

A LÉGSZENNYEZÉS EGÉSZSÉGGÁROSÍTÓ HATÁSÁNAK BECSLÉSE

ESTIMATION OF HARMFUL EFFECTS OF AIR POLLUTION

Páldy Anna, Bobvos János

Országos Közegészségügyi Központ, Budapest, Albert F. út 2, 1097 paldy.anna@oki.antsz.hu; bobvos.janos@oki.antsz.hu

Összefoglalás. A légszennyezés többféle halálzásért felelős. Ezek közül kiemelkedik a szív- és agyi-érrendszeri betegségek miatti halálzás. Globálisan mintegy 3,7 millió haláleset tulajdonítható a kültéri és 4,3 millió a beltéri légszennyezésnek (a halálzás egy részéért mindkét ok felelős). A szálló por hatásait bizonyító, klinikai, kísérletes toxikológiai és epidemiológiai vizsgálatok eredményeit először 2003-ban a WHO összegezte és értékelte. A légszennyezés környezetegészségügyi hatásbecslésének célja a múltbeli, jelen és jövőbeni légszennyezésnek való kitettség kockázatbecslése. Az alkalmazott módszereknek alkalmasnak kell lenniük arra is, hogy a megtett intézkedések hatását nyomon tudják követni. A tanulmány az alkalmazott módszereket és a kapott eredményeket foglalja össze. A bemutatott módszerek és eredmények alátámasztják a környezetegészségügyi hatásbecslések elvégzésének szükségességét a megfelelő szakmapolitikai döntések megalapozása érdekében. A hatásbecslés igen fontos eszköz az Európai Unió új levegőminőség politikájával kapcsolatos célkitűzések elérésében.

Abstract. The air pollution is responsible for mortality especially caused by diseases of the cardiovascular and cerebral vascular systems. The outdoor air pollution is responsible for 3.7 million excess death cases, while the indoor air pollution contributes to 4.3 million premature death (in a certain percentage both type of air pollution are responsible) according to a recent WHO report. WHO summed up and evaluated the results of clinical, experimental toxicological and epidemiological studies proving the effects of particulate matters in 2003. The aim of the environmental health impact assessment of air pollution is to estimate the past, present and future risk of the exposure to the air pollution. The applied methods have to be suitable to track the influences of measures taken. The study summarizes the applied methods and the received results. The presented methods and results reinforce the necessity of the accomplishment of the environmental health impact estimates for the substantiation of the suitable professional policy decisions. The impact estimation is an important tool in the achievements of the new air quality policy of European Union.

Bevezetés. A levegőszennyezés részét képezi a környezeti expozíciók terhére róható teljes betegségtehernek. A WHO becslése alapján a légszennyezés 2012-ben 7 millió idő előtti halálzáshoz járult hozzá, melyből 600 000 a WHO Európai Régiójának területét érinti. Ez a szám a világon bekövetkező évi halálzás egynolcada, ami több mint kétszerese a korábbi számításoknak (WHO, 2014a). A légszennyezés többféle halálzás miatti halálzásért felelős, de ezek közül kiemelkedik a szív-érrendszeri és agyi-érrendszeri betegségek miatti halálzás: globálisan mintegy 3,7 millió haláleset tulajdonítható a kültéri és 4,3 millió a beltéri légszennyezésnek (a halálzás egy részéért mindkét ok felelős) (WHO, 2014b).

Az Európai Unió is elismeri, hogy az idő előtti halálzás vezető első számú környezeti tényező a rossz minőségű levegő. Ezt jól példázza, hogy a szennyezett levegő következtében elhunytak száma meghaladja a közúti balesetben elhunytak számát. Az Európai Unióban az átlagos várható élettartam 8,6 hónappal megrövidült az antropogén eredetű PM_{2,5} szennyezés következtében (APHEKOM, 2011 – Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe).

A szennyezett levegő az életminőségre is hatással van, hiszen asztmát és egyéb légúti megbetegedéseket okoz. A levegőszennyezés munkából való kiesést is eredményez, mindemellett pedig magas egészségügyi költségeket von maga után. Mindez különösen érinti a veszélyez-

tetett csoportokat: a gyermekeket, az asztmás betegeket és az időseket. A légszennyező anyagok közül a szállóport tekintik a legjelentősebb szennyező anyagnak.

A szállópor (Particulate Matter: PM) városi lakosság egészségére gyakorolt hatásának tudományos bizonyítékaik egybehangzók a világ különböző területén élők – mind a fejlett, mind a fejlődő országok – esetében. A hatás széles spektrumú, elsősorban a légző- és a keringési rendszert érinti és korcsoportonként, illetve az egészségi állapot függvényében különböző mértékű lehet. Az egyes hatások bekövetkezésének kockázata az expozíció függvényében növekszik és nincs elég bizonyíték arra, hogy létezik hatástalan küszöbkoncentráció, az egészségre gyakorolt észlelhető hatást már kiváltó koncentráció tartomány nem tér el jelentősen az átlagosan levegőben mért koncentrációtól. Epidemiológiai vizsgálatok bizonyítják, hogy a szállópor mind rövid, mind hosszú távon kifejt káros hatásait.

A szállópor hatásait bizonyító, klinikai, kísérletes toxikológiai és epidemiológiai vizsgálatok eredményeit a WHO összegezte és értékelte először 2003-ban (WHO, 2003). A PM elsődlegesen helyi gyulladást okoz, ezt követi a már fennálló légúti megbetegedések fellángolása, túlzott válaszadási készség, oxidatív stressz, számos biokémiai folyamat aktiválása, a tüdő védekező mechanizmusainak csökkenése. Bizonyították, hogy a PM szennyezés hozzájárul a krónikus alsó légúti betegségben szenvedők ese-

tében a betegség fellángolásához és a halálozás növekedéséhez. Az asztmás betegek tünetei is súlyosbodnak, illetve a szennyezett időszakokban nő a gyógyszerigényük. A finom porrészecskék, elsősorban az 1 µm-nél kisebb szemcseméretű anyagok a légúti nyálkahártyákra keverve felszívódva egyrészt a tüdő szöveteiben gyulladást idéznek elő, másrészt a vérkeringésbe jutva elindítják a C-reaktív fehérje képződést, ami beindítja a véralvadási folyamatot, következésképpen vérrög (thrombus) képződéshez vezet¹. A nemzetközi irodalomban számos szerző számolt be a szív-érrendszeri betegségben szenvedők nagyobb számú kórházi betegfelvételéről és a halálozás növekedéséről is.

