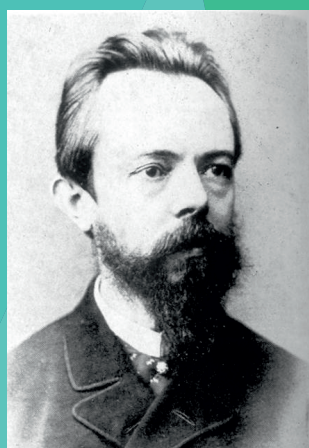


EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

KÖZEGÉSZSÉGÜGYI-JÁRVÁNYÜGYI SZAKLAP

Mit gondol a magyar lakosság
a kémiai anyagokról?



A MAGYAR HIGIÉNIKUSOK TÁRSASÁGA
TUDOMÁNYOS ÉS TOVÁBBKÉPZŐ
FOLYÓIRATA

LXVI. ÉVFOLYAM 2022. 3-4. SZÁM

TARTALOM

CONTENTS

3

FŐSZERKESZTŐI KÖSZÖNTŐ *EDITORIAL INTRODUCTION*

4

KÖRNYEZETEGÉSZSÉGÜGY – EREDETI KÖZLEMÉNY *ENVIRONMENTAL HEALTH – ORIGINAL ARTICLE*

PÁLDY ANNA, MOLNÁR ZSÓFIA, MÜLLER RITA, MÁLNÁSI TIBOR, SZIGETI TAMÁS: A kisméretű aeroszol részecskék egészségkárosító hatásának becslése hazai városainkban 2017-2019 között / *Assessment of the health impact of particulate matter in some Hungarian cities between 2017 and 2019*

KÖZÉPESYSZILVIA, SZIGETI TAMÁS: A magyar lakosság vegyi anyagokkal és humán biomonitoringgal kapcsolatos ismereteinek, valamint hozzáállásának felmérése fókuszcsoportos beszélgetés és online kérdőíves felmérés alapján / *Citizens' perceptions and attitudes about chemicals and human biomonitoring based on focus group discussion and online questionnaire survey*

MÁLNÁSI TIBOR, MÁCSIK ANNAMÁRIA, PÁLDY ANNA: Hogyan alkalmazkodik a munkaképes magyar lakosság a klímaváltozás hatásaihoz – a 2017. évi Országos Gyermekek Légúti Felmérés (OGYELF) kérdései alapján / *How the working-age Hungarian population is adapting to the effects of climate change - based on the questions of the 2017 National Children's Respiratory Survey (OGYELF)*

66

NÉPEGÉSZSÉGÜGY – ÖSSZEFOGLALÓ KÖZLEMÉNY *PUBLIC HEALTH – REVIEW ARTICLE*

KEMENCZEI ÁGNES, SZILVÁSSY BLANKA, PÁLDY ANNA: Az élelmiszer-csomagolóanyagokból eredő humán endokrin diszruptor kockázat / *Health risks originating from food contact materials*

77

KÖRNYEZETEGÉSZSÉGÜGY – TOVÁBBKÉPZŐ KÖZLEMÉNY *ENVIRONMENTAL HEALTH – EDUCATIONAL ARTICLE*

VARGA CSABA: Új környezettoxicológia – megalapozó javaslatok / *New environmental toxicology – underlying proposals*

RALOVICH BÉLA: Jelenhetnek-e veszélyt a modern hűtőházakban tárolt gyümölcsök és zöldségfélék? / *Can the food stored in modern cold stores pose a health risk?*

KOVÁCS L. GÁBOR: A 85 éves Dr. Ralovich Béla munkássága / *The work of 85-year-old Dr. Béla Ralovich*

PÁLDY ANNA: DR. RALOVICS BÉLA: Balatonnal kapcsolatos adatok és gondolatok egy orvos szemével / *Data and thoughts on Lake Balaton through the eyes of a medical doctor*

RALOVICH BÉLA: Gondolatok a mai hazai orvosképzés alapjainak megszervezése centenáriumi évfordulóján – 86 évvel ezelőtt indult el a hazai modern közegészségügyi -, népegészségügyi- és falu-egészségügyi oktatás és kutatás / *Reflections on the centenary of the organisation of the foundations of medical education in Hungary today - 86 years since the start of modern public health, public health and village health education and research in Hungary*

FŐSZERKESZTŐI KÖSZÖNTŐ



**Tisztelt Tagtársak!
Kedves Kollégák!**

Hosszas előkészület után tudjuk közreadni az Egészségtudomány 2022. harmadik és negyedik összevont számát. Sajnos kevesen akarják kihasználni a magyar nyelvű közlés lehetőségét, amire lehetőséget kínál az Egészségtudomány. Ismét hangsúlyozom, hogy szükség van egy ilyen fórumra, ahol az eredeti kutatások eredményeinek bemutatása mellett közreadunk a terület számára hasznosítható módszertani útmutatókat, esetbemutatókat, referálunk külföldi folyóiratokat, felhívjuk a figyelmet egy-egy tudományos érdekességre. Történeti visszatekintéseket is közlünk, bemutatjuk a korábban elért eredményeket, amelyekre méltán lehetünk büszkéek és tanulhatunk is a példákból.

A mostani összevont számban is érdekes kutatási eredményekről számolunk be. Az ország levegőtisztaságának egészséghatását értékeli egy közlemény, bemutatva a kedvezően alakuló tendenciákat. Megtudhatjuk, hogyan vélekedik a hazai lakosság a vegyi anyagokkal és humán biomonitoringgal kapcsolatban, mennyire ismerik a vegyi anyagok veszélyeit, egészségkockázatait. Egyre gyakoribbak a hőhullámok, ezért is érdemes megismerni, hogyan alkalmazkodik a munkaképes hazai lakosság a klímaváltozás hatásaihoz, mik a legfontosabb változtatni valók. Egy összefoglaló cikk bemutatja az élelmiszer-csomagolóanyagokból eredő humán endokrin diszruptor kockázatokat. Szorgos levélírónk, Ralovich doktor arra a mindenkit érdeklő kérdésre válaszol, hogy jelenhetnek-e veszélyt egészségünkre a modern hűtőházakban tárolt gyümölcsök és zöldségfélék. Varga professzor úr továbbképző cikkében ismerteti az új környezettoxikológiát megalapozó javaslatait. Hangsúlyozza, hogy az ember többes természetéből fakadóan az eltérések csak részben vezethetők vissza pusztán biológiai (genetikai, fiziológiai, stb.) okokra. Léteznek egyéb okok is, melyek azonban – elsősorban határterületi jellegük miatt – nem vagy még nem eléggé vizsgált determinánsai, modulánsai a környezeti expozícióra adott válasznak. E tényezőket emberi populációk esetében

egyáltalán nem lehet figyelmen kívül hagyni, sőt figyelembe kell venni a környezeti expozíciók kontrolljánál és a kockázatbecslésben. Példák során mutatja be azokat a lehetséges okokat, melyek alapján az érintett közösség az átlagostól eltérően reagálhat bizonyos típusú expozíciókra, vagy az expozíció eleve csak az adott közösségben jöhet létre.

Múltidéző rovatunkban megemlékezünk arról, hogy 100 éve tették le a mai hazai orvostudomány alapjait és 86 évvel ezelőtt indult el a hazai modern közegészségügyi -, népegészségügyi- és falu-egészségügyi oktatás és kutatás.

Mindenkinek hasznos olvasást kívánok!

Dr. Páldy Anna
főszerkesztő

Páldy Anna¹, Molnár Zsófia², Müller Rita², Málnási Tibor¹, Szigeti Tamás¹

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

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

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

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

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

Összefoglalás

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

A városok napi légszennyezettségi adatai az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat validált adatbázisából származnak a 2017-2019 évekre. Egészségi végpontként a külső okok nélküli összes halálozást vizsgáltuk (BNO-10: A00-R99) a 30 év feletti városi populációkra. A légszennyezettség hosszú távú hatását a PM_{2.5} méretfrakció mérési vagy származtatott adatai alapján értékeltük a WHO AirQ+ programjával a WHO irányértékét (10 µg/m³ éves átlagkoncentráció) figyelembe véve. A rövid távú hatások értékelésénél a WHO korábbi (25 µg/m³) és a 2021-ben elfogadott (15 µg/m³) egészségügyi irányértékeket vettük figyelembe és az ezen értékeket meghaladó napi PM_{2.5} átlagkoncentrációk többlethalálozásra gyakorolt hatását számoltuk. Az elemzésben szereplő városok összlakossága meghaladta a 3 millió főt, amely hazánk lakosságának több mint 30%-a. A 30 év feletti lakosság százezer főre számított éves halálozása 1347 (Százhalombatta) és 2024 (Putnok) között változott.

A PM₁₀ tömegkoncentráció értékek a legtöbb esetben (különösen az észak-magyarországi régióban) csökkenő tendenciát mutattak a három év során. Csökkenő vagy stagnáló tendencia figyelhető meg az éves PM_{2.5} átlagkoncentrációk esetén is, a három év átlagában a PM_{2.5} tömegkoncentráció értékek 14,2 (Ajka) és 27,3 (Putnok) µg/m³ között változtak.

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

A napi PM_{2.5} átlagkoncentrációk 25 µg/m³-re csökkentésével Budapesten 2017-ben és 2018-ban egyaránt 52 halálesetet, 2017-ben Miskolcon 13, Szegeden 6, Debrecenben pedig 5 halálesetet lehetett volna megelőzni. Ha a WHO új irányértékét, a 15 µg/m³ koncentrációt nem haladták volna meg a napi átlagok, akkor Budapesten 2017-ben 105, 2018-ban 130, 2019-ben 81, Miskolcon 2017-ben 19, 2018-ban és 2019-ben egyaránt 15, míg Debrecenben és Szegeden 8 és 11 közötti halálesetet lehetett volna megelőzni.

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

Abstract

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

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

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

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

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

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

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

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

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2022. október 6.

Submitted: 6 October 2022

Elfogadva: 2023. május 30.

Accepted: 30 May 2023

Levelezési cím/Correspondence:

Dr. Páldy Anna

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti

Központ

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

Bevezetés

A városokat olykor ellepő szmogtól a lakásokon belüli füstig a légszennyezettség komoly veszélyt jelent az egészségre. A légszennyezés forrásai sokrétűek és környezetfüggőek. A legfontosabb kültéri szennyező források közé tartoznak a lakossági fűtéshez használt, nem megfelelő tüzelőanyagok, a gépjárművek, az energiatermelés, egyes mezőgazdasági tevékenységek, a hulladékégetés és egyes ipari tevékenységek. A világ lakosságának mintegy 99%-a olyan helyeken él, ahol a légszennyezők koncentrációja meghaladja az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által meghatározott irányértékeket. A légszennyezettség egyaránt érinti a fejlett és a fejlődő országokat, azonban a legjelentősebb problémát az alacsony és közepes jövedelmű országokban jelenti, egyes városokban kifejezetten kiugró értékek is előfordulhatnak a WHO ajánlásához¹ képest. Kínában például a $PM_{2.5}$ éves átlagkoncentrációja 2019-ben $38.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt, míg az Európai Unió országaiban 5.47 és $18.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ között mozgott¹.

Magyarországon a populációval súlyozott országos éves PM_{10} tömegkoncentráció folyamatosan csökkent a 2005 és 2019 közötti időszakban (2010-2011 kivételével)². A PM_{10} tömegkoncentráció alakulásában megfigyelhető javuló tendencia ellenére az elmúlt két évtizedben a 24 órás átlagkoncentrációk több helyen is meghaladták a rendeletben megengedett határérték túllépési gyakoriságot³, emiatt el is marasztalta az Európai Bizottság Magyarországot⁴.

A populációval súlyozott átlagkoncentráció a $PM_{2.5}$ méretfrakció esetén változatosabb képet mutat, az adott fűtési időszak meteorológiai helyzete jelentősebben meghatározta a mutató alakulását. Legfontosabb kibocsátási forrásnak hazánkban a lakossági fűtés tekinthető, a 2016-os mikrocenzus eredményei alapján a hazai háztartások jelentős része (közel 1,5 millió lakás esetén) szilárd tüzelőanyagot (elsősorban fát) használ fűtésre. Magyarországon a $PM_{2.5}$ kibocsátók tekintetében 2013-ig évről évre nőtt a lakossági kibocsátás mértéke, majd ezt követően egy lassan csökkenő tendencia figyelhető meg⁵.

A légszennyezés komoly veszélyt jelent az egészségre, a környezeti levegőszennyezés - azon belül is a kisméretű aeroszol részecskék ($PM_{2.5}$, PM_{10}) - jelenti a legnagyobb egészségkockázatot. Becslések szerint világszerte évente 4,2 millió korai halálesetért⁶ felelős, amelyek szívbetegségek, stroke, tüdőrák, akut és krónikus légzőszervi megbetegedések miatt következnek

be, és további több millió egészséges életév elvesztéséhez járulnak hozzá, valamint születési kóreseményeket is előidézhetnek⁷.

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség jelentése alapján Európai Unió 27 tagállamában összesen közel 307,000 korai haláleset volt tulajdonítható a kisméretű aeroszol részecskéknek 2019-ben. Az Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME) becslése alapján 2019-ben Magyarországon az összhalálozás mintegy 13,8%-a tulajdonítható környezeti kockázati tényezőknek, ezen belül a levegőszennyezés az összhalálozás 6,7%-ában játszik szerepet⁸.

Southerland és szerzőtársai⁹ 2022-ben megjelent közleményükben a $PM_{2.5}$ tömegkoncentrációt és a hozzá kapcsolódó halálozási tendenciákat elemezték világszerte több mint 13000 városban 2000 és 2019 között. Megállapították, hogy bár a városi $PM_{2.5}$ tömegkoncentrációk regionális átlagai és a járulékos halálozás csökkent 2000 és 2019 között a világ egyes területein, a $PM_{2.5}$ továbbra is jelentős egészségkockázati tényező a városokban. Érdekes módon, a $PM_{2.5}$ tömegkoncentrációk csökkenése - például az afrikai városokban 18%-os, európai városok esetén 21%-os, míg észak- és dél-amerikai településekesetén 29%-os csökkenést tapasztaltak - nem mindig járt együtt a $PM_{2.5}$ szennyezettségnek tulajdonítható halálozás egyenes arányú csökkenésével. A városi lakosok mintegy 86%-a (2,5 milliárd lakos) olyan városi területeken élt, ahol a $PM_{2.5}$ éves átlagkoncentrációja meghaladta a WHO 2005-ben javasolt éves irányértékét ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)¹⁰, ami 2019-ben 1,8 millió (95% CI: 1,34 -2,3 millió) többlethalálozást eredményezett. A $PM_{2.5}$ szennyezettségnek tulajdonítható halálesetek regionális átlagai Európa és Amerika kivételével minden régióban növekedtek, ami a népességszám, a korösszetétel és a megbetegedési arányok változásainak köszönhető. Egyes városokban a $PM_{2.5}$ szennyezettségnek tulajdonítható halálozás a $PM_{2.5}$ tömegkoncentráció csökkenése ellenére nőtt, ami a kormegoszlás és a nem fertőző betegségek arányának változásából adódott.

A légszennyezettség környezetegészségügyi hatásbecslése a következő tényezőket veszi figyelembe: a vizsgált populáció alap egészségmutatóit, lakosság-számát, a $PM_{2.5}$ tömegkoncentrációt és az egészséghatás relatív kockázatát egységnyi légszennyezettségre számítva. A WHO 2014-ben mutatta be a hatásbecslés eszközt, amit többször módosított¹¹ és végül 2016-ban ismertette a módosított eszközt¹² és a módszer-

tani alapokat¹³. Jelenleg az AirQ+ (v.2.0) (WHO, 2020¹⁴) szoftver szabadon használható alkalmazásával lehet az egészséghatásbecslést elvégezni. A módszer segítségével az on-line mérőállomások adataiból számított éves vagy 24 órás átlagkoncentrációk és a nemzetközi vizsgálatok alapján megállapított kockázati értékek felhasználásával becsülhető a városokra jellemző légszennyezettségnek tulajdonítható hosszú és rövid távú többlethalalozás választott küszöbkoncentráció értékhez viszonyítva.

Jelen vizsgálatunk célja, hogy a rendelkezésre álló, hazai kisméretű aeroszol részecskékre (PM₁₀, PM_{2,5}) vonatkozó légszennyezettségi adatok alapján becsüljük Budapest és 18 vidéki város esetében a hosszú és rövid távú egészséghatásokat az összes természetes halálok miatti halálozás figyelembe vételével.

Anyag és módszer

A légszennyezettség tendenciáinak értékeléséhez bemutatjuk a 3 vizsgált év téli időszak átlaghőmérsékletének alakulását, illetve az eltérést a sokévi átlagtól az Országos Meteorológiai Szolgálat értékelése¹⁵ alapján.

A 2017-2019 évekre vonatkozó napi légszennyezettségi adatok az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat¹⁶ adatbázisából származnak.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A légszennyezés egészséghatásának becslése log-lineáris módszerrel történt¹⁷.

