

Győr levegőszennyezettségének egészségügyi hatásbecslése

Szemerédi Eszter: PhD hallgató, Széchenyi István Egyetem,
Regionális-és Gazdaságtudományi Doktori Iskola (szemeredi.eszter@sze.hu)



Absztrakt: Nemzetközi és hazai kutatások évtizedek óta irányulnak a légszennyezettség okozta kitettség egészségügyi hatásainak felmérésére. Kiemelten fontos népegészségügyi probléma lévén az Európai Unió irányelvekkel és határozatokkal szabályozza a tagállamok kötelezettségeit a levegő minőségével, szabályozásával és mérésével kapcsolatban. Tanulmányom célja, hogy bemutassa a Győr levegőminőségét befolyásoló szennyezőanyagok mennyisége és a populáció egészségügyi állapota közötti összefüggést. Az általam vizsgált szennyező anyag a 10 illetve 2,5 mikronnál kisebb szállópor szemcse (PM10 és PM2,5). Az egészségügyi hatásvizsgálat céljából a szennyezettség által okozott többlethalálozások számát becsülöm meg a WHO módszertanát felhasználva, három egészségügyi végpont tekintetében. Az utolsó két év, amire rendelkezésre állnak települési szintű halálozási adatok 2014 és 2015, így tanulmányom e két évet öleli fel.

Kulcsszavak: levegőszennyezés, szálló por, egészségügyi hatásbecslés, többlethalálozások

Abstract: Numerous studies conducted over the years assessed the health effects of outdoor air pollution, and point to the adverse effects of exposure. Given the importance of this problem, the European Union's directives provide a common legal framework on air quality assessment and management. The aim of this study is to assess the association between air pollution and public health in Győr. For the assessment of short term impact of air pollution PM10 data, while for the long term effect PM2,5 were used. Following the methodology developed by WHO excess mortality was computed using data retrieved from National Air Quality Monitoring Network. All cause mortality, cardiovascular mortality, and lung cancer mortality were analyzed as health endpoints. The health impact measurement was carried out for the years 2014-2015.

Keywords: air pollution, health impact assessment, excess mortality

1. A LEVEGŐSZENNYEZÉS ÉS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI

A levegőszennyezés a légszennyező anyagok határértéket meghaladó mértékű kibocsátását jelenti. Egyik legfontosabb forrása a környezeti expozíció terhére róható megbetegedéseknek. A WHO becslése alapján évente 3,7 millió haláleset

tulajdonítható a kültéri légszennyezésnek. A levegő szennyezése többféle halálok miatti elhalálozásért felelős, ezek közül kiemelkednek a szív- és érrendszeri megbetegedésből, valamint a légzőszervi megbetegedésből származó elhalálozások.^[1] Ártalmas továbbá az ökológiai rendszerekre, és csökkenti a környezet által nyújtott kikapcsolódási lehetőségek minőségét. Az életminőségre is hatásos van, hiszen asztmát és egyéb légúti megbetegedéseket okozhat. A levegőszennyezés mindemellett magas egészségügyi költségeket is von maga után (Páldy-Bobvos, 2015).

Az 1972-es stockholmi környezetvédelmi konferenciát követően Európában és hazánkban is megszülettek az első környezetvédelmi normák, egyezmények, és szabályozások. Magyarországon az első környezetvédelmi törvény (1976. évi II. törvény az emberi környezet védelméről) „állampolgári jogként nevezi meg az emberhez méltó környezetet, céljai között szerepel az ember egészségének védelme, a jelen és a jövő nemzedékek életfeltételeinek javítása érdekében védelmi szabályok kialakítása.” (Csapó, 2015) A törvénnyel szemben számos kritika fogalmazható meg, többek között a csővégi szemlélet alkalmazása, amelyet tükröz az engedélyezés, mint eszköz alkalmazásának hiánya, a szabályozásbeli túldimenzionálás, és az, hogy a gyakorlatban a különféle bírságokat nem alkalmazták. A 90-es években megjelenő forrásnál való fellépés elve szerint „a környezet károsodását nem lehet megelőzni a csővégi módszerekkel. Az elv egyebek között magába foglalja a kibocsátási határértékek alkalmazásának elsőbbségét a környezetminőségi értékek alkalmazása helyett, különösen, ami a víz- és levegőszennyezést illeti.” (Jans-Vedder, 2012) A jelenleg hatályos 1995. évi környezet védelmének szabályairól szóló LIII. törvény a levegő védelme érdekében előírja, hogy:

„A levegőt védeni kell minden olyan mesterséges hatástól ... , amely minőségét veszélyeztető, vagy egészséget károsító módon terheli. A tevékenységek, létesítmények tervezésénél, megvalósításánál, folytatásánál, valamint a termékek előállításánál és használatánál törekedni kell arra, hogy a légszennyező anyagok kibocsátása a lehető legkisebb mértékű legyen”.^[2] Jelenleg a levegőtisztaságvédelem stratégiai célja, hogy minden településen a levegő minősége feleljen meg a meghatározott egészségügyi határértékeknek (Bibók, 2010). Az egészségügyi határértékeket az Európai Unió irányozza elő, a kitűzött célok elérésének menetét a tagországok egyénileg dolgozzák ki. Az előrehaladásról pedig adatszolgáltatási kötelezettségük van.

