

Páldy Anna<sup>1</sup>, Molnár Zsófia<sup>2</sup>, Müller Rita<sup>2</sup>, Málnási Tibor<sup>1</sup>, Szigeti Tamás<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Budapest / *National Center for Public Health and Pharmacy, Budapest*

<sup>2</sup>Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar, Budapest / *Semmelweis University, Faculty of Health Sciences, Budapest*

DOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2022.3-4.4-21>

## A kisméretű aeroszol részecskék egészségkárosító hatásának becslése hazai városainkban 2017-2019 között

Assessment of the health impact of particulate matter in some Hungarian cities between 2017 and 2019

### Összefoglalás

Közismert tény, hogy hazánkban továbbra is gondot jelent a levegő kisméretű aeroszol szennyezettsége, elsősorban a fűtési időszakban. A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ korábbi vizsgálataihoz hasonlóan becslést végeztünk ezen, egészségkockázatok szempontjából legjelentősebb légszennyező egészség hatására vonatkozóan Budapest és 18 város esetében.

A városok napi légszennyezettségi adatai az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat validált adatbázisából származnak a 2017-2019 évekre. Egészségi végpontként a külső okok nélküli összes halálozást vizsgáltuk (BNO-10: A00-R99) a 30 év feletti városi populációkra. A légszennyezettség hosszú távú hatását a PM<sub>2.5</sub> méretfrakció mérési vagy származtatott adatai alapján értékeltük a WHO AirQ+ programjával a WHO irányértékét (10 µg/m<sup>3</sup> éves átlagkoncentráció) figyelembe véve. A rövid távú hatások értékelésénél a WHO korábbi (25 µg/m<sup>3</sup>) és a 2021-ben elfogadott (15 µg/m<sup>3</sup>) egészségügyi irányértékeket vettük figyelembe és az ezen értékeket meghaladó napi PM<sub>2.5</sub> átlagkoncentrációk többlethalálozásra gyakorolt hatását számoltuk. Az elemzésben szereplő városok összlakossága meghaladta a 3 millió főt, amely hazánk lakosságának több mint 30%-a. A 30 év feletti lakosság százezer főre számított éves halálozása 1347 (Százhalombatta) és 2024 (Putnok) között változott.

A PM<sub>10</sub> tömegkoncentráció értékek a legtöbb esetben (különösen az észak-magyarországi régióban) csökkenő tendenciát mutattak a három év során. Csökkenő vagy stagnáló tendencia figyelhető meg az éves PM<sub>2.5</sub> átlagkoncentrációk esetén is, a három év átlagában a PM<sub>2.5</sub> tömegkoncentráció értékek 14,2 (Ajka) és 27,3 (Putnok) µg/m<sup>3</sup> között változtak.

A PM<sub>2.5</sub> hosszú távra a 3 év átlagában az összhálózásokhoz a legkisebb mértékben Ajkán (2,5%-ban), míg legnagyobb mértékben Putnokon (10%-ban) járult hozzá, ami ott 5 fő elvesztését jelentette. Budapesten a halálozások 5,5%-a írható a PM<sub>2.5</sub> szennyezettség terhére, ami 1041 fő elvesztését jelentette.

A napi PM<sub>2.5</sub> átlagkoncentrációk 25 µg/m<sup>3</sup>-re csökkentésével Budapesten 2017-ben és 2018-ban egyaránt 52 halálesetet, 2017-ben Miskolcon 13, Szegeden 6, Debrecenben pedig 5 halálesetet lehetett volna megelőzni. Ha a WHO új irányértékét, a 15 µg/m<sup>3</sup> koncentrációt nem haladták volna meg a napi átlagok, akkor Budapesten 2017-ben 105, 2018-ban 130, 2019-ben 81, Miskolcon 2017-ben 19, 2018-ban és 2019-ben egyaránt 15, míg Debrecenben és Szegeden 8 és 11 közötti halálesetet lehetett volna megelőzni.

Kulcsszavak: légszennyezettség, kisméretű aeroszol részecskék, egészségkockázat, járulékos halálozás, AirQ+

**Abstract**

*It is well known that air pollution due to particulate matter exposure is still an emerging problem in our country, especially during the heating season. As in previous studies, the National Center for Public Health and Pharmacy has carried out an environmental health impact assessment of the key air pollutant, fine particulate matter, for Budapest and 18 other cities.*

*The daily air pollution data of the cities were taken from the National Air Quality Monitoring Network for the time period of 2017-2019. As a health endpoint, total deaths due to all natural causes (ICD-10: A00-R99) were investigated for urban populations aged 30 years and over. The long-term effects of air pollution were assessed for  $PM_{2.5}$  ( $PM_{2.5}$  derived from  $PM_{10}$  values using a conversion factor of 0.78 in the absence of  $PM_{2.5}$  data) using the WHO AirQ+ software, taking into account the WHO guideline value (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  annual mean concentration – at the time of the analysis). Short-term effects were also assessed using the WHO guideline values, being used in the calculation of the Air Quality Health Index: excess mortality was calculated for days above daily average  $PM_{2.5}$  pollution levels of the previously recommended air quality guideline level of 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , and the recent guideline level of 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .*

*The total population of the cities included in the analysis exceeded 3 million, which represents about 30% of the national population. The annual mortality per 100 000 population aged 30+ varied between 1070 (Debrecen) and 1962 (Putnok).*

*The mass concentration values showed a decreasing tendency – especially in the north Hungarian region in the study period. The yearly mean  $PM_{2.5}$  mass concentration values showed either a decreasing tendency or no changes were observed. Considering the three-year average  $PM_{2.5}$  mass concentration values, the lowest and highest contribution of  $PM_{2.5}$  to the total deaths were observed in Ajka (2.5%) and in Putnok (10%), respectively. In Budapest, 5.5% of deaths were attributed to  $PM_{2.5}$  pollution, resulting in the loss of 1041 people.*

*The short-term impact of air pollution was lower by an order of magnitude. By reducing the daily average  $PM_{2.5}$  concentration to 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  would have prevented 52 deaths in Budapest in the most polluted years of 2017 and 2018, 13 cases in Miskolc in 2017 and 6 cases in Szeged and 5 cases in Debrecen. If daily averages had not exceeded the new WHO guideline level of 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 105 deaths could have been prevented in Budapest in 2017, 130 cases in 2018, 81 cases in 2019, 19 cases in Miskolc in 2017, 15 cases in 2018 and 2019, and 8-11 cases in Debrecen and Szeged in 2018 and 2019.*

*Key words: air pollution, particulate matter, health impact, attributable death, AirQ+*

**EGÉSZSÉGTUDOMÁNY**

2022;66(3-4): 4-21

**HEALTH SCIENCE**

Közlésre érkezett: 2022. október 6.

*Submitted: 6 October 2022*

Elfogadva: 2023. május 30.

*Accepted: 30 May 2023*

Levelezési cím/Correspondence:

Dr. Páldy Anna

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti

Központ

E-mail: paldy.anna@nnk.gov.hu

## Bevezetés

A városokat olykor ellepő szmogtól a lakásokon belüli füstig a légszennyezettség komoly veszélyt jelent az egészségre. A légszennyezés forrásai sokrétűek és környezetfüggőek. A legfontosabb kültéri szennyező források közé tartoznak a lakossági fűtéshez használt, nem megfelelő tüzelőanyagok, a gépjárművek, az energiatermelés, egyes mezőgazdasági tevékenységek, a hulladékégetés és egyes ipari tevékenységek. A világ lakosságának mintegy 99%-a olyan helyeken él, ahol a légszennyezők koncentrációja meghaladja az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által meghatározott irányértékeket. A légszennyezettség egyaránt érinti a fejlett és a fejlődő országokat, azonban a legjelentősebb problémát az alacsony és közepes jövedelmű országokban jelenti, egyes városokban kifejezetten kiugró értékek is előfordulhatnak a WHO ajánlásához<sup>1</sup> képest. Kínában például a PM<sub>2,5</sub> éves átlagkoncentrációja 2019-ben 38.15 µg/m<sup>3</sup> volt, míg az Európai Unió országaiban 5.47 és 18.83 µg/m<sup>3</sup> között mozgott<sup>1</sup>.

Magyarországon a populációval súlyozott országos éves PM<sub>10</sub> tömegkoncentráció folyamatosan csökkent a 2005 és 2019 közötti időszakban (2010-2011 kivételével)<sup>2</sup>. A PM<sub>10</sub> tömegkoncentráció alakulásában megfigyelhető javuló tendencia ellenére az elmúlt két évtizedben a 24 órás átlagkoncentrációk több helyen is meghaladták a rendeletben megengedett határérték túllépési gyakoriságot<sup>3</sup>, emiatt el is marasztalta az Európai Bizottság Magyarországot<sup>4</sup>.

A populációval súlyozott átlagkoncentráció a PM<sub>2,5</sub> méretfrakció esetén változatosabb képet mutat, az adott fűtési időszak meteorológiai helyzete jelentősebben meghatározta a mutató alakulását. Legfontosabb kibocsátási forrásnak hazánkban a lakossági fűtés tekinthető, a 2016-os mikrocenzus eredményei alapján a hazai háztartások jelentős része (közel 1,5 millió lakás esetén) szilárd tüzelőanyagot (elsősorban fát) használ fűtésre. Magyarországon a PM<sub>2,5</sub> kibocsátók tekintetében 2013-ig évről évre nőtt a lakossági kibocsátás mértéke, majd ezt követően egy lassan csökkenő tendencia figyelhető meg<sup>5</sup>.

A légszennyezés komoly veszélyt jelent az egészségre, a környezeti levegőszennyezés - azon belül is a kisméretű aeroszol részecskék (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>) - jelenti a legnagyobb egészségkockázatot. Becslések szerint világszerte évente 4,2 millió korai halálestét<sup>6</sup> felelős, amelyek szívbetegek, stroke, tüdőrák, akut és krónikus légzőszervi megbetegedések miatt következnek

be, és további több millió egészséges életév elvesztéséhez járulnak hozzá, valamint születési kóreseményeket is előidézhetnek<sup>7</sup>.

