

A légszennyezettség és a társadalom egészségügyi állapota közti összefüggések statisztikai elemzése

1. BEVEZETÉS

Az Európai Unió a 2013-as évet a levegő évének nyilvánította. A kezdeményezés célja azon tevékenységek előrelendítése volt, melyek hozzájárulnak az EU levegőminőségének jobbá tételéhez. Ebben az évben az Unió lakosságának több, mint 80%-a élt olyan környezetben, ahol a WHO Levegőminőségi Ajánlásainak megfelelő PM_{2,5} (particulate matter – finomszemcsés anyag, Magyarországon a szálló por megnevezésére használják) koncentráció a megengedett értékhatárt drasztikusan meghaladta. A jelenlegi egészségügyi határérték 10 µg/m³, ám a legújabb kutatások azt igazolták, hogy ezen határérték fele is elég ahhoz, hogy halálos megbetegedést okozzon.²

Kutatásom keretein belül a légszennyező anyagok egészségkárosító hatásai közül a légúti megbetegedésekre, azon belül is a légúti asztmára fogok fókuszálni.

A légszennyezésnek megannyi hatását ismerjük az emberi szervezet egészére nézve, mind gyermekek, mind felnőttek esetén. A levegőben megtalálható szennyezőanyagok károsító hatással vannak a tüdőszövet épségére, hajlamosítanak az asztma kialakulására és a tünetek fellángolására. A szálló por részecskéi aerodinamikai átmérőjük szerint, valamint légutakban való lerakódásuk helye szerint csoportosíthatók. A durva PM részecskék (2,5-10µm) főképp a felső légutakban és a tracheában rakódnak le. Ezen részecskék különféle immunogén hatású szerves (pl. spórák, pollen) és szervetlen (pl. elemi szén, nehézfémek, nitrátok) anyagokat tartalmaznak. A finom PM szemcsék (0,1-2,5 µm) ennél tovább is eljuthatnak, a bronchusokon keresztül egészen az alveolusokig. Az ultrafinom PM részecskék (<0,1 µm) szintén lejutnak az alsólégutak legkisebb szegmenseibe is. A finom és ultrafinom részecskék együttes jelölése a PM_{2,5}, melyek a tüdő-levegő határfelületen fejtik ki toxikus hatásukat.³ A magas PM és NO₂ koncent-

[1] SZE Egészség- és Sporttudományi Kar, Ápolás és Betegellátás Szak BSc. Témavezető: Bakó Ferenc, egyetemi tanársegéd, SZE Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar, Nemzetközi és Elméleti Gazdaságtan Tanszék.

[2] PÁLDY ANNA (főszerk.): A szálló por légszennyezettség egészségkárosító hatásának becslése néhány hazai városban, in: *Egészségtudomány*, 2014/3. szám, 12.

[3] GUARNIERI, MICHAEL – BALMES, JOHN R.: Outdoor air pollution and asthma, in: *Lancet*, 2014/383. szám, 1581–1584.; KELLY, FRANK J. – FUSSEL, JULIA C.: Size, source and chemical composition as determinants of toxicity attributable to ambient particulate matter, in: *Atmospheric Environment*, 2012/60. szám, 505–506.

rációval bíró területeken élő gyermekek fejlődése a káros anyagok hosszú távú expozíciója miatt csökkent tüdőterfogatással és tüdőkapacitással jár. Az előbbieken túl földközeli ózonkiváltja az oxidatív stresszt, ami tovább generálja a légutak hiperreaktivitását és növeli a gyulladással járó sejtek megjelenését a tüdőszövetben.⁴

Az asthmabronchiale (magyarul hörgőasztma) az alsólégutakat érintő idült, gyulladással járó megbetegedés, mely olykor rohamokban jelentkezik és a légutak obstrukciójával jár. Következmenyként légszomjjal, köhögéssel, fulladás érzéssel, sípoló-búgó hanggal jellemezhető légzéssel járó állapot alakul ki. A gyulladás talaján a légutak a külvilágból származó ingerekre sokkal érzékenyebben reagálnak, mely utóbbi jelenséget bronchiális hiperreaktivitásnak nevezünk.⁵ A bronchiális hiperreaktivitás rohamszerűen, epizodikusan jelentkezik, leginkább éjszaka vagy kora reggel. A tünetek terhelésre súlyosbodnak, a légúti obstrukció spontán oldódik vagy gyógyszeres terápia hatására általában visszafordítható.⁶