Az Európai Unió határozatokkal és irányelvekkel szabályozza a tagországok kötelezettségeit és jogait a levegőminőség mérésével és ellenőrzésével kapcsolatban. Az ország területén ki kell jelölni a különböző szennyezettségű régiókat.

[1] World Health Organization: World Health Assembly closes, passing resolutions on air pollution and epilepsy. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/wha-26-may-2015/en/> megtekintve: 2017.04.27.

[2] Jogtár: 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól. <https://mkogy.jogtar.hu/?page=show&docid=99500053>.TV megtekintés dátuma: 2017.05.10.

Ki kell jelölni a határértéket meghaladó mértékben szennyezett területeket. Továbbá határozatok állapítják meg a levegőminőségi határértékeket a leggyakoribb szennyező anyagokra nézve. A határérték időtartam és terület szerint eltérő, a rendszerre a folyamatos változás jellemző, ezek az értékek egyre inkább szigorodnak (Barótfi, 2000). A legújabb Európai Tanács és Parlament által 2016-ban elfogadott NEC-irányelv a jelenleg hatályos értékeknél jóval szigorúbb nemzeti határértékeket állapít meg a 2020-tól 2029-ig tartó, illetve a 2030 utáni időszakra. Az új kötelezettségvállalások révén a levegőszennyezés egészségügyi hatása 2030-ra a becslések szerint mintegy 50%-kal csökkenni fog.^[3] Léteznek ezenkívül úgynevezett irányértékek, amelyek szigorúbbak a határértékeknél, és amelyek elérésére egy bizonyos határidőn belül törekedni kell.

A légszennyező anyagok közül a szállóport tekintjük a legszennyezőbb anyag-nak. A szállópor (PM₁₀, és PM_{2,5}) rövid- és hosszú távú egészségkárosító hatásáról számos külföldi és hazai tanulmány született. Ezek a levegőszennyezettség és néhány egészségügyi paraméter közötti kapcsolatot vizsgálták. A legtöbb esetben pozitív összefüggés jelentkezett a PM₁₀ koncentráció és a morbiditás, mortalitás között. Tény, hogy a legkisebb koncentráció is veszélyt jelenthet az érzékeny lakossági csoportok számára. A leginkább veszélyeztetettnek a csecsemők, időskorúak valamint az aktív és passzív dohányosok számítanak (Beregszásy-Páldy, 2005). Az egészségkárosító hatásokat felismerve WHO megjelentette az Air Quality Guidelines (Levegőminőségi Ajánlások) c. kiadványát először 1987-ben, ezt követően többször felülvizsgálták a káros egészségügyi hatást alátámasztó eredményeket, legutóbb 2012-ben.^[4] Azóta egyre több bizonyíték támasztja alá a PM_{2,5} és PM₁₀ rövid távú egészségkárosító hatásait, így 2016-ban a WHO megkezdte a levegőminőségi ajánlásainak felülvizsgálatát.^[5]

A koncentráció és a hatás összefüggéséről a legpontosabb adatok egy kb. fél milliő embert magába foglaló 16 éven tartó kiterjedt kutatásból származnak. Főbb eredményei szerint hosszútávon a PM_{2,5} éves átlagkoncentrációjának 10µg/m³-rel való emelkedése 6%-kal növeli meg a halálozási arányt. Rövidtávon a PM₁₀ koncentráció 10µg/m³-rel való növelése 0,5-0,6%-kal emeli a halálozás kockázatát.^[6]

[3] Európai Tanács: Levegőminőség: megállapodás a szennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékek szigorításáról. <http://www.consilium.europa.eu/hu/press/press-releases/2016/06/30-air-quality/> megtekintés dátuma: 2017.05.10.

[4] 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/airquality/publications/2013/review-of-evidence-on-healthaspects-of-air-pollution-revihaapinterim-report> megtekintés dátuma: 2017.06.20.

[5] WHO: Update of WHO Air Quality Guidelines. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/update-of-who-global-air-quality-guidelines>. megtekintés dátuma: 2017.07.10.

[6] Földművelésügyi Minisztérium: PM10 csökkentési program. <http://pm10.kormany.hu/egeszsegugyi> megtekintve: 2017.04.27.

Az első nagyobb kaliberű európai vizsgálat a témában a 90-es években indult. 1991-1994 között egy vizsgálat folyt le az Európai Közösség által finanszírozott „Környezet 1991-94” program keretében 11 kutatócsoport részvételével. Az APHEA vizsgálat keretén belül 15 európai országban tanulmányozták az összefüggéseket a különböző légszennyezők és a napi halálozás, valamint a sürgősségi kórházi betegfelvétel között. A kutatás rámutatott a szálló por koncentráció és a napi összhála, a szív-keringési eredetű, valamint légúti betegségek miatti halálozás közötti összefüggésekre. A kutatást később megismételték APHEA2 néven, 1998 és 2001 között 29 nagyvárosban a légszennyezők rövid távú egészségkárosító hatásait elemezték. Eszerint a PM_{10} koncentráció $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ -rel való növekedése 0,4-0,8%-kal emeli a halálozás kockázatát (Katsouyanni, 2001).