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség jelentése alapján Európai Unió 27 tagállamában összesen közel 307,000 korai halálestet volt tulajdonítható a kisméretű aeroszol részecskéknek 2019-ben. Az Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME) becslése alapján 2019-ben Magyarországon az összhalalozás mintegy 13,8%-a tulajdonítható környezeti kockázati tényezőknek, ezen belül a levegőszennyezés az összhalalozás 6,7%-ában játszik szerepet<sup>8</sup>.

Southerland és szerzőtársai<sup>9</sup> 2022-ben megjelent közleményükben a PM<sub>2,5</sub> tömegkoncentrációt és a hozzá kapcsolódó halalozási tendenciákat elemezték világszerte több mint 13000 városban 2000 és 2019 között. Megállapították, hogy bár a városi PM<sub>2,5</sub> tömegkoncentrációk regionális átlagai és a járulékos halalozás csökkent 2000 és 2019 között a világ egyes területein, a PM<sub>2,5</sub> továbbra is jelentős egészségkockázati tényező a városokban. Érdekes módon, a PM<sub>2,5</sub> tömegkoncentrációk csökkenése - például az afrikai városokban 18%-os, európai városok esetén 21%-os, míg észak- és dél-amerikai településekesetén 29%-os csökkenést tapasztaltak - nem mindig járt együtt a PM<sub>2,5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható halalozás egyenes arányú csökkenésével. A városi lakosok mintegy 86%-a (2,5 milliárd lakos) olyan városi területeken élt, ahol a PM<sub>2,5</sub> éves átlagkoncentrációja meghaladta a WHO 2005-ben javasolt éves irányértékét (10 µg/m<sup>3</sup>)<sup>10</sup>, ami 2019-ben 1,8 millió (95% CI: 1,34 -2,3 millió) többlethalalozást eredményezett. A PM<sub>2,5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható halálestetek regionális átlagai Európa és Amerika kivételével minden régióban növekedtek, ami a népességszám, a korösszetétel és a megbetegedési arányok változásainak köszönhető. Egyes városokban a PM<sub>2,5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható halalozás a PM<sub>2,5</sub> tömegkoncentráció csökkenése ellenére nőtt, ami a kormegoszlás és a nem fertőző betegségek arányának változásából adódott.

A légszennyezettség környezetegészségügyi hatásbecslése a következő tényezőket veszi figyelembe: a vizsgált populáció alap egészségmutatóit, lakosság-számát, a PM<sub>2,5</sub> tömegkoncentrációt és az egészséghatás relatív kockázatát egységnyi légszennyezettségre számítva. A WHO 2014-ben mutatta be a hatásbecslés eszközt, amit többször módosított<sup>11</sup> és végül 2016-ban ismertette a módosított eszközt<sup>12</sup> és a módszer-

tani alapokat<sup>13</sup>. Jelenleg az AirQ+ (v.2.0) (WHO, 2020<sup>14</sup>) szoftver szabadon használható alkalmazásával lehet az egészséghatásbecslést elvégezni. A módszer segítségével az on-line mérőállomások adataiból számított éves vagy 24 órás átlagkoncentrációk és a nemzetközi vizsgálatok alapján megállapított kockázati értékek felhasználásával becsülhető a városokra jellemző légszennyezettségnek tulajdonítható hosszú és rövid távú többlethalalozás választott küszöbkoncentráció értékhez viszonyítva.

Jelen vizsgálatunk célja, hogy a rendelkezésre álló, hazai kisméretű aeroszol részecskékre (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) vonatkozó légszennyezettségi adatok alapján becsüljük Budapest és 18 vidéki város esetében a hosszú és rövid távú egészséghatásokat az összes természetes halálok miatti halálozás figyelembe vételével.

### Anyag és módszer

A légszennyezettség tendenciáinak értékeléséhez bemutatjuk a 3 vizsgált év téli időszak átlaghőmérsékletének alakulását, illetve az eltérést a sokévi átlagtól az Országos Meteorológiai Szolgálat értékelése<sup>15</sup> alapján.

A 2017-2019 évekre vonatkozó napi légszennyezettségi adatokat az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat<sup>16</sup> adatbázisából származnak.

Az éves átlagkoncentrációk kiszámításánál csak azon évekre vonatkozó adatokat vettük figyelembe, melyekre az év napjainak legalább 90%-ában rendelkezésre álltak levegőminőségi adatok. A vizsgált 19 település a következő: Ajka, Budapest, Debrecen, Drog, Dunaújváros, Esztergom, Győr, Kazincbarcika, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Putnok, Sopron, Százhalombatta, Szeged, Székesfehérvár, Szombathely, Vác, Veszprém. Összesen 39 mérőállomás esetén teljesült az adat-rendeletreállási feltétel. Abban az esetben, ha egy városban több mérőállomás is működött, akkor átlagoltuk az állomások adatait. A WHO ajánlása szerint a lakosság expozíciója a háttér állomások adataival jellemezhető, azonban nem minden településen működik háttér állomás. Elemzésünkben vizsgáltuk a több mérőállomással rendelkező városok esetén az összes mérőállomás átlagadataival jellemezhető expozíció egészségre gyakorolt hatását, illetve külön a háttér állomások által mért légszennyezettség hatását is elemeztük. Az 1. táblázatban mutatjuk be a települések mérőállomásait, típusukat is feltüntetve.

1. táblázat: Az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat on-line mérőállomásainak jellemzése (Forrás: Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat)

Település	Mérőállomás helye	Mérőállomás típusa
Ajka	Bródy Imre u. 4	külvárosi háttér
Budapest	XVIII. ker. Gillice tér 39.	városi háttér
	II. ker. Pesthidegkút, Községház u. 10.	városi háttér
	IV. ker. Káposztásmegyér, Lakkozó u. 4.	városi háttér
	XV. ker. Kőrakás park	városi háttér
	XIII. ker. Honvéd telep-Dózsa György út 53.	városi háttér
	XI. ker. Kosztolányi Dezső tér	városi közlekedési
	V. ker. Erzsébet tér	városi közlekedési
	XXI. ker. Csepel, Szent István út 217-219.	külvárosi háttér
	X. ker. Gergely u. 85.	városi háttér
	XXII. ker. Budatétény, Tűzliliom u. 12.	külvárosi háttér
Debrecen	VIII. ker. Teleki László tér	városi közlekedési
	I. ker. Széna tér	városi közlekedési
	Kalotaszeg tér	városi háttér
	Hajnal u.	városi közlekedési
	Nagyerdei krt. 98. (Klinika)	városi háttér

Dunaújváros	Köztársaság u. 14.	városi ipari
Dorog	Zsigmond lakótelep 11.	városi háttér
Esztergom	Petőfi Sándor u. 26-28.	városi háttér
Győr	Szent István út	városi közlekedési
Győr	Szigethy Attila u.- Ifjúság krt.	városi háttér
Kazincbarcika	Egressy Béni út 1.	városi háttér
Nyíregyháza	Széna tér	városi közlekedési
Miskolc	Görömböly-Lavotta u.	külvárosi háttér
	Búza tér	városi közlekedési
	Alföldi utca	külvárosi háttér
Pécs	Boszorkány út 2.	külvárosi háttér
	Szabadság u. 7.	városi közlekedési
	Apáczai Csere János körtér 1.-Nevelési Központ	városi háttér
Putnok	Bajcsy-Zsilinszky út 29.	külvárosi háttér
Sopron	Kodály Zoltán tér	városi háttér
Százhalombatta	Sporttelep-Erőmű út 7.	külvárosi háttér
Százhalombatta	Liszt Ferenc sétány	városi háttér
Százhalombatta	Búzavirág tér	külvárosi háttér
Székesfehérvár	Palotai út-Mészöly Géza u.	városi közlekedési
Szeged	Rózsa u.	városi háttér
Szombathely	Markusovszky Lajos u.	városi háttér
Vác	Csányi krt. 82.	városi háttér
Veszprém	Kádár u.-Csermák lépcső	külvárosi háttér

A népességi adatokat a Belügyminisztérium, Nyilvántartások Vezetéséért Felelős Helyettes Államtitkárság, Személyes Ügyfélszolgálati és Okmányügyi Főosztály, Ügyeleti Ügyfélszolgálati és Támogató Osztálya szolgáltatta, míg a halálozási adatok forrása a Központi Statisztikai Hivatal.

A légszennyezés hatását a  $PM_{2.5}$  ( $PM_{2.5}$  adatok hiányában  $PM_{10}$  koncentráció értékekből 0,78-as konverziós faktor alkalmazásával származtatott) szennyezőre vonatkozóan értékeltük.

Egészségi végpontként a külső okok nélküli összes halálozást vizsgáltuk (BNO-10: A00-R99) a 30 év feletti városi lakosságra vonatkozóan.

A levegőminőség és az egészségi állapot összefüggéseit az AirQ+ szoftver (v.2.0) segítségével becsültük. A hosszú távú hatást az éves átlagkoncentrációk adatai alapján értékeltük a WHO 2005-ös irányértékét, mint viszonyítási koncentrációt figyelembe véve ( $10 \mu g/m^3$ ).

A rövidtávú hatások értékelésénél a WHO korábbi ( $25 \mu g/m^3$ ) és a 2021-ben elfogadott ( $15 \mu g/m^3$ ) egészségi irányértékei szerinti kategóriákat vettük figyelembe:

az ezeknek megfelelő napi átlag  $PM_{2.5}$  szennyezettség feletti napok többszörösét számoltuk.

A légszennyezés egészséghatásának becslése log-lineáris módszerrel történt<sup>17</sup>.

A következő mutatókat határoztuk meg a hosszú távú hatás értékelése során:

- A halálozás légszennyezettségnek tulajdonítható aránya (%).
- Az adott mértékű légszennyezettségnek tulajdonítható halálozási esetszám (fő).
- Az adott mértékű légszennyezésnek tulajdonítható halálozási esetszám 100 000 fő, azonos korú népességhez viszonyított aránya.

