nagy létszámú lakosság él koncentráltan olyan területen, ahol különböző forrásokból származó, jelentős mennyiségű szennyezőanyag kerül a légkörbe. A települések összetett geometriája, a változatos felszínek, az erősen tér- és időfüggő emisszió miatt azonban a rendelkezésre álló pontbeli mérések reprezentativitása sokszor erősen korlátozott, a légszennyezés modellezés számára pedig különleges kihívást jelent (pl. Leelőssy et al., 2014).

Levegőminőségi méréseket leggyakrabban fix mérőállomásokon végeznek. Budapesten az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) 12 automata állomásán végeznek folyamatos, órás felbontású légszennyezettségi méréseket. A mérések során kén-dioxid (SO_2), nitrogén-monoxid (NO), nitrogén-dioxid (NO_2), nitrogén-oxidok (NO_x), ózon (O_3), szén-monoxid (CO), benzol, és szálló por (PM10) koncentrációkat határoznak meg, de az egyes állomások mérési programja eltérő (www.levegominoseg.hu).

A fix mérések előnye, hogy a koncentrációk nagy pontossággal mérhetők. Hátrányuk viszont, hogy az adatok térbeli felbontása alacsony, elhelyezésük a méretük miatt körülményes és fenntartási költségük is magas. Ezen kívül nem adnak közvetlen képet arról, hogy a városlakók egy kisebb területen mennyivel vannak nagyobb szennyezettségnek kitéve, mint például egy utcával messzebb. Mindemelllett hosszú távon szolgáltatnak megbízható adatsort, ami a levegőminőség javítását célzó intézkedések (pl. szmogriadó) alapját is jelentheti.

A nagy pontosságú, de rögzített helyű mérésekkel szemben a mobil levegőminőség-mérő műszerek kiváló eszközöket jelenthetnek a részletesebb térbeli felbontás miatt, ami jobban tükrözi a népesség szennyezőanyagoknak való kitettségét, és beszerzésük, valamint fenntartásuk is olcsóbb. E mobil műszerek kis energiaigényük miatt gyalogos, kerékpáros, vagy gépkocsival végzett mérések során is megfelelően alkalmazhatók és akár egyidejűleg több légszennyező anyag koncentrációja is meghatározható a mérési útvonalon. Hátrányuk viszont, hogy a mért értékek kevésbé pontosak, és a függnak a mozgás sebességétől is (Lerner et al., 2015).

Légszennyezettség mérések kerékpárral

Mobil légszennyezettségi mérések gépjárműre szerelt műszerekkel, kerékpárral, vagy gyalogosan is végezhető. A kerékpáros mérések előnye – a gépkocsis mérésekkel szemben – az, hogy a mérések során nem történik szennyezőanyag kibocsátás, ugyanakkor a gyalogos mérésnél gyorsabb haladást biztosítanak, ezért nagyobb terület is könnyebben vizsgálható.

A városi szennyezettség térbeli eloszlását kerékpáros mérések során számos nagyvárosban vizsgálták (pl. Quiros et al., 2013; Peters et al., 2014). A különböző mérések során vizsgálták a kerékpárosok légszennyezettségnek való kitettségét és annak eltéréseit különböző útvonalakon, a beépítettség, a zöldövezet, vagy éppen a közvetlen forrásoktól való távolság hatásait (Csapó, 2016). A mérések során szinte kivétel nélkül azt tapasztalták, hogy a légszennyezés városokban jelentkező térbeli mintázatát alapvetően befolyásolják a forgalom sűrűsége, az utak topológiája (pl. kanyonok) és a kibocsátó forrásoktól való távolság (van den Bossche et al., 2015).

A kerékpáros és egyéb mobil mérések egy-egy útvonalról és napszakról adnak információt. Annak érdekében, hogy minél pontosabb képet kapjunk a városi légszennyezettségi viszonyokról, és a légszennyezők jellegzetes térbeli eloszlásáról, többszöri mérésre van szükség, különböző napszakokban és évszakokban (Padró-Martínez et al., 2012).