A Francia Országos Közegészségügyi Intézet (InVS) által koordinált Apekom projekt során 2004 és 2006 között 25 európai nagyváros légszennyezettségének egészségügyi hatásbecslését hajtották végre. A kutatás célja az volt, hogy elemezzék a légszennyezettség várható egészségi hatásait, hogy a levegő minőségének javításával hány ember halála lehetne elkerülhető. A vizsgálatban résztvevő 25 nagyváros között Budapest a második legszennyezettebb levegőjű nagyvárosként szerepelt. Eredményeik szerint, ha a szálló por 10 mikrométer átmérőjű részecskéinek (PM_{10}) éves átlagkoncentrációja $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ -el kisebb lenne, Budapesten évente hatvanöt életet lehetne megmenteni. Évente 365 ember halálát lehetne megelőzni a fővárosban, ha a szennyezés éves koncentrációja nem haladná meg az Egészségügyi Világszervezet éves határérték ajánlását, $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ -t (Pascal et al., 2013).

Amerikában hasonló módszerekkel elemezték a levegőszennyezés egészségügyi hatásait. 1974 és 2009 között hat városban követték nyomon egy kiválasztott csoportot, hogy a légszennyezés mortalitásra gyakorolt hatását megbecsülhessék. A kutatás szerint 2000-re a $PM_{2,5}$ éves átlagkoncentrációja $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ alá csökkent. A főbb eredmények szerint a $PM_{2,5}$ koncentrációjában bekövetkezett $2,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ -s csökkenés az összhála, a 3,5%-os csökkenéshez vezetett. Egy ehhez kapcsolódó tanulmány igazolta, hogy a finom por általi légszennyezés csökkenése az 1980-90-es években több mint 15%-ban járult hozzá az ebben az időszakban tapasztalt 2,7 éves várható élettartam növekedéshez (Pope et al., 2009). Egy svájci kutatócsoport 1991-ben, valamint 2001-ben vizsgálta nyolc svájci közösségben a levegőszennyezés és a tüdőbetegségek kialakulása közti összefüggést. A vizsgált időszakban átlagosan $6,2\mu\text{g}/\text{m}^3$ -el csökkent a PM_{10} koncentráció. Ennek tulajdonították a légzésfunkciók paraméterek értékeinek átlagos csökkenését, illetve a légzőszervi megbetegedéssel orvoshoz fordulók számának csökkenését (köhögés, krónikus köhögés, légszomj, sípoló légzés stb.) (Schindler et al., 2009).

A $PM_{2,5}$ koncentrációjának hosszú távú egészségkárosító hatására is számos kutatás rámutatott. Egy holland kutatás megerősítette, hogy a $PM_{2,5}$ szennyezés hosszú távon 6%-al növeli a természetes halálokok miatti halálozást $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ként (Beelen et al., 2008). Egy norvég kutatás bizonyította, hogy a hosszú távú expozíció növeli a szív- és érrendszeri betegségekből származó halálozást (Naess et al., 2007).

A légszennyezettség környezet-egészségügyi hatásbecslését hazánkban az Országos Környezetegészségügyi Intézet végzi. 2005-ben a szálló por 10 μg alatti frakció egészségkárosító hatását vizsgálták Budapestre és néhány vidéki városra, Miskolcra, Pécsre, Győrre, Egerre és Komlóra. Az APHEIS program módszertanát követve a 2002. évre számították ki a légszennyezésnek tulajdonítható többlethalalozások számát. A városok napi PM_{10} terhelése 2002-ben 47-99%-ban volt magasabb 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -nél. Számításaik szerint, ha a rövidtávú csúcskoncentráció értékeket 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alá tudnák csökkenteni, akkor Budapesten 170, vidéki városokban összesen 108 ember életét lehetne megmenteni összhálalozás tekintetében, illetve Budapesten 91, a többi városban összesen 59 szív- és érrendszeri halálesetet lehetne elkerülni. A PM_{10} tartós hatásának csökkentésével 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alá a fővárosban 1937, míg a többi városban összesen 1072 ember életét lehetne megmenteni (Beregszászy-Páldy, 2005). Az OKI a 2006 utáni időszakban is vizsgálta a szálló por lehetséges rövid- és hosszú távú egészségkárosító hatását. Az APHEKOM módszertant alkalmazva elvégezték a számításokat a 2005-2010 közötti időszakra is. Magyarország 14 online monitor állomással rendelkező városára vonatkozóan elemezték az egészségügyi hatásokat (Budapest, Debrecen, Eger, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Salgótarján, Szeged, Székesfehérvár, Szolnok, Tatabánya, Várpalota, Veszprém). Kimutatták, hogy a 14 városban összesen a $\text{PM}_{2,5}$ 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 tudnák csökkenteni, az összes megelőzhető halálesetek száma átlagosan 1550 esetre emelkedne évente (Bobvos et al., 2014).

Kutatásom során célul tűztem ki a légszennyezés környezet-egészségügyi hatásának becslését a 2014-15-ös évekre Győr vonatkozásában. A vizsgálathoz szükséges adatbázis létrehozása, az adatok elemzése és az eredmények értékelése során nagyban támaszkodtam a WHO által kidolgozott és Magyarországon az Országos Környezetegészségügyi Intézet által alkalmazott módszertanra. A légszennyezés egészségügyi hatásbecslésének célja a múltbeli, jelen és jövőbeni légszennyezésnek való kitettség kockázatának becslése. Kiterjed a koncentráció becslésére, a célpopuláció expozíciójának becslésére, valamint arra, hogy az adott koncentráció mennyire veszélyes az adott populációra.^[7]

2. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

A levegőszennyezés egészségkárosító hatásának méréséhez egészségi végpontként a halálalozási adatok szolgáltak. A következő halálalozási mutatók kerültek bevonásra: összhálalozás Győr teljes népességére, tüdőrákból és a keringési rendszer betegségeiből származó halálesetek száma esethónapokra lebontva.