A hosszú távú hatásbecslés során a hároméves periódus átlagértékeit használtuk az elemzésben, míg a rövid távú hatás vizsgálatánál a 2017-2019 közötti időszakra évenkénti felbontásban végeztük a számítást. Az egészséghatás-becslés eredményeit bemutató ábrákon a hibásávok a relatív kockázat 95%-os konfidencia-intervallumának alsó és felső értékeit jelenítik meg.

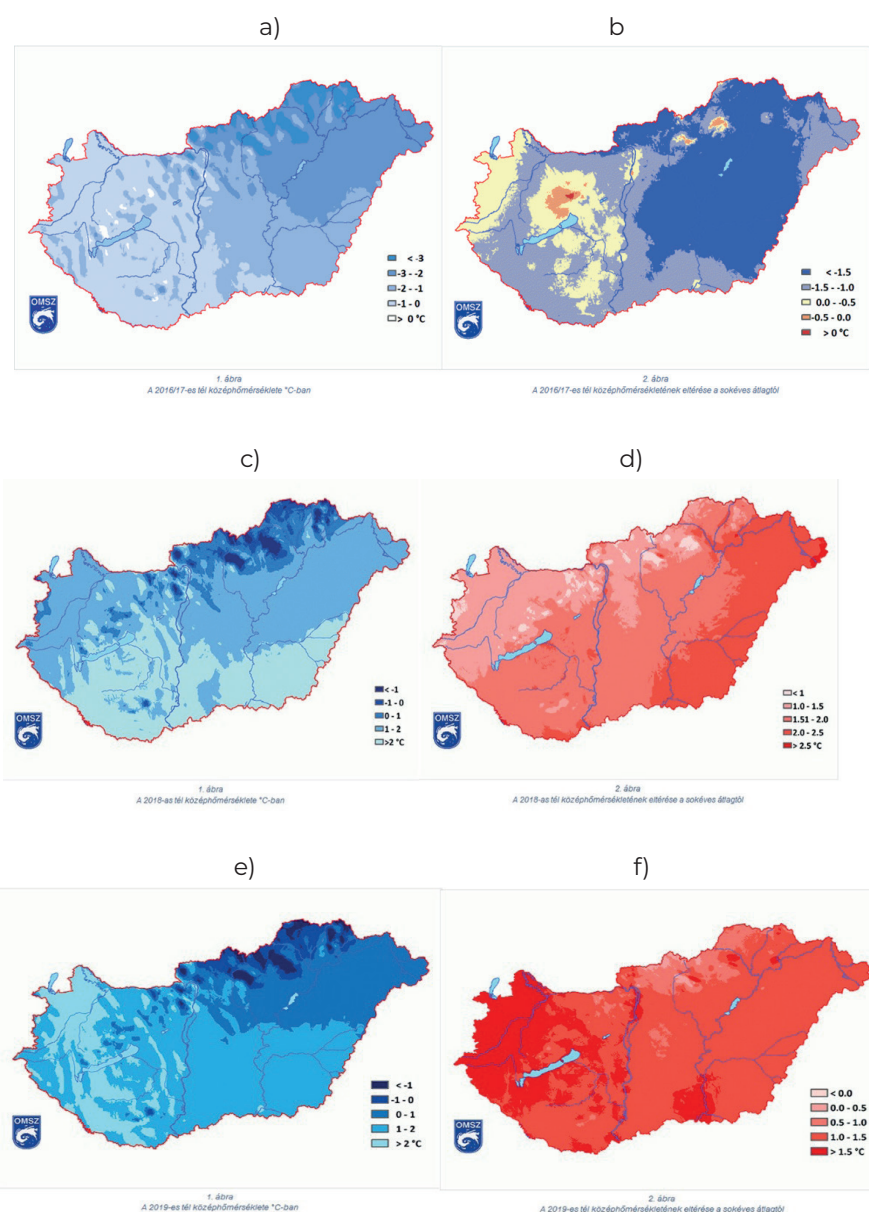


## Eredmények

### Időjárás

Az 1. ábrán láthatjuk a három vizsgált téli időszakban a középhőmérséklet területi alakulását, illetve az eltérést a sokéves átlagtól. A vizsgált időszakban a 2016/2017-es tél volt a leghidegebb. A teljes téli időszak az ország túlnyomó részén lényegesen hidegebb volt a megszokottnál. Az átlagtól leginkább elmaradó

értékek a keleti országrészben voltak jellemzőek, itt sok helyen több mint 1,5 °C-kal volt hidegebb, mint az 1981-2010-es normál középhőmérséklet. 2017/2018 tele azonban 1,7 °C-kal meghaladta a sokévi átlagot. 2018/2019 tele során az átlaghőmérséklet 1,4 °C-kal volt magasabb, mint a sokévi átlag.



1. ábra: Téli középhőmérséklet és eltérés a sokéves átlagtól 2016/2017 (a, b), 2017/2018 (c, d) és 2018-2019 telén (e, f)  
 Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat<sup>15</sup>

**Az egészséghatás-becslésbe bevont népesség jellemzése**

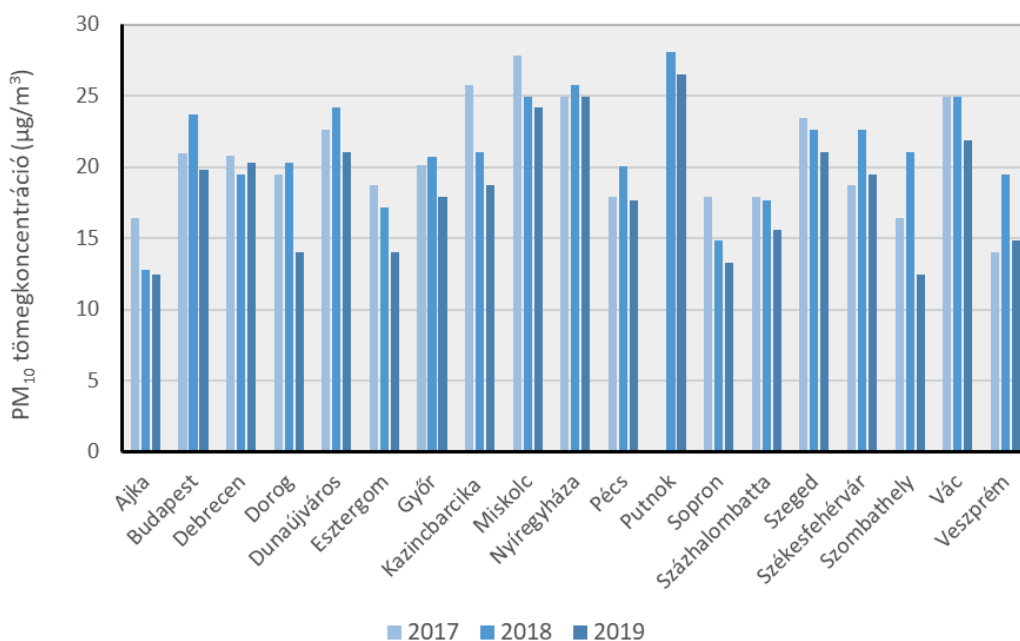
A mérőállomással rendelkező településeken élő lakosság számát és a 30 éve feletti lakosság természetes halálokok miatti halálozását 100.000 főre vonatkoztatva a 2. táblázat összesíti.

Az elemzésben szereplő városok összlakossága meghaladta a 3 millió főt, ami hazánk lakosságának több mint 30%-a. A 30 év feletti lakosság százezer főre számított éves halálozása 1347 (Százhalombatta) és 2024 (Putnok) között változott.

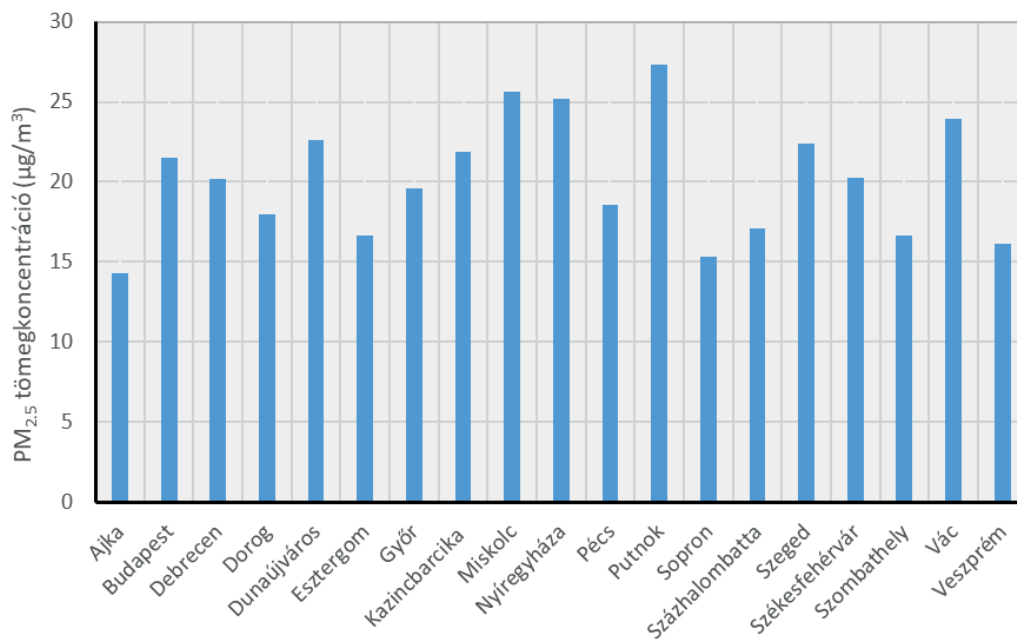
Tájékoztatásul az 2. ábrán bemutatjuk a vizsgálatba bevont települések mérőállomásain mért éves PM<sub>10</sub> átlagkoncentrációk alakulását. A PM<sub>10</sub> tömegkoncentráció értékek a legtöbb esetben (különösen az észak-magyarországi régióban) csökkenő tendenciát mutattak a három év során. A légszennyezettség alakulását a fűtési időszakban is jelentősen befolyásolja a meteorológia helyzet alakulása. A sokéves átlagnál hidegebb tél, a gyakori hőmérsékleti inverziók hatása miatt a 2016/2017-es tél magasabb PM<sub>10</sub> tömegkoncentráció értékekkel volt jellemezhető. A legalacsonyabb PM<sub>10</sub> átlagkoncentráció értékeket Ajkán és Sopronban mérték.