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

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

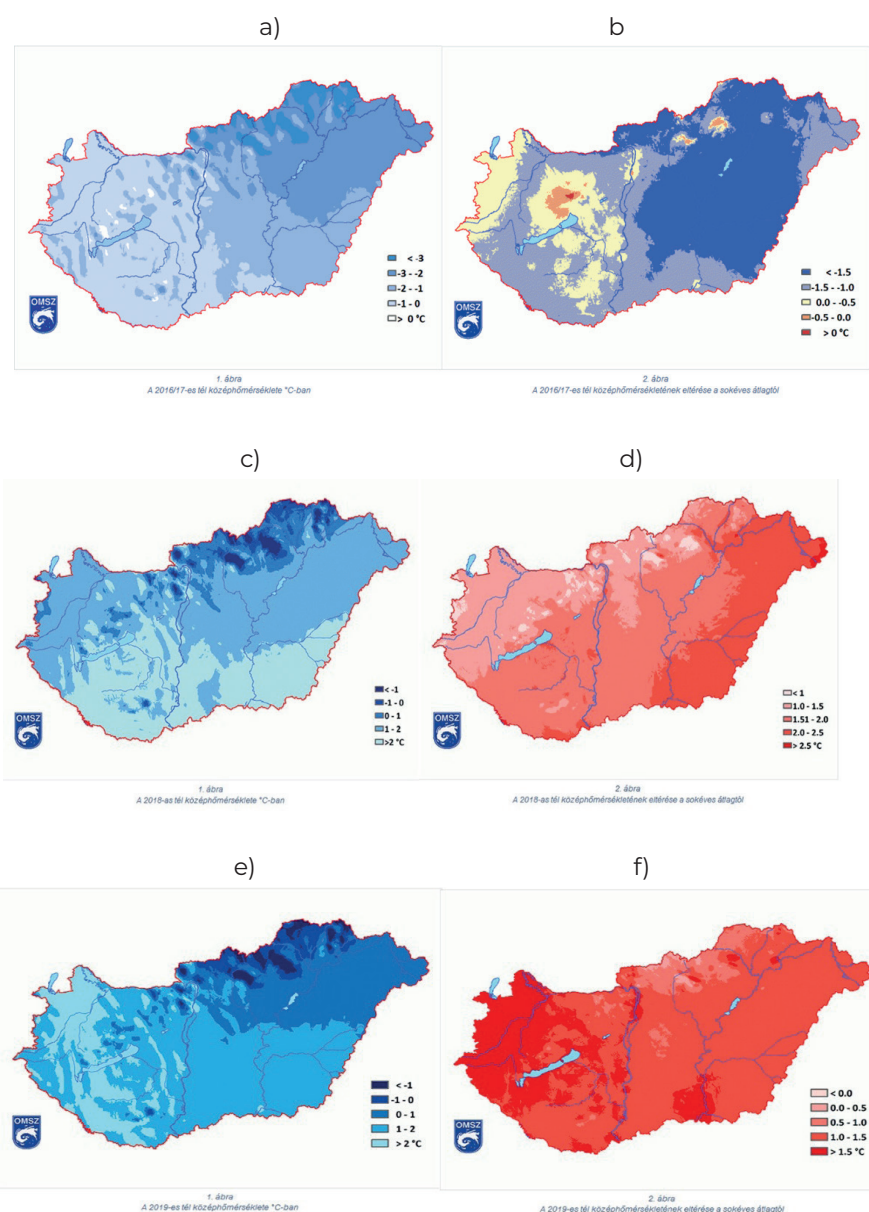
A hosszú távú hatásbecslés során a hároméves periódus átlagértékeit használtuk az elemzésben, míg a rövid távú hatás vizsgálatánál a 2017-2019 közötti időszakra évenkénti felbontásban végeztük a számítást. Az egészséghatás-becslés eredményeit bemutató ábrákon a hibásávok a relatív kockázat 95%-os konfidencia-intervallumának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

Eredmények

Időjárás

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

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



1. ábra: Téli középhőmérséklet és eltérés a sokéves átlagtól 2016/2017 (a, b), 2017/2018 (c, d) és 2018-2019 telén (e, f)
 Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat¹⁵

Az egészséghatás-becslésbe bevont népesség jellemzése

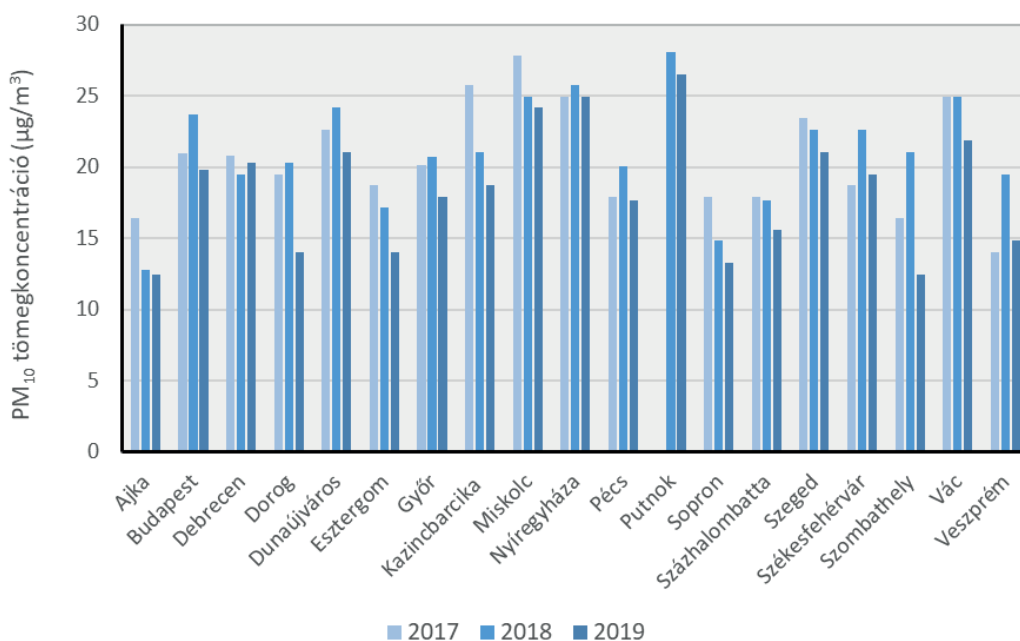
A mérőállomással rendelkező településeken élő lakosság számát és a 30 éve feletti lakosság természetes halálokok miatti halálozását 100.000 főre vonatkoztatva a 2. táblázat összesíti.

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

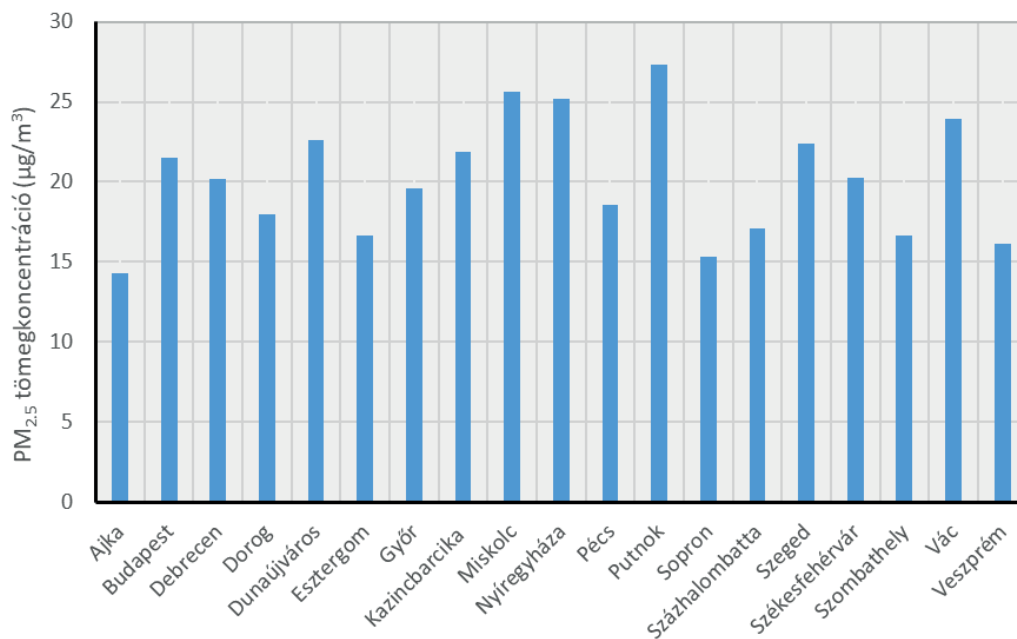
Tájékoztatásul az 2. ábrán bemutatjuk a vizsgálatba bevont települések mérőállomásain mért éves PM₁₀ átlagkoncentrációk alakulását. A PM₁₀ tömegkoncentráció értékek a legtöbb esetben (különösen az észak-magyarországi régióban) csökkenő tendenciát mutattak a három év során. A légszennyezettség alakulását a fűtési időszakban is jelentősen befolyásolja a meteorológia helyzet alakulása. A sokéves átlagnál hidegebb tél, a gyakori hőmérsékleti inverziók hatása miatt a 2016/2017-es tél magasabb PM₁₀ tömegkoncentráció értékekkel volt jellemezhető. A legalacsonyabb PM₁₀ átlagkoncentráció értékeket Ajkán és Sopronban mérték.

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

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



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



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

Légszennyezettségi mutatók alakulása a vizsgált településeken 2017 és 2019 között

A vizsgált időszakban néhány település nem rendelkezett még a PM_{2,5} tömegkoncentráció mérésére alkalmas műszerrel, így több esetben becslést végeztünk a PM₁₀ tömegkoncentráció és egy konverziós tényező alkalmazásával. A mérési adatok alapján a vizsgált időszakban az éves PM_{2,5} átlagkoncentrációk a kötelezettségi eljárásban¹⁸ nevesített 3 várost kiemelve nem mutatnak egységes képet. Míg Budapesten 17,77 µg/m³-ről 13,72 µg/m³-re, Miskolcon 27,69 µg/m³-ről 21,8 µg/m³-re csökkent az éves átlagkoncentráció 2017 és 2019 között, addig Pécsen romlott a levegő minősége 2017-ről (15,6 µg/m³) 2018-ra 18,72 µg/m³).

A 3. ábra a mért és számított átlagos PM_{2,5} átlagkoncentrációt mutatja be a 2017 és 2019 közötti időszakra átlagolva, a vizsgálatba bevont települések vonatkozásában.

A három év átlagában a PM_{2,5} tömegkoncentráció értékek 14,2 (Ajka) és 27,3 (Putnok) µg/m³ között változtak.

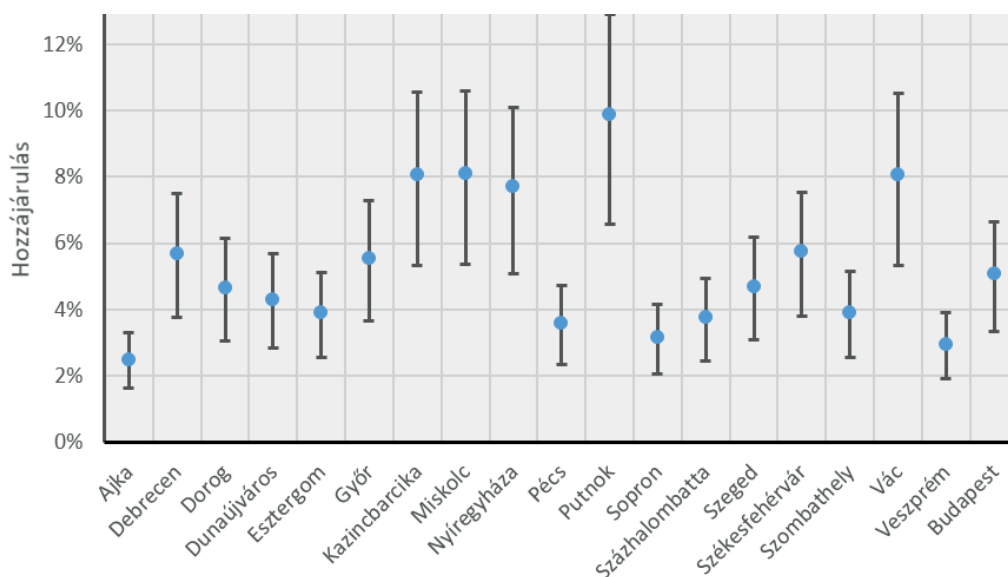
A légszennyezettség hosszú távú hatása

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

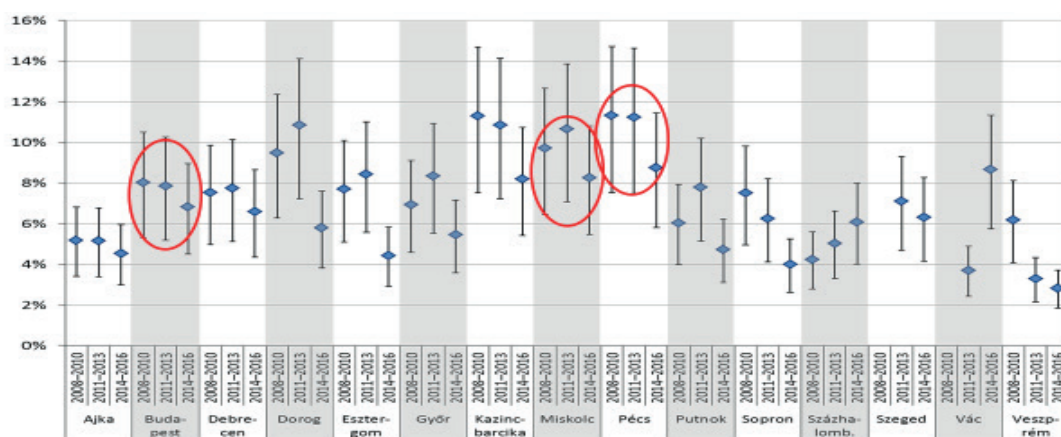
Meg kell említeni, hogy a jelen közleményben vizsgált időszakra vonatkozóan a járulékos halálozás a korábbi időszakokhoz (2008-2016) képest a 10-12% maximumról 8-10%-ra esett vissza Miskolcon és Putnokon (5. ábra). Jelentős javulást lehetett kimutatni Budapest (7% vs. 5%) és Pécs (8,4 vs. 3,6%) esetében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

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

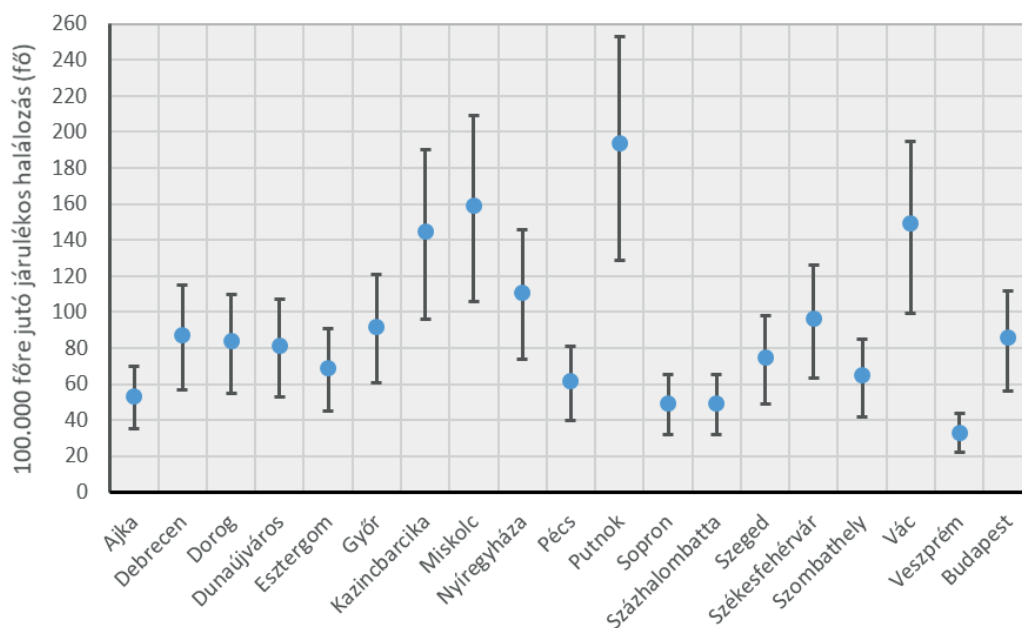
Ha az esetszámokat vizsgáljuk, természetesen Budapesten legnagyobb a veszteség, a három év átlagában 1041 fő, majd ezt követi Miskolc (180 fő), míg a legkevesebb többlet eset Százhalombattán azonosítható (6 fő) (7. ábra).