[7] WHO Regional Office for Europe: Health risk assessment of air pollution. General principles <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2016/health-riskassessment-of-air-pollution.-general-principles-2016> meglekintés dátuma: 2017.06.18.

Az egészségügyi adatok forrásaként a Központi Statisztikai Hivatal adatbázisa szolgált.

Az Országos Levegőminőségi Hálózat folyamatosan méri a levegőterheltséget a város két forgalmas pontján automata és manuális mérőállomások segítségével. A légszennyezés egészségügyi hatásainak feltárása során leggyakrabban vizsgált szennyező anyag a PM_{10} és $PM_{2,5}$. Győr városában két automata mérőállomás (Szent István út, Ifjúság körút) működik, mindkettő méri a PM_{10} koncentrációt, míg a 2,5-nél kisebb részecskéket csupán a Szent István úti mérőállomás. Egy 2014-ben végrehajtott kutatás eredményei igazolták, hogy Győrben a monitorállomások reprezentatív módon tükrözik a város porterhelését.

Vizsgálódásom tárgyát tehát a PM_{10} és $PM_{2,5}$ koncentráció adja. A légszennyezettségmérő monitorállomások automata állomásai által a vizsgált időszakra mért napi koncentrációkat használtam fel az analízis során. Kiszámításra kerültek a két állomás napi átlagkoncentrációi, azon napoknak a száma, amikor az egyes automata mérőállomások koncentrációi, illetve a 24 órás átlagok a megengedett határértéket ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) túllépték. Továbbá meghatároztam a napi átlagkoncentrációk éves és havi szintű minimum és maximum értékeit, éves és havi átlagait, valamint azon napoknak a számát, amikor a napi átlagos anyagkoncentráció PM_{10} esetében a következő kategóriák valamelyikébe esett: 50-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-99, $PM_{2,5}$ esetében pedig a következő kategóriákra: 10-19, 20-29, 30-39, 40-49.

A légszennyezettség egészségügyi hatásának következményeit leggyakrabban a légszennyezettségnek tulajdonítható többlethalálzási esetszámmal adjuk meg. 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 koncentrációszinthez viszonyítva.” (Páldy-Bobvos, 2015) A WHO által kidolgozott becslési módszertan lehetővé teszi a PM_{10} és $PM_{2,5}$ koncentráció rövid-és hosszú távú hatásainak vizsgálatát.

A levegőszennyezésnek tulajdonítható többlet halálesetek kiszámításához elsőként a járulékos kockázati hányadot szükséges meghatározni. A járulékos kockázati hányad azt mutatja meg, hogy az egészségügyi következmény kialakulása milyen arányban tudható be az exponált csoportban a kitettségnek egy bizonyos időszakra vonatkozóan, azzal a feltétellel élve, hogy ok-okozati összefüggés áll fenn az expozíció és az egészségügyi következmény között és nem kell számolni jelentősebb zavaró tényezővel (Beregszászy-Páldy, 2005). Számítása a következőképpen történik:

1.
$$JKH = \frac{RR-1}{RR}$$
2.
$$N_{\text{többlet}} = JKH \times I \times N$$

ahol JKH a járulékos kockázati hányad, RR pedig a relatív kockázati érték. A kiválasztott egészségi következmény relatív kockázata a WHO előzetes epidemiológiai kutatásai során meghatározott kitettség - válasz funkciókból nyerhető. Számításaim során így a WHO módszertani útmutatójában megadott relatív

kockázati értékekkel dolgoztam. Az adatokat a különböző betegségtípusokhoz kapcsolódóan az 1. táblázat foglalja össze. A járulékos kockázati hányadot össze-szorozva az egészségügyi következmény adott populációra vonatkozó gyakorisá-gával (I, ebben az esetben a halálozási ráta per capita) és az expozíciónak kitett populáció elemszámával (N) megkapjuk a légszennyezésnek tulajdonítható több-lethalalozást N populációra vetítve (Ntöbblet) (Ostro, 2004).

A szálló por 10 µm alatti frakciójának napi átlagkoncentrációja és az összhála-lozás, a szív- és érrendszeri valamint a tüdőrákból fakadó halálozás közötti összefüggések vizsgálatának lépései Győr vonatkozásában a következők:

1. lépés: A PM-nek való kitettség mértékének megállapításához a két győri automata mérőállomás napi koncentrációinak átlagolása, majd havi szintű és éves átlagok meghatározása a 2014-es és 2015-ös évekre.

2. lépés: A PM₁₀ és PM_{2,5} expozíciónak kitett populáció, és a vizsgálni kívánt egészségügyi következmény meghatározása.

3. lépés: Az egészségügyi következmény gyakorisága (halálozási ráta per capita).

4. lépés: Relatív kockázat kiszámítása a WHO kutatási adataira támaszkodva (1. táblázat), majd ebből a járulékos kockázati hányad és végül a többletet kalkulációja.