2. AZ ASZTMA NÉPEGÉSZSÉGÜGYI JELENTŐSÉGE

Az asztma epidemiológiai jelentőségét a betegek magas száma adja. Világszerte 300 millió emberre becsülik az előfordulási gyakoriságát. Európában a betegség átlagos prevalenciája 5-10% körüli érték. Az új megbetegedések száma a korábbi évekhez képest növekvő tendenciát mutatott, az incidencia az elmúlt 5 évben évente 15-20000 fő között változott. A világon 250 ezer ember halálát okozza a betegség minden évben, mely utóbbi adatért az ún. súlyos asztma felelős. Társadalmi jelentőségét a betegek magas száma adja, kiemelendő a munkaképes korosztály érintettsége. Közvetlen terhelést jelent az egészségügyre a gyógyszerek biztosítása, a kórházi osztályos vagy sürgősségi ellátás, közvetett terhelést pedig a korai halálozás, a munkaképesség csökkenése, illetve a munkából való kiesés. A kiadások szignifikáns összefüggést mutatnak az asztma súlyossági fokával, valamint az asztmakontroll eredményességével.⁷ Magyarországon a tüdőgondozók 2015-ben összesen 290422, 2018-ban 315098 asztmás beteget tartottak nyilván, ez három év alatt 8%-os emelkedést jelent.⁸

3. AZ ASZTMA TÍPUSAI ÉS ETIOLÓGIÁJA

Az asztmának több típusa van, megkülönböztetünk ismeretlen eredetű (intrinsic) és ismert allergének által kiváltott (extrinsic) változatot. Multifaktoriális

[4] ESPOSITO, SUSANNA (ed.): Possible molecular mechanisms linking air pollution and asthma in children, in: *BMC Pulmonary Medicine*, 2014/14. szám, 3–5.

[5] HEROLD, GERDÉS ÉS MUNKATÁRSAI: *Belgyógyászat*, 2015, Medicina Kiadó, Budapest, 460.

[6] EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA: Az Emberi Erőforrások Minisztériuma szakmai irányelve az asztma diagnosztikájának, kezelésének és orvosi gondozásának alapelveiről felnőttkorban, in: *Egészségügyi Közlöny*, 2018/13. szám, 3.

[7] Uo. 5.

[8] KOVÁCS GÁBOR (szerk.): *Korányi Butellin*, 2019/1. szám, 18.

betegségről van szó, etiológiájában szerepet játszanak például a genetikai tényezők, ha mindkét szülő asztmás, akkor születendő gyermekük 4-szeres asztmakockázattal bír. A környezeti faktorok közül a tavasszal drasztikusan megjelenő polleneknek (pl. parlagfű, nyírfa), a levegőszennyezésnek (kén-dioxid, ózon, szén-monoxid, nitrogén-monoxid, nitrogén-dioxid, szállópor), a gyakran előforduló gyermekkori légúti gyulladásmegbetegedéseknek, a túlzott higiénének és a csecsemőkori táplálásnak van közvetlen szerepe.⁹ Az incidencia és a növekvő esetszám hátterében a korábban felvetett „higiéniahypotézis” beigazolódását véljük felfedezni, mely szerint a fertőzések visszaszorítása és a túlzott fertőtlenítés miatt a gyermekek az arra szenzitív korban kevesebb antigénnel találkoznak, ami megváltoztatja a fennálló immunológiai egyensúlyt, rendellenes immunválaszt generál, ezáltal fogékonyabbá teszi őket az allergia és az asztma kialakulására.¹⁰ Az anyatejjel történő táplálás a fejlődés korai szakaszában segíti az újszülött normál bélflórájának kialakulását azáltal, hogy elősegíti a normális immunvédekezést mediáló T_{h1} sejtek létrejöttét, szemben a T_{h2} sejtek által mediált, autoimmun reakciókra, allergiákra hajlamosító immunválasszal, mely utóbbit tápszeres táplálás mellett a gyermekkori bakteriális fertőzések redukálódása is előrelendíti.¹¹

1. táblázat: Az asztma súlyosságának osztályozása klinikai jellemzők szerint a kezelés előtt¹²

	Időszakos	Enyhe tartós	Mérsékelt tartós	Súlyos tartós
Nappali tünetek	ritkábban, mint hetente	hetente többször, de nem naponta	naponta	
Éjszakai tünetek	legfeljebb havonta kétszer	több, mint kétszer havonta	hetente többször	gyakran
Exacerbációk	rövidek	befolyásolják az alvást és az aktivitást	gyakoriak, fizikai tevékenységek korlátozottak	

[9] SZÉKELY MIKLÓS (szerk.): *Kórleltani alapok*, 2013, Medicina Kiadó, Budapest, 102.