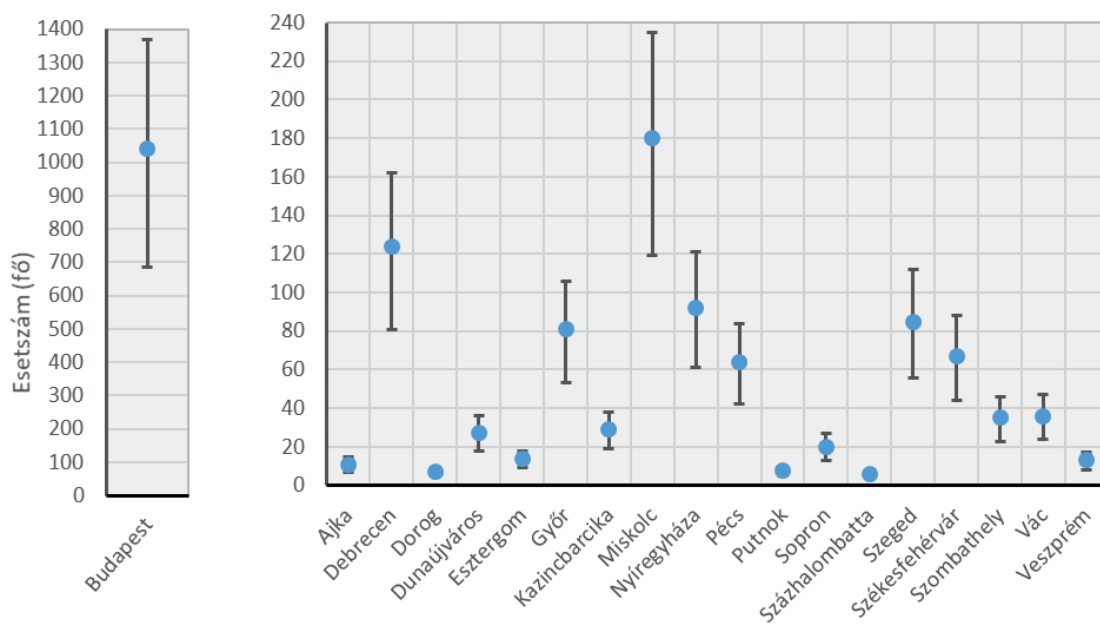
4. ábra: 10 µg/m³ éves átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2,5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás aránya (%) a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



5. ábra: 10 µg/m³ éves átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás aránya a 30 évnél idősebbek körében (2008-2016)
 Forrás: Beszámoló jelentés az 1330/2011. (X.12.) Korm. határozattal elfogadott Kisméretű Szálló Por (PM₁₀ részecske) Csökkentés Ágazatközi Intézkedési Programjának végrehajtásáról 2017¹⁹



6. ábra: 10 µg/m³ éves átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás aránya 100 000 főre a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



7. ábra: 10 µg/m³ éves átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatti halálozás esetszámok a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)

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

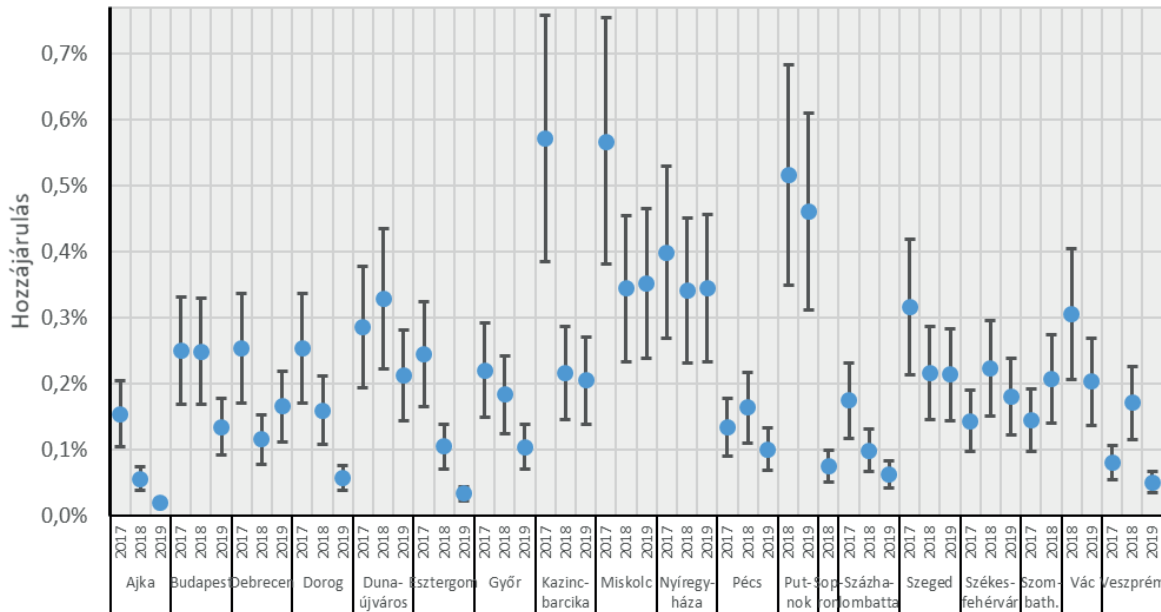
Rövid távú egészséghatás-becslés

A vizsgálatba bevont települések esetén a rövid távú egészséghatást is becsültük a WHO korábbi (25 µg/m³) és a 2021-ben elfogadott új (15 µg/m³) napi átlagra vonatkozó egészségi irányértékeinek figyelembevételével. Az eredményeket a 8-13. ábrákon mutatjuk be.

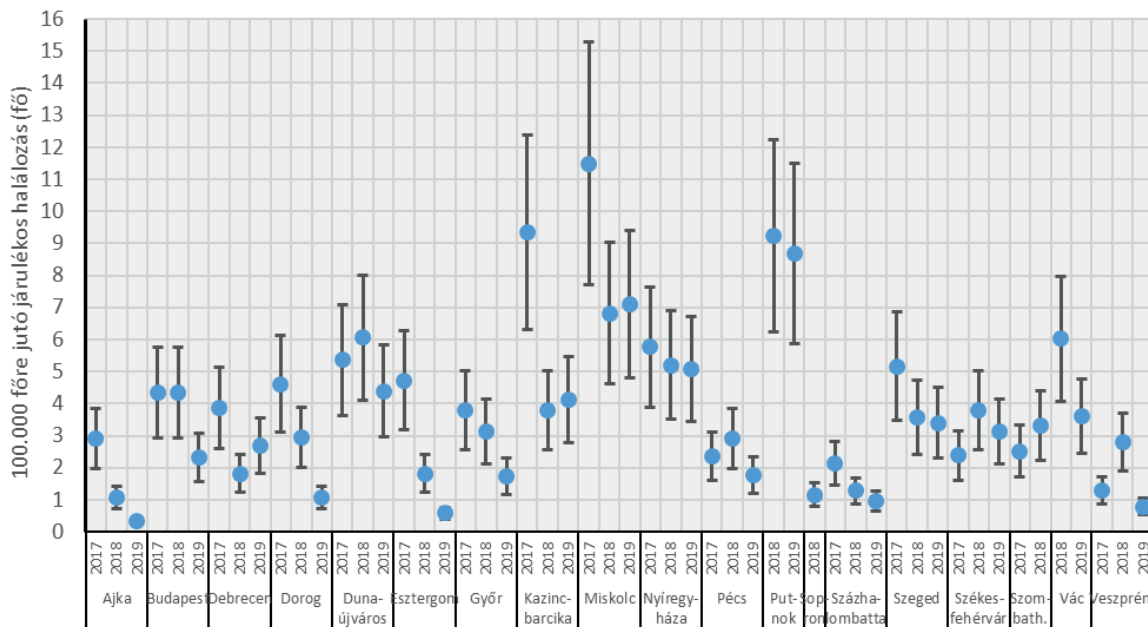
Arányait tekintve a rövid távú légszennyezettség járulékos kockázata Északkelet-Magyarországon, így Miskolcon, Kazincbarcikán és Putnokon volt a legmagasabb 2017-ben (8-9. ábra).

A napi PM_{2.5} átlagkoncentrációk 25 µg/m³-re csökkentésével Budapesten 2017-ben és 2018-ban egyaránt 52 halálesetet, 2017-ben Miskolcon 13, Szegeden 6, Debrecenben pedig 5 halálesetet lehetett volna megelőzni (10. ábra).

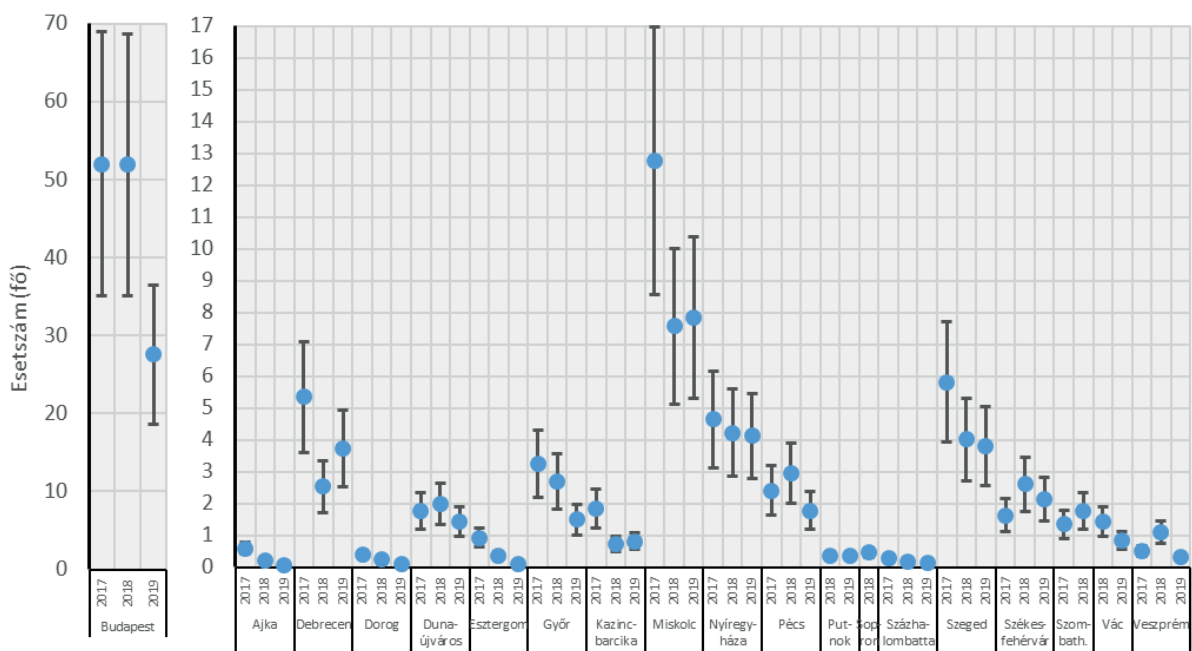
Ha a WHO új irányértékét, a 15 µg/m³ koncentrációt nem haladták volna meg a napi átlagok, akkor még jelentősebb lett volna az egészségnyereség (11-12. ábra). Az esetszámokat tekintve Budapesten 2017-ben 105, 2018-ban 130, 2019-ben 81, Miskolcon 2017-ben 19, 2018-ban és 2019-ben egyaránt 15, Debrecenben és Szegeden pedig 8 és 11 közötti halálesetet lehetett volna megelőzni (13. ábra).



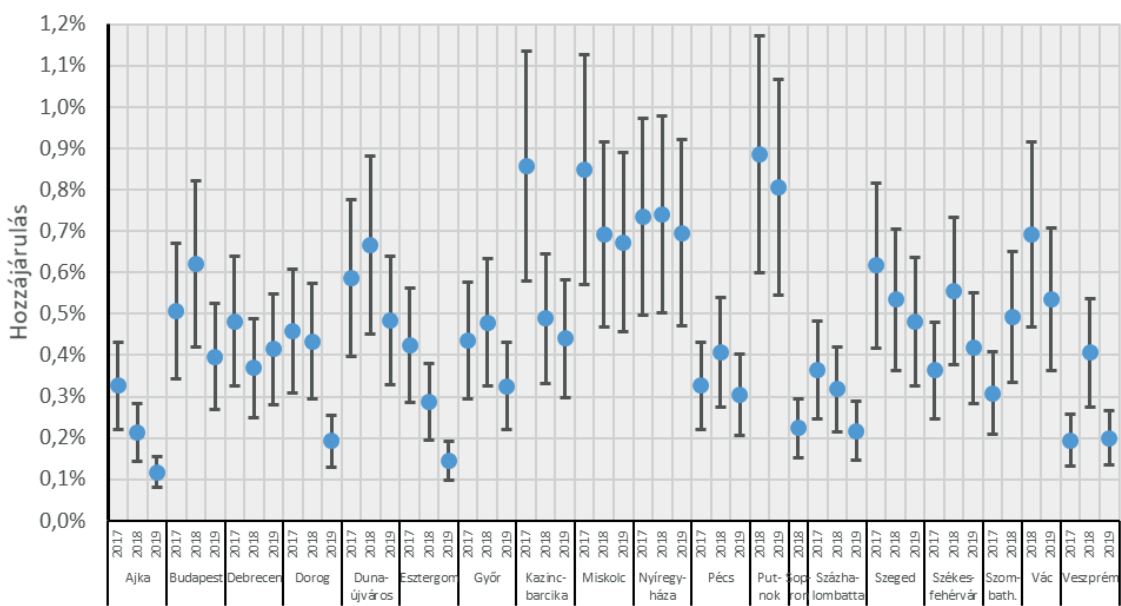
8. ábra: A 25 µg/m³ napi átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak aránya a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



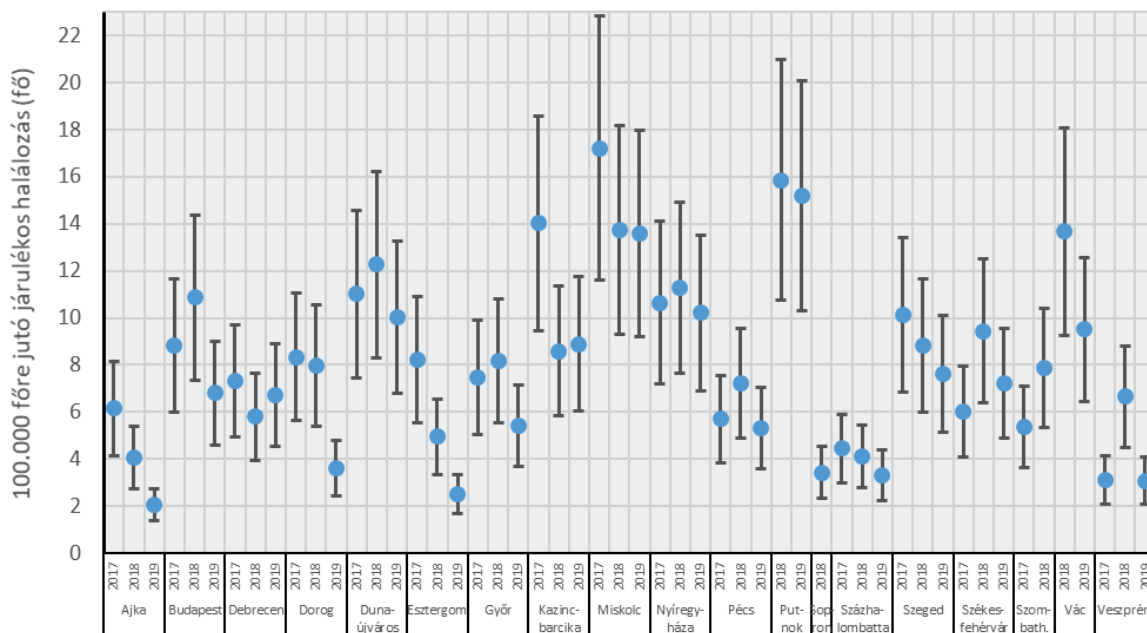
9. ábra: A 25 µg/m³ napi átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma 100 000 főre a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



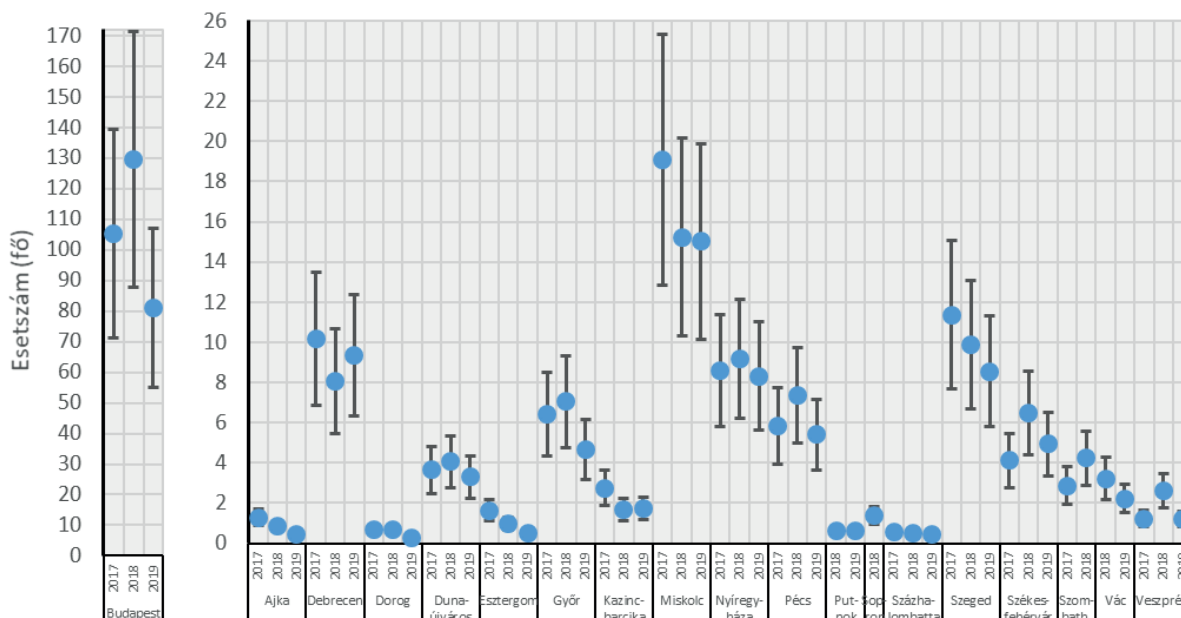
10. ábra: A 25 µg/m³ napi átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



11. ábra: A 15 µg/m³ napi átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettségnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak aránya a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



12. ábra: A 15 µg/m³ napi átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettégnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma 100 000 főre a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)



13. ábra: A 15 µg/m³ napi átlagkoncentrációt meghaladó PM_{2.5} szennyezettégnek tulajdonítható összes természetes halálok (BNO-10: A00–R99) miatt meghaltak száma a 30 évnél idősebbek körében (2017-2019)

Megbeszélés

A légszennyezettség környezetegészségügyi hatásbecslésének célja a múltbeli, az aktuális és a várható légszennyezettségnek való kitettség hatásának becslése, de a módszer alkalmas arra is, hogy a megtett intézkedések egészségi mutatókra gyakorolt hatását is nyomon lehessen követni. A környezetegészségügyi hatásbecslés legfőbb korlátja az, hogy nem mindig állnak rendelkezésre az elemzéshez szükséges adatok (pl. adott helyen a légszennyezettségi adatok). Természetesen a hatásbecslések csak azokra az egészségi kimenetekre végezhetők el, melyekben számszerűsíthetők a hatások²⁰.