1. táblázat: Relatív kockázat kiszámítása különböző egészségi végpontok esetében

Egészségi végpont és kitettség	Relatív kockázat kiszámítása	β koefficiens 95% megbízható-sági szint	Kitett populációs csoport
Összhalálozás és rövid távú kitettség PM10-nek	$RR = \exp[\beta \cdot (X - X_0)]$	0.0008 (0.0006 - 0.0010)	Minden korosztály
Légzőszervi halá-lozás és rövid távú kitettség PM10-nek	$RR = \exp[\beta \cdot (X - X_0)]$	0.00166 (0.00034 - 0.0030)	5 évnél fiatalabb
Kardiovaszkulá-ris halálozás és hosszú távú kitett-ség PM2,5-nek	$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta$	0.15515 (0.0562 - 0.2541)	30 évnél idősebbek
Tüdőrák és hosszú távú kitettség PM2,5-nek	$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta$	0.23218 (0.08563 - 0.37873)	30 évnél idősebbek

Forrás: Saját szerkesztés Ostro (2004) alapján

3. EREDMÉNYEK

Győr népessége 2014-ben 126 204 fő volt, ami 2015-re 125 783 főre csökkent. A halálozások száma 1463 és 1493 fő volt. A szív- és érrendszeri, valamint a légzőszervi halálozások adatai becsült értékek, a győri és soproni aggregált adatok alapján kerültek megállapításra. A Központi Statisztikai Hivatal adatbázisában a halálozások száma esethóra és halálozási okra lebontva Győr-Moson-Sopron Megye két megyei jogú városára összesítve szerepel. Az ismert adatokból kiindulva az arányosság elve mentén végrehajtott becslés végeredményeit a 2. táblázat tartalmazza. A dőlttel formázott adatok ismertek, a félkövérrel jelölt adatok a becsült értékek.

2. táblázat: Halálozások száma különböző egészségi végpontoknál

2014			
	Halálozások száma	Kardiovaszkuláris halálozások száma	Légcső, hörgő és tüdőrák okozta halálozások száma
Összesen	2183	1119	91
Győr	1463	750	61
Sopron	720	369	30
2015			
Összesen	2127	1121	92
Győr	1493	787	65
Sopron	634	334	27

Forrás: Saját szerkesztés, KSH alapján 2017.

2014-ben a győri Szent István úti automata mérőállomás (továbbiakban 1. mérőállomás) éves átlagos PM_{10} koncentrációja $20,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt, míg az Ifjúság körüti mérőállomáson (továbbiakban 2. mérőállomás) átlagban $24,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -os anyagkoncentrációt mértek. A két mérőállomás 24 órás koncentrációiból számtani átlagot alkotva meghatározható, hogy Győrben az átlagos PM_{10} koncentráció $21,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt. A $PM_{2,5}$ részecskék átlagos koncentrációja 2014-ben $13,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A 2015. évre az értékek a következőképpen alakultak: Szent István úti mérőállomás PM_{10} : $21,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Ifjúság körüti állomás PM_{10} : $25,06$, a két állomás átlaga PM_{10} : $22,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A $PM_{2,5}$ átlagosan a $11,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es értéket vette fel. 2014-ben az első mérőállomáson a napi PM_{10} határértékkel ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) megegyező vagy azt meghaladó napok száma 9 volt. A második mérőállomáson 19 alkalommal mértek a határértékkel megegyező vagy azt meghaladó koncentrációt. A két állomás átlagkoncentrációja éves szinten 12 alkalommal érte el vagy lépte túl az $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es határt. 2015-ben a Szent István úti mérőállomáson $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es vagy azt meghaladó értéket 5 alkalommal mértek, míg a második mérőállomáson 21 időpontban.

A két állomás átlagolt koncentrációja éves szinten a napi határértékkel megegyező vagy azt meghaladó értéket 10 nap során vett fel. A $PM_{2,5}$ koncentrációja 2014-ben éves szinten összesen 47 napon esett 20 és $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ közé, 2015-ben pedig 34 alkalommal. 30 mikrogramm/köbmétert vagy annál nagyobb értéket 2014-ben 12 nap során mértek, 2015-ben 5 alkalommal. Az adatokat a könnyebb átláthatóság végett a 3., 4. és 5. táblázatban összesítettem.

3. táblázat: Az $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó koncentrációjú napok száma, 2014 (PM_{10})

2014 Napok száma	PM_{10} napi átlagkoncentráció $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$				
	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99
Győr, Szent István út	5	3	1	0	0
Győr, Ifjúság körút	10	6	2	1	0
Két állomás összesített napi átlaga	6	4	2	0	0

Forrás: saját szerkesztés, OLM alapján

4. táblázat: Az $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó koncentrációjú napok száma, 2015 (PM_{10})

2015 Napok száma	PM_{10} napi átlagkoncentráció $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$				
	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99
Győr, Szent István út	3	2	0	0	0
Győr, Ifjúság körút	13	5	1	2	0
Két állomás összesített	6	2	2	0	0

Forrás: saját szerkesztés, OLM alapján

5. táblázat: A $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó koncentrációjú napok száma ($PM_{2,5}$)

Év	Napok száma $PM_{2,5}$ napi átlagkoncentráció $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
	20-29	30-39	40-49
2014	47	9	3
2015	34	4	1

Forrás: saját szerkesztés, OLM alapján

2014-ben az 1. mérőállomáson mért legkisebb napi átlagos PM_{10} koncentráció 5, míg a legnagyobb érték, amit mértek $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt. 2015-ben a maximális értéket a $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ helyen vette fel. Az Ifjúság körúti automata állomáson mért legnagyobb értékek valamivel magasabbak voltak, 85 és $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Az adatok

részletesen a 6. táblázatban tekinthetők meg. A $PM_{2,5}$ minimális szintje 2014-ben $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt, 2015-ben pedig $2,6$. A legnagyobb koncentrációs értékeket $47,6$ és $41,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ helyen vette fel.