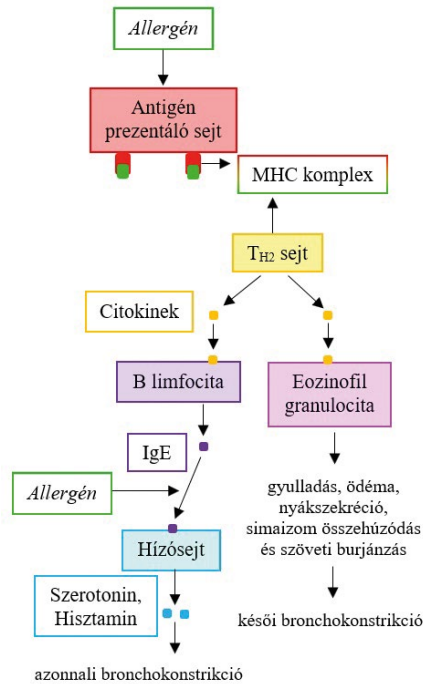
[10] KUMAR, VINAY – ABBAS, K. ABUL – ASTER, JON C.: *A patológia alapjai*, Medicina Kiadó, Budapest, 2014, 551.

[11] SZÉKELY: i. m. 102. o.

[12] BATEMAN, ERIC D. (ed.): Global strategy for asthma management and prevention: GINA executive summary, in: *European Respiratory Journal*, 2008/1. szám, 147. alapján saját szerkesztés.

4. AZ ASZTMA PATOGENEZISE ÉS A LÉGSZENNYEZÉS HATÁSAI A PATOMECHANIZMUSRA

1. ábra: Az asztma patomechanizmusa



Forrás: Saját szerkesztés

Azextrinsic asztma patogenezisében és az akutexacerbációk megjelenésében kiemelt szerepet játszanak a T_{H2} sejtek. A szervezet túlzott reakcióval válaszol a környezet egyébként ártalmatlan ingereire. A tüdőbe bejutó allergéneket a nyálkahártyában lévő antigén prezentáló sejtek ismerik fel, majd felületükön MHC komplexhez kapcsoltan bemutatják a helper T-sejteknek. A T_{H2} sejtek citokineket termelnek, melyeknek az immunválasz sejtjei közötti információtovábbításban van fontos szerepük. A citokinek fokozzák az B-limfociták immunglobulin (elsősorban IgE) termelődését, illetve aktiválják az eozinofilgranulocitákat. Az allergénnel való újabb találkozáskor az IgE a hízósejtekhez kapcsolódik, a hízósejtek aktiválódnak, degranulálódnak, vagyis belőlük olyan anyagok szabadulnak fel (pl. hisztamin, szerotonin), melyek az allergiás reakciót és a gyulladást okozzák. Kétfázisú reakció veszi kezdetét, mely egy azonnali és egy késői fázisból áll. Az azonnali fázis a hízósejtek granulumaiból felszabaduló mediátorok okozta bronchokonstrikcióval (hörgök összehúzódása),

fokozott nyákszekrécióval, illetve az erek dilatációja miatt ödémaképződéssel járó állapottal jellemezhető. A bronchospasmus 20-30 perc elteltével oldódik, ezalatt a beteg dyspnoés (nehézlégzés, fulladás, légszomj). A késői fázis az antigén expozíciót követő 2-6 órában jelentkezik, újabb hörgő összehúzódással jár, amelynek oka a behatolás helyén felgyülemelő nagyszámú immunsejt (főképp az eozinofilgranulociták és a belőlük felszabaduló anyagok) és a következő mélyes gyulladás. Az ismétlődő gyulladásos időszakok (a betegség krónikussá válása) szövettani változásokat indukálnak a hörgők falában, melyet „légúti remodelling” -nek nevezünk. Ennek része a hörgő simaizomzat megvastagodása, a nyáktermelésért felelős mirigyek elszaporodása, a fokozott érzékelés, valamint a nyálkahártya alatt a kollagén felhalmozódása. Az intrinszc asztma patomechanizmusában nem mutatható ki allergén, a légutak fokozott érzékenysége különböző provokáló tényezők hatására alakul ki.¹³