2. táblázat: A vizsgált városok lakossága és természetes halálok miatti halálozása (2017-2019 közötti évekre vonatkozó átlag)

Település	Állandó népesség (fő)	30 év feletti állandó népesség (fő)	Természetes halálozás (BNO-10: A00–R99), 30 év felett, 100.000 főre
Ajka	28779	20491	1844,7
Budapest	1692260	1193909	1733,6
Debrecen	203350	138757	1571,8
Dorog	12154	8248	1842,8
Dunaújváros	46155	33029	1929,6
Esztergom	29588	19782	1797,9
Győr	124856	86087	1694,4
Kazincbarcika	28353	19588	1803,8
Miskolc	160262	110835	2010,2
Nyíregyháza	119930	81031	1480,5
Pécs	149035	101981	1752,9
Putnok	6958	4018	2024,1
Sopron	58454	40395	1566,2
Százhalombatta	19173	12716	1347,4
Szeged	163759	112261	1627,5
Székesfehérvár	97183	68351	1697,6
Szombathely	76573	53643	1678,4
Vác	34232	23504	1866,4
Veszprém	56408	39282	1595,3
Összesen	3107462	2167908	



2. ábra: Éves  $PM_{10}$  átlagkoncentrációk alakulása településenként 2017 és 2019 között (az összes mérőállomásra vonatkozóan)



3. ábra: Mért és számított  $PM_{2.5}$  átlagkoncentrációk a 2017.01.01. és a 2019.12.31. közötti időszakra vonatkozóan



### Légszennyezettségi mutatók alakulása a vizsgált településeken 2017 és 2019 között

A vizsgált időszakban néhány település nem rendelkezett még a PM<sub>2,5</sub> tömegkoncentráció mérésére alkalmas műszerrel, így több esetben becslést végeztünk a PM<sub>10</sub> tömegkoncentráció és egy konverziós tényező alkalmazásával. A mérési adatok alapján a vizsgált időszakban az éves PM<sub>2,5</sub> átlagkoncentrációk a kötelezettségi eljárásban<sup>18</sup> nevesített 3 várost kiemelve nem mutatnak egységes képet. Míg Budapesten 17,77 µg/m<sup>3</sup>-ről 13,72 µg/m<sup>3</sup>-re, Miskolcon 27,69 µg/m<sup>3</sup>-ről 21,8 µg/m<sup>3</sup>-re csökkent az éves átlagkoncentráció 2017 és 2019 között, addig Pécsen romlott a levegő minősége 2017-ről (15,6 µg/m<sup>3</sup>) 2018-ra 18,72 µg/m<sup>3</sup>).

A 3. ábra a mért és számított átlagos PM<sub>2,5</sub> átlagkoncentrációt mutatja be a 2017 és 2019 közötti időszakra átlagolva, a vizsgálatba bevont települések vonatkozásában.

A három év átlagában a PM<sub>2,5</sub> tömegkoncentráció értékek 14,2 (Ajka) és 27,3 (Putnok) µg/m<sup>3</sup> között változtak.

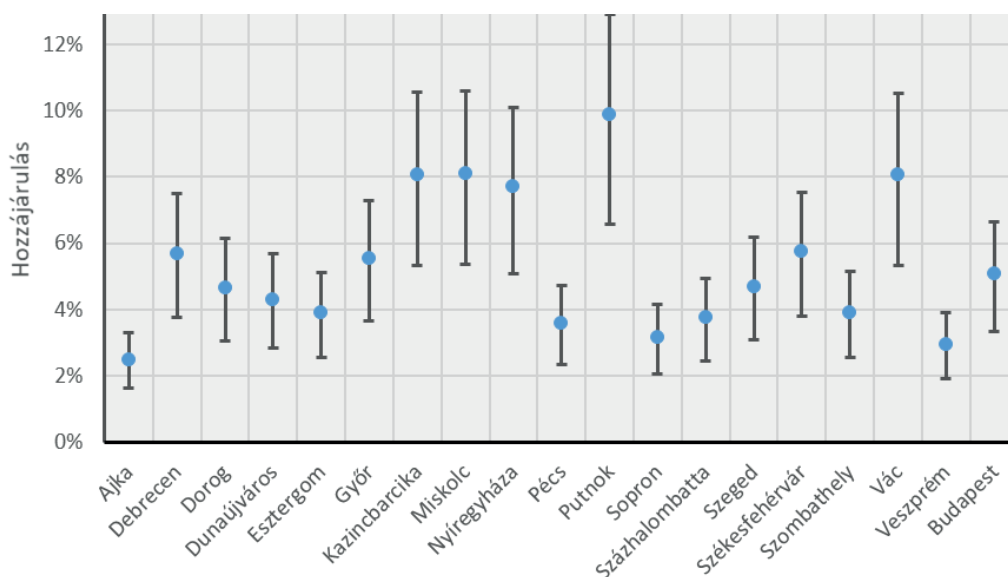
### A légszennyezettség hosszú távú hatása

A légszennyezettség hosszú távú hatásával kapcsolatos járulékos halálozás alakulását mutatják be a következő ábrák. A 4. ábráról leolvasható, hogy a kisméretű aeroszol részecslék 2,5-10%-kal növelik meg az összes természetes halálok miatti halálozást a vizsgált városok 30 év feletti lakosai körében. A legnagyobb arányú, a kisméretű aeroszol részecskéknek tulajdonítható többlethalálozás a Sajó-völgyben található településeken, valamint Nyíregyházán és Vácott figyelhető meg.

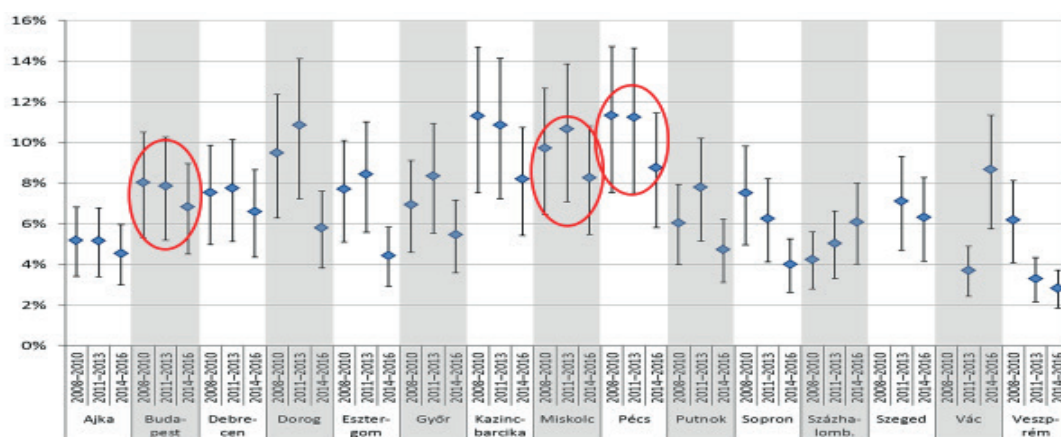
Meg kell említeni, hogy a jelen közleményben vizsgált időszakra vonatkozóan a járulékos halálozás a korábbi időszakokhoz (2008-2016) képest a 10-12% maximumról 8-10%-ra esett vissza Miskolcon és Putnokon (5. ábra). Jelentős javulást lehetett kimutatni Budapest (7% vs. 5%) és Pécs (8,4 vs. 3,6%) esetében is.

100.000 fő lakosra vetítve a legnagyobb arányban Putnokon növelte meg a halálozást (194 fő/100 000 fő) a hosszú távú PM<sub>2,5</sub> szennyezés (6. ábra), míg Budapesten ez az arány kevesebb, mint a fele volt (86 fő/100000 fő).

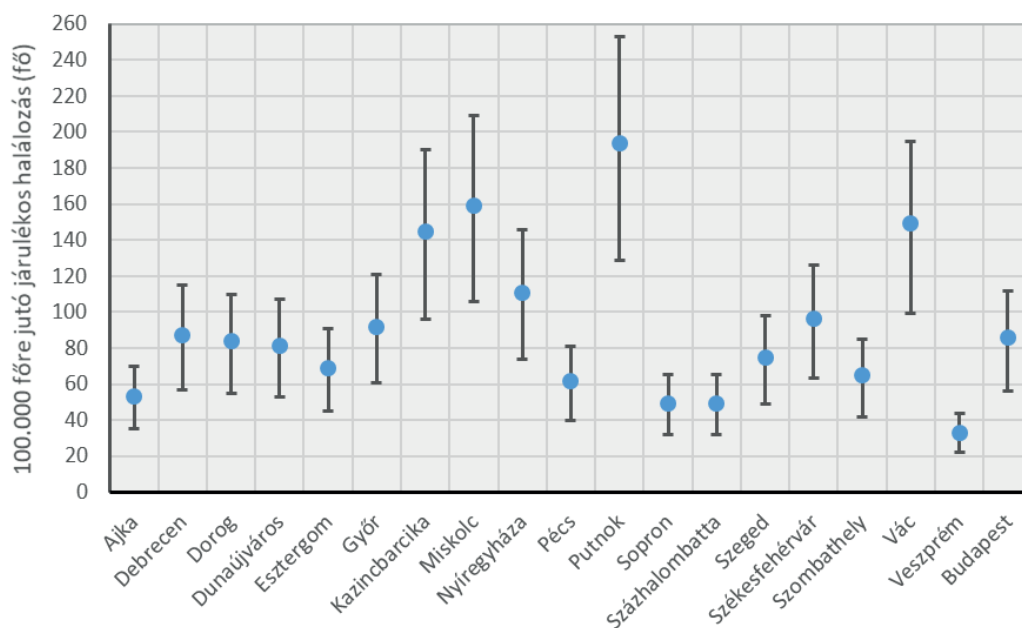
Ha az esetszámokat vizsgáljuk, természetesen Budapesten legnagyobb a veszteség, a három év átlagában 1041 fő, majd ezt követi Miskolc (180 fő), míg a legkevesebb többlet eset Százhalombattán azonosítható (6 fő) (7. ábra).