6. táblázat: Minimum és maximum PM_{10} koncentrációs értékek állomásonként ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Napi átlagkoncentrációk minimum és maximum értékei éves szinten (PM_{10})			
Mérőállomás	Év		Napi átlagos koncentráció
1. állomás	2014	Éves minimum	5
		Éves maximum	70
	2015	Éves minimum	5
		Éves maximum	65
2. állomás	2014	Éves minimum	6
		Éves maximum	85
	2015	Éves minimum	7
		Éves maximum	88
Két állomás együtt	2014	Éves minimum	6,5
		Éves maximum	77,5
	2015	Éves minimum	6
		Éves maximum	76,5

Forrás: saját szerkesztés, OLM alapján

4. A LEVEGŐSZENNYEZÉS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAINAK BECSLÉSE

A légszennyezés rövidtávú hatásait a PM_{10} koncentráció növekedése, míg hosszútávú hatásait a $PM_{2,5}$ koncentráció növekedése esetén értékelem. A szálló por koncentráció emelkedése rövidtávon izgatja a nyálkahártyákat, köhögést és nehézlégzést válthat ki. A tüdőben felszívódva gyulladáshoz vezet, ami a tüdőgyulladásos folyamatot indíthat el, aminek következtében növekszik a vér alvadékonysága, vérrögösödés léphet fel. Növekszik az asztma miatti orvoshoz fordulás, illetve a szív- és érrendszeri megbetegedések száma. A kültéri levegő szálló por tartalma hosszútávon a várható élettartam jelentős csökkenéséhez vezet, a szív- és érrendszeri, a légzőszervi betegségek, valamint a tüdőrák miatti halálozás növekedéséhez.^[8]

[8] Országos Környezetegészségügyi Intézet: Egyes légszennyezők egészségkárosító hatásai. http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/Az_egyes_legszennyezo_k_egeszsegkarosito_hatasai.pdf megtekintve: 2017.04.29.

4.1. A PM_{10} SZENNYEZETTSÉG RÖVIDTÁVÚ HATÁSA AZ ÖSSZHALÁLÓZÁSRA

Elsőként a mérőállomások adataiból nyert 24 órás átlagkoncentrációk és a nemzetközi vizsgálatok alapján megállapított kockázati értékek, valamint a Győrben regisztrált halálózási adatok felhasználásával kiszámítottam a városra jellemző légszennyezettségnek (PM_{10} vonatkozásában) tulajdonítható rövid távú többlethalálózást 2014-ben és 2015-ben. A bemeneti adatok a következők voltak:

A PM_{10} koncentráció bázisértékeként a WHO által javasolt $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -el számoltam. A WHO az APHEA2 projekt eredményeire alapozva tekinti a 10-es értéket alap számolási egységnek. A projekt végeredménye alapján az összhálózás növekedése $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} -enként 0,6-1% (a középérték 0,8%) többlethalálózással jár. A középértékkel számolva 0,0008-as β koefficienssel dolgoztam. Továbbá az éves összesített mért PM_{10} átlagot, 21,48-at helyettesíttem be a képletbe. A relatív kockázat képlete így a következőképpen néz ki:

$$RR = \exp[\beta(X - X_0)] = \exp[0.0008 \times (21,48 - 10)] = 1,009$$

A járulékos kockázati hányad így: $(1,009 - 1) / 1,009 = 0,00892$

Győr teljes lakossága 2014-ben 126204 fő volt, a számított halálózási ráta per capita pedig 0,01159. A PM_{10} mért koncentrációjának hatásbecslése $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t alapként véve az alábbi eredményeket hozta:

$$\text{Többlethalálózások száma} = JKH \cdot I \cdot N = 0,00892 \cdot 0,01159 \cdot 126204 = 13,04 \approx 13 \text{ fő}$$

2014-ben a PM_{10} szennyezésnek tulajdonítható korai halálózások száma 13 fő volt.

2015-ben Győr lakossága 125783 fő volt, 0,01186 egy főre jutó halálózási rátával. A PM_{10} éves átlagkoncentrációja $22,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt.

$$RR = \exp[\beta(X - X_0)] = \exp[0.0008 \times (22,35 - 10)] = 1,010$$

$$JKH = (1,010 - 1) / 1,010 = 0,0099$$

2015-ben a többlethalálózások száma = $JKH \cdot I \cdot N = 0,0099 \cdot 0,01186 \cdot 125783 = 14,75 \approx 15$ fő

2015-ben a PM_{10} szennyezésnek tulajdonítható korai halálózások száma 15 fő volt.

Az eredményeket tanulmányozva megállapíthatjuk, hogy az egészségügyi hatásbecslés eredménye igazolta a szálló por (PM_{10}) koncentráció csökkentésének előnyös hatását. Amennyiben a koncentráció szintjét rövidtávon $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re szorítanánk, éves szinten 9 fő halála lehetne megelőzhető.