Az asztmás roham során a kilégzési nehezítettség, dyspnoe a meghatározó. A betegek erőlködés árán kapnak levegőt, a tüdőben a bronchokonstrikció és a nyáktermelés következtében kialakuló nyákdugó miatt a levegő szabad áramlása akadályozott. Súlyos rohamról akkor beszélünk, ha nem csillapodik spontán vagy ha a beteg a kezelésre nem reagál, ez akár napokig, hetekig is elhúzódhat (az utóbbi állapotot status asthmaticusnak nevezzük). A vér szén-dioxid szintje megemelkedik (hypercapnia), következményként a vér sav-bázis egyensúlya a savas irányba tolódik el (respiratorikus acidózis), beteg oxigénhiányos állapotba kerül (szöveti hypoxia). Az állapot akár halálos kimenetelű is lehet.¹⁴

A levegőminőség összefüggését az asztmával számtalan tanulmány vizsgálta. A gépjármű forgalom közvetlen közelében élő és sok időt a szabadban töltő gyermekek esetében fokozódik az újonnan kialakult asztmások, a betegség tüneteinek, a súlyos esetek, az iskolai hiányzások és a kórházi ápolásra szorulóknak száma. Az okok sejt szinten keresendők. A légutak hámsejtjeinek permeabilitását fokozza az ózon, a dízel kipufogógáz részecskék (DPM) és a nitrogén-dioxid. A megnövekedett áteresztő képesség miatt ezen anyagok behatolnak a tüdőszövetbe, károsítva a simai zomsejteket és a kötőszövetet. Aktiválják az eozinofilgranulocitákat, a hízósejteket és a limfocitákat, melyek különböző gyulladásos mediátorokat aktiválnak a sejtekben. Az ózon amellett, hogy erősen oxidatív hatású, fokozza citokinek felszabadulását. Humán B-limfociták vizsgálata kimutatta, hogy a dízel kipufogógáz részecskék indukálják az IgE immunglobulin szintézisét, ami arra utal, hogy a légszennyező anyagok erősítik az allergének iránti érzékenységet.¹⁵

[13] KUMAR –ABBAS – ASTER: i. m. 551–553. o.

[14] Uo. 553–554. o.

[15] D'AMATO, GENNARO (ed.): Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization, in: *World Allergy Organization Journal*, 2015/25. szám, 4–5.

5. AZ OXIDATÍV STRESSZ ÉS A LÉGSZENNYEZETTSÉG KAPCSOLATA

A kültéri levegőszennyezés általánosan vizsgált markerei közé tartoztak azon oxidatív gáz halmazállapotú szennyező anyagok (ózon, nitrogén-dioxid, kén-dioxid, PM_{2,5} részecskék), amelyek elég kicsik ahhoz, hogy lerakódjanak az alsólégutakban. Ezek az anyagok bizonyítottan képesek az oxidatív stressz kiváltására, mely állapot akkor alakul ki, ha a szervezet antioxidánsokkal szembeni védekezése és a reaktív oxigénszármazékok (ROS) jelenléte közötti egyensúly az utóbbi javára felborul. A ROS természetes sejtanyagcsere révén is keletkezik a tüdő immun- és szöveti sejtjeiben és fontos szerepet játszanak az immunvédekezésben azért, hogy serkentik a nyákszekréciót és szabályozzák a sejtek működését. A problémát az okozza, ha a ROS mennyisége nő, melynek oka lehet a szervezetben már zajló gyulladás és/ vagy fertőzés, illetve a légszennyezés.¹⁶

A ROS fokozott reakcióképességét a szabadgyökök adják. Szabadgyök minden olyan részecske, amely párosítatlan elektront tartalmaz. Kóros mennyiségben megjelenve a sejt bármely alkotójához (fehérje, lipid, nukleinsav) hozzákapcsolódhatnak, károsíthatják annak struktúráját és funkcióját, ami inaktiválódáshoz vezet. Ezen felül megbontják a sejt vázát, növelik az intracelluláris kalcium szintjét és károsítják a DNS-t, végső soron sejt apoptózist eredményezik.¹⁷