A légszennyezés egészségi hatásainak vizsgálata - történeti áttekintés. A levegőszennyezés időnkénti igen magas koncentrációjának egészségkárosító hatásairól már régóta lehet olvasni a tudományos folyóiratokban (Brimblecombe, 1987). Már a XX. század első felében felfigyeltek néhány eseményre, amikor a téli szmog epizódok magas halá-

lozáshoz vezettek. Elsőként 1930-ban Belgiumban a Meuse völgyében írták le, hogy a kialakult időjárási helyzet következtében igen sokan elhunytak, majd 1948-ban Donorában (Pennsylvania) és 1952-ben Londonban történt hasonló esemény, Londonban a decemberi szmogos időszakban 4000 többlethalálestet jegyeztek fel (Schwartz, 1990, 1991, 1992). Az említett szmog esetek idején még nem

volt rendszeres levegőminőség monitorozás. A korai elemzések az emelkedett kén-dioxid koncentrációt és a következményes savas aeroszolt tették felelőssé. A fent említett vizsgálatok hívták fel a figyelmet arra, hogy a levegőszennyezés és a napi halálozás összefüggésben lehet. A későbbiekben az Egyesült Államokban végzett kutatások eredményei rámutattak arra, hogy a levegőszennyezés viszonylag kis mérvű változása is idézhet elő többlethalálozást (Dockery et al., 1992; Pope et al., 1992; Schwartz et al., 1992a, 1992b, 1993).

1991-1994 között egy sokközpontú vizsgálat folyt le az Európai Közösség által finanszírozott „Környezet 1991-94” program keretében 11 kutatócsoport részvételével, APHEA vizsgálat (Spix et al., 1993; Katsouyanni et al., 1995, 1996; Touloumi et al., 1996) amelynek során 15

európai országban tanulmányozták az összefüggéseket a különböző légszennyezők és a napi halálozás, valamint a sürgősségi kórházi betegfelvétel között. Az APHEA vizsgálat főbb megállapításai szerint a külső téri levegő szálló por koncentrációja összefüggést mutatott a napi összhála-lozással, a szív-keringési eredetű, valamint légúti betegségek miatti halálozással. A kén-dioxid koncentráció növekedése jelentősen befolyásolta mind az összes halálokok miatti, mind a szív- és érrendszeri, valamint a légúti halálozást a nyugat-európai országokban. A nitrogén-dioxid koncentráció változása az összhála-lozást befolyásolta. Érdekes megfigyelésük arra utalt, hogy a '90-es években jelentős különbség mutatkozott a nyugat-európai és a közép-kelet-európai városok között, ez utóbbiakban elsősorban a kén-dioxid hatását lehetett kimutatni az akkor még jelentős ipari és fűtési eredetű kibocsátások következtében (Katsouyanni et al., 1997).

A vizsgálatot megismételték 1998-2001 között az APHEA2 program keretében, amelyhez 26 ország csatlakozott 29 nagy-

városának adataival. A vizsgálat-sorozat a légszennyezők rövid távú egészségkárosító hatásait elemezte, melynek során napi légszennyezési és napi halálozási, illetve sürgősségi betegfelvételi adatokat vetettek össze idősor analízis segítségével. Az így kapott eredményeket használták fel később a 2000-es évek során a légszennyezés környezetegészségügyi ha-

tásbecslésére. Az 1. táblázatban mutatjuk be az európai városokban, illetve az Egyesült Államokban hasonló módszerrel végzett elemzések szálló porra vonatkozó eredményét: A WHO az Air Quality Guidelines (Levegőminőségi A-jánlások) c. kiadványát 1987-ben jelentette meg először, majd 2000-ben és 2005-ben frissítette (WHO, 2005), a legutolsó frissítést elsősorban az APHEA2 vizsgálat eredményei tették szükségessé. 2012-ben megjelent újabb kiadványukban felülvizsgálták a levegőszennyezés egészségi vonatkozásait alátámasztó bizonyítékokat (REVIHAAP WHO, 2012) a 2005 után megjelent közlemények alapján. Egyre több bizonyíték támasztja alá a PM_{2,5} és PM₁₀ rövid távú egészségkárosító hatásait (Brook et al., 2010; Rückerl et al., 2011). Több új, sok várost magában foglaló vizsgálat erősítette meg a korábbi összefüggést: 0,4–1%-os halálozás-növekedés 10 µg/m³ PM₁₀, PM_{2,5} koncentráció növekedés esetén (Katsouyanni et al., 2009; Zanobetti et al., 2009; Ostro et al., 2006).

1. táblázat: A szálló por szennyezés becsült hatása a napi összhála-lozásra és a kórházi betegfelvételekre az APHEA2 és az NMMAPS vizsgálatok eredménye alapján

| | Vizsgálat megnevezése | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| | APHEA2* | NMMAPS** |
| Az összhála-lozás növekedése 10 µg/m ³ , PM ₁₀ -enként (95% megbízhatósági tartomány) | 0,6% (0,4% – 0,8%) | 0,5% (0,1% – 0,9%) |
| A KALB ⁺ (APHEA2: KALB és asztma) miatti kórházi betegfelvételek növekedése 65 év feletti körében 10 µg/m ³ , PM ₁₀ -enként (95% megbízhatósági tartomány) | 1,0% (0,4% – 1,5%) | 1,5% (1,0% – 1,9%) |

