

Frigy Éva Gyöngyi¹

Éltető levegő – a levegő minőségével kapcsolatos problémák összefoglalása

Sustaining Air – Summary of Problems Regarding Air Quality

A születés első pillanatától kezdve a szervezet működéséhez nélkülözhetetlen a folyamatos légzés. Ebből következik, hogy a földi élet lételeme és alapvető feltételrendszere a levegő, amely az életminőségünket közvetlenül meghatározza. Jelen cikk rendeltetése, hogy ismertesse a levegő természetes összetételét és az azt szennyező anyagokat, azok előfordulásának okait, a magyarországi légszennyezettség helyzetét, valamint egészségügyi és pszichés hatásait. Ezenkívül kitekintést ad más, külföldi nagyvárosok helyzetéről.

Kulcsszavak: levegőszennyezés, kén-dioxid, szén-monoxid, nitrogén-oxidok, por, PM₁₀

From the moment of birth, continuous breathing is crucial to keep the body functioning. From this it comes that air is the essence and the basic condition which directly effects our lives. The purpose of this article is to describe the natural components of air and its pollutants and their causes of occurrence, the state of the air pollution in Hungary, and its effect on health and psyche. Apart from this, it gives an outlook on the air pollution situation of other foreign metropolises.

Keywords: air pollution, sulphur dioxide, coal monoxide, nitrogen oxide, dust, PM₁₀

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: freevick@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-5385>

Bevezetés

A születés első pillanatától kezdve a szervezet működéséhez nélkülözhetetlen a folyamatos légzés, épp ezért ezt a nem tudatos, automatikus reflexet – egy visszacsatolásos rendszer segítségével – az agytörzs irányítja. Hogy ez mennyire így van, az is bizonyítja, hogy még az ember is csak egy rövid ideig tudja akaratlagosan visszatartani a lélegzetét, mert a reflex egy meghatározott idő múlva visszaveszi az irányítást. Ebből következik, hogy a földi élet lételeme és alapvető feltételrendszere a levegő, amely az életminőségünket közvetlenül meghatározza. A levegő tisztaságának fontosságát jól prezentálja az is, hogy az elmúlt időszakban többször volt tájékoztatási fokozatú szmogriadó elrendelve. A környezeti levegőbe kijutó, a levegőminőséget rontó komponensek a környezet károsodásán túl, sajnálatos módon a tüdő ártalmát, a vérbe bejutó, veszélyes tulajdonságú anyagok az egész emberi test meghibásodását okozhatják. Naponta majdnem tízszer annyian halnak meg a rossz levegőminőség miatt, mint közlekedési balesetben. A légszennyezettséggel összefüggő évi közel 400 ezer korai haláleset hátterében a lakossági közlekedés, a helytelen fűtés, az ipar és mezőgazdaság által az értékes levegőnkbe került kisméretű szálló por (PM), a nitrogén-dioxid (NO_2), a kén-dioxid (SO_2), illetve a talajközeli ózon (O_3 , nyári szmog) áll, miközben a természetes megújulási, tisztulási folyamat forrása, vagyis a növényzet folyamatos irtásnak, pusztulásnak van kitéve. Az elmúlt évtizedekben Magyarország légszennyezettségi szintje kritikus mértéket ütött meg, amely miatt az Európai Unió – nem túl sok sikerrel – többször szólította fel hazánkat a legveszélyesebb légszennyező-anyagok kibocsátásának a légszennyezettségi határértékek alá történő mérséklésére.

A légkör összetétele

„A levegő nagyon érdekes gázkeverék. Kb. 78%-ban nitrogénből, 21%-ban oxigénből és 1%-ban egyéb anyagból, főleg gázokból áll. A 78% nitrogén teljesen semleges, a 21% oxigén az ember (és a Földön élő minden más ismert többsejtű élőlény) számára nélkülözhetetlen, de igazán a legkisebb összetevő, az 1% egyéb anyag határozza meg, hogy mennyire tiszta és egészséges a levegő” [1].

Ideális esetben alig mérhető mennyiségben vannak jelen a levegőben a szennyezőanyagok, mint amilyen a szén-monoxid, kén-dioxid, nitrogén-oxidok, metán, aromás szénhidrogének, halogénezett szénhidrogének, és különböző méretű szilárd részecskék (üledető por és szálló por). Ezek a szennyezőanyagok ugyan kis mennyiségben vannak a légkörben, de az emberre, más élőlényekre, és bizonyos esetekben a használati tárgyainkra, de akár még az épületekre is még ebben a kis mennyiségben is veszélyesek lehetnek.

Az emberre irányuló hatásuk alapján minden szennyezőanyagra egészségügyi határértékeket állapítanak meg a hatóságok, és akkor mondják tisztának a levegőt, ha a szennyezések mennyisége a határérték alatt van. A levegő tisztaságát tehát nem a fő összetevők, hanem a kis mennyiségben jelen lévő, de még ekkora mennyiségben is káros szennyezőanyagok határozzák meg (lásd az 1. táblázatot). Az iparilag fejlett országokban már az 1970-es évektől kezdték felismerni ennek jelentőségét,

és lépéseket tettek annak érdekében, hogy a lehetőségekhez mérten minimálisra szorítsák a levegőszennyezettség mértékét és az ebből eredő fizikális és mentális egészségügyi problémák kialakulásának lehetőségét. „A környezeti hatásvizsgálatok lebonyolításának szabályozott módszere az USA-ban alakult ki először, az angol nyelvű szakirodalomban EIS (Environmental Impact Statement), illetve EIA (Environmental Impact Assessment) rövidítésekkel jelölik. Ezt követően számos ország vezette be ezt kötelező, vagy ajánlott eljárásként. Nagy-Britanniában kötelező előírás helyett segédletet dolgoztak ki a helyi hatóságok számára, amelynek alkalmazásával a döntéseiket megalapozhatják. Az Európai Gazdasági Közösség országai 1980-ban véglegesítették irányelveiket a környezeti hatások értékelésére” [2].