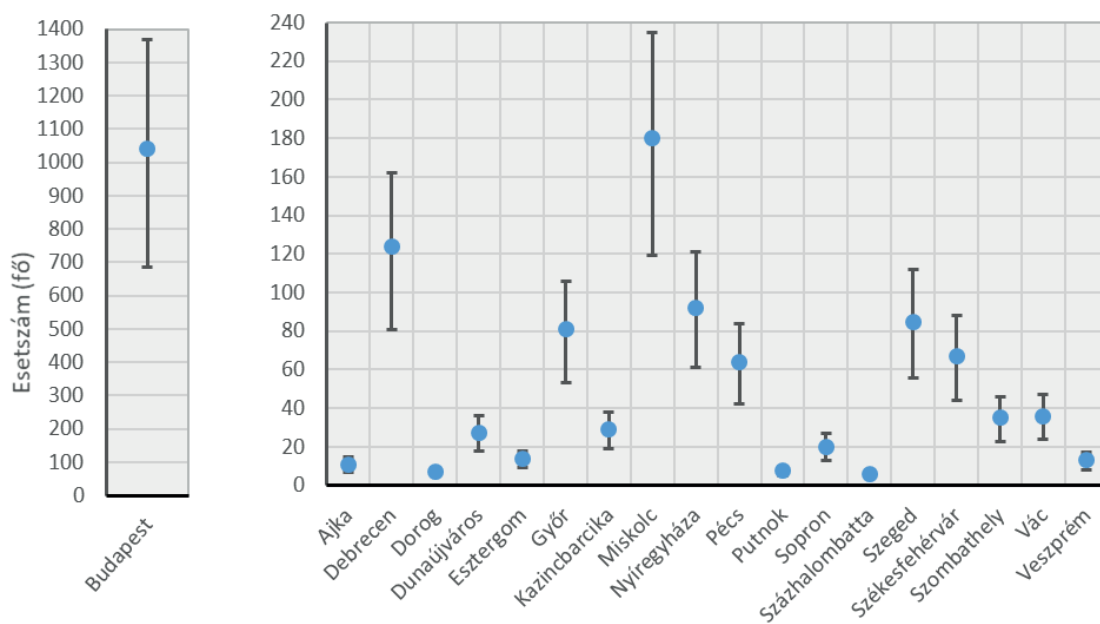
4. ábra: 10 µg/m<sup>3</sup> éves átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2,5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás aránya (%) a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



5. ábra: 10 µg/m<sup>3</sup> éves átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás aránya a 30 évnél idősebbek körében (2008-2016)  
 Forrás: Beszámoló jelentés az 1330/2011. (X.12.) Korm. határozattal elfogadott Kisméretű Szálló Por (PM<sub>10</sub> részecske) Csökkentés Ágazatközi Intézkedési Programjának végrehajtásáról 2017<sup>19</sup>



6. ábra: 10 µg/m<sup>3</sup> éves átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás aránya 100 000 főre a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



7. ábra: 10 µg/m<sup>3</sup> éves átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás esetszámok a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)

A WHO a járulékos halálozás becslését a városi háttér állomások adatainak felhasználásával ajánlja, mivel a háttér állomásokon mért PM<sub>2.5</sub> tömegkoncentrációk jellemzik legjobban a települések lakosságának átlagos expozícióját. Ezért a hatásbecslést elvégeztük a városi háttér állomásokkal rendelkező településekre. Az eredmények nem mutattak lényeges eltérést a százalékos halálozási többletben, csupán Budapesten volt kis mértékben alacsonyabb a halálozási többlet, ha csak a háttér állomásokon mért PM<sub>2.5</sub> tömegkoncentrációt vettük figyelembe (4,18% (95% CI: 2,75%-5,5%) vs. 5,07% (95% CI: 3,34%-6,66%)).

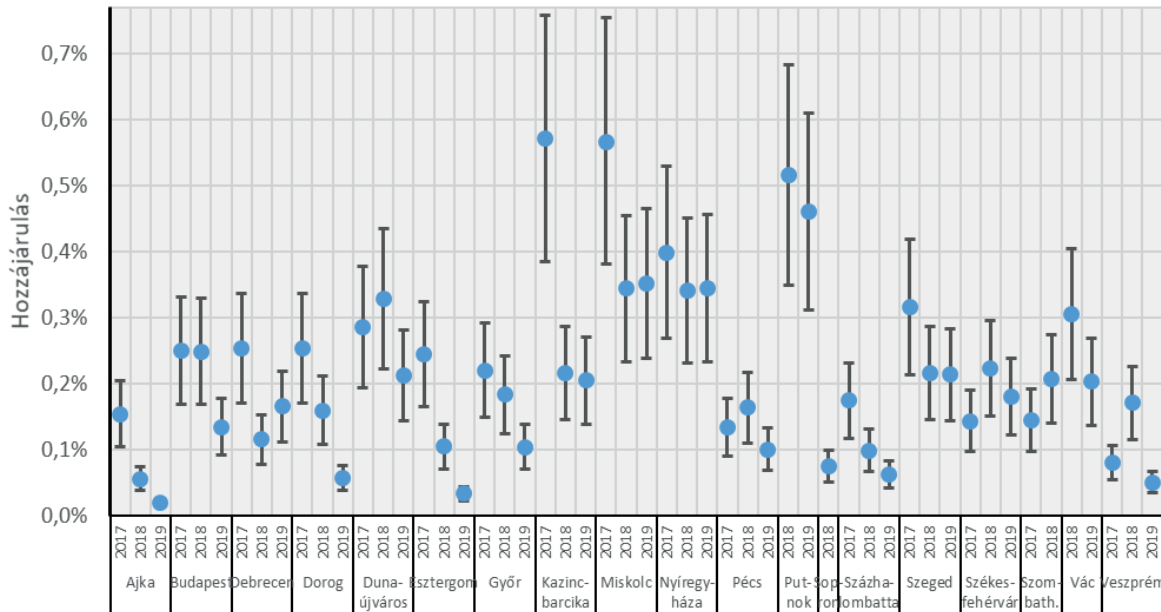
### Rövid távú egészséghatás-becslés

A vizsgálatba bevont települések esetén a rövid távú egészséghatást is becsültük a WHO korábbi (25 µg/m<sup>3</sup>) és a 2021-ben elfogadott új (15 µg/m<sup>3</sup>) napi átlagra vonatkozó egészségi irányértékeinek figyelembevételével. Az eredményeket a 8-13. ábrákon mutatjuk be.

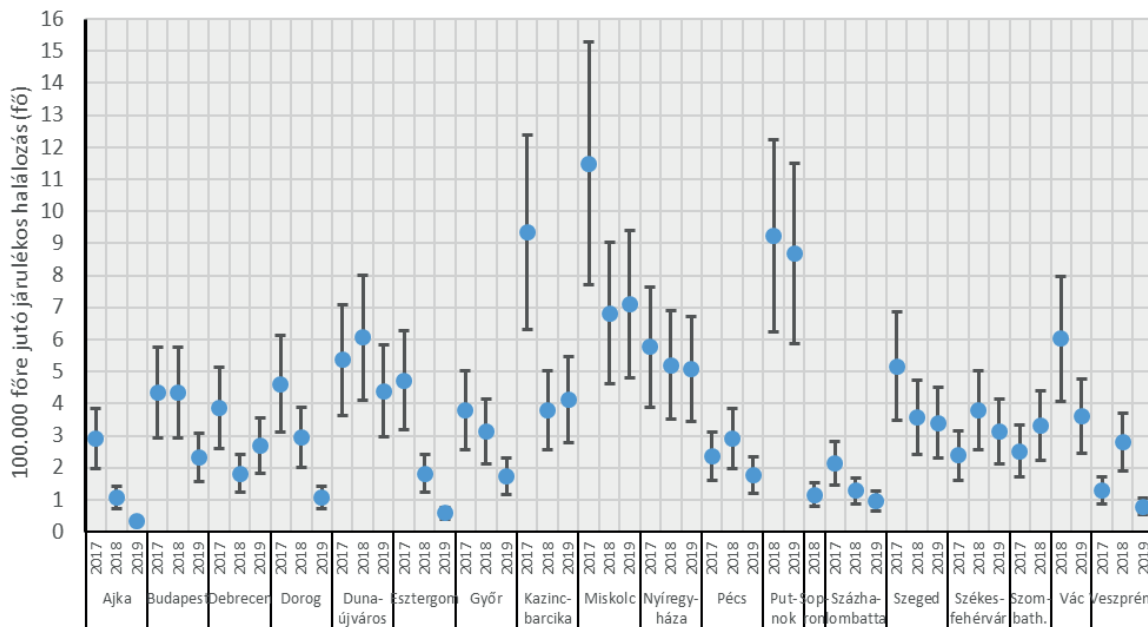
Arányait tekintve a rövid távú légszennyezettség járulékos kockázata Északkelet-Magyarországon, így Miskolcon, Kazincbarcikán és Putnokon volt a legmagasabb 2017-ben (8-9. ábra).

A napi PM<sub>2.5</sub> átlagkoncentrációk 25 µg/m<sup>3</sup>-re csökkentésével Budapesten 2017-ben és 2018-ban egyaránt 52 halálesetet, 2017-ben Miskolcon 13, Szegeden 6, Debrecenben pedig 5 halálesetet lehetett volna megelőzni (10. ábra).