⁺ KALB: Krónikus Aspecifikus Légzőszervi Betegségek

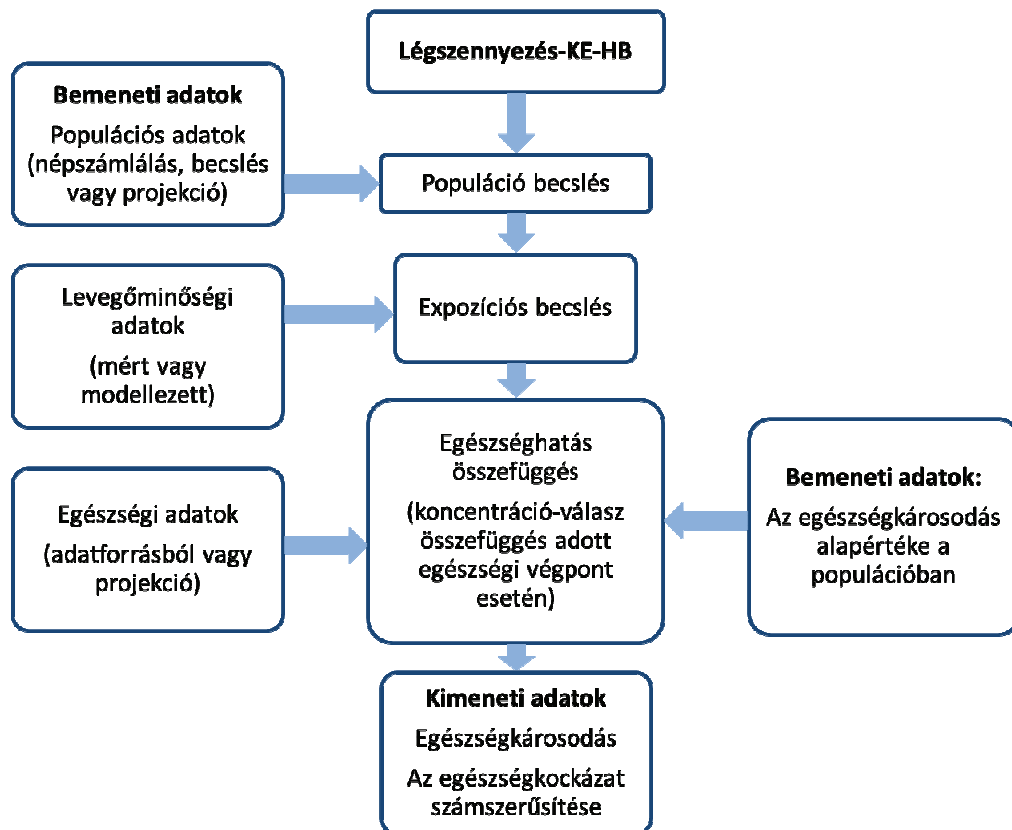
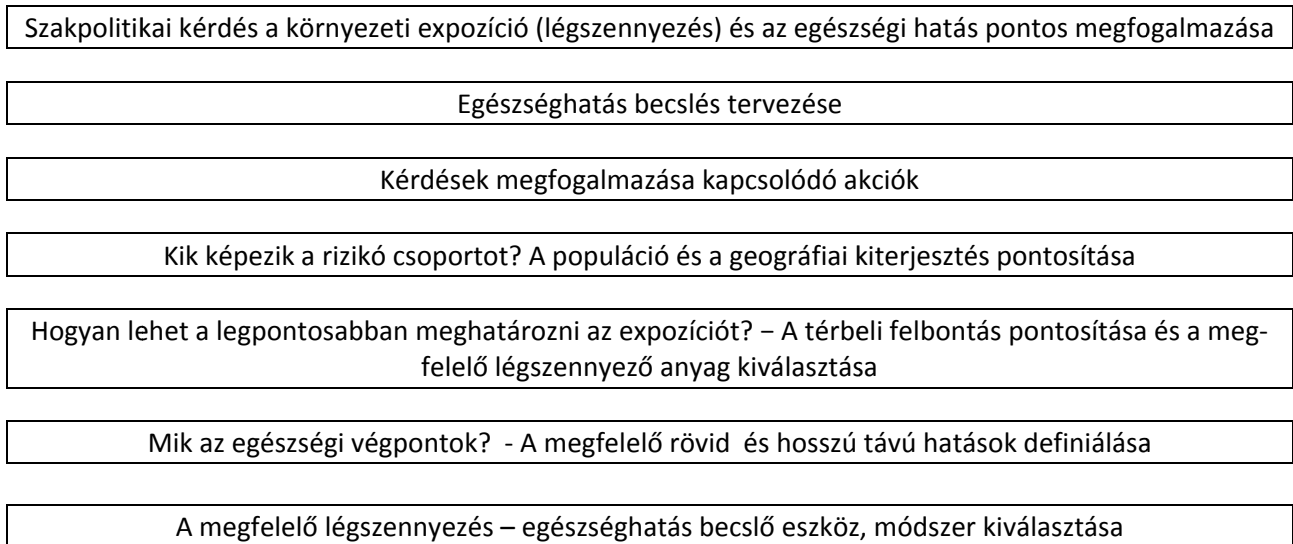
* Air Pollution and Health: a European Approach (Katsouyanni et al., 2001)

** National Mortality, Morbidity and Air Pollution Study (Schwartz et al., 1996)

¹ http://www.advisorybodies.doh.gov.uk/comeap/statements_reports/CardioDisease.pdf

A kórházi betegfelvételekkel való összefüggés új bizonyítékát *Brook et al.*, (2010) írták le. Szignifikáns összefüggést találtak egyes krónikus szív- és agyérbetegségek (ischaemiás szívbetegség, dekompenzáció, cerebrovasculáris betegségek) miatti sürgősségi betegfelvételek és a PM_{2,5} szennyezettesség között (*Dominici et al.*, 2006;

kohorsz vizsgálat megerősítette, hogy a PM_{2,5} szennyezés 6%-kal növeli a természetes halálokok miatti halálozást 10 µg/m³-enként (*Beelen et al.*, 2008), ami megegyezik a korábbi USA-beli eredményekkel (*Pope et al.*, 2002). Egy nagy norvég ökológiai vizsgálat bebizonyította, hogy a PM_{2,5} expozíció növeli a szív- érrendszeri beteg-



1. ábra: A légszennyezés egészség hatás becslés folyamata (*Quigley et al.*, 2006; *US EPAA*, 2012; *WHO Regional Office for Europe*, 2014a)

Brook et al., 2010; *EPA*, 2009; *Rückerl et al.*, 2011).

A PM_{2,5} hosszú távú egészségkárosító hatásaival kapcsolatban is számos új, illetve a korábbi eredményeket megerősítő közlemény jelent meg. Például egy holland

ségek miatti halálozást is (*Naess et al.*, 2007).

A szívelégtelenség, a szívizom elektromos vezetőképessége szintén függ a külső levegő PM_{2,5} koncentrációjától (*Brook et al.*, 2010). A PM_{2,5} hosszú távú expozíciója ha-

tására kimutathatók az érelmeszesedés korai biomarkerei is, az érfal vastagodása, a szív koszorúereinek meszesedése (Künzli *et al.*, 2005; Künzli *et al.*, 2010). Ezek a tünetek a PM_{2,5} hosszú távú expozíciója esetén a forgalmas utaktól való távolság viszonylatában voltak kimutathatók (Bauer *et al.*, 2010; Hoffmann *et al.*, 2006, 2007; Perez *et al.*, 2013).

Arra is van bizonyíték, hogy a légszennyezés összefügg a gyermekek idegrendszeri fejlődésével, sőt a gyermekkori diabetes kialakulásával is, felnőtt korban idegrendszeri zavarokat idézhet elő (Rückerl *et al.*, 2011). A cukorbetegséggel való összefüggést az első közlés óta (Brook *et al.*, 2008) egyre erősebb bizonyítékok támasztják alá, például német és dán epidemiológiai vizsgálatok (Krämer *et al.*, 2010; Andersen *et al.*, 2012; Raaschou-Nielsen *et al.*, 2013). A levegő szennyezettsége károsítja az egyes idegrendszeri funkciókat, például a kognitív funkciót mind a felnőttek, mind a gyermekek körében (Ranft *et al.*, 2009; Freire *et al.*, 2010).

A 2005-ben elindított születési kohorsz vizsgálatok szignifikáns kapcsolatot tártak fel kisgyermekkorban a PM_{2,5} és a légúti fertőzések, valamint az asztma között (Bauer *et al.*, 2007; Gehring *et al.*, 2010; MacIntyre *et al.*, 2011; Morgenstern *et al.*, 2007). A szálló por szennyezés kedvezőtlenül befolyásolja a várandósságok kimenetelét is, magas PM_{2,5} koncentráció esetén nagyobb az esély a koraszülésre, alacsony születési súlyra (Shah and Balkhair, 2011).