1. táblázat

Főbb légszennyező anyagok egészségügyi határértékei a 4/2011. (I. 14.) VM rendelet 1. számú melléklete alapján (a szerző szerkesztése [3] felhasználásával)

Légszennyező anyag	Órás határérték ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 órás határérték ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Éves határérték ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Kén-dioxid (SO_2)	250 (a naptári év alatt 24-nél többször nem léphető túl)	125 (a naptári év alatt 3-nál többször nem léphető túl)	50
Nitrogén-dioxid (NO_2)	100 (a naptári év alatt 10-nél többször nem léphető túl)	85	40
Szén-monoxid (CO)	10 000	5 000 (napi 8 órás mozgó- átlag-koncentrációk maximuma)	3 000
Szálló por (PM_{10})		50 (a naptári év alatt 35-nél többször nem lépheti túl)	40
Szálló por ($\text{PM}_{2,5}$)			25
Ólom (Pb)			0,3
Higany (Hg)			1
Benzol		10	5
Ózon (O_3)		120 (napi 8 órás mozgó átlagkoncentrációk maximuma)	
Arzén (As)			0,01
Kadmium (Cd)			0,005
Nikkel (N)			0,025
3,4-Benz(a)pirén		0,001	0,0012

Az ember mellett a természet is igyekszik a maga módszereivel megszabadulni a szennyeződésektől. Az eső sok szennyezést felold és kitisztít a levegőből, ezért tisztább esős időben és közvetlenül eső után a levegő. A szél, a napsütés szintúgy levegőtisztító hatással bírnak. Azonban fontos észben tartani, hogy a szennyezések az esővel leérkezve talaj- és vízszennyezéssé alakulnak, eső után pedig a légszennyezés is újratermelődik, amennyiben a légmozgás nem tisztítja a továbbiakban a levegőt.

„Az éghajlatot többek között a következő tényezők befolyásolják leginkább: napból érkező sugárzás mennyisége, a felszín anyagi összetétele, a domborzati viszonyok (tengerszintfeletti magasság), általános földi légkörzés és a tengeráramlások hő és vízgőzszállítása. A felsorolt tényezők mellett egy terület levegőminőségére még hatással van a kibocsátott szennyezőanyagok mennyisége, a beépítettség és a nagy távolságokról érkező szennyezés. A szennyezőanyagok többféleképp hatnak az élő szervezetekre közvetett vagy közvetlen módon, többek között kiválthatnak irritációt, bűzhatást, okozhatnak mérgezést, és a rákkeltő tulajdonsággal rendelkezők halálhoz is vezethetnek. Megkülönböztetünk rövid-, illetve hosszú távú szennyezőket, melyeket a légkörbe, talajba kerülve az állatok és a növények felvesznek és a táplálékláncan keresztül az emberi szervezetbe is bejutnak. A külső és a belső terekben különböző szennyező anyagok fordulnak elő. A külső terekben a főbb szennyező források a lakosság, a közlekedés, az ipar, az erőművek és a mezőgazdaság; a belső terekben pedig a dohányzás, a fűtés, a tisztítószerek használata és az építőanyagokból a légkörbe kerülő komponensek jelentenek veszélyt” [4].

Közismert tény, hogy a fűtési szezonban magasabb a károsanyag-kibocsátás, mint általában. Ez annak tudható be, hogy az emberek jelentős – ha nem túlnyomó – része a mai napig fával, rosszabb esetben műanyag vagy papíralapú hulladékkal tudja csak megoldani a fűtést, és ezek elégetésével a hőtermelés mellett korom, hamu és más szennyezőanyagok jutnak a légkörbe. Városi környezetben bár a központi fűtés az elterjedt, azonban az ennek alapjául szolgáló víz felmelegítéséhez energiára van szükség; energiára, amit modernebb környezetben földgáz, egyéb esetben szén, fa, olaj elégetésével tudnak előállítani, amivel jelentős mennyiségű szén-dioxidot juttatnak a levegőbe. Különösen veszélyes ez akkor, ha a fűtőrendszerben valamilyen meghibásodás keletkezik, ez ugyanis tökéletlen égést eredményezhet, amely során szén-dioxid helyett szén-monoxid és/vagy korom keletkezik, amely közvetlenül okozta a múltban és okozza napjainkban is évente átlagosan tucatnyi ember halálát és hozzávetőlegesen több száznak sérülését Magyarországon. Egy 2017-es kimutatás szerint az Amerikai Egyesült Államokban 2010 és 2015 között több áldozatot szedett a szén-monoxid-mérgezés, mint a terrorizmus, ezzel a negyedik helyre került a vezető halálokok listáján [5].

Hazánk légszennyezettsége

Magyarország levegőminőségét a földrajzi paraméterei is nagyban befolyásolják, hiszen a magas hegységekkel körülvett Kárpát-medencében elhelyezkedve a szennyezőanyagok nehezen tudnak kiáramolni, illetve feloszlani és megrekednek hazánk területén. Ezek télen nagyobb koncentrációban vannak jelen a légkörben, amikor anticiklon esetén

napokon át tartós hideg alakul ki, vagy a ciklon esetén a párás és ködös időszak állandósul. Az elmúlt évtizedekben hazánk levegőterhelése egyes szennyezők tekintetében számottevően enyhült, ugyanakkor bizonyos szennyezőanyagok koncentrációja még mindig túlzottan magas, amely folyamatos egészség- és környezetromboló hatást gyakorol az élő- és élettelen világunkra [4].

A Hermann Ottó Intézet 2018-ban kiadott jelentése szerint: „Az ember, a növények, az állatok és az épített környezet védelme érdekében ezeken az értékeken javítanunk kell. Ehhez szükségesek a folyamatos mérések és ellenőrzések és ahol problémát észlelünk, azokon a területeken szigorúbb előírásokat hozni, valamint ahol lehetséges technológiai fejlesztések segítségével tisztább levegőminőséget elérni” [4].