4.2. PM_{2,5} KONCENTRÁCIÓ HOSSZÚ TÁVÚ HATÁSA A SZÍV-ÉS ÉRRENDSZERI, VALAMIT A TÜDŐRÁKBÓL FAKADÓ HALÁLOZÁSRA

A hosszútávú hatás elemzéséhez a Pope és társai által alkalmazott koncentráció-válasz funkciókat és log-lineáris függvényt használtam fel. Elsőként a szív-és érrendszeri megbetegedések számára végeztem el a vizsgálatot. Az expozíció által érintett populációként a 30 évnél idősebb lakosságot szerepeltettem, 87698 főt. A keringési rendszer betegségeiből származó halálozási rátájuk 0,0086. 2014-ben az átlagos PM_{2,5} koncentráció 13,11 µg/m³ volt. Báziskoncentrációként 3 µg/m³-t határoztam meg. A relatív kockázati tényező:

$$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta$$

$$RR = \left[\frac{13,11+1}{3+1} \right]^{0,1551} = 1,216$$

$$JKH = (1,216-1)/1,216 = 0,178$$

$$\text{Többletesetek száma: } JKH \cdot I \cdot N = 0,178 \cdot 0,0086 \cdot 87698 = 134 \text{ fő}$$

2014-ben a mért PM_{2,5} koncentrációnak való expozíció becslésem alapján az érintett populációban 134 fő többlet halálozási esethez vezetett. Mivel a hosszú távú PM expozíció több feltételezést igényel, ezért a kardiovaszkuláris mortalitás eredményeinek érzékenységét alternatív feltételezésekkel élve tártam fel. Az alternatív bemeneti adatokkal számított többlethalálozási számokat 2014-re a 7. táblázat foglalja össze. A WHO által javasolt legalacsonyabb koncentrációs szint 3 µg/m³, ezért számításaim során ezt adtam meg báziskoncentrációként. Ezen érték mellett a többlethalálozások konfidencia intervalluma 52 és 207 fő. Az alternatív becslések eredményei az intervallumon belül maradtak, így a 3-as bázisértéket elfogadottnak tekintem. A további becslések során ezzel dolgoztam tovább.

7. táblázat: Kardiovaszkuláris többletesetek száma alternatív bemeneti adatokkal számítva

Függvény típusa	Háttérkoncentráció µg/m ³	β koefficiens	RR	Többlethalálozások száma
Nem-lineáris	3,5	0,1551	1,194	122
	5	0,1551	1,1418	94
Lináris	3,5	0,00893	1,09	62
	5	0,00893	1,075	53

Forrás: saját szerkesztés

3 µg/m³ báziskoncentráció melletti becslésem 2015-re a következő eredményeket hozta:

$$RR = \left[\frac{11,17+1}{3+1} \right]^{0,1551} = 1,188$$

$$JKH = (1,188-1)/1,188 = 0,158$$

$$\text{Többletesetek száma: } JKH \cdot I \cdot N = 0,158 \cdot 0,009 \cdot 87694 = 125 \text{ fő}$$

Az eredményeket áttekintve megállapíthatjuk, hogy a PM_{2,5} koncentráció csökkentése egy adott szintre, 10 µg/m³-re a kardiovaszkuláris halálozás mérséklését biztosíthatná. Amennyiben a PM_{2,5} koncentrációt éves szinten 10 µg/m³-ra csökkentenénk, a scenárió szerint 10 fővel kevesebb kardiovaszkuláris halálozás következne be.

Korábbi kutatások bizonyították, hogy a hosszú távú expozíció hozzájárul a tüdőrákban elhunytak számának növekedéséhez. A 2014-es és 2015-ös évben bekövetkezett többletesetek számításának eredményeit a 8. táblázatban foglaltam össze. 2014-ben a légszű, hörgő és tüdőrákban 90 fő hunyt el becslésem alapján, 2015-ben pedig 89 fő. A hosszú távú kitétségnak tulajdonítható többletesetek száma 22, és 20 fő volt a két évben.

8. táblázat: Tüdőrák többlethalálozások száma

Év	Báziskoncentráció µg/m ³	β koefficiens	RR	Többletesetek száma
2014	3	0,23218	1,34	22
2015	3	0,23218	1,29	20

Forrás: saját szerkesztés

A táblázatban szereplő adatok jól tükrözik, hogy az egészségügyi hatásbecslés eredménye igazolta a szálló por (PM_{2,5}) koncentráció csökkentésének előnyös hatásait. 2014. januárjában, amikor a PM_{2,5} átlagos szintje a harmadik legmagasabb értéket vette fel (16,5) 1,65 ≈ 2 fő többletesetet okozott az expozíció. Március hónapban 1,1 fő többlethalált okozott, míg októberben, amikor a havi átlagos koncentráció szintje a legmagasabb, 18,55 µg/m³ volt, a kitétség 1,96 ≈ 2 fő többlethalált okozott. A levegőminőség javításával és a PM_{2,5} koncentráció hosszú távon 10 µg/m³-ra történő csökkentésével éves szinten 4 fő korai halála lenne megelőzhető az érintett populációban.