Végezetül meg kell említeni, hogy a WHO Nemzetközi Rákügynöksége 2013-ban bizonyítottan humán rákkeltőnek minősítette a levegőszennyezést. A szálló por szennyezést külön is minősítették és szintén az 1A csoportba tartozó rákkeltő ágens besorolást kapott. Az IARC értékelése bebizonyította, hogy a növekvő légszennyezéssel növekszik a tüdő rosszindulatú daganatos megbetegedésének gyakorisága. Bár a légszennyezés összetevői és a koncentrációk között igen jelentős különbségek mutatkoznak világszerte, az IARC munkacsoport következtetése az, hogy a daganatkeltő hatás mindenütt érvényesül. 2010-es adatok szerint világszerte 223 000 tüdőrák miatti halálozás írható a légszennyezés terhére.

A légszennyezettség környezetegészségügyi hatásbecslésének módszertana. A fent említett különböző epidemiológiai módszerekkel végzett vizsgálatok felvetették annak az igényét, hogy egységes módszertant dolgozzanak ki a hatások becslésére. A légszennyezés környezetegészségügyi hatásbecslésének célja a múltbeli, jelen és jövőbeni légszennyezésnek való kitettség kockázatának becslése, de a módszernek alkalmasnak kell lennie arra is, hogy a megtett intézkedések hatását is nyomon lehessen követni (Department of Health, 2006; HIP, 2014). A becslés lehet mennyiségi vagy minőségi, általában kiterjed a koncentráció becslésére, a célpopuláció expozíciójának becslésére, valamint arra, hogy az adott koncentráció mennyire veszélyes az adott populációra (WHO, 2010). A hatásbecslés során nyert eredmények jól használhatók a szakpolitikai intézkedések meghozatalában. Az előnyök mellett meg kell említeni a korlátokat is, amelyek közül a legjelentősebb a megfelelő adatok hiá-

nya: például adott helyen a légszennyezettségi adatok, vagy a populációs adatok nem állnak rendelkezésre, így sok esetben a kockázat értékelése becsléseken vagy megítéléseken alapszik. Ennek következtében a környezetegészségügyi hatásbecslések sok bizonytalanságot hordoznak magukban, amikre fel kell hívni a figyelmet. Természetesen a hatásbecslések csak azokra az egészségi kimenetekre terjednek ki, amelyekben számszerűsíthetők a hatások. Törekedni kell a minél teljesebb hatásbecslésre, de az előbbieket alapján kijelenthető, hogy a becslések alábecsülik a hatásokat.

Az egészséghatás számszerűsítése. A légszennyezettség egészséghatás becslés eredményét leggyakrabban a légszennyezettségnek tulajdonítható többlethalálozási eset-számmal adjuk meg, vagy az elveszített életévek számával. Újabban egyre többször alkalmazzák a rokkantsággal korrigált elveszített életévek mutatót (DALY) vagy a várható élettartam változást (WHO Regional Office for Europe, 2013). Ezek a mutatók különböző egészséghatás típusokat írnak le és a lakosság egészségi állapotának különböző aspektusait jellemzik (Murray and Lopez, 2013). Fontos megjegyezni, hogy ezek a mutatók a teljes lakosságra vonatkozó értékeket adnak meg, nem lehet egyénre vagy kisebb populációra vonatkoztatni.

Járulékos halálozás vagy megbetegedés. Ez a mutató azt fejezi ki, hogy mekkora a többlethalálozás az adott populációban a légszennyezésnek való kitettség miatt. Kifejezhetjük a szennyezőanyag teljes hiányához, vagy valamilyen választott koncentráció szinthez viszonyítva.

Elveszített életévek (YLL): ez a mutató jelzi, hogy a légszennyezés következtében hány életévet veszítünk el az úgynevezett idő előtti (korai) halálozás következtében. Leegyszerűsítve a következőképpen számítják ki: a légszennyezés változásának tulajdonítható számított halálesetek számát megszorozzák a standard várható élettartammal arra az évre vonatkozóan, amikor a haláleset bekövetkezik – egyes számítások súlyozzák az eredményeket bizonyos szociális tényezőkkel.

Rokkantság miatt elveszített életéveket (YDL) úgy határozzák meg, hogy egy adott időszak alatt bekövetkező adott egészségkárosodás esetszámait megszorozzák a megbetegedés átlagos időtartamával (mialatt a beteg vagy meggyógyul, vagy meghal) és súlyozzák a betegség „súlyosság” faktorával (egy 0-1 közötti skálával, 0=teljes gyógyulás, 1=halál). A 2010-ben kiadott globális betegségteher számítás tanulmány frissített várható élettartam standard értékeket használ a YLL és a YDL meghatározásánál (WHO, 2014).

Rokkantsággal korrigált életévek (DALY). Egy DALY tulajdonképpen egy elvesztett egészséges életév. A DALY értékek összege a populációban jelzi a betegségterhet; olyan mérőszámnak tekinthető, ami mutatja a különbséget a populáció aktuális egészségi állapota és az „ideális” helyzet között, amelyben a teljes populáció egészségesen él az emberi élet végső határáig. A WHO kiadványban közölt, adott betegségekre vonatkozó teljes DALY érték magában foglalja az elveszített életéveket (YLL) és a rokkantsággal korrigált életéveket (YDL) is (WHO, 2014; Murray and Lopez, 2013).

Ezek a mutatók felhasználhatók még a járulékos költségek kiszámítására is, valamint a meghozott szakpolitikai intézkedések egészségnyereségének kiszámítására is. Léteznek olyan szoftverek, amelyek ezeket a számításokat is segítik (2. táblázat). Fontos megemlíteni, hogy az Eu-

szolgáltatni a légszennyezés egészségkárosító hatásairól. Hazánk is csatlakozott a 26 európai résztvevőhöz Budapest adataival. Az APHEIS programban a résztvevők az 1999-es évre vonatkozóan meghatározták a városokra jellemző szálló por (PM₁₀ és korom) szennyezettségnek