Magyarország levegőszennyezettségi állapotát mai napig jelentősen meghatározza az 1979-ben a Nagy Távolságra Jutó, Országhatáron Átterjedő Légszennyezésről szóló (Long-range Transboundary Air Pollution, LRTAP) genfi egyezményhez, illetve később 2004-ben az Európai Unióhoz (a továbbiakban: EU) való csatlakozása, hiszen mindkét fórum szigorú előírások bevezetésével komoly erőfeszítéseket tesz a levegőminőség-védelemmel kapcsolatosan. Bár elmondható, hogy a szilárd tüzelésről – jellemzően – földgáztüzelésre, a megjelenő megújuló energiákra való átállással, illetve az atomenergia-felhasználással az energetikai szektor és általában az ipari tevékenységek okozta levegőterhelés számottevően visszaszorult. Ugyanakkor a közlekedés, illetve a téli időszakban a száraz tűzifa, fapellet vagy fabrikett helyett – az energiahordozók (földgáz) árának emelkedése miatt – a nem megfelelő lakossági szilárd tüzelés (nedves fa, szén – főként lignit – és egyéb háztartási hulladék) során továbbra is jelentős mennyiségű egészséget és környezetet súlyosan károsító légszennyező anyag, kisméretű szálló por (PM), szén-monoxid (CO), nitrogén-oxidok (NO_x), kén-dioxid (SO₂), valamint ammónia (NH₃) keletkezik [6].

Jelenleg hazánk számos településén, ahol az ipar, az energiatermelés és a közlekedés koncentrálódik, a levegőterhelési faktorok összeadódása miatt a levegőszennyezettség szintje jóval meghaladja az EU által meghatározott értéket. Az olyan településeken élő emberek, mint Budapest, Dorog, Miskolc, Nyíregyháza és Szeged, fokozottan ki vannak téve a rossz levegő által okozott fizikai és szellemi egészségügyi kockázatoknak.

A főváros levegőszennyezettségére már Széchenyi István felhívta a figyelmet *A pesti por és sár* című írásában: „Sőt, kérdem, nem vált-e már soknak tűrhetetlenné a némelykor valóban »késsel metszhető por« vagy azon sár, mellyel néha téli időben küszködünk [...] egészségünket oly sokszor kockára bocsátanunk kell? Nem kételkedem, sőt bizonyos vagyok, sok magában ilyféle okoskodást már tett, és piszkainkon, mocskainkon velem együtt nemcsak bosszankodott, de – kivált idegen előtt – pirult is” [7]. A 20. század első felében a főváros levegőszennyezettsége elsősorban az energiatermelésre és a fűtésre vezethető vissza. Az éves szénfogyasztás emelkedő tendenciája és az átlagemberek számára túlságosan magas korszerűsítési díjak, valamint a kevés alternatív lehetőség vezetett ahhoz a helyzethez, hogy az elektromos áram vagy földgáz használata a háztartások túlnyomó többségében luxusnak számított. Egyetlen megoldásnak az állami támogatással történő távfűtő-berendezések felállítása és a pályaudvarok villamosítása tűnt.

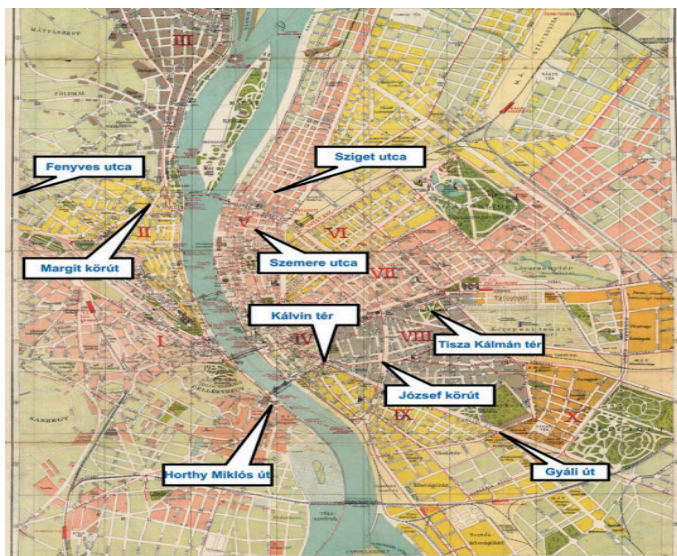
Az 1980-as évektől kezdve a széntüzelés fokozatosan kiszorult az olaj-, majd gáztüzelés, illetve távfűtési megoldások megjelenésével. 1990 és 2003 között a megváltozott

új ipari technológiáknak köszönhetően az ipari eredetű légszennyező anyagok kibocsátása is számottevően csökkent, ugyanakkor ez idő alatt a motorikus közlekedés a közutakon egyre frekvenciátalabbá vált, a gépjárműforgalom jelentősen megnövekedett, így a közlekedés, illetve azon belül is főként a dízeljárművek levegő-egészségkárosító, szennyező hatása jelentősebbé vált. „Beclsések szerint az utóbbi évtizedben a fővárosban a nitrogén-oxidok, a portterhelés, a szén-monoxid, a PAH-ok és az illékony szénhidrogének (VOC) kb. 80%-a a közlekedés révén kerül a levegőbe” [8].

„Egyre több kémiai anyag káros környezeti és egészségügyi hatását ismerték fel, így igény merült fel új határértékek megállapítására. [...] Megkülönböztettek 24 órás és 30 napos, illetve éves határértékeket.” [7] Budapest területét felosztották és tisztaságvédelem szempontból különböző kategóriákba sorolták, amelyekre a 21/1986. (VI. 2.) MT rendelet alapján eltérő határértékeket állapítottak meg. A „kiemelten védett” kategóriában „védett I.” „védett II.” csoportokba osztották a főváros részeit, az előbbibe a főváros legnagyobb hányadát, az utóbbiba az iparterületeket osztották be [7].