A tüdő nagy felülete miatt jóval nagyobb mértékben van kitéve az oxidáció okozta sérüléseknek. A szennyező anyag tüdőbe jutását követően először a tüdőt bélelő vékony folyadékfilm réteggel találkozik. Ez a réteg tele van antioxidáns anyagokkal, melyek védik a tüdőt az oxidatív károsodástól. Ha nincs elegendő antioxidáns, felborul az oxidáns-antioxidáns egyensúly és az egyén fogékonyabbá válik a légszennyezés egészségkárosító hatásaira. Az asztmások esetében bizonyítottan kevesebb antioxidáns található a folyadékfilmben. A szennyezők okozta reakció eredményeként másodlagos oxidációs molekulák alakulnak ki, melyek a tüdő felületi sejtjeivel kapcsolatba lépnek. A felszabaduló citokinek nyomán gyulladásos sejtek lépnek ki az érpályából és áramlanak a területre, a permeabilitás megnő és gyulladás alakul ki. A beáramló immunsejtek további szabadgyököket képeznek, melyek hozzájárulnak a légszennyezéssel járó oxidatív stressz elmélyüléséhez. A gyulladás légúti hiperreaktivitáshoz, hosszabb távon az asztma kialakulásához vagy a már meglévő asztma tüneteinek súlyosbodásához vezet. Az antioxidáns védelem kiemelt szerepet játszik az időszakosan emelkedő légszennyező anyagokra adott válaszreakció szabályozásában.¹⁸

[16] FUERTES, ELEAINE (ed.): Antioxidant genes and susceptibility to air pollution for respiratory and cardio-vascular health, in: *Free Radical Biology and medicine*, 2020/151. szám, 88–89.

[17] RAHMAN, IRFAN (ed.): Oxidant and antioxidant balance in the airways and airway diseases, in: *Europe-an Journal of Pharmacology*, 2006/553. szám, 223–224.

[18] KELLY, FRANK J.: Oxidative stress: Its role in air pollution and adverse health effects, in: *Occupational and Environmental Medicine*, 2003/8. szám, 614–615.

6. A LEVEGŐSZENNYEZÉS ASZTMA SZEMPONTJÁBÓL RELEVÁNS ASPEKTUSAI

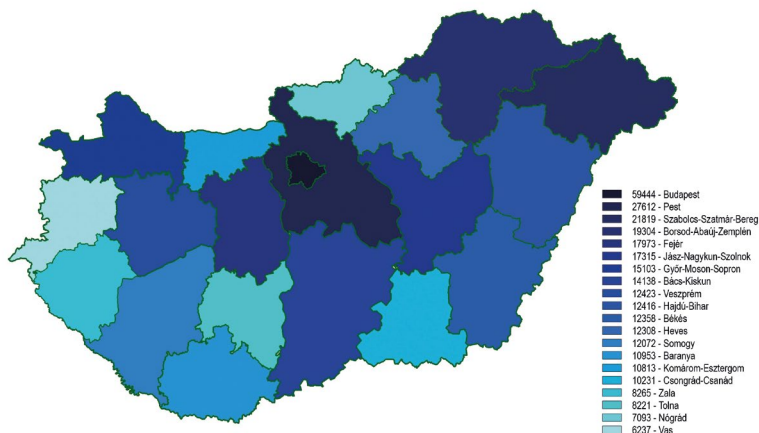
A forgalomhoz kapcsolódó légszennyezés (TRAP) a városi légszennyezés egyik legfőbb tényezője. A 2015-ben világszerte több, mint 1282000 fosszilis üzemanyagot használó jármű volt forgalomban. A közlekedéssel összefüggő levegőszennyezés az üzemanyag elégetésekor keletkező ózon, PM_{10} és $PM_{2,5}$ részecskék, nitrogén-oxidok, szén-oxidok és egyéb anyagok levegőbe kerülését jelenti. A korábbi kutatások és azok meta-analízise során kapott statisztikai összefüggések egyértelmű szignifikanciát mutatnak avizsgált paraméterek és az asztma kapcsolatát tekintve ($P_{2,5}$, NO_2 ,¹⁹ O_3 , SO_2 ²⁰).

7. KUTATÁSI EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE

Kutatásom során több, egymástól eltérő forrásból gyűjtött adattal dolgoztam. A statisztikák a 2018-as évet prezentálják, mivel ebben az évben még nem jelentkezett az adatokra vonatkozó legmarkánsabb torzító tényező, a Covid-19 pandémia hatása.

A 2019. évi Korányi Butellin statisztikai adatai alapján összeállítottam egy színezett országtérképet, mely megyékre lebontva mutatja a 2018-as évben a nyilvántartott asztmás betegek számát. A szín mélyülésével szinkronban nő az egyes megyékben az esetszám.