2. táblázat: A légszennyezettség környezetegészségügyi hatásbecslést segítő szoftverek bemutatása

| Szoftver eszköz | Fejlesztő intézmény | Földrajzi kiterjesztés | Vizsgált egészségi kimenet ¹ |
|---|---|---|---|
| AirCounts | Abt Association | Globális (42 város, további 3000 fejlesztés alatt) | halálozás |
| AirQ2.2 | WHO | Bármely ismert méretű populáció, amelynek ismert az alap halálózása vagy morbiditása | halálozás, megbetegedés |
| Aphekcom | Francia Közegészségügyi Intézet (InVS) | Globális, bár a jelenlegi verzió Európára vonatkozik | halálozás, megbetegedés |
| Economic Valuation of Air Pollution | Aarhus University | Északi félteke, kontinentális (pl. Európa, Országos és városi szintű) | halálozás, megbetegedés |
| EcoSense | University of Stuttgart | Európa | halálozás, megbetegedés |
| Environmental Benefits Mapping and Analysis Program – Community Edition (BenMap-CE) | US Environmental Protection Agency | Kontinentális (USA és Kína, de más helyre is alkalmazható a felhasználó igénye szerint) | halálozás, megbetegedés |
| Environmental Burden of Disease (EBD) assessment tool for ambient air pollution | WHO | Globális | halálozás, megbetegedés |
| GMAPS2 | World Bank | Globális | halálozás, megbetegedés |
| IOMLFET | Institute of Occupational Medicine | Bárhon használható, ahol rendelkezésre állnak háttér halálózási adatok és mért vagy számolt légszennyezési adatok | halálozás, megbetegedés |
| Rapid Co-benefit Calculator | US Environmental Protection Agency Stockholm Environment Institute | Fejlesztés alatt, minden országra, globális kiterjesztés | halálozás |
| SIM-Air | Urban Emissions | Ázsia, Afrika, Latin-Amerika | halálozás |
| TM5-FASST | EC-Joint Research Centre | Globális, 56 forrás régió | halálozás, megbetegedés |

¹A megbetegedés lehet pl. szív-érrendszeri, légzőszervi, betegség, kórházi betegfelvétel, sürgősségi betegfelvétel, táppénzes napok száma

rópai Unió 2014-ben hivatalos ajánlást dolgozott ki a légszennyezés által okozott megbetegedések költségeinek kiszámítására a WHO javaslatainak figyelembe vételével (ENV/EPOC/WPIEEP, 2014a; ENV/EPOC/WPIEEP, 2014b).

Legfontosabb, hazánkra is vonatkozó hatásbecslések.
APHEIS projekt eredményei. 1999-ben alakult a Levegőszennyezettség és Egészség Európai Információs Rendszer (APHEIS) azzal a céllal, hogy kiépítsen egy egészségügyi felmérő rendszert, amely információkat tud

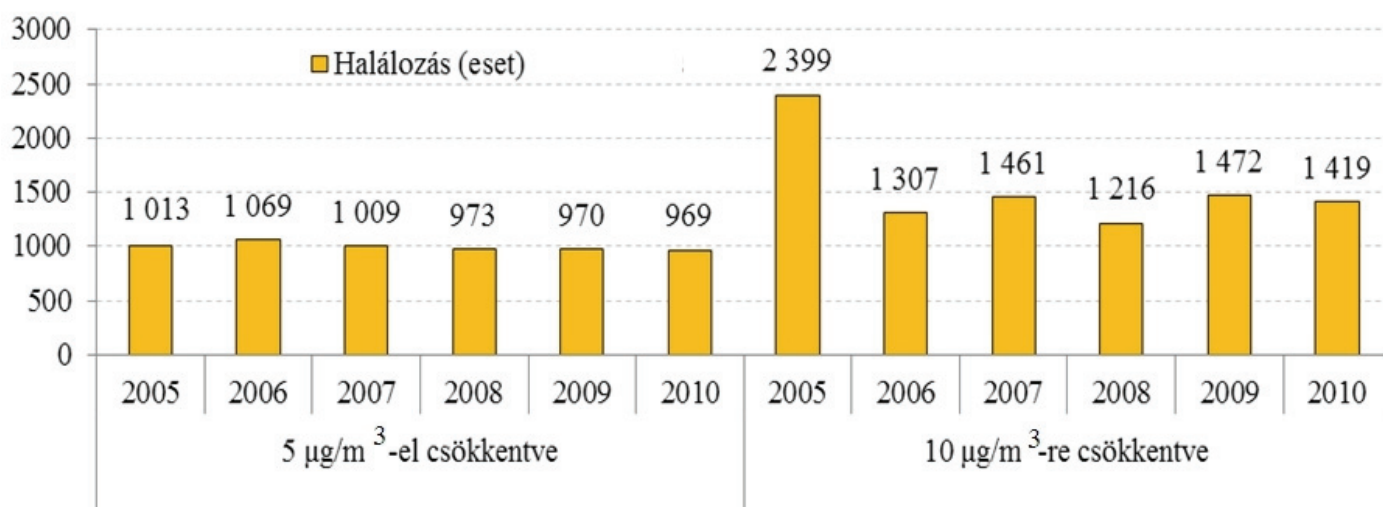
tulajdonítható rövid távú többlethalálozást a WHO által kifejlesztett AirQ1.2 szoftver alkalmazásával, jelenleg a 2.2 verzió tölthető le (WHO, 2004).

A módszer lényege, hogy az on-line mérőállomások adataiból nyert 24 órás átlagkoncentrációk eloszlási gyakorisága és a nemzetközi vizsgálatok (APHEA2) alapján megállapított kockázati értékek felhasználásával meghatározzák a városokra jellemző légszennyezettségnek tulajdonítható rövid távú többlethalálozást, különböző scenáriók szerint.

Az egészségügyi hatásbecslés eredménye igazolta a szálló por koncentráció csökkentésének előnyös hatását Budapesten is. Bár a PM_{10} évi átlagkoncentrációja 1999-ben $29,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 289 napon haladta meg a WHO által javasolt $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t, amely 170, rövid távon jelentkező többlet halálesettel hozható összefüggésbe, ami megelőzhető lenne. A PM koncentráció WHO által javasolt szintre való csökkentésével (Air Quality Guidelines) mérhetően (6–15%) csökkenne a mortalitás és morbiditás (Páldy et al., 2000).

Az APHEIS program következő fázisában (2003) a célkitűzés az volt, hogy a 2000. évi adatok felhasználásával megismételje az 1999-es adatokkal elvégzett hatásbecs-

hatással kapcsolatos döntéshozatalhoz szükséges ismeretek és kommunikáció fejlesztése Európában (2008-2011) projekt célkitűzése szerint Európa 26 nagyvárosában becsülték a légszennyezés egészségi hatását a 2004-2006-os évek adatai alapján. Ennek a projektnek a keretében egységes módszert dolgoztak ki az egészséghatás becslésére, amelyet szabadon elérhetővé tettek. A WHO is támogatja a módszer elterjesztését, 2016 januárjában, nagyrészt erre a módszertanra építve adott ki egy útmutatót (WHO, 2016). Az APHEKOM (2012) projektben résztvevő 26 európai város 33 millió lakosának adatai alapján megállapították, hogy a $PM_{2,5}$ a WHO Air Quality Guidelines által javasolt $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ éves átlagér-