A hatásbecslés során a WHO levegőminőségi ajánlásait vagy az Európai Bizottság határértékeket ajánlott alkalmazni viszonyítási küszöbértékként. Egy város adott időpontra vonatkozó szennyezettségi helyzetének hatásvizsgálatakor meg kell adni a viszonyítási küszöbértékeket (pl. a fent említetteket) vagy a Burnett²¹ (2018) által javasolt 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ értékeket. Megjegyzendő, hogy a becsült járulékos halálozás részben a választott küszöbértéktől függ.

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

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

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

Valjevóban (18,8%) és a fővárosban, Belgrádban (10,7%) mutatták ki, ami nagyjából a Miskolcon becsült értéknek felel meg. Részletes elemzés készült a Nyugat-Balkán országairól³⁰ is. A $\text{PM}_{2,5}$ éves átlagkoncentrációja az összes kiválasztott nyugat-balkáni városban meghaladta a WHO 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es irányértékét (WHO, 2005). A városok háromnegyedében a szennyezettség még az Európai Unió kevésbé szigorú határértékét, a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -t is túllépte. A légszennyezettség 4 - 19%-kal járul hozzá az összes idő előtti halálozáshoz a vizsgált városokban - ami jelentősen meghaladja a hazai szinteket - és 0,4 - 1,3 évvel csökkenti a várható élettartamot.

Az Országos Környezetegészségügyi Intézet munkatársai több időszakra vonatkozóan végeztek korábban hatásbecslést³¹. A légszennyezettség hosszú távú hatását a PM_{10} tömegkoncentráció értékekből 0,58-as faktor alkalmazásával származtatott $\text{PM}_{2,5}$ tömegkoncentrációra vonatkozóan értékelték az APHEKOM sokközpontú vizsgálat módszertana³² szerint a 2005-2010 közötti időszakra Magyarország 14, on-line mérőállomással rendelkező településére (Budapest, Debrecen, Eger, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Salgótarján, Szeged, Székesfehérvár, Szolnok, Tatabánya, Várpalota, Veszprém). A hosszú távú hatásokat vizsgálva megállapították, hogy az éves $\text{PM}_{2,5}$ átlagkoncentrációk 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -el történő csökkentése évente átlagosan kb. 1000 halálesetet előzhetne meg. Amennyiben az éves átlagkoncentrációkat 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -re lehetne csökkenteni, az összes megelőzhető halálesetek száma átlagosan 1550 esetre emelkedne évente. A 14 város összlakossága hozzávetőlegesen 3 millió fő, így, ha a teljes hazai populációra vonatkoztatva hasonló $\text{PM}_{2,5}$ expozíciót feltételeznénk, akkor 2005-ben az APHEKOM módszertan szerint 7997 fő, míg 2010-ben 4730 fő többlethalálozáshoz járult hozzá a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti $\text{PM}_{2,5}$ szennyezettség.

Amint azt a bevezetőben kiemeltük, a hatásbecslések eredménye attól is függ, hogy milyen viszonyítási küszöbértéket választunk. A „*The costs of air pollution from road transport*” c. OECD kiadvány³³ megállapította, hogy a világszerte főként a közlekedési eredetű $\text{PM}_{2,5}$ kibocsátás növekszik, ezzel együtt nő az expozíció terhére írható többlethalálozás. A kiadványban közöltek szerint Magyarország esetében a 2005. évre vonatkozóan a számított éves többlethalálozás 11712 fő, míg 2010-ben ez a mutató valamivel kedvezőbben alakult (9376 fő). Ez a becsült többlethalálozás 1 millió főre vonatkoztatva közelítőleg megegyezik a Kínára vonatkoztatott számításokkal. A számításokat az Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)

végezte 2013-ban. Az APHEKOM számítása és az idézett OECD becslés közti lényeges különbség egyrészt abból adódik, hogy az IHME légszennyezetségi adatai modellezésen alapulnak³⁴. Az OECD kiadvány becslésének másik lényeges eltérése a különböző viszonyítási alap - ez utóbbi esetben $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ éves átlagkoncentrációt alkalmaztak $\text{PM}_{2.5}$ küszöbkoncentrációként. Továbbá, mivel a magyarországi „alaphalálózás” nagyon magas, ezért a számított többlethalálózás értéke is nagyon magasnak adódott.

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

Az Országos Közegészségügyi Intézet (OKI) 2016-ban újabb hosszú távú hatásbecslést³⁵ készített a WHO frissített AirQ+ szoftvere segítségével azon hazai településeken, ahol városi vagy külvárosi háttérállomások működtek a 2008–2016 közötti időszakban. Az elemzés a $\text{PM}_{2.5}$ koncentrációk alapján történt. Ahol nem állt rendelkezésre mérési adat, ott a $\text{PM}_{2.5}$ tömegkoncentrációk meghatározása a PM_{10} tömegkoncentrációk alapján történt a WHO által Magyarországra javasolt és az Országos Légszennyezetségi Mérőhálózat mérési adataival is alátámasztott konverziós tényező (0,8) segítségével. A hosszú távú kültéri $\text{PM}_{2.5}$ szennyezetségnél tulajdonítható többlethalálózást a jelen elemzéshez hasonló módon a WHO 2005-ös egészségi irányértékéhez ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ éves átlag) viszonyítva értékelték. A becsült többlet halálesetek száma Budapesten 1400 és 1660 között alakult, Miskolcon 190-230 eset, Debrecenben 137-154 eset között alakult három éves periódusonként (2008-2010, 2011-2013, 2014-2016). A járulékos többlethalálózás hányada 3 és 12% között volt kimutatható. A 2017-2019-es időszakra vonatkozóan a légszennyezetséggel terhére írható járulékos halálózás a korábbi időszakokhoz képest a 10-12% maximumról 8-10%-ra esett vissza Miskolcon és Putnokon. Jelentős

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

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

Végezetül kiemeljük, hogy a légszennyezetséggel egészségre gyakorolt hatását 3-5 évente ajánlott rendszeresen értékelni. Az ENSZ fenntartható fejlődési célok³⁷ megvalósulásának nyomonkövetése is elvégezhető ezzel a módszerrel. A harmadik fenntartható fejlődési cél kimondja, hogy „Biztosítani kell minden korosztály számára az egészséges életet és jóllétet”. A kapcsolódó alcél (3.9 célkitűzés) szerint 2030-ra jelentősen csökkenteni kell a veszélyes kémiai anyagok használatából és a levegő, víz, talaj szennyezetségből eredő halálózásokat és megbetegedéseket, továbbá a 3.9.1. számú indikátor utal a bel- és kültéri légszennyezetségből eredő halálózás csökkentésére. A Tiszta levegőt Európának program³⁸ (EU 2013) célkitűzései meghatározzák, hogy 2025-ig 37%-kal, míg 2030-ig további 40%-kal kell csökkenteni a levegőminőséget és ennek megfelelően a kisméretű aeroszol részecskék és az ózon által kiváltott járulékos korai halálózást.

Anyagi támogatás

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

Szerzők hozzájárulása

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

Érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek a tartalmat érintő érdekelt-ségeik.

Nyilatkozatok

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

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

22. Ostro B, Broadwin R, Green S, Feng WY, Lipsett M. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect.* 2006 Jan;114(1):29-33. <https://doi.org/10.1289/ehp.8335>.
23. Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect.* 2008;116(2):196-202. <https://doi.org/10.1289/ehp.10767>
24. Katsouyanni K, Samet JM, Anderson HR, Atkinson R, Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Touloumi G, Burnett RT, Krewski D, Ramsay T, Dominici F, Peng RD, Schwartz J, Zanobetti A; HEI Health Review Committee. Air pollution and health: a European and North American approach (APHENA). *Res Rep Health Eff Inst.* 2009 Oct;14(2):5-90. PMID: 20073322.
25. Zanobetti, A., Franklin, M., Koutrakis, P. et al. Fine particulate air pollution and its components in association with cause-specific emergency admissions. *Environ Health* 8, 58 (2009). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-8-58>
26. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC Jr, Whitsel L, Kaufman JD; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2010 Jun 1;121(21):2331-78. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d-bece1>
27. Ruckerl R, Schneider A, Breitner S, Cyrys J, Peters A. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhal Toxicol.* 2011 Aug;23(10):555-92. <https://doi.org/10.3109/08958378.2011.593587>.
28. de Bont J, Jaganathan S, Dahlquist M, Persson Å, Stafoggia M, Ljungman P. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *J Intern Med.* 2022 Feb 9. doi: 10.1111/joim.13467. Epub ahead of print. PMID: 35138681
29. Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, Goldbohm RA, Fischer P, Schouten LJ, Jerrett M, Hughes E, Armstrong B, Brunekreef B. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect.* 2008 Feb;116(2):196-202. <https://doi.org/10.1289/ehp.10767>
30. Colovic Daul M, Kryzanowski M and Kujundzic: Air Pollution and Human Health: The Case of the Western Balkans May 2019. https://api.developmentaid.org/api/frontend/cms/file/2019/06/Air-Quality-and-Human-Health-Report_Case-of-Western-Balkans_preliminary_results.pdf
31. Bobvos J, Szalkai M., Fazekas B, Páldy A (2014): A szálló por szennyezettség egészségkárosító hatásának becslése néhány hazai városban. <http://www.egeszsegtudomany.higienikus.hu/cikk/2014-3/Bobvos.pdf>
32. APHEKOMReport http://aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=4f388abf-61e5-415d-ae22-e437a4e25937&groupId=103470
33. OECD (2014), *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264210448-en>.
34. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al.: A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012 Dec 15;380(9859):2224-60. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
35. Beszámoló jelentés az 1330/2011. (X.12.) Korm. határozattal elfogadott Kisméretű Szálló Por (PM₁₀ részecske) Csökkentés Ágazatközi Intézkedési Programjának végrehajtásáról 2017. https://pm10.kormany.hu/download/6/80/22000/PM10%20besz%C3%A1mol%C3%B3%202017_web
36. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology.* 2001 Sep;12(5):521-31. <https://doi.org/10.1097/00001648-200109000-00011>
37. Sustainable development goals https://ec.europa.eu/info/strategy/international-strategies/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future_hu
38. EU 2013: Tiszta levegőt Európának program (Clean Air Programme for Europe): A BIZOTTSÁG KÖZLEMÉNYE AZ EURÓPAI PARLAMENTNEK, A TANÁCSNAK, AZ EURÓPAI GAZDASÁGI ÉS SZOCIÁLIS BIZOTTSÁGNAK ÉS A RÉGIÓK BIZOTTSÁGÁNAK Brüsszel, 2013.12.18. COM(2013) 918 final

Középesy Szilvia, Szigeti Tamás

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

DOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2022.3-4.22-43>

A magyar lakosság vegyi anyagokkal és humán biomonitringgal kapcsolatos ismereteinek, valamint hozzáállásának felmérése fókuszcsoportos beszélgetés és online kérdőíves felmérés alapján

Citizens' perceptions and attitudes about chemicals and human biomonitoring based on focus group discussion and online questionnaire survey

Összefoglalás

A vegyi anyagok mára a mindennapi életünk elkerülhetetlen részévé váltak. Használatuk azonban szám-talan előnyük mellett kockázatot is jelent az emberek egészségére és az ökológiai rendszerekre, amit folyamatosan vizsgálunk és kezelünk kell. Az utóbbi években a lakosság körében jól dokumentáltan nőtt a környezetszennyezéssel, illetve annak az egészségre gyakorolt hatásaival kapcsolatos közérdeklődés és aggodalom. A lakosság vegyi anyagoknak való kitettséggel kapcsolatos attitűdjének, valamint a humán biomonitringra vonatkozó ismereteinek és elvárásainak felmérése céljából a HBM4EU projekt keretében, több résztvevő országhoz hasonlóan Magyarországon is fókuszcsoportos interjút, valamint online kérdőíves felmérést végeztünk 2020-ban.

Az eredmények azt mutatják, hogy a megkérdezettek aggódnak az élelmiszerbiztonság és a vegyi anyagok okozta kitettség miatt. A kétféle közvélemény-kutatás résztvevői tisztában voltak a vegyi anyagok lehetséges felvételével az élelmiszerfogyasztás (pl. tartósítószer, ízfokozók, színezékek, növényvédő szerek, fémek), illetve a szennyezett környezet (pl. levegő) révén. A kérdőíves felmérésben azonosított pozitív szempontok egyike, hogy a válaszadók nagy része támogatja a rendszeres humán biomonitring vizsgálatok végzését és érdeklődést mutat a témával kapcsolatos újabb információk iránt, valamint bizonyos feltételek mellett hajlandó lenne meglévő szokásain változtatni. A személyes viselkedésbeli változások előmozdítása a teljes társadalom aktív részvételét igényli (pl. ingázási szokások, energiafelhasználás, hulladékgyűjtés, étkezési és fogyasztási szokások). Mivel a jelenlegi közvélemény-kutatásba csak a lakosság egy szűk rétegét sikerült bevonni, további kihívás a társadalom szélesebb rétegeinek elérése. A jövőben a lakosság tudatoságának növelésére, tudományosan megalapozott, új szakpolitikai intézkedések kidolgozására és végrehajtására, illetve a kapcsolódó témáknak az oktatási rendszerbe való beépítésére kell összpontosítani. A közvélemény tudatosságának növelése elősegítheti a polgárok elkötelezettségét, ami képessé teheti őket arra, hogy nyomást gyakoroljanak a politikai döntéshozókra az ártalmas vegyi anyagok okozta expozíció csökkentését célzó hatékony intézkedések meghozatalának érdekében.

Kulcsszavak: human biomonitring, fókuszcsoport, kémiai expozíció, egészségkockázat-észlelés, HBM4EU

Abstract

Exposure to different chemicals is an inevitable part of our daily lives. However, their use, besides the numerous advantages, also poses considerable risk to human health and ecosystems, what we need to continuously assess and manage. In recent years, public interest and concern about environmental pollution and its effects on health has been growing at a well-documented rate. In the framework of HBM4EU project, focus group and online questionnaire survey were conducted in Hungary in 2020 to understand the public's concerns and perceptions of chemical exposure, as well to know their knowledge and expectations of human biomonitoring. The results indicated that respondents were concerned about food safety and exposure to chemicals. Respondents in the two types of survey were aware of the potential uptake of chemicals through food consumption (e.g. preservatives, flavourings, colourings, pesticides, fertilisers, metals), drinking water, and contaminated environment (e.g. ambient air). One of the positive aspects identified in the questionnaire survey was the high proportion of respondents supporting the regular human biomonitoring studies and were interested in learning more about the subject and, under certain conditions, were willing to change their existing habits. Promoting personal behavioural change requires the active participation of the whole society (e.g. commuting habits, energy use, waste collection, eating and consumption habits). As the current public opinion survey only managed to involve a narrow segment of the population, another challenge is to reach a wider section of society. Activities should focus on raising awareness of the general public, development and implementation of new policy measures based on scientific evidence and integrating related topics into the education system. Raising public awareness may promote engagement of citizens, which in turn may empower them to put pressure on decision makers to take effective actions.

Keywords: human biomonitoring, focus group, chemical exposure, health risk perception, HBM4EU

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

2022;66(3-4): 22-43

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2022. november 15.

Submitted: 15. November 2022

Elfogadva: 2023. február 1.

Accepted: 1 February 2023

Levelezési cím/Correspondence:

Középesy Szilvia

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti

Központ

E-mail: kozepesy.szilvia@nnk.gov.hu

Bevezetés

A környezetszennyezéssel és az egészséggel foglalkozó Lancet-bizottság jelentése szerint a környezet szennyezése, amely jelenleg az elsődleges oka a környezeti eredetű, megelőzhető betegségeknek és az

idő előtti halálozásnak, a becslések szerint 2015-ben kb. 9 millió ember korai halálát okozta a világon. A Globális Betegségteher Vizsgálata (Global Burden of Disease) 2019-es adatai alapján készült újabb becslés szerint ez a szám nem változott; azonban a közvetlen okok eltolódtak. A szélsőséges szegénységgel összefüggő szennyezési típusoknak tulajdonítható halálesetek számában csökkenés következett be, azonban a kültéri levegőszennyezés és a vegyi anyagok okozta szennyezés növelte a halálozást világviszonylatban¹.

A természetes eredetű, vagy szintetikus kémiai anyagok mindenütt jelen vannak a mindennapi életünkben, és a legtöbb tevékenységünkben alapvető szerepet játszanak, megalapozzák jólétünket, egészségünket és biztonságunkat^{2,3}.

Ugyanakkor a veszélyes tulajdonságokkal rendelkező vegyi anyagok károsíthatják az emberek egészségét és a környezetet^{3,4,5}. Bár nem minden veszélyes vegyi anyag jelent ugyanakkora kockázatot, bizonyos vegyületek hosszú távon növelik a daganatos betegségek kialakulásának kockázatát, megzavarják az immunrendszer, a légzőszervek, az endokrin, valamint a szív- és érrendszer működését, illetve káros hatással

lehetnek a reprodukív szervekre, általában gyengítik a betegségekkel szembeni ellenálló képességet és a vakcinákra való reagálás képességét³. Az endokrin diszruptor vegyi anyagok egy része obezogén, azaz hozzájárul a világszerte nagy méreteket öltő „elhízás járványhoz”^{6,7}.

Napjainkig több mint 350 000 vegyi anyagot és vegyi anyag-keveréket regisztráltak gyártás és felhasználás céljából, ami háromszor annyi, mint azt korábban becsülték⁸. A jelenleg kereskedelmi forgalomban lévő több százezer vegyi anyag többségére vonatkozóan nem ismertek a hosszú távú, alacsony szintű expozíció egészséghatásai, illetve a vegyi anyagok együttes jelenlétének egészségkockázatai. Sok esetben nem tudjuk, hogy hogyan terjednek a környezetben, hogy felhalmozódnak, eloszlának vagy átalakulnak-e, illetve különböző koncentrációkban hogyan hatnak az élő szervezetekre^{3,9}.