Kerékpáros légszennyezettség mérések Budapesten

A budapesti légszennyezettségi méréseket két Boreas BGS-06-os komplex gáz- és környezetvédelmi szenzorral végezzük. A mérőrendszer, méreténél fogva alkalmas a mobil, kerékpáros mérésekre is. Méréseink során a kerékpárok kormányára erősítettük az eszközt. A szenzorral az alábbi mennyiségek határozhatók meg:

meteorológiai elemek:

- léghőmérséklet (Boreas Pt100-as hőmérő),
- relatív nedvesség (Boreas kapacitív nedvességmérő szenzor);

léggöri nyomgáz koncentrációk:

- szén-monoxid (Membrapor CO/MF200 érzékelő),
- nitrogén-dioxid (Membrapor NO2/M-20 érzékelő),
- ózon (Membrapor O3/M-5 érzékelő),
- VOC (illékony szerves vegyületek) (Figaro TGS2602 érzékelő).

A mérések pontos helyét (GPS koordináták) a mérőrendszerbe integrált L80-M39 Qectel GPS modul segítségével határoztuk meg. Az adatgyűjtés 30 másodperces csúszóátlagolással történt. A belső adatmemóriából USB csatlakozással olvastuk ki az adatokat számítógépre.

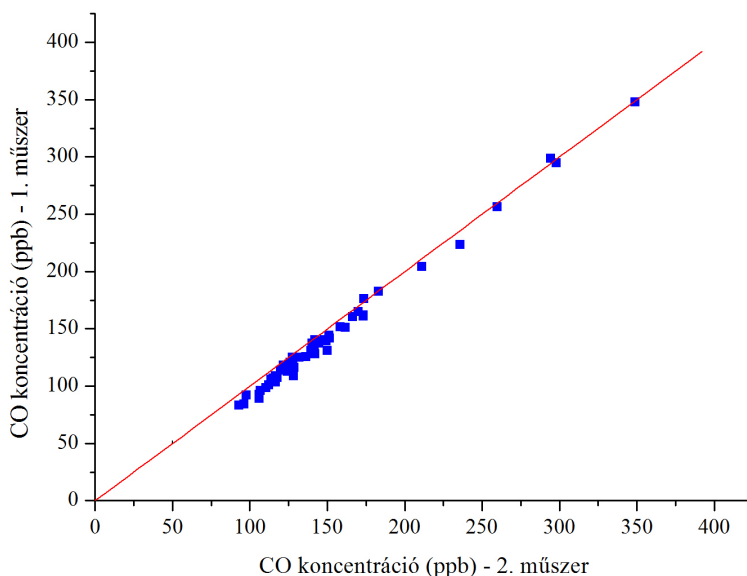
A gáz koncentrációk mérésére használt elektrokémiai érzékelők speciális mérési elrendezésben és adatfeldolgozással (Boreas System 6 rendszerű gázérezékelő elektronika) képesek ppb nagyságrendű tartományban mérni. A mérések során kényszerített áramlást (légbeszívást) nem alkalmaztunk. A levegő a kerékpár mozgása során áramlott a szenzorokig.

A mérőeszközökkel 2015 ősztől kezdődően végzünk méréseket különböző útvonalakon, különböző napszakokban, eltérő időjárási helyzetekben (Boda, 2016; Csapó, 2016; Mészáros et al., 2016). Egy egynapos (2016.03.23.) mérési expedíció keretében pedig két kiválasztott, belvárosi útvonalon haladva többszöri méréssorozat segítségével elemeztük a légszennyezettségi viszonyok napi menetét részletes térbeli felbontásban.

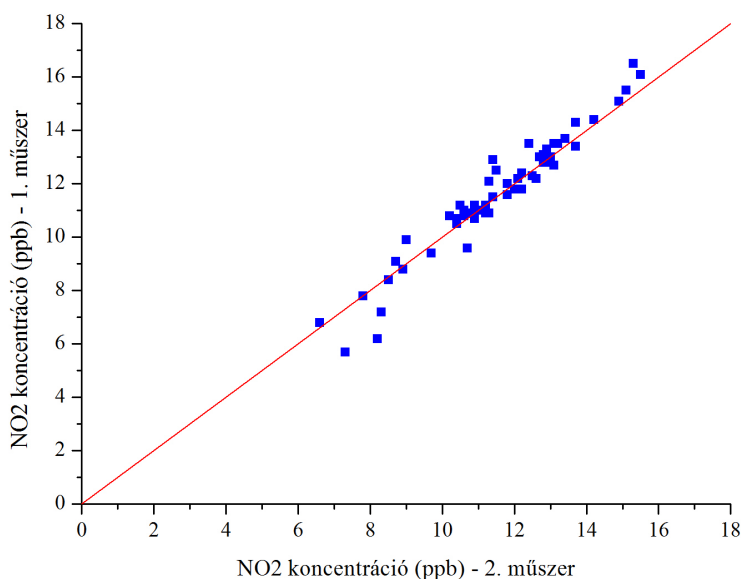
A mérések során számos kérdés és nehézség is felmerült. Ilyen volt például a műszer kerékpáron történő megfelelő elhelyezése, a városi közlekedésben nehezen megvalósítható egyenletes sebességű haladás, vagy a mozgó mérés során nyert mérési adatbázis megfelelő

feldolgozása és bemutatása. A felmerült problémák és azok megoldása rengeteg tapasztalatot jelentenek a további mérések számára.