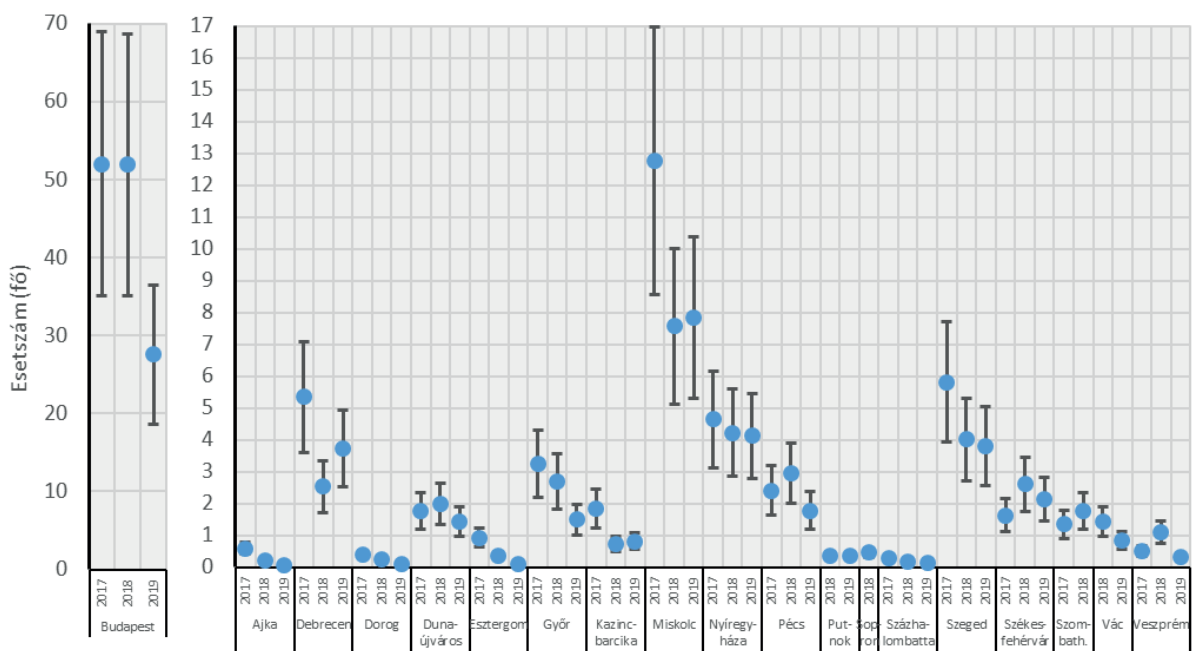
Ha a WHO új irányértékét, a 15 µg/m<sup>3</sup> koncentrációt nem haladták volna meg a napi átlagok, akkor még jelentősebb lett volna az egészségnyereség (11-12. ábra). Az esetszámokat tekintve Budapesten 2017-ben 105, 2018-ban 130, 2019-ben 81, Miskolcon 2017-ben 19, 2018-ban és 2019-ben egyaránt 15, Debrecenben és Szegeden pedig 8 és 11 közötti halálesetet lehetett volna megelőzni (13. ábra).



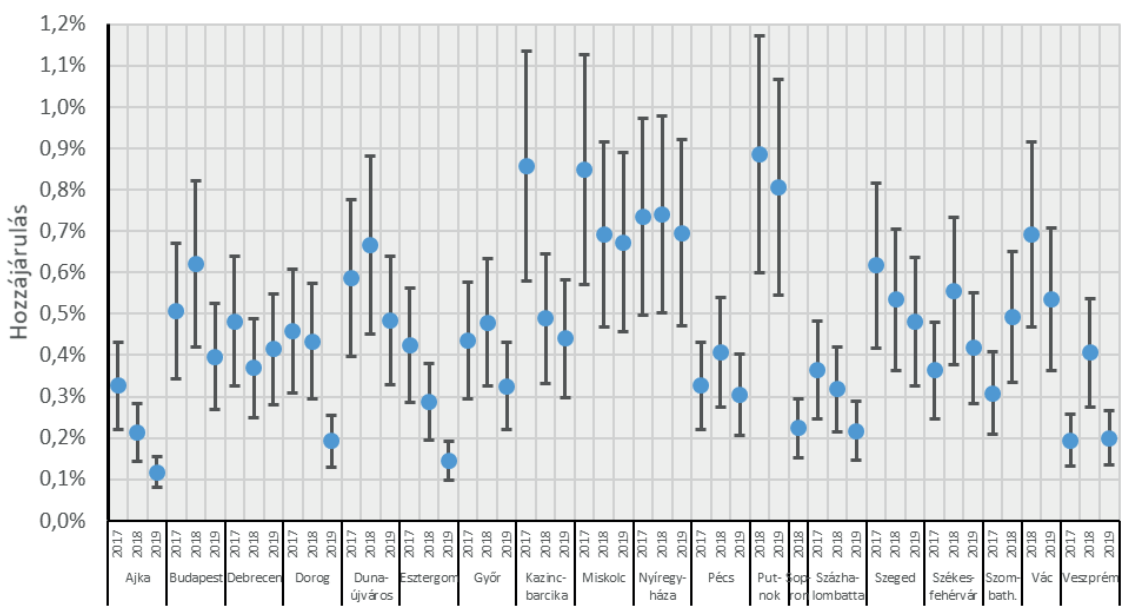
8. ábra: A 25 µg/m<sup>3</sup> napi átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak aránya a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



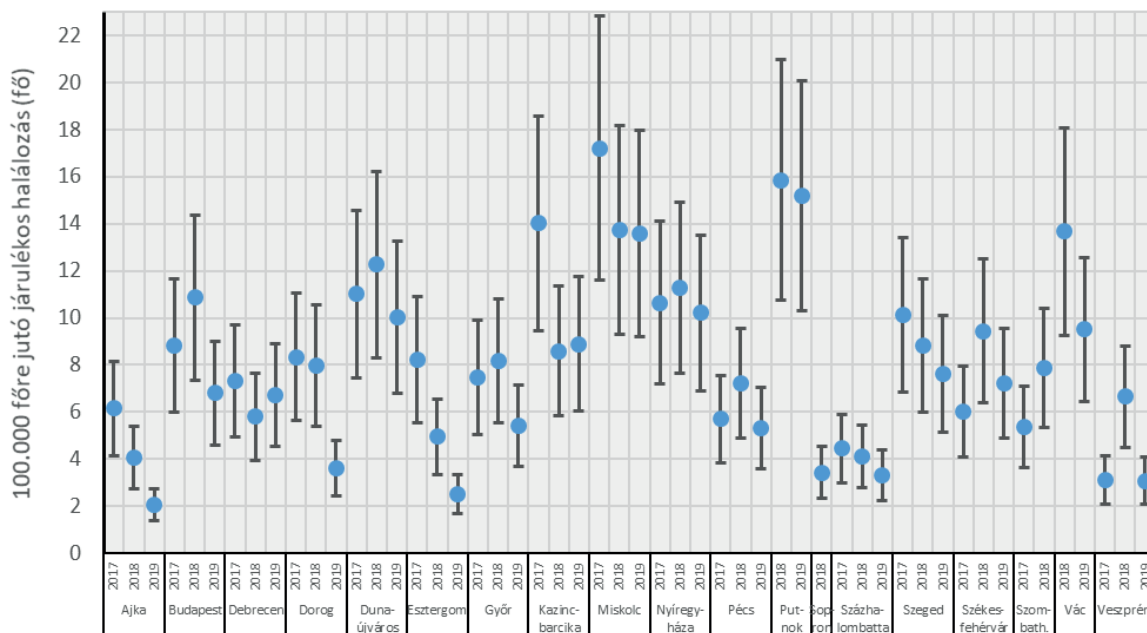
9. ábra: A 25 µg/m<sup>3</sup> napi átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma 100 000 főre a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



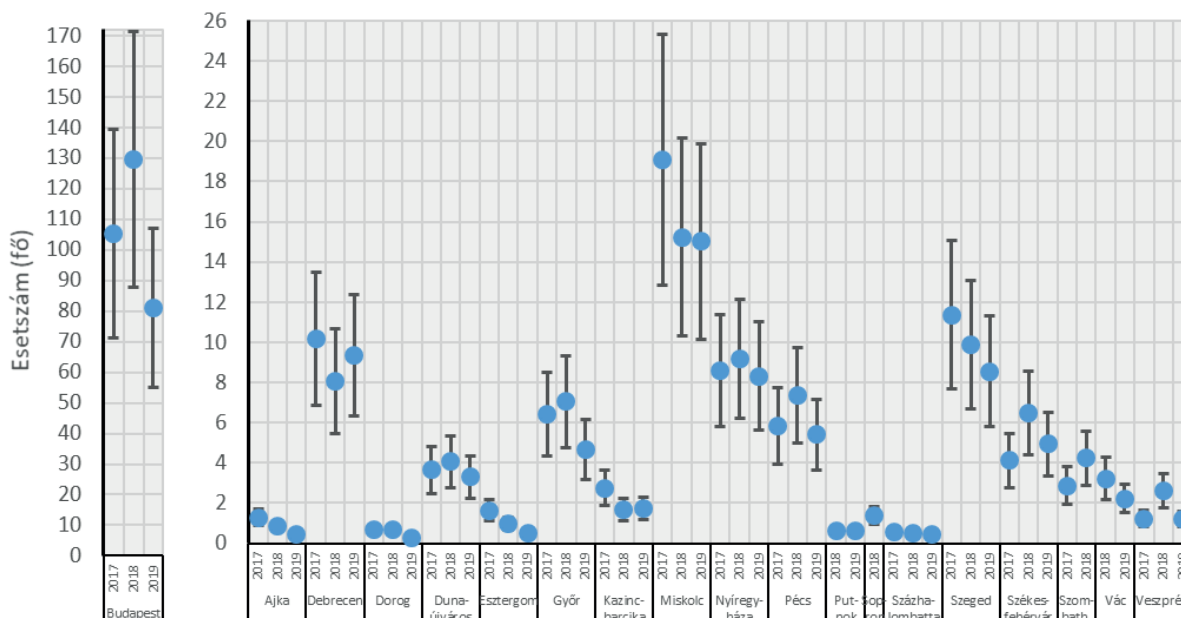
10. ábra: A 25 µg/m<sup>3</sup> napi átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