Fentiek következtében a vegyi anyagok okozta szennyezést a 9 planetáris környezeti határ egyikeként határozták meg Rockström és munkatársai 2009-ben¹⁰. A planetáris határok keretrendszere a Föld stabilitását szabályozó belső biofizikai folyamatokon alapuló biztonságos működési teret határoz meg az emberiség számára. A vegyi anyagok okozta szennyezés tekintetében a planetáris határértéket még nem számszerűsítették és nem is határozták meg átfogóan, az azonban egyértelmű, hogy befolyásolja a többi planetáris határt, mint pl. éghajlatváltozás, biodiverzitás csökkenése^{10,11,12}. Újabban bevezették az „új típusú vegyületek” fogalmát. A bolygóhatárok keretrendszerében az új típusú vegyületek (új entitások) olyan új vegyi anyagokra utalnak, amelyek geológiai értelemben újszerűek, és amelyeknek olyan jelentős hatásai lehetnek, amelyek veszélyeztetik a földi rendszer folyamatainak integritását. Az új vegyületek esetében az éves termelés és kibocsátás olyan ütemben növekszik, amely meghaladja a globális értékelési és nyomon követési kapacitást. Ennek értelmében elmondhatjuk, hogy a vegyi anyagok okozta szennyezés esetében már most átléptük a planetáris határt¹³.

A humán biomonitoring (HBM) hatékony eszköz az egészségre káros kémiai anyagoknak való tényleges kitétség felmérésére. A HBM során az emberi szervezetbe különböző forrásokból, különböző expozíciós útvonalakon keresztül (szájon át, bőrön át felszívódva, belégzéssel) bekerült kémiai anyagokat, azok metabolitjait, illetve reakciótermékeit mérjük emberi szövetekben, vagy testnedvekben; ezáltal a vizsgált biomarker az expozíció integrált jellemzője^{5,14,15}. A vizsgálat ered-

ménye lehet kvalitatív, szemikvantitatív és kvantitatív.

A 2017-ben indított és az Európai Unió Horizont 2020 program keretében társfinanszírozott HBM4EU elnevezésű, európai humán biomonitoring program 28 – nagyrészt európai uniós – ország, az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) és az Európai Bizottság közös erőfeszítése, melynek alapvető célja a vegyi anyagoknak való humán kitétség mértékének és egészséghatásainak felmérése Európában^{4,16}.

Bár a vegyi anyagokra vonatkozó európai uniós szabályozás világviszonylatban a legátfogóbb és a legszigorúbb jelenleg is³, a program során nyert adatok és tudományos eredmények a további, jövőbeni szabályozások alapjául szolgálnak a humán egészség- és a környezeti kockázatok csökkentésének céljából. Ennek megvalósulásához nélkülözhetetlen a szakpolitikai döntéshozók megfelelő tájékoztatása.

Az utóbbi években a környezetszennyezéssel és annak egészségre gyakorolt hatásaival kapcsolatos közérdeklődés és aggodalom a lakosság körében jól dokumentáltan nő^{17,18}.

Az Eurobarométer 2019-es adatai szerint az európaiak 85%-a (a magyarok 88%-a) aggódik a mindennapi termékekben található vegyi anyagok egészségre gyakorolt hatása miatt, és 90%-uk a környezetre gyakorolt hatásuk miatt (a megkérdezett magyarok 87%-a). Ugyanakkor a környezeti problémák megoldását a magyar válaszadók az európai uniós átlagnál nagyobb arányban látják a szigorúbb környezeti szabályozásban, mint az egyéni felelősségvállalásban, pl. a fogyasztási szokások megváltoztatásában^{17,19}.

Hagyományosan a kutatók és a nyilvánosság közötti kommunikáció egyirányú folyamat, amikor nem veszik figyelembe a lakosság kockázatestélezését és tudásszintjét, így nem vonják be a döntéshozatali folyamatokba, mint érdekelt feleket.

Az első közös európai HBM vizsgálatban, a DEMOCOPHES-ben nyert tapasztalatok szerint a döntéshozókkal, az érdekelt felekkel és a lakossággal folytatott intenzív párbeszéd növeli a közösség tudatosságát és módosíthatja a résztvevő felek viselkedését, azaz hatékonyabb kockázatkezelést tesz lehetővé, emellett visszacsatolást jelent a projekt kivitelezőinek, segíti az eredmények megfelelő és hatékony interpretálását, összességében a projekt sikerességét. Ezt felismerve, a HBM4EU projekt során már többirányú kommunikációt igyekeztek megvalósítani²⁰.

A közvélemény-kutatás két gyakran használt módszere az online kérdőíves megkérdezés és a csoport-

interjú, melynek leggyakrabban alkalmazott formája a fókuszcsoporthoz. A klasszikus fókuszcsoporthoz egy mást korábban nem ismerő, kifejezetten az adott alkalomra toborzott és kiválasztott legalább 6 és legfeljebb 12 fő vesz részt, akik kontrollált körülmények között találkoznak, és egy moderátor (olykor egy moderátor-asszisztens) támogatásával a kutató által meghatározott témákról kb. 90 percen keresztül beszélgetnek. A fókuszcsoporthoz célja csupán a megismerés, olyan társadalomtudományos adatgyűjtési módszer, amely a vélekedések interakcióján (jellemzően vitahelyzeten) keresztül igyekszik megismerni a fókuszba állított szituációk és jelenségek résztvevői percepcióját, illetve, hogy a beszélgetésben résztvevők (vagy az általuk együttesen reprezentált társadalmi csoportok) vélekedéseinek hátterében milyen motivációk, kulturális előfeltevések vagy szociális motívumok állhatnak.

Más kvalitatív módszerekkel összehasonlítva a fókuszcsoporthoz sajátossága az adatok interaktív jellegéből fakad. A résztvevők egymás gondolataira építve, az elhangzó percepciókat, ötleteket korrigálva alakítják ki saját álláspontjukat²¹. Meghatározó szerepe van a moderátornak, aki irányítja a beszélgetést, de nem értékkel, ugyanakkor ügyel arra, hogy a visszahúzódóbbak is szóhoz jussanak és végig szem előtt tartva a kutatás témáját, észleli az új szempontokat is.

A HBM4EU projekt során két körben szerveztek fókuszcsoporthoz megbeszélést annak érdekében, hogy jobban megértsék a lakosság vegyi anyagokkal kapcsolatos aggodalmait és a humán biomonitoringgal kapcsolatos ismereteit, valamint elvárásait. Magyarország a második körbe kapcsolódott be.

A második kör célja az előzőekben említettekén kívül, a földrajzi reprezentativitás növelése volt, emellett arra is kerestük a választ, hogy a lakosság hogyan ítéli meg a COVID-19 járvány hatását a vegyi anyagoknak való kitétség vonatkozásában. Ez a téma azért került a fókuszcsoporthoz megbeszélésekbe, mert a beszélgetések második fordulójára a COVID-19 világjárvány idején került sor.

Az eddigi elemzések szerint a kémiai kitétségre vonatkozó hatás a világjárvány különböző szakaszaiban eltérő volt. Amikor a kormányok különböző korlátozókat vezettek be a mindennapi tevékenységekre a járványra adott válaszként (pl. lezárások), a légszennyezettség csökkenését figyelték meg. Ennek elsődleges oka a közlekedési és ipari eredetű légszennyezettség csökkenése^{22,23,24} volt. Ugyanakkor azokon a területeken, ahol a szilárd tüzelőanyagok használata dominál, nőtt a kül- és beltéri légszennyezés mértéke²³. A

tisztítószeres és fertőtlenítőszeres fokozott használata a takarítási gyakorlat és a kézhigiénie részeként alapvető fontosságú a SARS-CoV-2 vírus terjedésének mérséklésében. Annak ellenére, hogy ezeknek a vegyi anyagoknak a használata potenciális előnyökkel járhat a vírus elleni küzdelemben; a folyamatos, a nem megfelelő módon történő, vagy túlzott használatuk rövid és hosszú távon egyaránt káros lehet az emberi egészségre és a környezetre². A további negatív hatások között megemlíthető a háztartási - beleértve az egyszer használatos termékek - és egészségügyi hulladékok mennyiségének növekedése (különösen az olyan orvosi hulladékok, mint a szennyezett maszkok, kesztyűk, használt vagy lejárt gyógyszerek), valamint a hulladékok újrahasznosításának csökkenése²⁴.

Anyag és módszer

2018-ban és 2019-ben az Egyesült Királyságban, Írországon, Portugáliában és Ausztriában végeztek keresztmetszeti megfigyeléses kvalitatív fókuszcsoporthoz kutatást¹⁸, majd 2020-ban és 2021-ben további vizsgálatokat szerveztek. A részvétel iránt érdeklődő HBM4EU partner országok mérete, földrajzi elhelyezkedése és történelmi háttere alapján a következő hét országot választották ki a fókuszcsoporthoz megbeszélések megszervezésére:

- Ciprus (2020. október),
- Dánia (két csoport 2020. november),
- Hollandia (négy csoport 2020. november és december),
- Magyarország (2020. december),
- Észak-Macedónia (2021. június),
- Izrael (2021. július),
- Lettország (2021. augusztus).

A második körben megrendezett fókuszcsoporthoz megbeszélések ugyanazokat a kutatási elveket és fókuszcsoporthoz-irányelveket követték, mint az első körben megrendezettek. A kérdések sorrendje és a vita mélysége rugalmas volt, így a nemzeti kutatócsoportok a helyi igényeknek megfelelően alakíthatták a vitát.

A fókuszcsoporthoz interjúkat online kérdőíves felméréssel is kiegészítették; 2019-ben csak azokban az országokban, ahol fókuszcsoporthoz megbeszélést is tartottak, 2020-ban azonban az összes HBM4EU partner országban végeztek online felmérést.

Az önkéntes online kérdőíves felmérés céljai megegyeztek a fókuszcsoporthoz céljaival, a kérdések is hasonlóak voltak.

A hazai fókuszcsoport és online közvélemény-kutatás résztvevőinek kiválasztása, részvételi feltételek

Tekintettel a COVID-19 járvány miatti korlátozásokra, Magyarországon a fókuszcsoport résztvevőinek toborzása célzott mintavételi módszerrel, telefonon, személyes kapcsolati hálót használva történt. A részvételi feltétel szerint felnőtt (legalább 18 éves), magyarul beszélő állampolgárok lehettek a résztvevők, akik előzetesen hozzájárulásukat adták a fókuszcsoportos interjú rögzítéséhez. A kiválasztásnál törekedtünk arra, hogy a nemek és a városi/vidéki lakosok aránya azonos legyen, valamint amennyire lehetséges, eltérő iskolai végzettségűek legyenek a résztvevők. A fókuszcsoportos megbeszélést megelőzően a résztvevőknek papír alapú beleegyező nyilatkozatot kellett aláírniuk, míg az online kérdőívet kitöltőknek az adatvédelmi nyilatkozatot kellett elfogadniuk. Mindkét típusú felmérés az általános adatvédelmi szabályoknak (GDPR) megfelelően történt. Az interjú hangfelvétele alapján egy átirat készült, mely személyes, azonosításra alkalmas adatokat nem tartalmazott, a résztvevőket kódokkal jelöltük. A résztvevők nem kaptak pénzbeli vagy egyéb ellentételezést a közreműködésért. Az online kérdőív kitöltése önkéntes és anonim volt, korra vonatkozó megkötés nem volt, a kérdőívet bárki kitölthette.

Adatok gyűjtése

Fókuszcsoport

Mind a 11 fókuszcsoport megbeszélést közös protokoll alapján tartották, egyes országokban azonban, így Magyarországon is, tekintettel a járványügyi helyzetre, online (GoToMeeting platformon keresztül) zajlott a megbeszélés a magyarországi fókuszpont, a Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) szervezésében. Az ülést vezető moderátor a beszélgetés kezdetén ismertette a megbeszélés főbb témáit és célját, valamint a csoportszabályokat.

A beszélgetés ösztönzésére a moderátor a következő kérdéssel nyitott:

„Mi az első gondolata a humán biomonitöring kifejezéssel kapcsolatban?”

A résztvevők válasza után a moderátor rövid előadást tartott a humán biomonitöringről, mely során a következő kérdésekre tért ki:

- Mi az a humán biomonitöring?
- Melyek az expozíció fő forrásai és fő útvonalai?
- Milyen egészséghatásai lehetnek a vegyi anyagoknak?

- Mi az a „koktéllhatás”?

- Milyen biológiai mintákat használnak?

- Mi történik a vegyi anyagokkal a szervezetbe kerülve?

Az ezt követő beszélgetés félig strukturált formában történt, a következő témák érintésével:

1. Hallott-e már a humán biomonitöringről? Mit csinálnak a humán biomonitöring vizsgálatok során?
2. Hogyan lesznek a humán biomonitöring és különösen a HBM4EU projekt eredményei relevánsak a lakosság számára? Mik a résztvevők elvárásai?
3. Milyen információkat és milyen formában kell a lakossághoz feltétlenül eljuttatni? Kiket kellene elsősorban elérni? Hogyan lehetne megszólítani a környezetvédelem területén eddig teljesen passzív polgárokat?
4. Megfelelő információ birtokában hajlandóak lennének-e változtatni az eddigi szokásaikon? Ha igen, milyen mértékben? A hosszú távú expozíció káros hatása befolyásolja-e az átlagember viselkedését, kockázateszlelését?

Hogyan változott a kémiai expozíció a COVID-19 világjárvány következtében a résztvevők szerint?

A beszélgetés hangulata jó volt, a résztvevők érdeklődtek a moderátor által felvetett témák iránt, és aktívan részt vettek a vitában. A beszélgetés során a moderátor egyenként kérdezte a résztvevőket az egyes kérdésekről, így mindenki kifejhette a véleményét. A fókuszcsoportos beszélgetés 1 óra 20 percig tartott.

Online kérdőíves felmérés

A közvélemény-kutatás során alkalmazott kérdőívet a HBM4EU projektben fejlesztették ki, majd a résztvevő országok lefordították a saját nemzeti nyelvükre.

A kérdőív 2020. október elejétől 2021. január első héteig volt elérhető magyar nyelven. A kitöltésre az NNK honlapján, valamint az NNK és a Tiszti főorvos hivatalos Facebook oldalán helyeztünk el felhívást, illetve az Egészségfejlesztési Irodák munkatársai is népszerűsítették a felmérést. A kérdőív a kutatási témához kapcsolódó fő kérdések mellett kiegészítő, főként demográfiai, lakóhelyre és társadalmi-gazdasági jellemzőkre vonatkozó személyes kérdéseket tartalmazott.

Adatok feldolgozása

A hangrögzítésre került fókuszcsoport interjúról magyar és angol nyelvű átirat készült, melyben az összes résztvevőt anonimizálták. Az átiratok tartalomelemzését két kutató végezte, a Grounded Theory módszertanát követve^{25,26}. Az átirat tartalomelemzése során kulcsszavakat vagy kifejezéseket jegyeztek fel (nyílt kódolás), amelyek alapján kialakították a kategóriák kódolási keretét. A kódolási keretet az elemzők és a fókuszcsoport moderátora triangulálta az adatelemzés validálása céljából. A kialakított keretet ezután a megbeszélés során összegyűjtött adatokból származó kulcsfontosságú témák azonosítására használták.

Az online kérdőívek nyílt, zárt és félig zárt kérdéseket is tartalmaztak. A nyílt kérdések esetében a fókuszcsoport esetében már alkalmazott tartalomelemzést, míg a zárt, félig zárt kérdések esetében leíró statisztikai elemzést végeztünk.

Hazai eredmények

Fókuszcsoport

A magyarországi fókuszcsoport megbeszélésen 11 fő vett részt (6 nő, 5 férfi). A legfiatalabb önkéntes 27, míg a legidősebb 70 éves volt. Kettő középfokú végzettséggel, a többiek felsőfokú végzettséggel rendelkeztek.

A résztvevők közül hatan fővárosiak, ketten Budapest városi, és ketten Budapest falusi agglomerációjában éltek és Budapesten dolgoztak, mindössze egy vidéki résztvevő volt.

A tartalomelemzés során kialakított kategóriák és alkategóriák

1. Vegyi anyagok okozta expozíció és az emberi egészségre gyakorolt hatásuk

A fókuszcsoportos beszélgetés során a résztvevők vegyi anyagokra vonatkozó kockázatestírelését és emberi egészségre gyakorolt hatásával kapcsolatos megítélését vizsgálva három alkategóriát azonosítottunk: (a) az expozíció általános és speciális forrásai; b) egészséghatás; és c) megemlített, konkrét káros egészséghatással járó káros vegyi anyagok, anyagcsoportok (1. táblázat). Az általános források között többen említették az élelmiszereket.

„-Azt mondd akkor, hogy igazából az élelmiszerekben túl sok lehet a kémiai anyag?

-Így van”

„ne csak azt nézzük a boltban, hogy egy gyümölcs szép legyen, nagy legyen, hibátlan legyen, hanem a beltartalma is számíton.”

Említésre került a környezet általános szennyezése, ezen belül a levegő szennyezése, illetve konkrétan a helytelen fűtésből eredő légszennyezettség.

„...tulajdonképpen mindenhol kaphatunk ilyen anyagokat...”

„Nagyon rossz tapasztalat ért most hétvégén is, három helyen is konkrétan azt láttam, hogy festett, ragasztott, mindenféle idegen anyaggal átitatott fát tüzeltek el nagy mennyiségben.”

Az egészséghatások tekintetében meglehetősen kevés konkrétum hangzott el a résztvevők részéről, inkább az általános hatásokat hangsúlyozták.