A hordozható műszeren belül használt gázérzékelők pontossága gyári kalibráció alapján 5%-on belül volt. Egy párhuzamos mérés során a két műszer adatait egymással is összevetettük. A szén-monoxidra és a nitrogén-dioxidra vonatkozó eredményeket rendre az 1. és a 2. ábra mutatja. CO esetén az adatsorok korrelációs együtthatója 0,997, az átlagos eltérés a két műszer mérése között 8,1 ppb volt. NO₂ esetén az adatsorok korrelációs együtthatója 0,970, az átlagos eltérés a két műszer mérése között 0,8 ppb volt.



1. ábra: A két műszerrel mért CO koncentráció összehasonlítása.

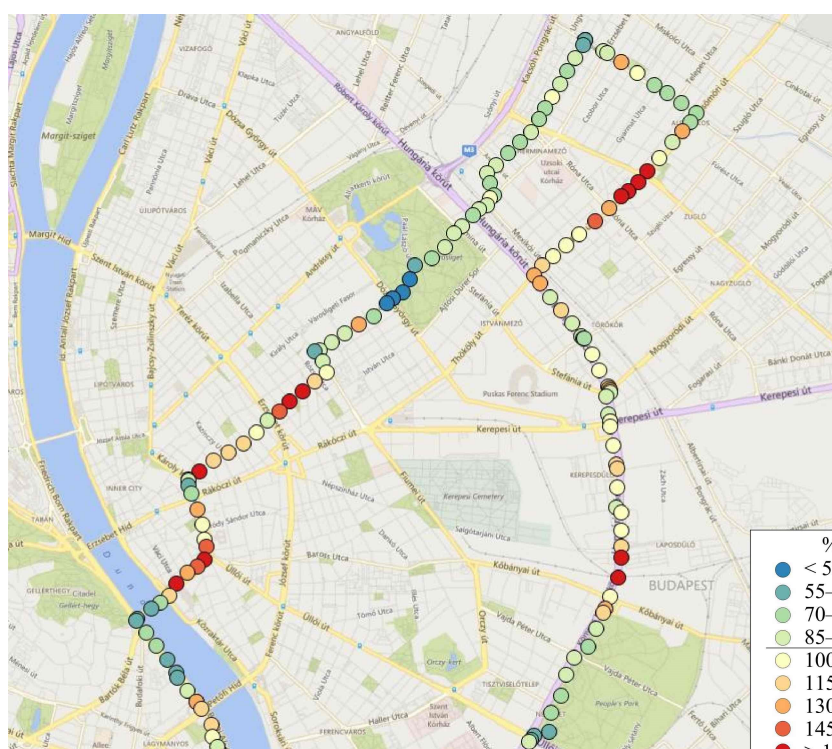


2. ábra: A két műszerrel mért NO₂ koncentráció összehasonlítása.

Eredmények

Az alábbiakban egy adott napon, 2016.03.09-én, átlagos hétköznapi forgalomban végzett mérések eredményeit mutatjuk be. A méréseket két különböző útvonalon haladva végeztük. Azonos időpontban (reggel 7.30) indultunk egy külvárosi pontból (Zugló, Rákospatak) egy közös belvárosi pontig haladva (Lágymányos, Duna part). Mindkét mérés nagyjából 40 percig tartott. A finom felbontású, félpercenkénti adatok jól reprezentálják a koncentráció különbségeket az útvonalak különböző szakaszain.

A 3. és a 4. ábrán rendre a CO és az NO₂ koncentráció adott időszakra vonatkozó átlagától való eltéréseit mutatják. Az értékekben nagy, akár több mint háromszoros eltérések is mutatkoztak mindkét légszennyező esetén, ami rávilágít a légszennyezettségi viszonyok városon belüli jelentős térbeli változékonyságára. Az időbeli változásokat egy-egy mobil mérés során nehezebb követni, ahhoz többszöri, ugyanazon az útvonalon történő mérés szükséges.