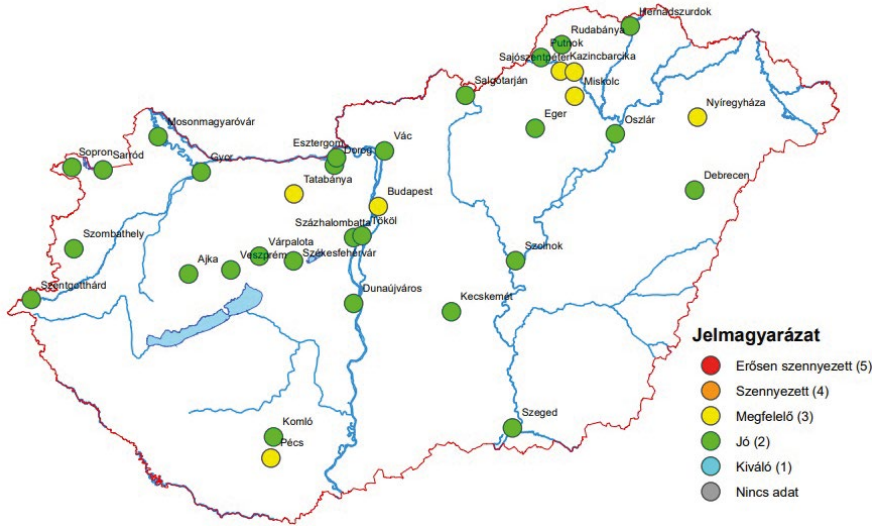
2. ábra: A regisztrált asztmás betegek területi megoszlása 2018-ban



Forrás: 2019. évi Korányi Butellin adatai alapján saját szerkesztés

- [19] JIN, TAOSHENG (ed.): Traffic-related organic and inorganic air pollution and risk of development of childhood asthma. A meta-analysis, in: *Environmental research*, 2021/194. szám, 1., 5–6.
- [20] GUAN, WEI-JIE (ed.): Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma. A systematic review and meta-analysis, in: *Environment international*, 2021/150. szám, 4–8.

3. ábra: A települések levegőjének 2018. évi szennyezettsége az összesített légszennyezettségi index alapján



A következő térképen²¹ a 2018 évi légszennyezettségi adatokat láthatjuk az összesített index alapján. A térképről leolvashatók a „megfelelő” kategóriába sorolt városok: Budapest, Tatabánya, Sajószentpéter, Kazincbarcika, Miskolc, Nyíregyháza és Pécs. A nyilvántartott asztmás betegek megoszlása bizonyos tekintetben összefüggést mutat a szennyezőanyagok eloszlásával. A területi eltérések multifaktoriális okokra vezethető vissza, ezen tényezők feltárása további kutatás tárgyát képezi. A 3. ábrán található adatok aggregált jellege miatt nem jelennek meg azok az időszakos kiugrások, melyeket permanens mérésekkel lehet kimutatni. Kutatásom további részében ezért a győri Szent István úton található mérőállomás adatait dolgoztam fel, ami a szennyező anyagok levegőben lévő koncentrációját monitorozza. A Földművelésügyi Minisztérium Országos Légszennyezettségi Mérőhálózata automata mérőeszközök segítségével napi adatokat szolgáltat az egyes légszennyezőkkel kapcsolatban.²² Az adatbázisból a 2018-as évre vonatkozó adathalmazt használtam.

A légszennyezettségi adatok alakulását, lefolyásának analízisét statisztikai idősor elemzéssel végeztem el. Két alaptényezőt vizsgáltam: az adatokban megfigyelhető trendet és periodicitást. A szezonális ingadozás az egyes ciklusokban más és más mértékű és irányú lehet. Két fontos statisztikai eljárást hajtottam végre az idősoron: mozgóátlagolós trendszámítást és analitikus trendszámítást.

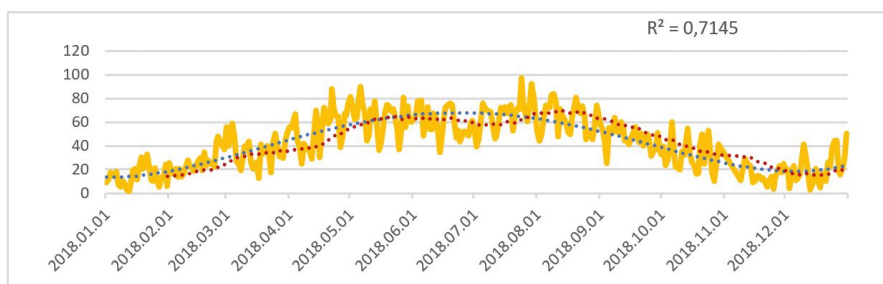
[21] MFO LRK ADATKÖZPONT: 2018. évi összesítő értékelés hazánk levegőminőségéről az automata mérő-hálózat adatai alapján, 2019, 90.