2. ábra: A 14 hazai városban a $PM_{2,5}$ csökkentésével elkerülhető halálozás a különböző hosszú távú scenáriók esetén

lést. A programban részt vevő 23 város 36 millió lakosára vonatkozóan vizsgálták új elemként a PM_{10} rövid és hosszú távú hatásait. Az eredmények szerint, minden más tényezőt változatlanak tekintve, ha a PM_{10} kültéri expozícióját sikerülne $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re csökkenteni minden városban 2 napra, akkor 2580 idő előtti halálozást, 1741 szív-érrendszeri és 429 légzőszervi megbetegedés okozta halálesetet lehetne megelőzni évente. Továbbá megállapították, hogy 11 375 ember életét lehetne megmenteni évente (8053 kardiovaszkuláris és 1296 légzőszervi megbetegedés okozta halálozás) akkor, ha a számított $PM_{2,5}$ évi koncentrációt hosszú távon $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re csökkentenék minden városban. Ha $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lenne ez a határérték, akkor 16 926 korai halálesetet lehetne elkerülni (11 612 kardiovaszkuláris és 1901 légzőszervi megbetegedés okozta haláleset). Ha minden más tényezőt változatlanak tekintünk, és a PM_{10} -ből számított $PM_{2,5}$ szennyezés évi koncentrációja nem haladná meg a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t, akkor a 30 évesnél idősebb lakosság várható élettartama átlagosan 2-13 hónappal lenne meghosszabbítható az összhálaózás csökkentésének köszönhetően (Páldy et al., 2005).

Az EC Új Népegészségügyi Program keretében megvalósult APHEKOM (A levegő-szennyezéssel és egészségi

ték feletti légszennyezés esetén évente 19 000 ember (ebből 15 000 fő szív-érrendszeri betegség miatti) halálához járul hozzá (APHEKOM, 2011).

Az APHEKOM vizsgálatban a városi háttérállomások légszennyezetségi adatait használták fel, mert ezek a mérési adatok jellemzik egy város teljes lakosságának expozícióját. Meg kell jegyezni, hogy a légszennyezés hatása viszonylag nehezen mutatható ki egyéni szinten, azonban a teljes népesség ki van téve a légszennyezés hatásának, ezért populációs szinten jelentős közegészségügyi teherrel kell számolni. A számítások azt bizonyítják, hogy a légszennyezés csökkentése nagyszámú lakosságcsoportra nézve kedvező hatású.

Az Országos Környezetegészségügyi Intézet munkatársai szükségesnek tartották, hogy a 2006 utáni időszakban is megvizsgálják a szálló por lehetséges rövid- és hosszú távú egészségkárosító hatását. Ezért az APHEKOM módszertant alkalmazva elvégezték a számításokat a 2005-2010 közötti időszakra Magyarország 14 online monitor állomással rendelkező városára vonatkozóan: Budapest, Debrecen, Eger, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Salgótarján, Szeged, Székesfehérvár, Szolnok, Tatabánya, Várpalota, Veszprém (Bobvos et al., 2014).

A légszennyezés hosszú távú hatását a $PM_{2,5}$ (PM_{10} értékekből 0,58-as faktor alkalmazásával származtatott) esetén értékelték, az elkerülhető halálozást a következő hosszú távú scenáriók szerint vizsgálták: az éves $PM_{2,5}$ értékek csökkentése $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -el, illetve az éves $PM_{2,5}$ értékek csökkentése $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re.

A 14 város összességében (2. ábra) vizsgálva a hosszú távú hatásokat megállapítható, hogy a $PM_{2,5}$ éves átlagértékek $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -el csökkentése évente átlagosan kb. 1000 halálesetet előzhetne meg. Amennyiben az évi átlagértékeket $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re tudnánk csökkenteni, az összes megelőzhető halálesetek száma átlagosan 1550 esetre emelkedne évente. A 14 város összalakossága hozzávetőlegesen 3 000 000, így, ha a teljes hazai populációra vonatkoztatva hasonló $PM_{2,5}$ expozíciót feltételeznénk, akkor 2005-ben az APHEKOM módszertan szerint 7997 fő, míg 2010-ben 4730 fő többelhalálozásához járult hozzá a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti $PM_{2,5}$ szennyezés.

Amennyiben az évi átlagértékeket $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re tudnánk csökkenteni, az összes megelőzhető halálesetek száma átlagosan 1550 esetre emelkedne évente, életév nyereségben kifejezve átlagosan 2,4 hónap (Pécs) és 12,8 hónap (Várpalota) között alakulna ez a továbbélési mutató a városokban.

2014-ben nagy szakmai érdeklődést váltott ki a „*The costs of air pollution (2014) from road transport*” c. OECD kiadvány (High level session Meeting of the Environmental Policy, 2014. április 23–24.). Ez a kiadvány megállapítja, hogy világszerte főként a közlekedési eredetű $PM_{2,5}$ kibocsátás növekszik, ezzel együtt nő az expozíció terhére írható többelhalálozás. A kiadványban közöltek szerint Magyarország esetében a 2005-re vonatkozóan a számított évi többelhalálozás 11 712 fő, míg 2010-ben valamivel kedvezőbb alakult (9376 fő). Ez a számított többelhalálozás 1 000 000 főre vonatkoztatva közelítőleg megegyezik a Kínára vonatkoztatott számításokkal. Mivel a tanulmányban közölt eredmények eltérnek az APHEKOM módszertannal számolt, szintén nemzetközi kiadványokban megjelent eredménytől, ezért érdemes bemutatni, mint jellemző példát, hogy milyen módszert alkalmaztak a hatásbecsléshez és az eredmények hogyan értelmezhetők.

A számításokat az Institute for Health Metrics and Evaluation 2013-ban végezte el, a részletes eredmények az interneten megtalálhatók². Az eredmények modellezésen alapulnak, a módszertant részletesen ismertetik Lim és munkatársai a közleményben. A többelhalálozási számítások alapja az országok évi halálozási statisztikája. Hazánkban ez rendkívül magas, így eleve kedvezőtlen a kiindulási alap. A kültéri szálló por expozíciót műhold felvételek alapján becsülték és ahol rendelkezésre álltak $PM_{2,5}$ mérési adatok, ott validálták az eredményeket. Magyarországon ez nem állt rendelkezésre. A $PM_{2,5}$ viszonyítási koncentrációjaként $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ évi átlagkoncentrációt vettek figyelembe. A kockázati értéket integrált dózis-hatásgörbék előállításával bonyolult statisztikai

elemzésekkel határozták meg és az összes halálozás, illetve okspecifikus halálozások esetén a halálozás arányában adták meg, figyelembe véve a $PM_{2,5}$ helyi lehetséges kibocsátási forrásait. Meg kell említeni, hogy a fentebb bemutatott európai számítások esetén (APHEKOM) a $PM_{2,5}$ hosszú távú hatásait vizsgáló scenáriókban $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti koncentrációkra vonatkozik a számítás. Az eredmények értékelésénél további meggondolásra ad okot az, hogy a légszennyezetségi adatok Magyarországra nézve nincsenek mérésekkel validálva. Mivel a $PM_{2,5}$ „hatástalan” évi átlagkoncentrációját igen alacsony értéknél határozták meg és a magyar „alaphalálozás” igen magas, ezért a számított többelhalálozás értéke is nagyon magas.