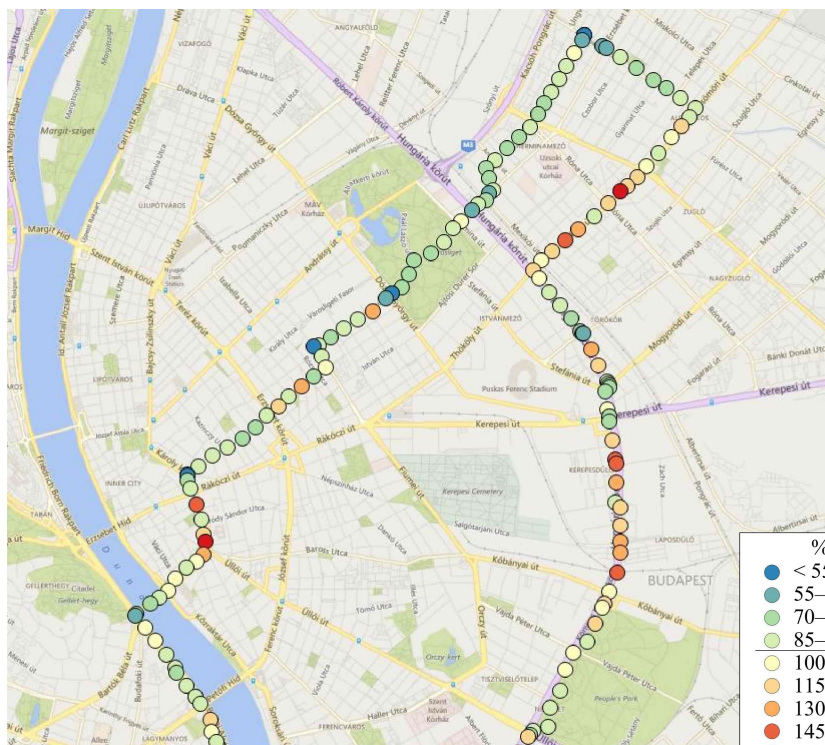
3. ábra: A CO koncentráció eltérése a vizsgált időszak átlagától két különböző útvonalon, 2016.03.09-én.

A légszennyezők térbeli változékonysága erősen függ a forgalom jellegétől és nagyságától, a beépítettségi viszonyoktól, az útszakasz jellegétől és a növényzettől. A magasabb koncentráció értékeket a várakozásnak megfelelően a nagy forgalmú utak esetén kaptuk, de ezeken a szakaszokon belül is tapasztalhatók különbségek. A legmagasabb értékeket ott regisztráltuk, ahol a kerékpárút közvetlenül a kocsisor mellett halad és a forgalom lassú.

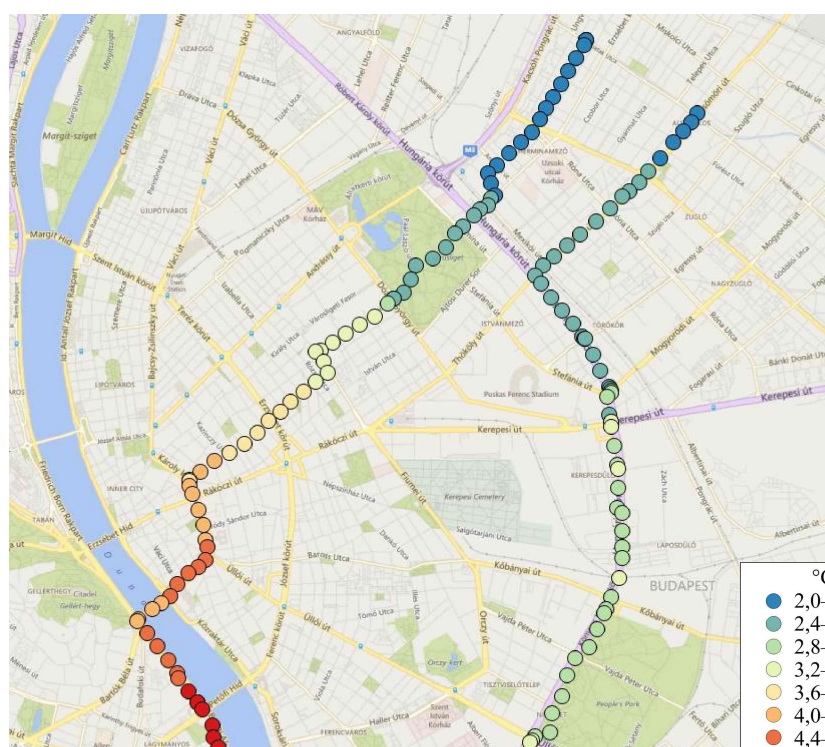
Szembeötlő a növényzet hatása is. A Városliget és a Népliget környékén kisebb volt a légszennyezettség mértéke, mint a környezetükben. Ugyanakkor ez a kedvező hatás nem, vagy csak nagyon kis mértékben terjed ki a növényzettel borított területen kívülre. A Duna völgyében is kedvezőbb a helyzet a jobb átszellőzés miatt.