„Hallottam már a feleségemtől természetesen, de korábban is hallottam a vegyi anyagok hatásáról, tele van vele a sajtó. Régóta téma tulajdonképpen, pl. a gyógyszerek, gyomírtó szerek, ezeknek milyen hatásai lehetnek az egészségre.”

„...az egyetemen foglalkoztunk különböző anyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásaival, mint mutagén, teratogén stb.”

A munkahelyi expozíciók között a permetezés, aszfaltozás, gumigyártás egészséghatásait hozták fel példaként a résztvevők. Ezek egyben a hosszú távú expozícióra is példaként szolgáltak.

„Hosszú távon, valamilyen...én úgy gondolom, hogy aki permetezésből él, az nagyjából tisztában is van ezzel és az ugyanúgy permetezik, mert hát valamiből élni kell. Hosszú távon biztos, hogy majd ártani fog, de hát akkor majd lesz valami. 20-30-40 év múlva, nem tudjuk...”

A HBM-et bemutató rövid előadásban a moderátor beszélt a különböző expozíciós útvonalokról, ezek közül a beszélgetés során a résztvevők csupán a bőrön át történő felszívódást említették.

„pl., ha műanyag papucsot hordok mezítláb, akkor abból pl. ugyanúgy oldódhatnak be anyagok...”

A legtöbbet említett kémiai anyagok között az élelmiszeradalékok, a növényvédőszer-maradványok, biszfenolok szerepeltek, emellett említésre került az ólom az ivóvízben, az azbeszt a palában és általában a műanyaglágyítók.

1. táblázat: Vegyi anyagok okozta expozíció és egészséghatásuk

Alkategória	Magyarország (n = 11)
Kémiai kockázatérzékelés	
Expozíció általános forrása	
élelmiszeradalékok	++
légszennyezettség	+
környezet általános szennyezése	+
vegyi anyagok az ivóvízben	+
kémiai anyagok a munkahelyeken	++
tisztálkodási és kozmetikai termékek	++
Expozíció speciális forrása	
peszticidek és gyomirtó szerek	++
közlekedési eszközök légszennyezése	+
helytelen lakossági fűtésből adódó légszennyezés	++
ruhaiipar szennyezése	+
Expozíciós utak	
szájon át	-
belégzés	-
kültakarón keresztül	+
Egészség hatás	
keverékek egészség hatása	-
hosszú távú egészség hatás (általában)	+
endokrin diszruptor hatás	-
anyagcserére hatás	-
idegrendszeri hatás	-
daganatkeltő hatás	-
mutagén hatás	+
teratogén hatás	+
bőrproblémák	+

Alkategória	Magyarország (n = 11)
Említett, káros egészséghatással bíró kémiai anyagok	
nehézfémek	+
ólom	+
biszfenolok	+
azbeszt	+
műanyaglágyítók	+
festékek, oldószerek	+
gyógyszerek	+
élelmiszeradalékok	+
növényvédő szerek	+

+++ összes résztvevő említette, ++ több résztvevő említette, + egy, vagy két résztvevő említette, - résztvevők nem tértek ki erre a témára

2. Tájékozottság a humán biomonitöring tekintetében

A HBM-re vonatkozó ismeretekkel kapcsolatos véleményeket a 2. táblázat foglalja össze.

Annak ellenére, hogy a résztvevők többsége kifejezetten természettudományos végzettséggel rendelkezett, a beszélgetés előtt a legtöbb résztvevő számára ismeretlen volt a HBM kifejezés. Majdnem minden résztvevő megemlítette, hogy már hallott a vegyi anyagokkal kapcsolatos egészségkockázatokról, káros környezeti hatásokról. Egy-két résztvevő már rendelkezett alapvető ismeretekkel a HBM-vizsgálatok lényegéről. A legtöbben személyes kapcsolataikon keresztül, barátoktól, biológiai minták elemzésével foglalkozó családtagoktól hallottak az ilyen vizsgálatokról, és munkájuk vagy tanulmányaik során találkoztak hasonló vizsgálatokkal. Egy résztvevő említette, hogy a hírekből értesült, hogy végeznek ilyen jellegű vizsgálatokat.

„Hát szó szerint szerintem én sem nagyon hallottam még ezt a kifejezést, de magát ezt a rendszert, vagy eljárást szerintem már így hallottam róla.”

„A kifejezésről konkrétan még nem hallottam, de hogy vannak ilyen vizsgálatok, arról igen. Pl. a BPA-ról, hogy káros, vagy a palában levő azbesztről.”

Az egyik résztvevő a munkahelyi biztonsággal kapcsolatos monitoringot, egy másik a társadalomtudományok területén alkalmazott vagyoni, élethelyzeti monitoringot említette.

Egy másik megközelítése a kérdésnek, hogy a résztvevők szerint az átlagos lakosság milyen ismeretekkel rendelkezik a témában. A résztvevők egy része szerint ez minimális, ugyanakkor olyan vélemény is elhangzott, hogy inkább a túl sok információ jelenthet problémát, illetve még ha az adott személy tud is a problémáról, számos egyéb tényező befolyásolja a későbbi viselkedését, választását.

„Egyrészt ugye a lakosságra fókuszálnék én is, hogy minél inkább felhívni a lakosság figyelmét ezeknek az anyagoknak a veszélyére, mert tapasztalatom szerint azért az átlagember nagyon nem tudja, hogy nagyon-nagyon sok kémiai anyag tulajdonképpen milyen veszélyt rejt is magában.”

„...de azt gondolom, hogy aki a téma iránt fogékony, az már tud egy csomó mindent, sok újat nem tudtok neki mondani.”

... azok az emberek, akiket tényleg veszélyeztet ez a munkájuk során, vagy egyébként is, azok nem férnek hozzá (az információhoz), egyébként sem tudnak mást csinálni. Szkeptikus vagyok.

2. táblázat: A válaszadók tájékozottsága a HBM tekintetében

Tájékozottság a human biomonitringról	
nem hallott még a humán biomonitringról/ ismeretlen kifejezés/ korlátozott ismeretekkel rendelkezik	+++
human biológiai minták analízise (általában)	+
vérminták analízise	-
vizeletminták analízise	-
hajminták analízise	-
szakemberek széleskörű együttműködésén alapul	+

+++ összes résztvevő említette, ++ több résztvevő említette, + egy, vagy két résztvevő említette, - résztvevők nem tértek ki erre a témára

3. Személyes hozzáállás

A személyes hozzáállással kapcsolatos alkategóriákat a 3. táblázat foglalja össze.

A résztvevők többsége arról számolt be, hogy megfelelő, hiteles információk birtokában hajlandók lennének változtatni meglévő szokásaikon, azonban ezek mértéke és feltételei nagymértékben eltértek. A válaszok alapján megfigyelhetők bizonyos különbségek a

nemek és a korcsoportok között. A fiatalabb női résztvevők proaktívabbnak tűntek, arról számoltak be, hogy nyitottak az új információkra, eddig is érdeklődtek és utánaolvastak a témában, valamint hajlandóak több időt, energiát és pénzt áldozni az életmódváltásra.

„...én ezt folyamatosan nyomom követem, benne vagyok ilyen csoportokban is, olvasok sokat és hogyha valami infót megtudok, akkor, hát volt, hogy termékeket elhagytam, magamnak kezdtem el készíteni. Tehát abszolút megváltoztatnám, teljes mértékben.”

„Ha magamból indulok ki, akkor nekem is igen a válaszom, abszolút és én is vagyok annyira tudatos, hogy ezekre a dolgokra már elég régóta odafigyelek.”

A hasonló korú férfiak már bizonyos feltételekkel lennének hajlandóak a változtatásra, de olyan is van, aki elutasítja azt. Többen jelezték az alternatív termékek elérhetőségének fontosságát.

„Hát én figyelembe venném abban az esetben, hogyha van valami egyéb, más lehetőség így a termékválasztásban.”

„Átlagos kommunikációval nem hiszem. Talán, ha kötelezne engem jogszabály arra.... Élelmiszerek tekintetében kizárt, hogy máshogy vásárolnék, vagy mást vennék, mint eddig bármikor.”

Az idősebb korosztály esetében a nagyobb élettapasztalat eltérő egyéni hozzáállást eredményezett. Egy részük már skeptikusabb, ők nehezebben változtatnának és akkor sem minden esetben, de olyan is volt, aki a hiteles információ birtokában hajlandó lenne teljesen új fogyasztói szokásokat kialakítani.

„Valószínű..... bár módjával, mert elég skeptikus vagyok. Koromnál fogva is elég sok változást megéletem,..., tehát azért figyelembe venném, az biztos, de azért mértékkel és hát, hogy mondjam, a saját elképzelésem szerint élném továbbra is az életemet.”

„...de hogyha hiteles forrásból jön, hogy veszélyes, akkor nemcsak, hogy megváltoztatom a szokásomat, de terjesztem is.”

A résztvevők pesszimistábbak voltak azzal kapcsolatban, hogy a lakosság mennyire változtatna a szokásain, ha tisztában lenne a vegyi anyagoknak való kitettség hosszú távú káros egészséghatásaival. Véleményük szerint a tudatosság hiánya mellett, nagy szerepe van a szociális és gazdasági szempontoknak is, sokan egyszerűen nem engedhetnek meg maguknak egy drágább, de egészségesebb, vagy kevésbé káros terméket.

Egyetértés alakult ki abban, hogy a lakosság körében jelentős szemléletváltásra van szükség, amely a HBM4EU-ból származó információkon alapulhat.

3. táblázat: Személyes hozzáállás

Magyarország (n = 11)	
Személyes viselkedéssel kapcsolatos megközelítés	
Jelenlegi attitűd	
alternatív termékek vásárlása (egészségesebb, kevésbé káros, környezetbarátabb)	++
szociális, pénzügyi szempontok	++
tudás/tudatosság hiánya	+
Ösztönzők	
alternatív termékek elérhetősége	+
pénzügyi ösztönzők	+
pozitív kommunikáció	++
személyes tapasztalatok	++

+++ összes résztvevő említette, ++ több résztvevő említette, + egy, vagy két résztvevő említette, - résztvevők nem tértek ki erre a témára

4. A humán biomonitringgal (általában) és a HBM4EU projekttel szembeni elvárások

A HBM-mel kapcsolatos elvárásokat a 4. táblázat foglalja össze.

Az elvárások között első helyen az információátadás, a lakosság hiteles tájékoztatása állt, amelytől a tudatosság szintjének emelkedését várják. A vita során felmerült a szakpolitikai döntéshozók felelőssége is. Az egyik megközelítés szerint a lakoságnak kellene nyomást gyakorolni a döntéshozókra, amely megfelelő jogi környezet kialakításával, hatékony ellenőrzéssel és következetes büntető intézkedésekkel tudna eredményt elérni az expozíció csökkentésében, másrésztől a HBM4EU és az azt követő HBM projektek során közvetlenül kellene kommunikálni a szakpolitikai döntéshozókkal, akik az általuk rendelkezésre álló eszközök alkalmazásával hatékony, egészségvédelmi intézkedéseket tudnak tenni.

„Tehát, ha az emberek tudatában vannak annak, hogy milyen káros anyagok érhetik őket, akkor nagyobb nyomást tudnak gyakorolni a politikai döntéshozókra.”

Példaként Magyarországon az élelmiszerbiztonságot, az élelmiszerek megfelelő ellenőrzését jelölték meg, de felmerült az egyéb használati cikkek, pl. gyermekjátékok, ruhaneműk fokozott ellenőrzésének szükségessége is.

„...vagy akár a szegénységben élő anyuka, aki nem tud magának mást megengedni, csak a kínai terméket és megveszi a kínai cumit meg gumijátékot a csecsemőnek és az kiszopogatja belőle a mit tudom én milyen káros anyagokat, tehát erre már egy magasabb szintű szabályozás kell, hogy ezek be se kerüljenek az országba. És ugyanúgy festékek, ruhaneműk, ugye fast fashion termékek...”

Többen felhívták a figyelmet az élelmiszerek és a fogyasztási termékek megfelelő címkézésére.

„Hosszabb távon lehetne egy megjelölést alkalmazni, amikre azt mondjuk, hogy a legkevésbé káros, arra tenni egy xy betűs címkét, hogy tudjuk, hogy most talán a legegészségesebbet, vagy legkevésbé károsat vetted meg.”

Az elvárások mellett javaslatokat is megfogalmaztak a résztvevők, így pl. többen javasolták, hogy a HBM projekt során megszerzett információkat építsék be a nemzeti alaptantervbe.

„...hogy egy NAT-ot (nemzeti alaptanterv) már eleve úgy kéne összeállítani, hogy ez helyet kapjon benne!”

4. táblázat: A válaszadók elvárásai a humán biomonitringgal szemben

A HBM-mel (általában) és a HBM4EU projekttel szembeni elvárások	
biztonságos élelmiszerek	++
lakosság tájékoztatása, ismeretterjesztés a káros hatásokról	+++
nyomásgyakorlás a politikai döntéshozókra	++
szakpolitikával kapcsolatos intézkedések	+
a vonatkozó témák beépítése a nemzeti tantervbe	++
hatékonyabb ellenőrzés és szigorúbb jogszabályok alkotása a területen	++
a termékek címkézése, több releváns információ	++

+++ összes résztvevő említette, ++ több résztvevő említette, + egy, vagy két résztvevő említette, - résztvevők nem tértek ki erre a témára

5. Kommunikáció

A kommunikációval kapcsolatos kategóriákat az 5. táblázat foglalja össze. Az előző témakörhöz szoro-

san kapcsolódik a kommunikáció témaköre, amit két részre oszthatunk. Az egyik a kommunikáció módja és tartalma, a másik, hogy milyen csatornákon keresztül történjen és kik legyenek az elsődleges célcsoportok.

A fókuszcsoport tagjai egyetértettek abban, hogy az első és legfontosabb, hogy a kommunikáció hiteles, egyszerű és közérthető, azaz ne tudományos legyen.

A résztvevők többsége azzal is egyetértett, hogy az elsődleges célcsoportnak a gyermekeknek kell lennie, mivel ők vannak a legformálhatóbb korban és egyben a legnyitottabbak az újdonságok befogadására. Ismét megemlítették, hogy a gyerekeket az alapfokú oktatáson keresztül kell elérni, pl. a rendszeres „egészségnapokon” előadásokat kell tartani a HBM témakörében. Az egyik résztvevő azt javasolta, hogy a nemzeti alaptantervbe való felvétel mellett, a tanárképzés során is nagyobb hangsúlyt kellene fektetni a témára.

„Szerintem, hogyha valamit el akarsz érni a társadalomban, érdemes először a gyerekeket megcélozni. ...Szerintem pl., így az NNK-ból pl. az iskolákat el fogod érni. És a gyerekeken keresztül a szülőket, a nagyszülőket és akkor talán még a médián keresztül is egyszer csak átjössz...”

Többek véleménye szerint az emberek elérésének hatékony módja a nagyméretű hirdetőtáblák, óriásplakátok használata is.

„Első körben nekem is a gyerekek jutottak eszembe, mert ők tényleg egy nagyon jó csatorna. De pl. eszembe jutottak a plakátok is, az óriás plakátok is...”

„Ezek az óriásplakátok tartalmazhatnak egy linket, ahol az emberek sok információt találhatnak a témával kapcsolatban.”

A nyilvánosság felé történő információátadás megfelelő felületeként említették még az adatbázisokat, a weboldalakat, a médiát, beleértve az online közösségi médiát is.

Nem volt kétséges, hogy ezt a felmerülő problémát összességében az egész társadalom felé kell kommunikálni, lehetőleg minél több kommunikációs csatornát felhasználva.

A kommunikáció tartalmát illetően több megközelítés is felmerült. Többben a figyelemfelkeltő, intenzív, már-már sokkoló kommunikáció fontosságát hangsúlyozták, mások a pozitív információk terjesztését javasolták. Több résztvevő is egyetértett azzal, hogy egy pozitív kulcsüzeneteket tartalmazó kampány érhet el kielégítő eredményeket, azaz a legegészségesebb, legkevésbé veszélyes vagy környezetbarát termékeket kellene címkézni.

„Nem igazán tudom, hogyan, de úgy érzem, hogy valami nagyon drasztikus és figyelemfelkeltő, intenzív,

impulzív, megint csak ezeket a szélsőséges jelzőket tudom használni. Ezek azok, amelyek megragadják a figyelmemet. De ugyanezek a dolgok mindenkinek a figyelmét megragadják, és állandóan ezt hallom, kezd az idegeimre menni, de aztán elkezdem nézni, ...”

„Pozitív információt juttatnék el minél szellemesebben és minél frappánsabban.”

A beszélgetés során az is felmerült, hogy napjainkban a túl sok információ is jelenthet problémát. Ezért célszerű, hogy a vegyi anyagok káros hatásai alapján súlyozzák az információkat, azaz válasszák ki az emberi egészségre legártalmasabbakat, és csak ezekről terjesztenek információkat.

„Ha körülnézünk, láthatjuk, hogy az embereket minden oldalról információkkal bombázzák”.

„Úgy gondolom, hogy az eredményeket súlyozni kellene. Tehát szinte minden káros, de ki kellene választani néhány dolgot, ami nagyon káros, és ezt a 2-3 dolgot kellene minden fórumon terjeszteni.”