[22] <http://levegominoseg.hu/automata-merohalozat>, letöltve: 2021. 02. 19.

A mozgóátlag számítás akkor jön szóba, ha nincs kellő információnk a vizsgálandó folyamatról. Az analitikus trendszámítás pedig akkor előnyös, amikor valamilyen regressziós függvénnyel szeretnénk leírni az idősor irányzatát. Jelen kutatásban – ámbár a trendegyenlet ezt lehetővé tenné – előrejelzést nem végeztem. Ennek oka, hogy előrejelzést csak olyan időszak leírására célszerű végrehajtani, amelyben várhatóan nem következik be olyan észrevehető változás, amely a vizsgált jelenséget nagymértékben megváltoztatja. Egy ilyen tényezőnek tekintettem a Covid-19 járványt, mint abnormalitást eredményező tényezőt.

Először az ózon koncentrációjának idősoros elemzését végeztem el. Az adatok napi átlagokat tükröznek. Az idősort tekintve jól látható egyfajta ciklikusság.

4. ábra: Az O₃koncentrációja 2018.01.01.–12.31. között µg/m³-ben

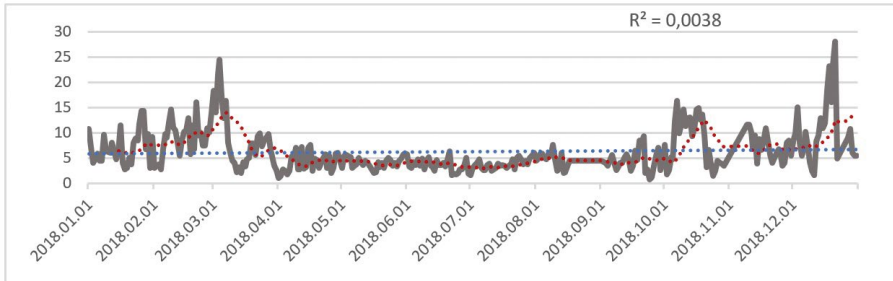


Forrás: Saját szerkesztés

A megfigyelt időintervallumban trend nem látható, de szezonális megfigyelhető. Az adatsort 30 napos mozgóátlag segítségével (piros vonal) simítottuk. Ezt követően trendvonalat (kék vonal) illesztettünk az idősorra, melyet a legjobban egy negyedfokú polinommal tudtunk magyarázni (magyarázóerő: 71,5%). Ez azt jelenti, hogy az adatok varianciáját a modell jól írja le. Ami az autokorrelációt illeti, az idősor jelenbéli értékei szoros kapcsolatban állnak az őket megelőző adatokkal (átl. 3 nap). A troposferikus (talajközeli) ózon koncentrációt a környezeti tényezők mellett legnagyobb mértékben a városon áthaladó közúti gépjárműforgalom befolyásolja. Ez az asztmások tekintetében az egyik legfőbb tünetkiváltó tényező a nyáron.²³ A grafikonon is jól kivehető, hogy az értékek is ebben az időszakban érik el a maximális koncentrációt.

[23] ZICHLER SZILVIA, OCSKAY RITA, SALMA IMRE: Budapest levegőszennyezettségének története, 2007, *Levegő munkacsoport kiadványa*, 26. o.

5. ábra: A PM_{2,5}koncentrációja 2018.01.01.–12.31. között µg/m³-ben



Forrás: Saját szerkesztés

A következő vizsgált asztmát befolyásoló tényező a 2,5 µm átmérőjű szállópor koncentráció volt. Ezen az idősoron az előzőekben leírtakkal konzisztens módon jelöltem az egyes illesztett függvényeket azzal a különbséggel, hogy ennél az adatsornál lineáris trendvonalat illesztettem (kék vonal) 15 napos mozgóátlaggal. Ez utóbbinak döntés oka, hogy nem figyelhető meg trendhatás az adott időszak alatt, melyet az ábrán jelölt magyarázóerő is alátámaszt ($R^2=0,0038$). Az idősor két végén megfigyelhető markáns ingadozás feltehetően az emberi tevékenységekhez, a fűtésszezon kezdetéhez és végéhez köthető. A nyári időszak egy viszonylag állandó hullámzást mutat, ami pedig a közlekedés által generált szállópor mennyiségével van összefüggésben. A grafikont vizsgálva a márciusi és a decemberi hónapban jól megfigyelhető tüskék rajzolódnak ki. Ez a kiemelkedően magas koncentráció vélhetően összefüggésben áll a szélséssel és a csapadékmennyiséggel.²⁴ Az előbbieken leírt ózonkoncentrációval ellentétben a nyári csúcs itt azért nem rajzolódik ki, mivel a szállópor koncentrációja közvetlenül a fűtésszezonban elégetett égéstermékekből származik, míg nyáron a közlekedés csak közvetve hat a szállópor mennyiségére, így annak mértéke eltörpül a téli szezon kiemelkedő értékei mellett.