A tanulmányban közölt hatásbecsléssel kapcsolatban tehát rámutattunk arra, hogy milyen eltérések adódhatnak a hatásbecslésben attól függően, hogy mért vagy számított expozíciós adatokat használunk. További eltéréseket okozhat a hatásbecslés viszonyítási alapja. Ezek a módszertani különbségek magyarázzák, hogy bár a becsült többelhalálozás nagyságrendileg hasonló tartományban mozog, mint a hazai hatásbecslés eredményei, az OECD tanulmány azonban kb. kétszer magasabb halálozást becsült.

A bemutatott módszerek és eredmények alátámasztják a környezetegészségügyi hatásbecslések elvégzésének szükségességét a megfelelő szakmapolitikai döntések megalapozása érdekében. A hatásbecslés igen fontos eszköz az Európai Unió új levegőminőség politikájával kapcsolatos célkitűzéseinek elérésében.

Irodalom

- Andersen, Z.J., Raaschou-Nielsen, O., Ketzel, 2012: Diabetes incidence and long-term exposure to air pollution: a cohort study. *Diabetes Care*. 35, 92–98. doi: 10.2337/dc11-1155. (Epub 2011.11.10.)
- APHEKOM, 2011: Summary report of the Aphekom project 2008–2011 http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=5532fafa-921f-4ab1-9ed9-c0148f7da36a&groupId=10347
- APHEKOM, 2012: Health impact assessment of air pollution <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>
- Bauer, M., Moebus, S. and Möhlenkamp, S., 2010: Urban particulate matter air pollution is associated with subclinical atherosclerosis: results from the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 56, 1803–08
- Beelen, R., Hoek, G. and van den Brandt, P. A., 2008: Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ. Health Perspect.* 116, 196–202. doi: 10.1289/ehp.10767.
- Bobvos, J., Szalkai, M., Fazekas, B és Páldy, A., 2014: A szálló por szennyezetségi egészségkárosító hatásának becslése néhány hazai városban. <http://egeszsegudomany.higienikus.hu/cikk/2014-3/Bobvos.pdf>
- Brimblecombe, P., 1987: The big smoke: a history of air pollution in London since medieval times. *New York/Methuen*.
- Brook, R. D., Jerrett, M. and Brook, J. R., 2008: The relationship between diabetes mellitus and traffic-related air pollution. *J. Occup. Environ. Med.* 50, 32–38. doi: 10.1097/JOM.0b013e31815dba70.
- Brook, R. D., Rajagopalan, S. and Pope, C. A., 2010: American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention,

² <http://viz.healthmetricsandevaluation.org/gbdcompare>

- 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* 1. 121(21), 2331-78. doi: 10.1161/CIR.0b013e3181d8e1. (Epub 2010.05.10.)
- Department of Health, 2006: Health risk assessment in Western Australia. Perth, Government of Western Australia. http://www.public.health.wa.gov.au/cproot/1499/2/Health_Risk_Assessment.pdf
- Dockery, D. W., Schwartz, J. and Spengler, J.D., 1992: Air pollution and daily mortality: association with particulates and air aerosols. *Env. Res.* 59, 362-373.
- Dominici, F., Peng, R. D. and Bell, M. L., 2006: Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA.* 295(10), 1127-34.
- ENV/EPOC/WPIEEP (ENVIRONMENT DIRECTORATE ENVIRONMENT POLICY COMMITTEE), 2014a: Working Party on Integrating Environmental and Economic Policies: health economics and air pollution. *ENV/EPOC/WPIEEP(2014)14*
- ENV/EPOC/WPIEEP (ENVIRONMENT DIRECTORATE, ENVIRONMENT POLICY COMMITTEE), 2014b: Working Party on Integrating Environmental and Economic Policies: Issues in developing a standard method for the valuation of morbidity impacts of air pollution. *ENV/EPOC/WPIEEP(2014)15*
- Freire, C., Ramos, R. and Puertas, R., 2010: Association of traffic-related air pollution with cognitive development in children. *J. Epidemiol. Community Health* 64, 223-238. doi: 10.1136/jech.2008.084574. (Epub 2009.08.13.)
- Gehring, U., Wijga, A. H. and Brauer, M., 2010: Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 181, 596-603. doi:10.1164/rccm.200906-0858OC. (Epub 2009.12.03.)
- HIP (Human Impact Partners), 2014: Frequently asked questions about integrating health impact assessment into environmental impact assessment. <http://www.epa.gov/region9/nepa/PortsHIA/pdfs/FAQIntegratingHIA-EIA.pdf>
- Hoffmann, B., Moebus, S. and Möhlenkamp, S., 2007: Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 116(5), 489-96. (Epub 2007.07.16.)
- Hoffmann, B., Moebus, S. and Stang, A., 2006: Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. *Eur. Heart J.* 27, 2696-2702. (Epub 2006.09.26.)
- Katsouyanni, K., 2001: 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* 12, 521-531.
- Katsouyanni, K., Schwartz, J., Spix, C., Touloumi, G., Zmirou, D., Zanobetti, A., Wojtyniak, B., Vonk, J. M., Tobias, A., Ponka, A., Medina, S., Bacharova, L. and Anderson, H. R., 1996: Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time-series data: the APHEA protocol. *JECH.* 50, S12-S18.
- Katsouyanni, K., Touloumi, G., Spix, C., Schwartz, J., Balducci, F., Medina, S., Rossi, G., Wojtyniak, B., Sunier, J., Bacharova, L., Shouten, J. P., Ponka, A. and Anderson, H. R., 1997: Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ* 314,1658-63.
- Katsouyanni, K., Zmirou, D., Spix, C., Sunyer, J., Schouten, J. P., Ponka, A., Anderson, H. R., Le Moullec, Y., Wojtyniak, B., Vigotti, M. A. and Bacharova, L., 1995: Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time-series data. *ERJ* 8, 1030-1038.
- Krämer, U., Herder, C. and Sugiri, D., 2010: Traffic-related air pollution and incident type 2 diabetes: results from the SALIA cohort study. *Environ. Health Perspect.* 118, 1273-1279. doi:10.1289/ehp.0901689. (Epub 2010.05.11.)
- Künzli, N., Jerrett, M. and Garcia-Esteban, R., 2010: Ambient air pollution and the progression of atherosclerosis in adults. *PLoS One.* 5(2):e9096. doi: 10.1371/journal.pone.0009096.
- Künzli, N., Jerrett, M. and Mack, W. J., 2005: Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environ. Health Perspect.* 113, 201-206.
- Künzli, N., Kaiser, R. and Medina, S., 2002: Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet.* 2;356(9232), 795-801.
- MacIntyre, E. A., Karr, C. J. and Koehoorn, M., 2011: Residential air pollution and otitis media during the first two years of life. *Epidemiology* 22, 81-89. doi: 10.1097/EDE.0b013e3181fdb60f.
- Morgenstern, V., Zutavern, A. and Cyrus, J., 2007: Respiratory health and individual estimated exposure to traffic-related air pollutants in a cohort of young children. *Occup. Environ. Med.* 64, 8-16. (Epub 2006.08.15.)
- Murray, C. J. L. and Lopez, A. D., 2013: Measuring the global burden of disease. *New England Journal of Medicine* 369, 448-457. <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1201534>
- Naess, Ø., Nafstad, P. and Aamodt, G., 2007: Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway. *Am. J. Epidemiol.* 165, 435-443. (Epub 2006.11.29.)
- Ostro, B., Broadwin, R. and Green, S., 2006: Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect.* 114, 29-33.
- Páldy, A. and Bobvos, J., 2012: Local city report – Budapest APHEKOM http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=9edf2fc3-f484-4f21-9787-0397d17197b6&groupId=10347
- Páldy, A., Bobvos, J. és Vámos, A., 2000: Levegőszennyezett-ség rövid távú koncentráció változásának hatása a napi halálózásra Budapesten (APHEA-2 vizsgálat). *Budapesti Közegészségügy* 4, 337-342
- Páldy, A., Bobvos, J., Vámos, A., Erdei, E. és Kishonti, K., 2005: Levegőszennyezés környezet-egészségügyi hatás-becslése Budapesten az APHEIS-3 program szerint. *Budapesti Népegészségügy* 3, 244-250.
- Perez, L., Declercq, C., Iñiguez, C., Aguilera, I., Badaloni, C., Ballester, F., Bouland, C., Chanel, O., Cirarda, F. B., Forastiere, F., Forsberg, B., Haluza, D., Hedlund, B., Cambra, K., Lacasaña, M., Moshhammer, H., Otorespec, P., Rodríguez-Barranco, M., Medina, S. and Künzli, N., 2013: Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network). *Eur. Respir. J.* 42, 594-605. doi: 10.1183/09031936.00031112. (Epub 2013.03.21.)
- Pope, C. A., Burnett, R. T. and Thun, M. J., 2002: Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama* 287, 1132-1141.
- Pope, C. A., Schwartz, J. and Ransom, M. R., 1992: Daily mortality and PM₁₀ pollution in Utah Valley. *Arch. Env. Health* 47, 211-217.
- Quigley, R., 2006: Health impact assessment international best practice principles [online]. Fargo, USA; International Association for Impact Assessment. <http://www.iaia.org/publicdocuments/special-publications/SP5.pdf>