5. táblázat: Kommunikációval kapcsolatos alkategóriák

Alkategória	Magyarország (n = 11)
Kommunikáció	
A kommunikáció módja	
hiteles, közérthető, nem tudományos	++
szelektált, célzott információ átadás (pl. egészséghatások súlyozása)	++
logó, címkézés	+++
pozitív üzenetek közvetítése	++
intenzív, sokkoló erőteljes kommunikáció	++
Kommunikációs csatornák	
gyerekek, mint elsődleges célcsoportok	+++
tömegkommunikációs kampányok (hagyományos média, tv)	++
közösségi média	+++
applikációk	+
különböző csatornák egyidejű használata	++
az eredmények vizuális és grafikus megjelenítése (óriásplakátok, infografikák, videók)	++

+++ összes résztvevő említette, ++ több résztvevő említette, + egy, vagy két résztvevő említette, - résztvevők nem tértek ki erre a témára

6. COVID-19 világvjárvány hatása

A COVID-19 világvjárvánnyal kapcsolatos véleményeket a 6. táblázat foglalja össze. A fókuszcsoporthoz megbeszélések második köre a COVID-19 járvány idejére esett, amikor a világvjárvány miatt egyes szokásaink jelentősen megváltoztak.

A résztvevők nagyon eltérő véleményeket fogalmaztak meg a vegyi anyagokkal kapcsolatos expozíciós szintek változásáról. Egyesek szerint általában csökkent a fogyasztás, beleértve a vegyi anyagok használatát is, és a közlekedésből származó szennyezőanyag-kibocsátás csökkenésének köszönhetően javult a levegő minősége.

„Szerintem van hatása! Kevesebb fogyasztás, kevesebb gyógyszer! Ennyi az egész. A fogyasztás alacsonyabb, tehát mindenképpen. Csökken a termelés, kevesebbet eszünk, meg lehet nézni a kiskereskedelmet, mindenből kevesebbet árulnak, a vegyi anyagokból is. A levegő is tisztább!”

Ugyanakkor egy másik résztvevő megemlítette, hogy inkább felhalmozza az élelmiszereket, minthogy kevesebb élelmiszert vásároljon, másrészt felmerült, hogy megnőtt a tisztítószeres és fertőtlenítőszeres mennyiségének felhasználása.

„Ugyanakkor sokkal több hosszú szavatosságú élelmiszert vettem. Próbáltam egészséges dolgokat vásárolni, de hát...”

„Szeretném megemlíteni, hogy ezek a fertőtlenítőszeresek, amiket most a vízbe pumpálunk, meg minden, mennyire lehet ezeket kémiaiilag tisztítani? Nem tartom zseniális ötletnek, hogy abszolút mindent fertőtlenítsünk, szerintem ez hülyeség. Kevesebb fertőtlenítőszerrel is elérhetnénk a célunkat, azonban az emberek rengeteg fertőtlenítőszerrel használnak. Szerintem ez nem túl okos dolog.”

Végül az egyik résztvevő rámutatott, hogy még ha a termelés csökkent is az egyes szektorokban, a járvány végeztével várhatóan a GDP maximalizálása lesz a cél a fogyasztás növelésével.

„Ha bizonyos részleteiben csökkent is, de szerintem ezt sem lehet általánosan kijelenteni, ...de gondolom a hosszú távú terv minimum a járvány előtti termelési szintet visszahozni, meg a GDP-t visszapörgetni sajnos...”

6. táblázat: COVID-19 járvány hatása a válaszadók szerint

A COVID-19 járvány hatása	
alacsonyabb felszíni- és légi közlekedésből származó kibocsátás/kisebb légszennyezés	++
több idő eltöltése a szabadban	+
megnövekedett fertőtlenítő és tisztító szer használat	++
általában alacsonyabb fogyasztás	+

+++ összes résztvevő említette, ++ több résztvevő említette, + egy, vagy két résztvevő említette, - résztvevők nem tértek ki erre a témára

Online kérdőív

A magyar nyelvű kérdőívet összesen 510 fő töltötte ki, kétszer annyi nő (69,8%), mint férfi (27,1%). A résztvevők átlagéletkora 47,9 év volt (medián = 49 év). A legfiatalabb résztvevő 15 éves volt, a legidősebb résztvevő pedig 85 éves.

A lakosság számát tekintve Budapest felülreprezentált, míg a községben lakók aránya alulreprezentált a kérdőívet kitöltők között²⁷.

7. táblázat: A résztvevők lakóhelyének településtípus szerinti megoszlása

Település	n	%	%*
kevesebb, mint 5,000 lakos (község)	71	13,9	31,5
5,001-től 20,000 lakos (kisváros)	114	22,4	20,84
20,001-től 100,000 lakos (középváros)	113	22,2	19,55
100,001-től 500,000 lakos (nagyváros)	40	7,8	10,38
több, mint 500,000 lakos (Budapest)	165	32,4	17,7
nem tudom	7	1,3	
összesen	510	100	100

*településtípusonkénti népességarány Magyarországon, KSH, 2021

A kérdőívet legnagyobb arányban felsőfokú végzettséggel rendelkezők töltötték ki.

8. táblázat: A résztvevők iskolai végzettsége

Iskolai végzettség	n	%	%**
alapfokú	4	0,8	13,7
szakmunkásképző	4	0,8	
szakközépiskola	45	8,8	57,0
gimnázium	36	7,1	
felsőfokú végzettségű	421	82,5	29,3
összesen	510	100	100

**A magyar lakosság iskolai végzettsége, KSH, 2021

A válaszadók körülbelül egyharmada (29,4%) állami alkalmazottként, vagy hasonló arányban alkalmazottként (27,4%) dolgozik, 10,4%-a nyugdíjas, és mindössze 1,6 %-uk tanuló, míg a fennmaradó részt a vállalkozók, háztartásbeliek, vagy munkanélküliek teszik ki.

A vegyi anyag-expozícióra vonatkozó kérdésekre adott válaszok elemzése

A vegyi anyagok expozíciójának lehetséges forrásai

A válaszadók legnagyobb hányada (98%) teljes mértékben, vagy részben egyetért azzal, hogy a kültéri környezetből (pl. talaj, víz, levegő) kerülhetnek vegyi anyagok a szervezetükbe. Emellett nagy arányban jelölték meg az élelmiszereket (94,5%), a háztartási vegyi anyagokat (93,9%) és a gyógyszereket (92%) a vegyi anyagok lehetséges forrásaiként. Legkevésbé a különböző használati tárgyakat és játékokat tartják az expozíció forrásának, ugyanis a válaszadók 72,5%-a értett egyet részben, vagy teljes mértékben azzal, hogy a használati tárgyak, illetve 64,9%-a, hogy a játékok expozíciós forrást jelenthetnek, ugyanakkor a játékoknál a válaszadók 8%-a teljesen kizárta ezt a lehetőséget (1. ábra).

A három leginkább aggodalomra okot adó expozíciós forrás

A legtöbb magyar válaszadót az ipari kibocsátások (67,3%), a közúti közlekedés (32%) és a környezetbe kerülő növényvédő szerek (31,4%) okozta vegyi anyag szennyezés aggasztja leginkább. A legkevésbé a pszichoaktív anyagok (5,1%), az építőanyagokban lévő vegyi anyagok (2,7%) és a munkahelyeken jelen lévő vegyi anyagok (2%) miatt aggódnak, annak ellenére, hogy a kérdőívet kitöltők 86,8%-a részben, vagy teljes mértékben egyetértett azzal, hogy a pszichoaktív anyagok a vegyi expozíció forrásai lehetnek (2. ábra).

Különösen veszélyes expozíciós források

A fentiekből következően ellentmondásosnak tűnik, hogy a legtöbben (60%) a pszichoaktív anyagokat (beleértve pl. a dohányt, kábítószert) tartják különösen veszélyesnek. Valószínűsíthetően a válaszadók maguk nem használnak ilyen anyagokat, így nem aggódnak miattuk. Ezt követően a kültéri környezetet (45,5%), a háztartási vegyi árukat (41,2%) és a gyógyszerek okozta expozíciót (40,6%) jelölték meg a legtöbben, mint különösen veszélyesnek. Legkevésbé a játékokat (6,1%), a higiéniai termékeket (6,7%) és a fogyasztási termékeket (7,2%) tartják veszélyesnek (3. ábra).

A vegyi anyagok okozta kitettség mértékének időbeli alakulása és az expozíció jellege

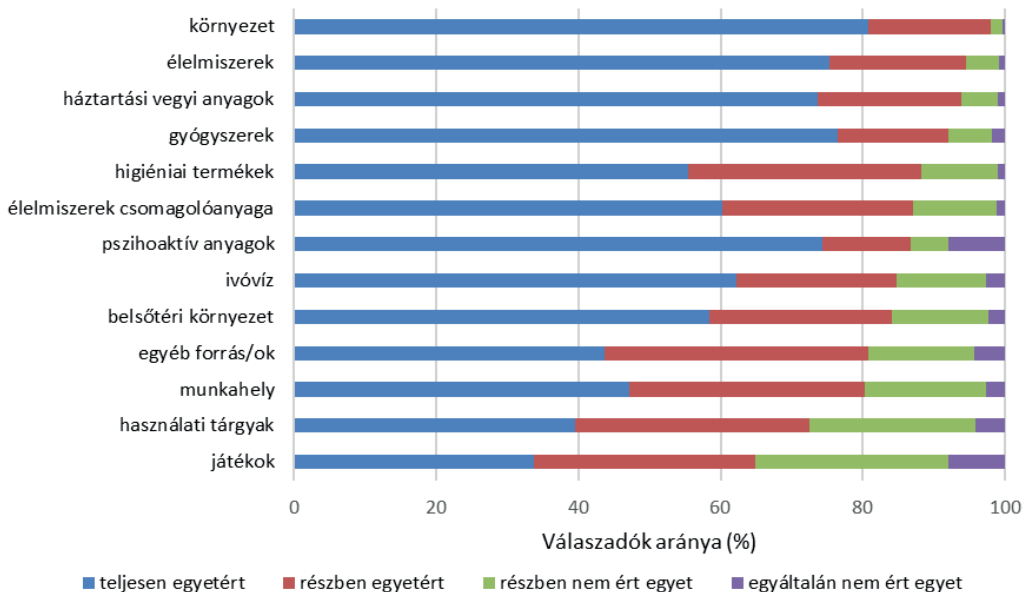
A kémiai kitettség mértékét tekintve a válaszadók elutasítják azt a véleményt, hogy az utóbbi évtizedben csökkent volna a vegyi anyag expozíció (82,2%), illetve a kül- és beltéri környezetben előforduló vegyi anyagok száma (85%), ugyanakkor 91,4%-uk részben, vagy teljesen egyetért azzal, hogy a keverékek egészséghatása eltér az egyes kémiai anyagok külön-külön okozott egészséghatásától, és ez nagymértékben (89, 5%) aggasztja is őket (9. táblázat).

COVID-19 világjárvány hatása

A válaszadók közel fele jelezte, hogy némileg (16,9%), illetve jelentősen (28,6%) befolyásolta a COVID-19 járvány a kémiai expozíció iránti érdeklődését. A legtöbbször véleménye szerint a járvány alatt a fertőtlenítő szerek (72,3%), a személyes védőeszközök (69,6%) és a háztartási vegyi anyagok (46,1%) okozta expozíció mértéke nőtt, a játékok (86,3%), személyes higiéniai termékek (86,3%) és az élelmiszerek (78,6%) esetében viszont nem változott az expozíció. A válaszadók 22,5%-ának véleménye szerint a kültéri környezetből adódó expozíció még csökkent is (4. ábra).

Expozíció csökkentésének módja

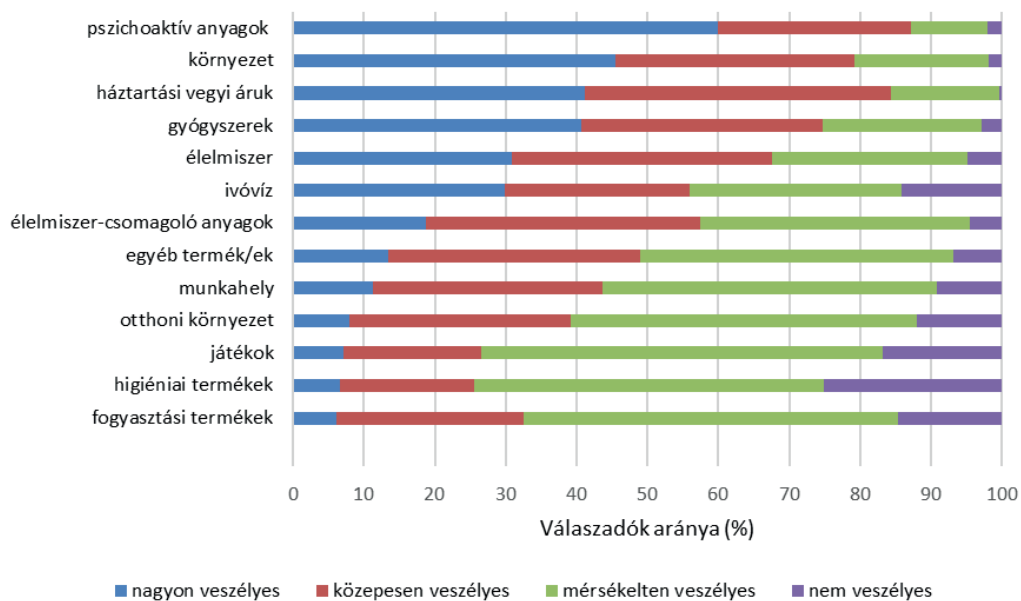
A vegyi anyagok expozíciójának csökkentését a válaszadók elsősorban az ipari tevékenységek szennyezőanyag kibocsátásának csökkentésében (97,6%), az élelmiszerbiztonság ellenőrzésben (97,2%), valamint a már meglévő jogszabályok betartatásában (96,9%) látják, de emellett fontosnak tartják a kémiai anyagok expozíciójára, a lehetséges egészséghatásukra, illetve HBM-re vonatkozó ismeretek megosztását, valamint szemléletformáló kampányok végzését is (10. táblázat).



1. ábra: Vegyi anyagok expozíciójának lehetséges forrásai a válaszok alapján



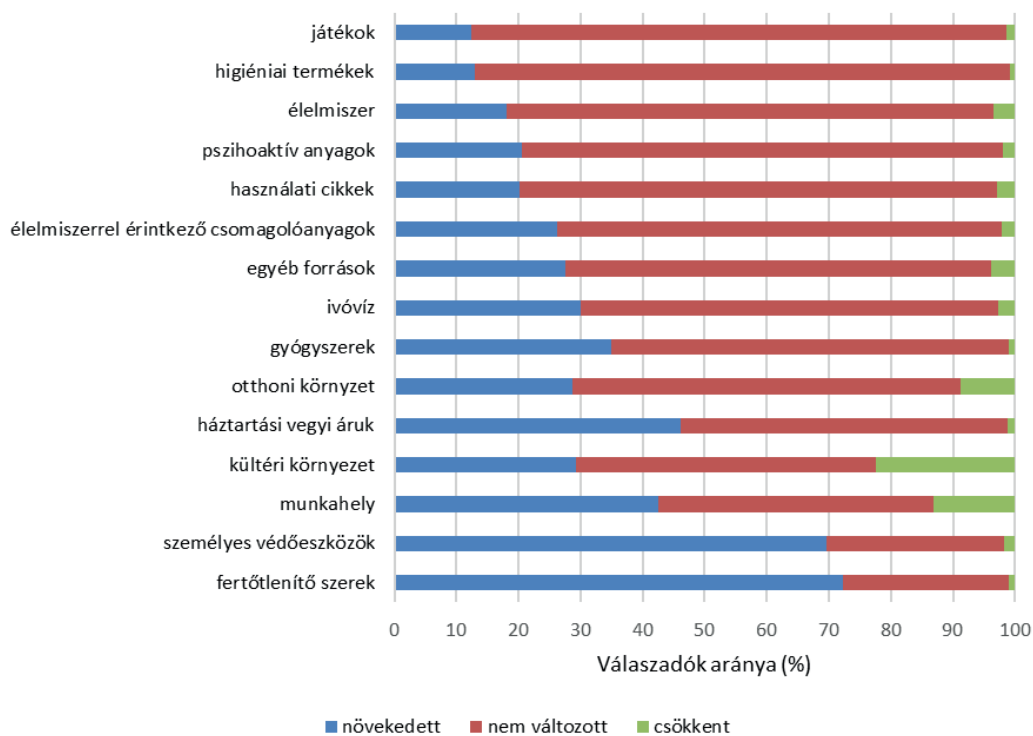
2. ábra: A válaszadók számára leginkább aggodalomra okot adó expozíciós források



3. ábra: A különböző források veszélyessége a kérdőívet kitöltők válasza alapján

9. táblázat: A kémiai expozíció alakulása az utóbbi évtizedekben a válaszok alapján

	egyáltalán nem értek egyet (%)	részben nem értek egyet (%)	részben egyetértek (%)	teljesen egyetértek (%)
Az elmúlt évtizedben csökkent a kémiai anyagoknak való kitettség	49,8	32,4	15,3	2,5
A bel- és kültéri környezetben előforduló kémiai anyagok száma csökkent az utóbbi évtizedekben.	48,8	36,2	12,5	2,5
Az egyszerre több kémiai anyagnak (keverékeknek) való kitettség befolyásolhatja az egyes anyagok esetleges egészséghatását.	5,1	3,5	31,6	59,8
Aggaszt a vegyi anyagok együttes hatása (ún. koktélnhatás).	4,9	5,6	32,2	57,3



4. ábra: A COVID-19 járvány hatása a különböző forrásokból származó kémiai expozíció mértékére a válaszadók véleménye szerint

10. táblázat: Az expozíció csökkentésének módja a válaszadók szerint

A veszélyes kémiai anyagoknak történő kitettséget csökkenteni lehet:	egyáltalán nem értek egyet (%)	részben nem értek egyet (%)	részben egyetértek (%)	teljesen egyetértek (%)	részben, vagy teljesen egyetért (%)
a káros anyagoknak való kitettség csökkentését célzó szemléletformáló kampányokkal	2,4	7,8	35,3	54,5	89,8
a lakosság tájékoztatásával a kémiai anyagoknak való kitettségről, ideértve a humán biomonitring kutatások eredményeit	1,5	6,5	32	60	92
a vegyi anyagok okozta expozíció és azok lehetséges egészséghatásaira vonatkozó ismeretek bővítésével	1,4	4,1	32,9	61,6	94,5
a lakosság tájékoztatásával a kémiai anyagoknak való együttes kitettség, és annak lehetséges egészséghatásairól (ún. koktéllhatás)	1,6	5,1	31,6	61,7	93,3
a lakosság tájékoztatásával a kémiai anyagoknak való kitettség lehetséges egészséghatásairól annak érdekében, hogy megváltozzon a fogyasztói viselkedés	1,2	5,1	30,6	63,1	93,7

a már létező, kémiai anyagokkal kapcsolatos jogszabályoknak történő megfelelés ellenőrzésének javításával	0,4	2,7	30,6	66,3	96,9
az importált termékek ellenőrzésének javításával	1	2,5	27,8	68,7	96,5
az ipari tevékenységek szennyezőanyag-kibocsájtásának hatékonyabb ellenőrzésével	0,3	2	26,7	71	97,7
az élelmiszerbiztonság-ellenőrző intézkedések javításával	1	1,8	23,7	73,5	97,2

11. táblázat: Mely területek élvezzenek prioritást a jövőbeni HBM során?