Napjainkban a magyar jogszabály az EU-irányelvekkel összhangban álló szabályokat rögzít a levegőtisztaság védelméről. A légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről a 14/2001. (V. 9.) KöM-EüM-FVM együttes rendelet, míg a kibocsátás ellenőrzésével és értékelésével kapcsolatos feladatokat a 17/2001. (VIII. 3.) KöM rendelet szabályozza. A korábban érvényben lévő védettségi osztályok megszűntek, a légszennyezettség egészségügyi határértékei az egész ország területére érvényesek. Ezek alól kivételt képeznek az ökológiailag érzékeny területek, amelyekre külön határértékeket állapítottak meg [7].

„Levegőminőséggel kapcsolatos (szén-dioxid, ammónia és por) méréseket Budapesten Fodor József (1843–1901) végzett elsőként a Budapesti Orvostudományi Egyetemen a 19. század végén. Az első kifejezetten ilyen tárgyú tanulmány *A füst elleni küzdelem kérdésének állása hazánkban és külföldön* címmel 1928-ban jelent meg Frischfeld Ede, Hubert Ernő és Johan Béla szerkesztésében a *Népegészségügy* folyóirat IX. évfolyamának 10. számában. Ennek hatására a Székesfővárosi Közegészségügyi és Bakteriológiai Intézet nagyobb anyagi támogatásban részesült, és megkezdődhetek a légszennyezettség vizsgálatát célzó teljesebb körű mérések. Az 1930-as évektől kezdve beszámoltak kutatási eredményeikről, többek között felismerték a légszennyezettség és az időjárási tényezők, valamint az energiahordozók minősége közti összefüggést (Városi Szemle 16. évf., 1930; Népegészségügy XX, 1935)” [7]. Mérés helyek a Gyáli úton és a József körúton voltak a fővárosban 1935-ben, de a rá következő két évben több állomással is növekedett a számuk (lásd az 1. ábrát). Ez lehetővé tette egyidejűleg több mérés elvégzését, amely átfogóbb kép kialakulásához vezetett a város levegőjének akkori koromtartalmát és térbeli eloszlását illetően. Méréspontokat helyeztek el a forgalmas belvárosi kerületekben és a külvárosi körzetekben egyaránt.



1. ábra

Az 1930-as évek végén létesített levegőminőségi mérőhelyek Budapesten [7]

Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által kiadott ajánlásához igazodva 1979 januárjában átszervezték a mérőhálózatot, és az állomások számát csökkentették. Az így felszabaduló készülékeket a közlekedési csomópontok, gyárak vagy nagyobb üzemek közelébe helyezték át, amelyek a lakosság egészségét potenciálisan veszélyeztető szennyezőforrásoknak bizonyultak. Az átszervezés célja az volt, hogy olyan adatsorokat kapjanak, amelyek lehetővé teszik a külföldi nagyvárosok eredményeivel való összehasonlítást [7].

Külföldi légszennyezettségi állapotok rövid összefoglalása

A légszennyezettség nem tiszteli az országhatárokat. A légmozgás szállítja a nehézfémeket és az ellenálló szerves gyököket, szennyezve a vizeket és a talajt távol az eredési helyüktől is. A kései 1990-es években az erdőtüzek, főleg Indonéziában, óriási füstfelhőket képeztek, amelyek hónapokig lebegtek a szomszédos délkelet-ázsiai országok felett. Iskolákat és óvodákat kellett bezárni, míg a helyi kórházak nagyszámú, köddel kapcsolatos megbetegedéssel járó gyermeket jelentettek. Az 1952-es *Nagy Londoni Köd* rászorította a világ figyelmét a légszennyezettség problémájára, és azóta jelentős javulás történt a fejlett országokban. Akárhogy is, minden évben a kinti levegőszennyezettség Európán belül több száz, világviszonylatban nézve több mint 24 ezer gyermek haláláért felelős. Az ipari növekedés és a gyors urbanizáció szítja a problémát, olyan terhet róva ki ezzel, amelyet leginkább a világ fejlődő nagyvárosaiban lehet érzékelni. A tisztább üzemanyagok és technológiák, továbbfejlesztett motorok, és a tömegközlekedés használata alapvető fontosságú, hogy biztosítsa a gyermekek számára a tiszta levegőt.

Az 1996-os olimpiai játékok idején a tömegközlekedést ösztönözték, valamint Atlanta egyes részeit lezárták a magángépjárművek előtt, és ösztönözték a távmunkát. Az ózonszennyeződés által előfordult akut asztmaesetek száma 42%-kal csökkent. A kibocsátáscsökkentő stratégia a játékok ideje alatt a következő lépéseket foglalta magában: 24 órába integrált tömegközlekedési rendszer, ezer további busz, a helyi üzletek alternatív munkaideje és az otthoni munkavégzés, a városközpont lezárása a magángépjárművek előtt, nyilvános figyelmeztetések a potenciális közlekedési és levegőminőségi problémákra. A következő eredményeket jelentették: az olimpiai játékok idején az ózon koncentrációja 28%-ot zuhant, 217%-kal többen használták a tömegközlekedést, 11–44%-kal csökkent az akut asztmaesetek száma [9].

London levegőszennyezettsége

A London típusú füstköd (smoke és fog) szóból ered a szmog szó, amelyet reduk-tív szmognak is szoktak említeni a füstködben lévő korom korrodáló hatása miatt. Az Egyesült Királyságban a 19. században észlelték először, hogy változott a náluk viszonylag sűrűn előforduló köd szaga, színe, vastagsága és gyakorisága. Az 1980-as évekig rendszeres jelenség volt, amelynek kialakulásához a sajátos időjárás túl a légszennyezés nagyban hozzájárult. Bár felfigyeltek a fűtés és a téli köd összefüggésére, de a rossz tüzelési módot okolták a rossz minőségű tüzelőanyagok helyett. Akkoriban széntüzelés volt jellemző a lakossági és az ipari méretű energia-előállításban, amelynek minősége romlott az első világháború utáni gazdasági visszaesés miatt.