11. ábra: A 15 µg/m<sup>3</sup> napi átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak aránya a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



12. ábra: A 15 µg/m<sup>3</sup> napi átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettégnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma 100 000 főre a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



13. ábra: A 15 µg/m<sup>3</sup> napi átlagkoncentrációt meghaladó PM<sub>2.5</sub> szennyezettégnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



## Megbeszélés

A légszennyezettség környezetegészségügyi hatásbecslésének célja a múltbeli, az aktuális és a várható légszennyezettségnek való kitettség hatásának becslése, de a módszer alkalmas arra is, hogy a megtett intézkedések egészségi mutatókra gyakorolt hatását is nyomon lehessen követni. A környezetegészségügyi hatásbecslés legfőbb korlátja az, hogy nem mindig állnak rendelkezésre az elemzéshez szükséges adatok (pl. adott helyen a légszennyezettségi adatok). Természetesen a hatásbecslések csak azokra az egészségi kimenetekre végezhetők el, melyekben számszerűsíthetők a hatások<sup>20</sup>.

A hatásbecslés során a WHO levegőminőségi ajánlásait vagy az Európai Bizottság határértékeket ajánlott alkalmazni viszonyítási küszöbértékként. Egy város adott időpontra vonatkozó szennyezettségi helyzetének hatásvizsgálatakor meg kell adni a viszonyítási küszöbértékeket (pl. a fent említetteket) vagy a Burnett<sup>21</sup> (2018) által javasolt  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  értékeket. Megjegyzendő, hogy a becsült járulékos halálozás részben a választott küszöbértéktől függ.

A  $\text{PM}_{2,5}$  és  $\text{PM}_{10}$  szennyezettség rövid távú egészségkárosító hatásaira is egyre több a bizonyíték 2005 óta <sup>22,23,24,25,26,27,28</sup>.

Több új, sok várost magában foglaló vizsgálat megerősítette a korábban megállapított összefüggést, mely szerint  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  tömegkoncentráció növekedés esetén 0,4–1%-kal emelkedik a halálozás. A  $\text{PM}_{2,5}$  szennyezettség hosszú távú egészségkárosító hatásaival kapcsolatban is számos új, illetve a korábbi eredményeket megerősítő közlemény jelent meg. Például egy holland kohorsz vizsgálat megerősítette, hogy  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{2,5}$  tömegkoncentráció emelkedés 6%-kal növeli a természetes halálokok miatti halálozást<sup>29</sup>.

Az AirQ+ szoftvert eredményesen alkalmazták Európa több országában is. Szerbiában a 2010-2015 közötti időszakra vonatkozóan becsülték a kisméretű aeroszol részecskék hosszú távú egészséghatásait a légszennyezettséget mérő állomásokkal rendelkező főbb szerbiai városokban, amelyek a teljes szerbiai lakosság mintegy 30%-át érintik. Becsléseik alapján a  $\text{PM}_{2,5}$  szennyezettségnek való kitettség évente 3585 korai halálozást felelős, ebből 1796 eset Belgrádban következik be. A becsült legalacsonyabb járulékos halálozási hányad Beocinban és Novi Sadban volt megfigyelhető (7,1-7,4%), míg a legkedvezőtlenebb hatást

Valjevóban (18,8%) és a fővárosban, Belgrádban (10,7%) mutatták ki, ami nagyjából a Miskolcon becsült értéknek felel meg. Részletes elemzés készült a Nyugat-Balkán országairól<sup>30</sup> is. A  $\text{PM}_{2,5}$  éves átlagkoncentrációja az összes kiválasztott nyugat-balkáni városban meghaladta a WHO  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es irányértékét (WHO, 2005). A városok háromnegyedében a szennyezettség még az Európai Unió kevésbé szigorú határértékét, a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t is túllépte. A légszennyezettség 4 - 19%-kal járul hozzá az összes idő előtti halálozáshoz a vizsgált városokban - ami jelentősen meghaladja a hazai szinteket - és 0,4 - 1,3 évvel csökkenti a várható élettartamot.

Az Országos Környezetegészségügyi Intézet munkatársai több időszakra vonatkozóan végeztek korábban hatásbecslést<sup>31</sup>. A légszennyezettség hosszú távú hatását a  $\text{PM}_{10}$  tömegkoncentráció értékekből 0,58-as faktor alkalmazásával származtatott  $\text{PM}_{2,5}$  tömegkoncentrációra vonatkozóan értékelték az APHEKOM sokközpontú vizsgálat módszertana<sup>32</sup> szerint a 2005-2010 közötti időszakra Magyarország 14, on-line mérőállomással rendelkező településére (Budapest, Debrecen, Eger, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Salgótarján, Szeged, Székesfehérvár, Szolnok, Tatabánya, Várpalota, Veszprém). A hosszú távú hatásokat vizsgálva megállapították, hogy az éves  $\text{PM}_{2,5}$  átlagkoncentrációk  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -el történő csökkentése évente átlagosan kb. 1000 halálesetet előzhetne meg. Amennyiben az éves átlagkoncentrációkat  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re lehetne csökkenteni, az összes megelőzhető halálesetek száma átlagosan 1550 esetre emelkedne évente. A 14 város összlakossága hozzávetőlegesen 3 millió fő, így, ha a teljes hazai populációra vonatkoztatva hasonló  $\text{PM}_{2,5}$  expozíciót feltételeznénk, akkor 2005-ben az APHEKOM módszertan szerint 7997 fő, míg 2010-ben 4730 fő többlethalálozáshoz járult hozzá a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  feletti  $\text{PM}_{2,5}$  szennyezettség.

Amint azt a bevezetőben kiemeltük, a hatásbecslések eredménye attól is függ, hogy milyen viszonyítási küszöbértéket választunk. A „*The costs of air pollution from road transport*” c. OECD kiadvány<sup>33</sup> megállapította, hogy a világszerte főként a közlekedési eredetű  $\text{PM}_{2,5}$  kibocsátás növekszik, ezzel együtt nő az expozíció terhére írható többlethalálozás. A kiadványban közöltek szerint Magyarország esetében a 2005. évre vonatkozóan a számított éves többlethalálozás 11712 fő, míg 2010-ben ez a mutató valamivel kedvezőbben alakult (9376 fő). Ez a becsült többlethalálozás 1 millió főre vonatkoztatva közelítőleg megegyezik a Kínára vonatkoztatott számításokkal. A számításokat az Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)

végezte 2013-ban. Az APHEKOM számítása és az idézett OECD becslés közti lényeges különbség egyrészt abból adódik, hogy az IHME légszennyezettségi adatai modellezésen alapulnak<sup>34</sup>. Az OECD kiadvány becslésének másik lényeges eltérése a különböző viszonyítási alap - ez utóbbi esetben  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  éves átlagkoncentrációt alkalmaztak  $\text{PM}_{2.5}$  küszöbkoncentrációként. Továbbá, mivel a magyarországi „alaphalálózás” nagyon magas, ezért a számított többlethalálózás értéke is nagyon magasnak adódott.

További elemzés bemutatásával is alátámasztható az elmondottak fontossága. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2016-os jelentésének megfelelően becsültük a járulékos kockázatot a teljes hazai lakosság összhalálózására vonatkozóan különböző küszöbkoncentrációkhoz viszonyítva:  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (elméleti, figyelembe véve, hogy nincs olyan koncentráció, mely ne gyakorolna egészségkárosítást),  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (legkisebb Európában mért érték) és  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO egészségi irányérték). Ez alapján a 2014-es teljes ( $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  feletti)  $\text{PM}_{2.5}$  szennyezettségnek tulajdonítható mintegy 11 600 haláleset, a  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  feletti szennyezettségnek mintegy 10 000, a WHO irányértékét meghaladó szennyezettségnek több mint 4900 halálesetet lehetett a kisméretű aeroszol szennyezettség terhére írni.

Az Országos Közegészségügyi Intézet (OKI) 2016-ban újabb hosszú távú hatásbecslést<sup>35</sup> készített a WHO frissített AirQ+ szoftvere segítségével azon hazai településeken, ahol városi vagy külvárosi háttérállomások működtek a 2008–2016 közötti időszakban. Az elemzés a  $\text{PM}_{2.5}$  koncentrációk alapján történt. Ahol nem állt rendelkezésre mérési adat, ott a  $\text{PM}_{2.5}$  tömegkoncentrációk meghatározása a  $\text{PM}_{10}$  tömegkoncentrációk alapján történt a WHO által Magyarországra javasolt és az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat mérési adataival is alátámasztott konverziós tényező (0,8) segítségével. A hosszú távú kültéri  $\text{PM}_{2.5}$  szennyezettségnek tulajdonítható többlethalálózást a jelen elemzéshez hasonló módon a WHO 2005-ös egészségi irányértékéhez ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  éves átlag) viszonyítva értékelték. A becsült többlet halálesetek száma Budapesten 1400 és 1660 között alakult, Miskolcon 190-230 eset, Debrecenben 137-154 eset között alakult három éves periódusonként (2008-2010, 2011-2013, 2014-2016). A járulékos többlethalálózás hányada 3 és 12% között volt kimutatható. A 2017-2019-es időszakra vonatkozóan a légszennyezettség terhére írható járulékos halálózás a korábbi időszakokhoz képest a 10-12% maximumról 8-10%-ra esett vissza Miskolcon és Putnokon. Jelentős

javulást lehetett kimutatni Budapest (7,1% vs. 5,1%) és Pécs (8,4 vs. 3,6%) esetében is. A városi háttér állomások adatait figyelembe véve csak Budapesten volt jelentősen alacsonyabb (2,4%) a járulékos többlethalálózás. Meg kell jegyezni, hogy a 3 év során történt javulás elsősorban az enyhébb telekre jellemzőbb alacsonyabb légszennyezettségi mutatóknak volt köszönhető.