Többszöri, hosszabb ideig végzett mérés hozzásegíthet ahhoz, hogy ezek a sajátosságok még jobban kirajzolódjanak. A városi levegőminőség pontosabb ismerete pedig hozzájárulhat a közlekedéstervezéshez, a mindennapi tevékenységek észszerű és tudatos tervezéséhez.

Kerékpárral közlekedve egy esetleg valamivel hosszabb, de mindenképpen kevésbé szennyezett útvonal kiválasztása pedig az egészség megőrzése szempontjából is hasznos lehet.



4. ábra: Az NO₂ koncentráció eltérése a vizsgált időszak átlagától két különböző útvonalon 2016.03.09-én.



5. ábra: A mért lég hőmérsékleti adatok a két útvonalon 2016.03.09-én.

A kerékpáros méréseket tovább folytatjuk, különböző útvonalakon, hogy minél több információt gyűjtsünk a városi légszennyezettség térbeli szerkezetéről. Az eddigi eredmények is jól tükrözik a zöldterületek, a közlekedés és a beépítettségi viszonyok hatásait. A mérési adatok mindemellett részletes felbontású levegőkémiai modell verifikálására is alapot jelentenek.

A mérések során a légszennyezők koncentrációján kívül a léghőmérséklet és a relatív nedvesség értékeket is regisztráljuk. Az 5. ábrán a 2016.03.09-i hőmérsékletmérés adatai láthatók. Itt természetesen figyelembe kell venni, hogy a hőmérséklet időbeli menete is meghatározza a változásokat. Ugyanakkor többszöri, különböző napszakban és irányban végzett mérések hozzájárulhatnak a városi hősziget jelenség vizsgálatához is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat az OTKA K109109, K109361 és K116506 kutatási pályázatok támogatják.

Hivatkozások

- Boda, B., 2016: A városi beépítettség hatása a légszennyezettségre. Szakdolgozat. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest.
- Csapó, P., 2016: A közlekedési eredetű légszennyezés hatása a városi kerékpározásra. Diplomamunka. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest.
- Leelőssy, A., Molnár, F. Jr., Izsák, F., Havasi, Á., Lagzi, I., Mészáros, R., 2014: Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review. *Central European Journal of Geosciences*, 6(3): 257–278.
- Lerner, U., Yacobi, T., Levy, I., Moltchanov, S. A., Cole-Hunter, T., Fishbain, B., 2015: The effect of ego-motion on environmental monitoring. *Science of Total Environment*, 533: 8–16.
- Mészáros, R., Leelőssy, Á., Csapó, P., Boda, B., Kovács, A., Lagzi, I., 2016: Monitoring of atmospheric trace gases in Budapest by mobile measurements. *EMS Annual Meeting Abstracts: 16th EMS / 11th ECAC*. Trieste, Olaszország. EMS2016-501.
- Padró-Martínez, L.T., Patton, A.P., Trull, J.B., Zamore, W., Brugge, D., Durant, J.L., 2012: Mobile monitoring of particle number concentration and other traffic-related air pollutants in a near-highway neighborhood over the course of a year. *Atmospheric Environment*, 61: 253–264.
- Peters, J., van den Bossche, J., Reggente, M., van Poppel, M., de Baets, B., Theunis, J., 2014: Cyclist exposure to UFP and BC on urban routes in Antwerp, Belgium. *Atmospheric Environment*, 92: 31–43.
- Quiros, D.C., Lee, E.S., Wang, R., Zhu, Y., 2013: Ultrafine particle exposures while walking, cycling, and driving along an urban residential roadway. *Atmospheric Environment*, 73: 185–194.
- Van den Bossche, J., Peters, J., Verwaeren, J., Botteldooren, D., Theunisa, J., De Baets, B., 2015: Mobile monitoring for mapping spatial variation in urban air quality: development and validation of a methodology based on an extensive dataset. *Atmospheric Environment* 105: 148–161.
- www.levegominoseg.hu