- Raaschou-Nielsen, O., Sørensen, M. and Ketzel, M., 2013: Long-term exposure to traffic-related air pollution and diabetes-associated mortality: a cohort study. *Diabetologia* 56, 36–46. doi: 10.1007/s00125-012-2698-7. (Epub 2012.08.24.)
- Ranft, U., Schikowski, T. and Sugiri, D., 2009: Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly. *Environ Res.* 109, 1004–1011. doi: 10.1016/j.envres.2009.08.003. (Epub 2009.09.04.)
- REVIHAAP WHO, 2012: Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP interim results. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaapinterim-report>
- Rückerl, R., Schneider, A. and Breitner, S., 2011: Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhal. Toxicol.* 23, 555–592. doi: 10.3109/08958378.2011.593587.
- Schwartz, J. and Dockery, D. W., 1992a: Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Am. Rev. Respir. Dis.* 145, 600–604.
- Schwartz, J. and Dockery D. W., 1992b: Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, Ohio. *Am. J. Epidemiol.* 135, 12–19.
- Schwartz, J. and Marcus, A., 1990: Mortality and air pollution in London: A time-series analysis. *Am. J. Epidemiol.* 131, 185–194.
- Schwartz, J., 1991: Particulate air pollution and daily mortality in Dertoit. *Environ. Res.* 56, 204–213.
- Schwartz, J., 1996: Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *Epidemiology* 7, 20–28
- Shah, P. S. and Balkhair, T., 2011: Knowledge Synthesis Group on Determinants of Preterm/LBW births. Air pollution and birth outcomes: a systematic review. *Environ. Int.* 37, 498–516. doi: 10.1016/j.envint.2010.10.009. (Epub 2010.11.11.26.)
- Spix, C., Heinrich, J., Dockery, D. and Schwartz, J., 1993: Air pollution and daily mortality in Erfurt, East Germany, 1980–1989. *Environ. Health Perspect.* 101, 518–526.
- Straif, A. K., Cohen, S. and Samet, J. (eds.), 2013 Air Pollution and Cancer. IARC Scientific Publication 161, <http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/index.php>
- The Cost of Air Pollution, 2014 (Health Impacts of Road Transport): <http://www.oecd.org/env/the-cost-of-air-pollution-9789264210448-en.htm>
- Touloumi, G., Samoli, E. and Katsouyanni, K., 1996: Daily mortality and "winter type" air pollution in Athens, Greece. A time series analysis within the APHEA project. *JECH.* 50, S47–S51.
- WHO Regional Office for Europe, 2013: Review of evidence on health aspects of air pollution (REVIHAAP). Technical report. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>
- WHO Regional Office for Europe, 2016: Health risk assessment of air pollution. General principles <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2016/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016>
- WHO Regional Office for Europe, OECD, 2015. Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf?ua=1
- WHO, 2003: Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report on a WHO Working Group Bonn, Germany 13–15 January 2003. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf
- WHO, 2004: Tools for health impact assessment of air quality: the AirQ 2.2 software. <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>
- WHO, 2005: Air quality guidelines – global update 2005. http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/
- WHO, 2010: WHO human health risk assessment toolkit: chemical hazards. IPCS harmonization project document 8. Geneva; World Health Organization. <http://www.who.int/pcs/publications/methods/harmonization/toolkit.pdf>
- WHO, 2014a: 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Media Centre news release. Geneva: World Health Organization. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>
- WHO, 2014a: Health statistics and information systems. Metrics: disability-adjusted life year (DALY) [online]. Geneva; World Health Organization. http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/
- WHO, 2014b: Burden of disease from ambient air pollution for 2012. Geneva; World Health Organization. http://www.who.int/phe/healthtopics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf
- WHO, 2014b: Burden of disease from household air pollution for 2012. Summary of results. Geneva: World Health Organization http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINALHAP_AAP_BoD. (Epub 2014.03.24)
- Zanobetti, A., Gold, D.R. and Stone, P. H., 2010: Reduction in heart rate variability with traffic and air pollution in patients with coronary artery disease. *Environ. Health Perspect.* 118, 324–30. (Epub 2009.11.08).