A 20. század elején már Londonban, sőt egész Nagy-Britanniában a korábbiakhoz képest jelentősen kevesebb ködös napot figyeltek meg, azonban a légszennyezés intenzitása nem csökkent, mivel a 20. század elejére a korábban épített épületek, berendezések felújítására nem került sor. A málladozó, erősen korrodálódott épületek és bomló berendezések a légszennyező anyagokkal vegyülve kémiai reakcióba léptek (például a vasúti tartóoszlopok a kénes füst miatt csaknem 10%-ban tartalmaztak vas(II)-szulfátot [FeSO_4]).

A 20. század közepére tovább romlott a helyzet és – jellemzően a téli évszakokban – újra rendszeressé vált a bűdös és már feketévé váló füstköd, amelyből a kiáramló korom miatt korrodálódtak a fémek, megfeketedtek házfalak, illetve textíliák [10].

A (London-típusú) füstköd főként télen, fagyponthoz közeli (–3 és +5 °C közötti) hőmérsékleten, szélcsend, magas légnyomás és jellemzően magas páratartalom és az úgynevezett inverzió léghelyesség mellett, kén-dioxid, szén-monoxid, por és korom jelenlétében alakul ki. Magyarországon 1990. januárban Budapesten és Miskolcon volt tapasztalható ilyen típusú szmog.

Los Angeles levegőszennyezettsége

A világ más nagyvárosaiban sem jobb a helyzet, sok helyen kifejezetten rosszabbul állják meg helyüket a légszennyezés elleni harcban. Az amerikai Kalifornia állam egészében – az AirNow szerint – a levegőminőségi indexet használva, a levegő minősége

többnyire átlagos (51-től 100-ig terjed, ami sárga zónás) és középtávon elfogadható minőségűnek tekintett. Azonban Los Angelesben a levegő minősége ózonos (101-től 150-ig terjed, ami már narancssárga zónás) és az érzékenyebb szervezetekre (mint például, akik enyhébb asztmában szenvednek) káros. Az Amerikai Tüdő Egyesület (American Lung Association) szerint az ózon általi egészségügyi kockázatokba beletartozik a fejlődési és immunrendszer károsodása, asztmarohamok, tüdőrák, légszomj és akár a korai halál. Az Amerikai Egyesült Államok által jelenleg legrosszabbul kontrollált és egyik legveszélyesebbnek tekintett szennyező az ózon [11].

A közlekedés által kibocsátott (nitrogén-oxidok, szénhidrogének, szénmonoxid) légszennyező-anyagok alacsony páratartalom és 2 m/s alatti gyenge légmozgás mellett, 25–35 °C hőmérsékletű erős napsugárzás (UV-sugárzás) hatására fotokémiai folyamatot indítanak el, amely során nitrogén-dioxid és ózon, majd szabadgyökök, hidrogén-peroxid és peroxi-acetil-nitrát (PAN) keletkezik. Ezekből jön létre az oxidáló (Los Angeles-típusú, fotokémiai) szmog, amely a nagy forgalmú, száraz, napfényes nyarú területeken jellemző, különösen, ahol a levegő megreked (például Los Angeles, Athén, illetve 1985 óta Magyarország is ide sorolható) [10].

Spanyolország légszennyezettségének állapota (nitrogén-oxid és ózon)

Míg Toledóban egy járókelő a madridi Gran Vía sugárúton kialakult közlekedési dugó által szennyezett levegőt szívja be, Sierra Norte-ban, Madridon kívül emberek százai a fővárosból azzal a tudattal töltik a hétvégjüket, hogy tiszta, friss levegőt szívnak, anélkül, hogy tudnák, tavaly az volt az egyik legszennyezettebb levegőjű terület Spanyolországban.

Mindeközben egyéb vidéki területeken, mint amilyen a Vic-i puszták Katalóniában és a falvakban, mint Villaneuva del Arzobispo Jaén-ban, Andalúziában olyan szinten van a szennyezettség szintje, hogy megszegi az EU levegőminőségi szabályozót.

Ez csak néhány példa a pollenparadoxonokból, amelyek – az *El País* népszerű spanyol napilap becslése szerint – ártóan hatnak Spanyolországban legalább 15 millió ember egészségére. A legsúlyosabban fertőzött területek Madrid és Barcelona, de az andalúziai, extremadurái, Kasztília-La Mancha-i és valenciai régiók szintúgy magas kockázati szintekkel küzdenek.

Spanyolország fő szennyezői a nagyvárosokban uralkodó, közlekedésből eredő nitrogén-oxidtól a közlekedés, a központi fűtőrendszerek, a garák és az építkezések által termelt porból, hamuból, koromból és hasonló anyagokból álló PM₁₀ részecskanyagoktól és végül a többihez kapcsolódó ózontól, amelynek nem árt a meleg időjárás és nagy távolságokra képes szétszóródni – amiért a tisztának feltételezett területek, mint Madrid Sierra Norte-ja magasan szennyeződhetett.

Az úti forgalom, különösen a dízelautók felelősek a nitrogén-dioxid (NO₂) kibocsátás több mint 50%-áért.

A spanyol Ökonómiai Átmenet Minisztériuma 2017-ből származó legfrissebb adatai felhasználásával az *El País* kiszámította azoknak a számát, akikre hatással voltak a fentiekben leírtak, számításba véve azon területek lélekszámát, ahol a három szennyező túllépi az EU-s limitet.

Mindegyik zónában van egy vagy több levegőminőség-mérő állomás. Elég, ha csak az egyik állomás nagyobb értéket mutat a megengedettnél, és máris nem felel meg a törvényi követelményeknek. Ez a legnagyobb vagy legnépesebb régiókban, mint például Andalúzia, elég gyakori jelenség.

Az Ecologists in Action környezetvédelmi szervezet tavaly 17,5 millió spanyol emberre tette azok számát, akik rossz minőségű levegő hatása alatt állnak. Az Ökológiai Átmenet Minisztériuma szerint lehetetlen úgy pontosan felmérni az egészségügyi hatást, hogy minden egyes állomás által lefedett terület népességi számadatához csak az egyes régiók férnek hozzá.