A légszennyezettség rövid távú egészségkockázata nagyságrendel kisebb, az éves összhalálózás 0,1-0,8%-ához járul hozzá, a lakosság tájékoztatása azonban fontos feladat, mivel elősegítik a megelőzést, csökkentik a sürgősségi ellátások igénybevételének számát.

Végezetül kiemeljük, hogy a légszennyezettség egészségre gyakorolt hatását 3-5 évente ajánlott rendszeresen értékelni. Az ENSZ fenntartható fejlődési célok<sup>37</sup> megvalósulásának nyomonkövetése is elvégezhető ezzel a módszerrel. A harmadik fenntartható fejlődési cél kimondja, hogy „Biztosítani kell minden korosztály számára az egészséges életet és jóllétet”. A kapcsolódó alcél (3.9 célkitűzés) szerint 2030-ra jelentősen csökkenteni kell a veszélyes kémiai anyagok használatából és a levegő, víz, talaj szennyezettségéből eredő halálózásokat és megbetegedéseket, továbbá a 3.9.1. számú indikátor utal a bel- és kültéri légszennyezettségéből eredő halálózás csökkentésére. A Tiszta levegőt Európának program<sup>38</sup> (EU 2013) célkitűzései meghatározzák, hogy 2025-ig 37%-kal, míg 2030-ig további 40%-kal kell csökkenteni a levegőminőséget és ennek megfelelően a kisméretű aeroszol részecskék és az ózon által kiváltott járulékos korai halálózást.

#### Anyagi támogatás

A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült. A kutatás nem részesült anyagi támogatásban

#### Szerzők hozzájárulása

P.A. tervezte és koordinálta a vizsgálatot, részt vett az irodalmazásban, megírásban; M.Zs., M.R., M.T. végezte az adatgyűjtést és a számításokat, részt vett az irodalmazásban. Sz.T. részt vett a kézirat írásában, véleményezésében.

#### Érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek a tartalmat érintő érdekelt-ségeik.

#### Nyilatkozatok

A szerzők nyilatkoznak arról, hogy a cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

1. Ambient air pollution <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/ambient-air-pollution>
2. Exposure to air pollution by particulate matter [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG\\_11\\_50/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_11_50/default/table?lang=en)
3. Levegőminőség – értékelések <https://legszeny-nyezettseg.met.hu/levegominoseg/ertekelesek/olm-ertekelesek>
4. A Bíróság (hetedik tanács) 2021. február 3-i ítélete – Európai Bizottság kontra Magyarország (C-637/18. sz. ügy) <https://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?docid=239463&mode=req&pageIndex=1&dir=&occ=first&part=1&text=&doclang=HU&cid=3887901>
5. Air pollutants by source sector ([https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV\\_AIR\\_EMIS/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AIR_EMIS/default/table?lang=en) EEA)
6. Ambient (outdoor) air pollution (who.int) <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565196>
7. WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines(AQGs) Meeting report Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015 [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf)
8. Institute of Health Metrics and Evaluation <https://viz-hub.healthdata.org/gbd-compare/>
9. Southerland VA, Brauer M, Moheg A. et al.: Global urban temporal trends in fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) and attributable health burdens: estimates from global datasets. Lancet Planet Health. 2022 Jan 5;S2542-5196(21)00350-8. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00350-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00350-8)
10. [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf)
11. Tools for health Impact assessment of air quality WHO. World Health Organization (2014)15 May 2014. Available from <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/tools-for-health-impact-assessment-of-air-quality-the-airq-2.2-software>
12. WHO (2016) AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>
13. Health Risk Assessment of air pollution <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016>
14. WHO (2016) AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>
15. Magyarország éghajlata [https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekin-to/elmult\\_evzakok\\_idojarasa/](https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekin-to/elmult_evzakok_idojarasa/)
16. Automata mérőhálózat <https://legszeny-nyezettseg.met.hu/>
17. Ostro B. Outdoor air pollution: Assessing the environmental burden of disease national and local levels . Geneva, World Health Organization, 2004 (WHO Environmental Burden of Disease Series, No. 5). [https://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/ebd5.pdf](https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/ebd5.pdf)
18. A Bíróság ítélete (hetedik tanács), 2021. február 3.Európai Bizottság kontra Magyarország. Tagálami kötelezettségszegés – Környezet – 2008/50/EK irányelv – A környezeti levegő minősége – A 13. cikk (1) bekezdése és a XI. melléklet – A PM10 mikrorészecskékre vonatkozó határtértékeknek egyes magyarországi zónákban történő rendszeres és tartós túllépése – A 23. cikk (1) bekezdése – XV. melléklet – A túllépés »lehető legrövidebb« időtartama – Megfelelő intézkedések. C-637/18. sz. ügy. ECLI identifier: CLI:EU:C:2021:92 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=CELEX:62018CJ0637>
19. Beszámoló jelentés az 1330/2011. (X.12.) Korm. határozattal elfogadott Kisméretű Szálló Por (PM10 részecske) Csökkentés Ágazatközi Intézkedési Programjának végrehajtásáról 2017. [https://pm10.kormany.hu/download/6/80/22000/PM10%20besz%C3%A1mol%C3%B3%202017\\_web.pdf](https://pm10.kormany.hu/download/6/80/22000/PM10%20besz%C3%A1mol%C3%B3%202017_web.pdf)
20. Health risk assessment of air pollution – general principles. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2016. [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf)
21. Burnett et al: Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences Sep 2018, 115 (38) 9592-9597; <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>

22. Ostro B, Broadwin R, Green S, Feng WY, Lipsett M. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect.* 2006 Jan;114(1):29-33. <https://doi.org/10.1289/ehp.8335>.
23. Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect.* 2008;116(2):196-202. <https://doi.org/10.1289/ehp.10767>
24. Katsouyanni K, Samet JM, Anderson HR, Atkinson R, Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Touloumi G, Burnett RT, Krewski D, Ramsay T, Dominici F, Peng RD, Schwartz J, Zanobetti A; HEI Health Review Committee. Air pollution and health: a European and North American approach (APHENA). *Res Rep Health Eff Inst.* 2009 Oct;142(5):5-90. PMID: 20073322.
25. Zanobetti, A., Franklin, M., Koutrakis, P. et al. Fine particulate air pollution and its components in association with cause-specific emergency admissions. *Environ Health* 8, 58 (2009). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-8-58>
26. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC Jr, Whitsel L, Kaufman JD; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2010 Jun 1;121(21):2331-78. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d-bece1>
27. Ruckerl R, Schneider A, Breitner S, Cyrys J, Peters A. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhal Toxicol.* 2011 Aug;23(10):555-92. <https://doi.org/10.3109/08958378.2011.593587>.
28. de Bont J, Jaganathan S, Dahlquist M, Persson Å, Stafoggia M, Ljungman P. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *J Intern Med.* 2022 Feb 9. doi: 10.1111/joim.13467. Epub ahead of print. PMID: 35138681
29. Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, Goldbohm RA, Fischer P, Schouten LJ, Jerrett M, Hughes E, Armstrong B, Brunekreef B. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect.* 2008 Feb;116(2):196-202. <https://doi.org/10.1289/ehp.10767>
30. Colovic Daul M, Kryzanowski M and Kujundzic: Air Pollution and Human Health: The Case of the Western Balkans May 2019. [https://api.developmentaid.org/api/frontend/cms/file/2019/06/Air-Quality-and-Human-Health-Report\\_Case-of-Western-Balkans\\_preliminary\\_results.pdf](https://api.developmentaid.org/api/frontend/cms/file/2019/06/Air-Quality-and-Human-Health-Report_Case-of-Western-Balkans_preliminary_results.pdf)
31. Bobvos J, Szalkai M., Fazekas B, Páldy A (2014): A szálló por szennyezettség egészségkárosító hatásának becslése néhány hazai városban. <http://www.egeszsegtudomany.higienikus.hu/cikk/2014-3/Bobvos.pdf>
32. APHEKOMReport [http://aphekom.org/c/document\\_library/get\\_file?uuid=4f388abf-61e5-415d-ae22-e437a4e25937&groupId=103470](http://aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=4f388abf-61e5-415d-ae22-e437a4e25937&groupId=103470)
33. OECD (2014), *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264210448-en>.
34. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al.: A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012 Dec 15;380(9859):2224-60. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
35. Beszámoló jelentés az 1330/2011. (X.12.) Korm. határozattal elfogadott Kisméretű Szálló Por (PM<sub>10</sub> részecske) Csökkentés Ágazatközi Intézkedési Programjának végrehajtásáról 2017. [https://pm10.kormany.hu/download/6/80/22000/PM10%20besz%C3%A1mol%C3%B3%202017\\_web](https://pm10.kormany.hu/download/6/80/22000/PM10%20besz%C3%A1mol%C3%B3%202017_web)
36. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology.* 2001 Sep;12(5):521-31. <https://doi.org/10.1097/00001648-200109000-00011>
37. Sustainable development goals [https://ec.europa.eu/info/strategy/international-strategies/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future\\_hu](https://ec.europa.eu/info/strategy/international-strategies/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future_hu)
38. EU 2013: Tiszta levegőt Európának program (Clean Air Programme for Europe): A BIZOTTSÁG KÖZLEMÉNYE AZ EURÓPAI PARLAMENTNEK, A TANÁCSNAK, AZ EURÓPAI GAZDASÁGI ÉS SZOCIÁLIS BIZOTTSÁGNAK ÉS A RÉGIÓK BIZOTTSÁGÁNAK Brüsszel, 2013.12.18. COM(2013) 918 final