5. ÖSSZEZÉS

Összefoglalóan elmondható, hogy az elvégzett légszennyezettségre vonatkozó egészségügyi hatásbecslés eredményei bizonyítják mind rövid, mind hosszútávon a levegőminőség javításának szükségességét és annak jótékony hatását. A levegőminőség javítására több zöldfelület létrehozását és a város megfelelő átszellőzésének biztosítását javaslom. A városi építkezések tervezése és végrehajtása során

törekedni kell arra, hogy az épületek ne akadályozzák a légáramlást. A levegő tisztaságának javítása céljából több európai város belső kerületeiből szabályozás tiltja ki, vagy fogja kitiltani a környezetszennyező autókat, többek között Madrid belső kerületeiből is 2025-től. Továbbá napjainkban a kisméretű szállópor kibocsátásához legnagyobb mértékben a lakossági fűtés járul hozzá. Ezért fontosnak tartom a megfelelő lakossági tájékoztatást is a környezetbarát tüzelésről, valamint támogatásukat abban, hogy a megfelelő tüzelőanyaghoz juthassanak hozzá.

IRODALOM

- Barótfi I. (2000) *Környezettechnika*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Beelen, R.-Hoek, G.-Brandt, P. A.-Goldbohm, R. A.-Fischer, P.-Schouten, L. J.-Jerrett, M.-Hughes, E.-Armstrong, B.-Brunekreet, B. (2008) Longterm effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environmental Health Perspectives*, 116, 196-202
- Beregszászy T.-Páldy A. (2005) A légszennyezettség környezet-egészségügyi értékelése Budapesten és néhány városban. *Egészségtudomány*, 49, 3, 162-177
- Bibók Zsuzsanna (2010) *Az új levegőtisztasági szabályozás és az EU előírások*. http://jno.hu/hu/levegovedelem101004/Bibok_Zsuzsanna.pdf
- Bobvos, J.-Szalkai M.-Fazekas B.-Páldy A. (2014) A szálló por szennyezettség egészségkárosító hatásának becslése néhány hazai városban. *Egészségtudomány*, 58, 3, 11-26
- Csapó Orsolya (2015) *A környezeti felelősség határai. A közösségi jog hatása a magyar szabályozásra az irányelvek tükrében*. PhD Értekezés. Pázmány Péter Katolikus Egyetem Jog- és Államtudományi Kar, Jog-és Államtudományi Doktori Iskola, Piliscsaba
- Európai Tanács: Levegőtisztaság: megállapodás a szennyező anyagok kibocsátására vonatkozó határértékek szigorításáról. <http://www.consilium.europa.eu/hu/press/press-releases/2016/06/30-air-quality/>
- Földművelésügyi Minisztérium: *PM10 csökkentési program*. <http://pm10.kormany.hu/egeszsegugyi>
- Jans, Jan H.-Vedder, Hans H. B. (2012) *EU Environmental Law After Lisbon*. Groningen, Europa Law Publishing p. 48.
- Jogtár: 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól. <https://mkogy.jogtar.hu/?page=show&docid=99500053.TV>
- 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
- KSH: Halálzási adatok megyék és jogállás szerint. <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haDetails.jsp?query=kshquery&lang=hu>
- KSH: Éves településstatisztikai adatok 2015-ös településszerkezetben. <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haDetails.jsp?query=kshquery&lang=hu>
- Naess, Ø.-Nafstad, P.-Aamodt, G.-Claussen, B.-Rosland, P. (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. *American Journal of Epidemiology*, 165, 435-443
- Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat: Automata Mérőhálózat. <http://www.levegominoseg.hu/automata-merohalozat>

- Országos Környezetegészségügyi Intézet: *Egyes légszennyezők egészségkárosító hatásai.* http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/Az_egyes_legszennyezok_egeszsegkarosito_hatasai.pdf
- Ostro, B. (2004) *Outdoor air pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels.* Geneva, World Health Organization, WHO Environmental Burden of Disease Series, No. 5
- Pascal, M.-Corso M.-Chanel O. (2013) Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekom project. *Science of The Total Environment*, 449, 390-400
- Páldy A.-Bobvos J. (2015) A légszennyezés egészségkárosító hatásának becslése. *Légekör*, 60, 3, 118
- Pope, C. A. III-Ezzati, M.-Dockery, D. W. (2009) Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *The New England Journal of Medicine*, 360, 376-386
- 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/airquality/publications/2013/review-of-evidence-on-healthaspects-of-air-pollution-revihaapinterim-report>
- Schindler, C.-Keidel, D.-Gerbase, M. W.-Zemp, E.-Bettschart, R.-Brandli, O.-Brutsche, M. H.-Burdet, L.-Karrer, W.-Knöpfli, B.- Pons, M-Rapp, R.-Bayer-Oglesby, L.-Künzli, N.-Schwartz, J.-Liu, L-J S.-Ackermann-Liebrich, U.-Rochat, T. (2009) Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *American Journal for Respiratory and Critical Care Medicine*, 179, 1-9
- World Health Organization: World Health Assembly closes, passing resolutions on air pollution and epilepsy. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/wha-26-may-2015/en/>
- WHO Regional Office for Europe: Health risk assessment of air pollution. General principles <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-andhealth/air-quality/publications/2016/health-riskassessment-of-air-pollution.-general-principles-2016>.
- WHO: Update of WHO Air Quality Guidelines. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/update-of-who-global-air-quality-guidelines>.