Amennyire a kormány érintett, a 2018-ból származó előzetes pollenszint adatok „mutatnak bizonyos javulást” különös tekintettel a nitrogén-dioxidra (NO₂). Az időjárás is segített, mivel több szél és eső volt. „Azt gondolhatnánk, hogy a hatóságok által bevezetett intézkedések működnek” – mondja a kormányzóvivő [12].

De Miguel Ángel Ceballos az Ecologists in Action-tól szkeptikus. Bár elismeri, hogy a helyzet rosszabb volt a gazdasági válság előtt, továbbra is állítja: „a gazdasági helyreállítás 2015-től beindította a problémát újra, azzal hogy megnőtt a fosszilis (szénalapú) üzemanyagok égetése és az ebből következő emissziók mértéke” [12]. Hozzáteszi, hogy a hatóságok nem alkalmaznak megfelelő intézkedéseket, hogy ezt visszafordítsák.

Az Ökonómiai Átmenet Minisztériuma azonban elismeri, hogy Spanyolországban 2017-ben az egyensúly negatív volt, ami azt jelenti, hogy az azt megelőző évben a levegő minősége rosszabb volt [12].

A légszennyezők egészségügyi kockázatai, keletkezésének okai

Elsősorban a rossz levegőnek a keringési és légzőszervekre való káros hatásait kell megemlíteni. A belélegzett levegővel az általa hordozott különböző apró részecskék, mint például a szálló por, bekerülnek a szervezetünkbe, illetve a véráramba is, izgatva a nyálkahártyákat, gyulladásokat, véralvadékonyságot, és ez utóbbiból kifolyólag vérögösödést okozva. Kutatások kimutatták, hogy a légszennyezettség növeli a stroke, a koraszülés, a szív- és érrendszeri zavarok kialakulásának valószínűségét, valamint jelentősen kártékony hatással lehet a magzat agyi funkcióinak alakulására és egészségére nézve. Továbbá a kültéri levegő szállópor-tartalmának hosszú távú hatásaként a várható élettartam jelentősen csökkenhet a légzőszervi betegségek, valamint a tüdőrák miatti halálozás növekedése következtében.

Pszichés hatásait tekintve sem veszélytelen tényező a levegőszennyezettség. A *The Guardian* angol országos napilap szerint – a fiatalok sokkalta inkább hajlamosabbak depresszióra 18 évesen, ha 12 évesen rossz levegőnek vannak kitéve.

Az első arra irányuló elemzésben, hogy hogyan hatnak az általános levegőszennyező anyagok a tinédzserek szellemi egészségére, tudósok olyan fiatalokat találtak, akik 3-4-szer hajlamosabbak voltak depresszióra 18 évesen, amennyiben 12 évesen szennyezettebb levegőnek voltak kitéve. Korábbi munkájukkal összehasonlítva kimutatták, hogy a levegőszennyezettség nagyobb kockázati faktor a kamaszkori depresszió kialakulásában, mint a fizikai erőszak.

A szakértők szerint az eredmény különösen jelentős, mivel a mentális egészségügyi problémák 75%-a gyermekkorban vagy kamaszkorban kezdődik, amikor az agy viharos gyorsasággal fejlődik. A tanulmány összefüggést sejtet a szennyezett levegő és az antiszociális viselkedés között, azonban ennek megerősítéséhez további munkára van szükség. Egy nagyobb tanulmány várható még ebben az évben.

„A magas szintű légszennyezettség nem tesz sem neked, sem a gyermekednek jót, legyen szó a fizikai vagy mentális egészségről” – mondta Helen Fisher a londoni Kings College kutatásvezetője. „Észszerű dolog megpróbálni elkerülni a legszennyezettebb levegőjű területeket. Arra kellene szorítani a helyi és nemzeti kormányokat, hogy csökkentsék ezeket a szinteket” [13].

A *Psychiatry Research*ben publikált tanulmány londoni gyermekek vonatkozásában gyűjtött össze részletes adatokat a légszennyezettség hatásairól. A 284 tanulmányozott gyermekből, akik 12 évesen a legszennyezettebb levegőjű területek felső 25%-ában éltek kiderült, hogy 18 éves korukra 3-4-szer lesznek hajlamosabbak depresszióra, azokhoz képest, akik a legkevésbé szennyezett területek 25%-ában élnek. Összehasonlításképpen a korábbi kutatás kimutatta, hogy azoknál a gyermekeknél, akik fizikai erőszaktól szenvednek másfélszer esélyesebb a depresszív zavarok kialakulása. A kutatók számításba vették azokat a dolgokat, amik hatással lehetnek a mentális egészségre, mint a családon belül örökletes mentális betegségek, a jövedelem mértéke, erőszak és dohányzási szokások. Nézték az idegesség és az ADHD mértékét, azonban nem találtak kapcsolatot a levegőszennyezettséggel.

Az antiszociális viselkedés kockázatának növekedése 3-5-ször magasabb volt, de a depresszióhoz való kapcsolattól eltérően az eredmény nem volt statisztikailag jelentős, minden bizonnyal azért, mert a kutatásban szereplő rossz magaviseletű kamaszok száma alacsony volt.

A fizikai egészséggel összevetítve a légszennyezés szellemi egészségre való hatása sokkal kevésbé volt tanulmányozva eddig. A felnőtteken való kísérletezés eddig egymásnak ellentmondó eredményeket produkált, bár bizonyíték van rá, hogy a légszennyezés hosszabb távon akár jelentős mértékű intelligenciacsökkenést is eredményezhet. Bár a tanulmány célja nem a kamaszkori depresszió okának felfedése, Fisher szerint a mérgező anyagok okozta belső láz a legvalószínűbb: „Tudjuk, hogy a szennyezőrészecskék elég kicsik ahhoz, hogy átjussanak a vér-agy gáton, és tudjuk, hogy hatalmas összefonódások vannak az agyban lévő belső láz és a depresszív tünetek kialakulása között” [13].