8. ÖSSZEGZÉS

A tanulmány első részében összefoglaltam a témával kapcsolatos fontosabb szakirodalmat, melynek fókuszpontjai a légszennyező részecskék és az asztma bemutatása volt, fontosabb megállapításai pedig, hogy az asztma és a károsanyag kibocsátás között mérhető és bizonyítható összefüggés van. A primer kutatási részben az országos megoszlások ismertetése és elemzése után a győri Szent István úton elhelyezett automata mérőhálózat adatait dolgoztam fel. Az asztma tekintetében két fontos légszennyező anyagra koncentráltam: az ózonnra és a PM részecskékre. Az ózon tekintetében nyári szezonális állapítást állapítottam meg, a szállópor tekintetében

[24] Uo. 31–34.

ben a csúcsidezőszak a fűtésszezonnal van szoros kapcsolatban. További vizsgálat tárgyát képezheti, hogy milyen periodicitást mutatnak a SO₂ és a NO_x megfigyelt értékei. A jövőben érdemes a kutatást kiterjeszteni a győri ipartervekenység-ből és a termelési folyamatokból származó szennyezőanyagokra is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BATEMAN, ERIC D. (ed.): Global strategy for asthma management and prevention: GINA executive summary, in: *European Respiratory Journal*, 2008/1. szám.
- D'AMATO, GENNARO (ed.): Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization, in: *World Allergy Organization Journal*, 2015/25. szám.
- EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA: Az Emberi Erőforrások Minisztériuma szakmai irányelve az asztma diagnosztikájának, kezelésének és orvosi gondozásának alapelveiről felnőttkorban, in: *Egészségügyi Közlöny*, 2018/13. szám.
- ESPOSITO, SUSANNA (ed.): Possible molecular mechanisms linking air pollution and asthma in children, in: *BMC Pulmonary Medicine*, 2014/14. szám.
- FUERTES, ELEAINE (ed.): Antioxidant genes and susceptibility to air pollution for respiratory and cardiovascular health, in: *Free Radical Biology and Medicine*, 2020/151. szám.
- GUAN, WEI-JIE (ed.): Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma. A systematic review and meta-analysis, in: *Environment International*, 2021/150. szám.
- GUARNIERI, MICHAEL – BALMES, JOHN R.: Outdoor air pollution and asthma, in: *Lancet*, 2014/383. szám.
- HEROLD, GERDÉS munkatársai: *Belgyógyászat*, 2015, Medicina Kiadó, Budapest.
- JIN, TAOSHENG (ed.): Traffic-related organic and inorganic air pollution and risk of development of childhood asthma. A meta-analysis, in: *Environmental Research*, 2021/194. szám.
- FRANK J. – FUSSEL, JULIA C.: Size, source and chemical composition as determinants of toxicity attributable to ambient particulate matter, in: *Atmospheric Environment*, 2012/60. szám.
- KELLY, FRANK J.: Oxidative stress: Its role in air pollution and adverse health effects, in: *Occupational and Environmental Medicine*, 2003/8. szám.
- KOVÁCS GÁBOR (szerk.): *Korányi Butellin*, 2019/1. szám
- KUMAR, VINAY, ABBAS, K. ABUL, ASTER, JON C.: *A patológia alapjai*, 2014, Medicina Kiadó, Budapest.
- MFO LRK ADATKÖZPONT: *2018. évi összesítő értékelés hazánk levegőtisztaságáról az automata mérőhálózat adatai alapján*, 2019.

- PÁLDY ANNA (főszerk.): A szálló por légszennyezettség egészségkárosító hatásának becslése néhány hazai városban, in: *Egészségtudomány*, 2014/3. szám.
- RAHMAN, IRFAN (ed.): Oxidant and antioxidantbalance in theairways and airwaydiseases, in: *European Journal of Pharmacology*, 2006/553. szám.
- SZÉKELY MIKLÓS (szerk.): *Kórélettani alapok*, 2013, Medicina Kiadó, Budapest.
- ZICHLER SZILVIA – OCSKAY RITA – SALMA IMRE: *Budapest levegőszennyezett-ségének története*, 2007, Levegő munkacsoport kiadványa.