Állítása szerint a gyermekek és a kamaszok különösen sérülékenyek, hiszen ebben az életszakaszban intenzív az agyi fejlődésük és jelentős hormonális változásokon mennek keresztül, valamint sok stresszhatás éri őket a világ megismerése közben, mint például a tanulmányaik során a számonkérések, illetve maga a munkakeresés folyamata.

A légszennyezés során egészségügyi szempontból is a gyermekek a legsebezhetőbbek. A gyerekek tüdőfejlődése születéskor még nem fejeződik be, hanem keresztülmelegy különféle érproliferációkon egészen 2 éves korig, és még tovább fejlődik 5-8 éves korig. A tüdő a teljes méretét csak a kamaszkorban, a végleges testmagasság kialakulásakor éri el.

Valamint a felnőttekhez képest az újszülötteknek és kisgyermekeknek gyorsabb az anyagcseréjük és oxigén-felhasználásuk, mivel nagyon gyorsan növekednek, valamint a méretükhöz képest megnövekedett oxigénszükséglethez a felnőttekétől keskenyebb légútjuk van. Ezért a felnőtteknél egy kis légúti irritáció enyhébb reakciót vált ki, mint egy kisgyereknél, akiknek légútját el is dugíthatja ugyanakkora mértékű szennyeződés. Ennélfogva bármilyen légszennyezőnek sokkal inkább ki vannak téve [9].

Fisher szerint fontos a további kutatás, mert a levegőpollenek elleni harc kevésbé küzdelmes, mint a többi olyan faktor, amely pszichikai sérülést okozhat. „Ha meg tudjuk érteni, hogy miről van szó, akkor lehetőségünk nyílik a korai beavatkozásra, és hogy tegyünk ellene valamit” – mondta [13].

„Ez a tanulmány felhívja a figyelmet a levegőpollenek veszélyeire az Egyesült Királyságbeli tinédzserpopuláció körében, különös tekintettel azokra, akik városi környezetben élnek, ahol a mentális problémák gyakoribbak.” – mondta Robin Russel-Jones közegészségügyi orvos [13].

Az Egyesült Királyság nagy részében a levegő nitrogén-oxid koncentrációja határérték feletti szinten van, és az apró részecskeszennyeződés mértéke sok helyen meghaladja az Egészségügyi Világszervezet (WHO) irányértékét. A kormány elfogadja, hogy a szennyezett levegő megrövidíti a gyermekek életét és károsítja őket, azonban a legújabb akcióterve az útmenti polleneket illetően „szánalmasnak” lett leírva a környezetvédelmi ügyvédek által.

A Doctors Against Diesel kampány egyik alapítója, Chris Griffiths professzor szerint további kutatások szükségesek, azonban a fiatalok mérgező levegőnek való kitettségének drámai szintű csökkentésének sürgőssége megmaradt.

„A fejlemények igazán sokkolóak és elszomorítóak, jól mutatván azt, hogy mennyire kritikus dolog az, hogy a népegészségügyi krízis megfelelően legyen kezelve” – mondta Jenny Bates a „Föld Barátaitól” [13].

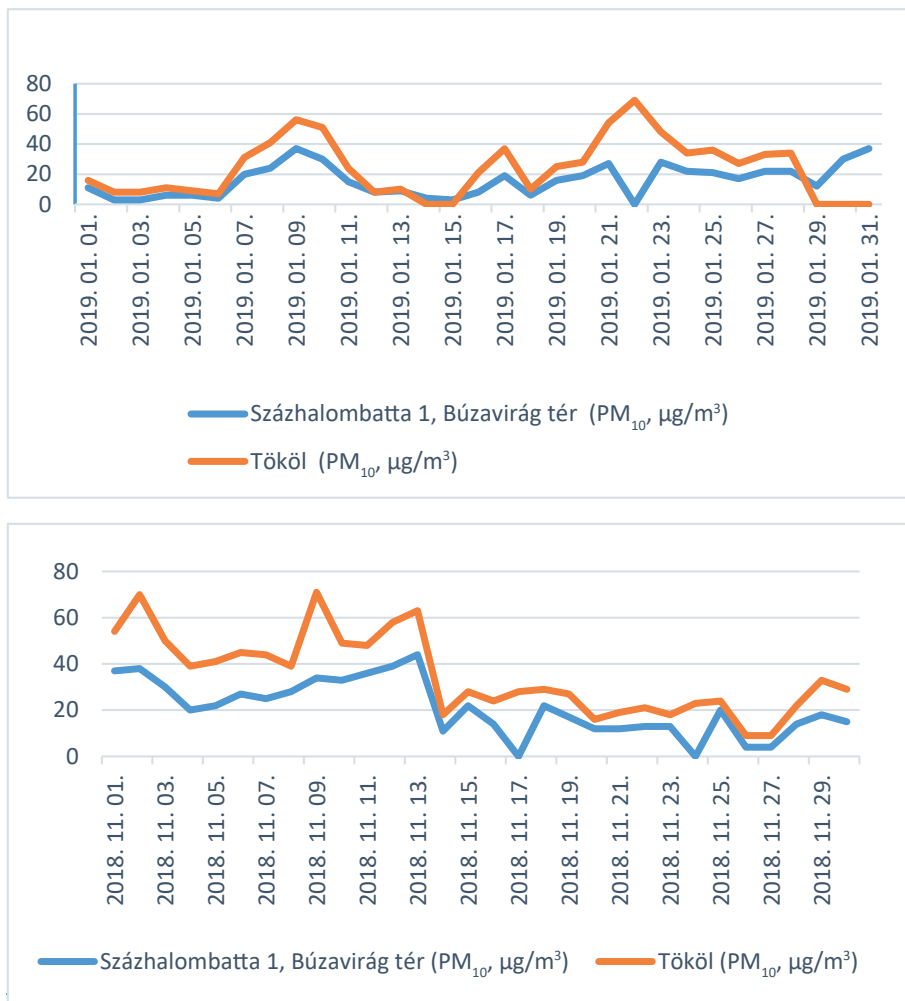
A Medact egészségügyi jótékonyági szervezetnél Rebecca Daniels azt mondta, hogy „a kormány válasza erre nagyon hiányzik – robusztus és átfogó jogszabályokra van szükség a tiszta levegőt illetően, beleértve a szennyező járművek számának drasztikus csökkentését az utakon” [13].

Következtetés

Az Európai Unió eddigi évtizedes törekvései a tagországok károsanyag-kibocsátásának mérséklésére eddig – a levegőszennyezést tekintve – nem hoztak túl nagy eredményt, így feltételezhetően az ebből adódóan bekövetkező megbetegedések és halálozások száma továbbra is növekvő tendenciát fog mutatni. Úgy vélem, a légszennyezés visszaszorítására jól átgondolt és szervezettebb nemzeti és nemzetközi összefogásra lenne szükség. Az állami és nemzetközi szabályozásokon túl, nagyobb ráfordítás és komolyabb vezetés mellett országos szinten energiatakarékos és környezettudatos technológiákra való maradéktalan átállás lenne a megoldás, valamint a dízel üzemanyaggal működő járművek városi közlekedésből való kivonására.

Hazánk vegyipara nagyon összetett, a levegőminőség megóvása érdekében tett törekvések több irányból is szolgálják a környezetvédelmi elveket [14], [15]. Azonban

fontos tény, hogy jelentős mértékben fosszilis energiahordozókra épül hazánk vegyipara, szezonálisan az évben többször előfordulhat, hogy a határértékek feletti egyes szennyezőkomponensek jelenléte. Példaként a 2. ábrán bemutatom Tököl, és Százhalombatta 2018. novemberi, és 2019. januári időszakban mért PM_{10} -koncentrációját. A határérték $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tehát egyértelműen látható, hogy esetenként a mért értékek túllépi a megengedett tartományt, amelyet adott légköri jelenségek elősegíthetnek.



2. ábra

A PM_{10} koncentrációja $\mu\text{g}/\text{m}^3$ értékben Százhalombatta és Tököl városok levegőszennyezettségének bemutatására [16]
(Megjegyzés: határérték $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hivatkozások

- [1] A. Mészáros, „A magyar környezetvédelem – Légszennyezés és levegőtisztítás,” 2014. 09. 15. [Online]. Elérhető: <http://kornyezetblog.weebly.com/andras/a-magyar-kornyezetvedelem-legszennyez-es-levegotisztitas> (Letöltve: 2019. 02.13.)
- [2] Á. Rédey, A. Fejes Lászlóné Utasi, T. Yuzhakova és L. Dióssy, *Környezetállapot értékelés*, Veszprém: Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2014. [Online]. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0089_06_kornyezetallapotertekeles/adatok.html (Letöltve: 2019. 02. 13.)
- [3] Országos légszennyezetségi mérőhálózat, „Főbb légszennyező anyagok egészségügyi határértékei, a 4/2011 (I. 14.) VM rendelet 1. melléklet alapján,” országos légszennyezetségi mérőhálózat. [Online]. Elérhető: <http://levegominoseg.hu/hatarartek?AspxAutoDetectCookieSupport=1> (Letöltve: 2019. 02. 13.)
- [4] A. Holes szerk., *Magyarország környezeti állapota 2017*, Budapest: OOK Press Kft., 2018.
- [5] A. Berezow, “Carbon Monoxide Kills More Americans Than Mass Shootings, Terrorism Combined,” American Council on Science and Health, March 6. 2017. [Online]. Elérhető: www.acsh.org/news/2017/03/06/carbon-monoxide-kills-more-americans-mass-shootings-terrorism-combined-10954 (Letöltve: 2019. 02. 23.)
- [6] L. Riesz szerk., *Magyarország környezeti állapota 2015.*, Budapest: Adu Press Kft., 2016.
- [7] S. Zichler, R. Ocskay és I. Salma, *Budapest levegőszennyezetségi története*, Budapest: ELTE – Kémiai Intézet, Levegő Munkacsoport, 2007.
- [8] L. Bozó, J. Szilávik, B. Vaskövi és I. Váraljai, „Az 1990–2003 közötti időszak levegőminőségének értékelése” („A levegőminőség alakulása Magyarországon az 1990–2003 közötti időszakban” című tanulmány alapján), Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 2004.
- [9] World Health Organization (WHO), “Outdoor air pollution – Children’s Health and the Environment”, World Health Organization (WHO), July 2008. [Online]. Elérhető: www.who.int/ceh/capacity/Outdoor_air_pollution.pdf (Letöltve: 2019. 02. 23.)
- [10] A. Anda, *Levegőtisztaság védelem*, Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ, 2011. [Online]. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_Levegotisztasagvedelem/adatok.html. (Letöltve: 2019. 02. 13.)
- [11] M. Espiritu, “California/Los Angeles Air Pollution,” *Gryphon Gazette*, 03 February, 2019.
- [12] E. Sánchez és E. G. Sevillano, “15 million Spaniards are breathing air the EU considers polluted,” *El País*, 7 December, 2018. [Online]. Elérhető: https://elpais.com/elpais/2018/12/05/inenglish/1544008632_514634.html (Letöltve: 2019. 02. 14.)
- [13] D. Carrington, “Growing up in dirty air quadruples chances of developing depression,” *The Guardian*, 30 January, 2019.
- [14] J. Dobor, “Major Chemical Accidents in the 21st Century Europe and its Lessons Learned in Higher Education,” *AARMS*, vol. 16. no. 3, pp. 93–108, 2017.
- [15] J. Dobor, „Veszélyes gázok felhasználási lehetőségei az iparban és a mezőgazdaságban, illetve e tevékenységek kockázatai,” *Hadmérnök*, 13. évf. 1. sz. pp. 28–42, 2018.
- [16] Földművelésügyi Minisztérium, „Országos Légszennyezetségi Mérőhálózat,” *Földművelésügyi Minisztérium*, [Online]. Elérhető: www.levegominoseg.hu/automata-merohalozat (Letöltve: 2019. 02. 14.)