	%
élelmiszer	76,7
kültéri környezet	74,3
ivóvíz	54,5
háztartási vegyi áruk	46,9
gyógyszerek	30,2
élelmiszerekkel érintkezésre kerülő csomagolóanyagok	29,6
személyes higiénés termékek	23,7
mindennapi használati tárgyak	13,7
otthoni környezet	11,2
munkahely	10
pszichoaktív anyagok	9,2
játékok	3,7
egyéb forrás/ok	2,5

A HBM jövőbeli szerepére és kivitelezésére vonatkozó vélemények

Arra a kérdésre, hogy a jövőben mely expozíciós területek élvezzenek prioritást a HBM kutatások során, a legtöbben az élelmiszereket (76,7%), a kültéri környezetet (74,3%), az ivóvizet (54,5%) és a háztartási vegyi árukat (46,9%) jelölték meg, míg a játékokat csak a válaszadók 3,75% választotta (11. táblázat).

A válaszadók alapvetően elutasítják azt az álláspontot, hogy egyáltalán nem kellene HBM vizsgálatokat végezni (77,1%), illetve azt, hogy nincs értelme HBM vizsgálatokat végezni, abban az esetben, ha

megfelelően alkalmazzák a vegyi anyagokat (66,5%), sőt a többség szerint többet (57,8%), rendszeresebben (49%), a nemzeti egészségfelmérések részeként kellene végezni a jövőben ilyen jellegű vizsgálatokat.

Véleményük szerint, az ilyen jellegű vizsgálatok nagyon fontosak a vegyi anyagok expozíciójának (69%) és egészséghatásainak kutatásához (75,9%), illetve egyidejűleg felhívják a politikai döntéshozók és egészségügyi szakemberek (70,8%), valamint a lakosság (65,3%) figyelmét a problémára,

Továbbá egyetértettek azzal, hogy a HBM-vizsgálatok eredményei fontosak az olyan egészségpolitika

kialakításához, mely elősegíti a vegyi anyagok biztonságos felhasználását (69,6%), beleértve a biztonságos munkahelyi vegyszerhasználatot is (62,4%). Csak néhányan nem értettek egyet ezekkel a célkitűzésekkel.

A kérdőívet kitöltők a közösségi médiát (84,1%), a hagyományos sajtót (64,9%) és a weboldalakot (56,9%) tartják a leghatékonyabb kommunikációs csatornáknak a HBM4EU-projektben keletkezett információk lakossághoz való eljuttatásához.

Nyitott kérdésekre adott válaszok elemzése

A kérdőív a következő két nyitott kérdést tartalmazta:

- *Kérjük, jelölje meg azon kémiai anyagok nevét, melyek miatt aggódik, és amelyekkel Ön szerint a humán biomonitring kutatásoknak foglalkozniuk kellene!*
- *Van bármilyen megjegyzése vagy javaslata általában a humán biomonitringgal és/vagy az európai humán biomonitring programmal (HBM4EU) kapcsolatban?*

A résztvevők számos olyan konkrét kémiai anyagot vagy kémiai anyagcsoportot azonosítottak, amelyek számukra aggodalomra adnak okot. A leggyakrabban a növényvédő szereket említették, többször megnevezve egyes növényvédő szer vagy növényvédőszer-csoportokat, mint például a piretroidok, neoinikotinoidok, glifozát, szerves foszforsavészterek, DDT, atrazin, deltametrin.

Sok válaszadó jelölte meg az élelmiszer-adalékanyagokat (beleértve a mononátrium-glutamátot, az élelmiszerfestékeket, a nátrium-benzoátot), a hormonokat vagy hormonszerű anyagokat, a nehézfémeket, a gyógyszereket és a gyógyszermaradványokat, az azbesztet, a ftalátokat vagy a dioxint. A nehézfémek közül többször említették a higanyt, az ólmot és az arzént, de a kadmiumot és a krómot is.

Ezek az anyagok elsősorban a táplálkozással juthatnak a szervezetbe. A Medián Közvélemény- és Piackutató Intézet által 2009-ben végzett országos felmérés során hasonló eredményeket kaptak, azaz a megkérdezettek döntő többsége (84 %) szerint az élelmiszerekben található vegyi anyagok jelentik a legnagyobb kockázatot az ember egészségére, és összesen 94 % említette az élelmiszereket egészségre kockázatos terméként²⁸.

Ezenkívül több, a válaszadók által említett vegyi anyag belégzés útján is bejuthat a szervezetbe (pl. növényvédő szereket, azbeszt, dioxin és más légszennyező anyagok).

A második nyitott kérdés tartalmi elemzése feltárta, hogy a válaszadók tisztában vannak azzal, hogy a nagyszámú vegyi anyagnak való egyidejű kitétség káros egészséghatásokat okozhat. Bár maga a HBM elnevezés nem volt ismert a válaszadók körében, a HBM vizsgálatok végzését fontosnak és szükségesnek tartják.

„Nagyon örülök, hogy létezik ez a program, annak pedig még inkább, hogy a lakosság véleménye is számít. Jó munkát kívánok hozzá az illetékeseknek!”

Úgy gondolják azonban, hogy a lakosságnak nagyon kevés ismerete van a vegyi anyagoknak való kitétség lehetséges káros hatásairól, ezért nagyon fontos, hogy széles körű és hatékony kommunikációs kampányok valósuljanak meg ezen a területen. Többen felhívták a figyelmet a megelőzés fontosságára is.

„További figyelemfelkeltő kampányokra és tájékoztatásra van szükség, hogy felhívjuk a figyelmet ezekre a veszélyekre. Ezek megfelelő kommunikációval megelőzhetők.”

„Az oktatás, a tájékoztatás és a közvélemény figyelmének felkeltése elengedhetetlen feltétele egy jobb jövőnek.”

„Hasznos lenne a nyilvánosságot minél szélesebb körben és minél részletesebben tájékoztatni (a HBM) eredményeiről.”

A válaszadók megemlítették, hogy a vizsgálatok eredményeit nyilvánosan hozzáférhetővé kellene tenni és be kellene építeni a politikai döntéshozatalba.

„Végezzenek független, kötelezően előírt vizsgálatokat (független szervezetek által) uniós szinten, tegyék nyilvánosan hozzáférhetővé az eredményeket, és dolgozzanak ki cselekvési terveket az eredmények alapján.”

„Az eredményeket a politikusoknak nem szabadna megkérdőjelezniük; azokat be kellene építeni a humán (egészségügyi) politikába.”

A résztvevők a nyomon követés, az oktatás és a figyelemfelkeltés mellett a politikai döntéshozók bevonását és a döntéshozók felelősségét is hangsúlyozták.

„Szuper kezdeményezés, a közvélemény tájékoztatása és a figyelemfelkeltés pozitív hatással lehet arra, hogy a kormányzat által támogatott programok megvalósulhassanak”.

„A politikai döntéshozók felelőssége, hogy a független szervezetek által végzett tanulmányok eredményei alapján megfelelő jogi környezetet teremtsenek”.

A megfelelő jogi környezet megteremtése és a folyamatos nyomon követés mellett kiemelték a hatékony ellenőrzést, a szükséges beavatkozásokat és végül a kármentesítést és helyreállítást.

„Fontos a nyomon követés és az elszámoltathatóság, de ha súlyos hibák történnek, a szankciók és a korrekció is fontos. Ehhez más hatóságokkal való együttműködésre van szükség”.

Ugyanakkor a többségnek ellentmondó vélemények is elhangzottak.

„A lakossági figyelemfelhívás egyértelmű tévút. Megoldás csak magasabb, leginkább állami (nem államok feletti) szinten születethet”.

Néhányan szkepticizmusuknak és negatív véleményüknek adtak hangot.

„Hiába óriási az országunkat és a világunkat fenyegető környezetszennyezés, ha azt (annak felszámolását) helyben nem finanszírozzák megfelelően, és ha az egyre közömbösebb társadalom egyre kevésbé hajlandó egy szebb és jobb élet megteremtésére”.

„a vizsgálatokat gyakran ad hoc érdekek vezérlik, nincs vagy nagyon kevés a valóban független vizsgálat, kérdőjeles a hitelesség és a megbízhatóság is.”

Leggyakrabban az élelmiszereket emelték ki, mint amire a HBM-nek elsődlegesen fókuszálnia kellene, de emellett említették az étrend-kiegészítőket, kozmetikai termékeket, illetve felhívták a figyelmet a túlzott vagy helytelen gyógyszerfogyasztás és fertőtlenítőszer használat problémáira.

„felhívni az emberek figyelmét, hogy a mértéktelen és állandó fertőtlenítéssel hatalmas kárt okoz a saját szervezetében, és a környezetében...”

Megbeszélés

Az elmúlt évek során végzett nemzeti és európai uniós HBM vizsgálatok eredményeinek felhasználásával javult a HBM ismertsége, és egyre többen ismerik fel a HBM-ben rejlő lehetőségeket Európa-szerte².

Ugyanakkor, annak ellenére, hogy Magyarország részt vett az első harmonizált európai szintű HBM vizsgálatban (DEMOCOPHES), a legfrissebb felméréseink eredményei azt mutatják, hogy a HBM4EU projekt fókuszcsoportos megbeszélések első fordulójában résztvevő országokhoz hasonlóan a HBM ismerete nem kielégítő¹⁸, azaz sem a fókuszcsoport tagjai, sem az online felmérést kitöltők nem tudták pontosan meghatározni a HBM fogalmát, azonban magáról az eljárás lényegéről egy részük már rendelkezett ismeretekkel. Mindemellett, miután tájékoztatást kaptak a humán biomonitőről, sokan pozitívan nyilatkoztak róla, és a legtöbb résztvevő támogatta a további ilyen jellegű vizsgálatok rendszeres végzését a jövőben.

Hasonlóan a témában eddig végzett tanulmányok eredményeihez, a résztvevők érdeklődésüket és aggodalmukat fejezték ki a vegyi anyagok expozíciója és azok esetleges káros hatása iránt^{2,18,28}.

A nagy többség úgy vélte, hogy HBM vizsgálatokat többször és olyan rendszeresen kellene végezni, mint például az élelmiszer- és vízminőségi vizsgálatokat. A résztvevők túlnyomó többsége úgy vélte továbbá, hogy a HBM vizsgálatokat jobban össze kellene hangolni mind nemzeti, mind európai szinten, és állami intézményeknek vagy nonprofit, független szervezeteknek kellene végezniük.

Aggodalmukat elsősorban saját tapasztalataik alapján fejezték ki, következtetések és elbeszélések segítségével. Számos vizsgálat alapján ma már ismert, hogy az egyes emberek, illetve különböző csoportok (a laikusok, illetve szakértők) másképp észlelik és értékelik ugyanazt a kockázatot, és más jelentéssel ruhazzák azt fel^{29,30}. Az emberek kockázateszlelése sok esetben szubjektív, azaz nem korlátozódik csupán az expozíció típusára és mértékére, hanem egyéb tényezők is befolyásolják, amelyek az egyéni és helyi jellemzőkkel vannak kapcsolatban. Így, többek között hatással vannak rá az érzelmeik, a tágabb és szűkebb környezetük, a tömegkommunikáció^{18,29,30}. Eredményeink megerősítik ezeket a feltételezéseket a résztvevők által említett mindennapi életből vett példákon keresztül.

Az Egészség-hit-modellt (Health Belief Model) az 1950-es évek elején dolgozták ki az Egyesült Államok Közegészségügyi Szolgálatának társadalomtudósai, hogy megértsék, miért nem fogadják el az emberek a betegségmegelőzési stratégiákat vagy a betegségek korai felismerését szolgáló szűrővizsgálatokat. A modell egyik alappillére az érzékelt fogékonyság (*perceived susceptibility*), vagy kockázateszlelés, azaz, hogy az egyének különbözőképpen érzékelik egy betegség/tünet vagy annak kialakulásának kockázatát³¹.

Az egyéni kockázateszlelés kulcstényezője számos egészségmagatartás-változásra irányuló elméletnek és a bizonyítékok arra utalnak, hogy a kockázati észleléseket sikeresen értelmező és azt megváltoztató beavatkozások a későbbiek során az egészségmagatartás változását eredményezik, ami a prevenció alapja³².

Emellett, a társadalomtudósok bevonásával végzett kvalitatív közvélemény-kutatások egyrészt segíthetnek a vizsgálatokban résztvevőknek szánt személyre szabott kommunikációs anyagok kidolgozásában, másfelől az emberek témában való tudásszintjének, illetve a kockázateszlelésük szubjektív tényezőinek megismerése segíthet a toborzási arányok maximalizálásában a későbbi kutatások során²⁰.

A bizalom, átláthatóság és hitelesség szerepe nagy hangsúlyt kapott mindkét típusú közvélemény-kutatás során. A bizalom magas szintje csökkent a kockázat érzékelését és növeli a védő magatartásformák elfogadását. Az információforrás hitelességét széles körben tanulmányozták, és úgy találták, hogy a hiteles forrás jellemzői közé tartozik a szakértelem, az objektivitás, a pártatlanság, a tisztesség, a megbízhatóság és a jóindulat. Továbbá kimutatták, hogy a forrás hitelessége befolyásolja mind a kormányzatba, mind a szabályozásba vetett bizalmat, és következőképpen az észlelt kockázatot is. Ezért a bizalom és a hitelesség két olyan kritikus tényező, amelyet komolyan figyelembe kell venni a humán biomonitoring kommunikációs stratégiájának kidolgozásakor. Minél nagyobb az információforrás hitelessége és a hatóságokba vetett társadalmi bizalom, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a lakosság hajlandó megelőző intézkedéseket tenni és elfogadja a vonatkozó szabályozást¹⁸.

A résztvevők felismerték, hogy mind a kommunikáció tartalma, mind a módja kulcsfontosságú az üzenet célba jutásának szempontjából. A tartalmat illetően az egyszerűséget, közérthetőséget emelték ki. A kommunikáció módjára vonatkozóan megoszlottak a vélemények, a résztvevők egy része sokkoló, drasztikus üzeneteket közvetítene, míg a másik részük inkább a pozitív alternatívákat mutatná be. A válaszadók egyértelműen jelezték, hogy a vegyi anyagokból eredő kockázatok kommunikációja fejlesztésre szorul, és az ismeretek megosztásában a tudománynak alapvető szerepe van. A Special Eurobarometer 456 felmérése szerint a magyarok mindössze 49%-a érzi magát jól informáltnak a kémiai anyagok okozta kockázatok tekintetében³³. Bár a fókuszcsoport résztvevői magukat inkább jobban informáltnak tartották, úgy gondolták, hogy az átlagos lakosság sokkal kevesebb hiteles információval rendelkezik. A megfelelő mennyiségű, hiteles információk birtoklása megvéd a félretájékoztatástól és az «álhírektől» is. Az információ célba juttatásában döntő szerepe van a médiumnak is, amelyen keresztül továbbítják. A fókuszcsoportban a címkézést emelték ki, mint az információ szerzésének elsődleges és legfontosabb forrása, hasonlóan az Special Eurobarometer 456 felméréshez, mely szerint a magyarok 71%-a a fogyasztási cikkek címkéjén lévő információkból tájékozódik³³. Emellett az online média, beleértve a közösségi média szerepét hangsúlyozták. A kérdőív kitöltők a közösségi médiát (84%) tartják a leghatékonyabb kommunikációs csatornának, ezt követi a hagyományos sajtó 65%-kal.

A gyermekek – a vélemények szerint – egyben a leghatékonyabban befolyásolható célközönség, másrészt kommunikációs csatornák is, hiszen az iskolában megszerzett tudást továbbadják a környezetükben élő embereknek. A különböző célcsoportokat tehát más és más úton célszerű közvetlenül elérni, a fiatalokat inkább az iskolákon és online médián keresztül, az idősebb korosztályokat a hagyományos médiumokon keresztül (tv, írott sajtó, óriás plakát stb.).

Ugyanakkor a megfelelő ismeretek megléte még nem elegendő az emberek hozzáállásának a megváltoztatásához. A résztvevők tisztában voltak azzal a ténnyel, hogy a társadalomban a szokások szélesebb körű megváltoztatása nem váltható ki könnyen.

Napjainkban a közegészségügy által használt kommunikációs stratégiák az ún. ökológiai modellen alapulnak, amely úgy véli, hogy az emberek egészséghez és a környezethez való viszonyát a népességhez tartozó emberek viselkedése határozza meg.

Ezt a viselkedést viszont az egyes emberekkel és a környezetükkel kapcsolatos tényezők határozzák meg, beleértve többek között az egyén önértékelését, hiedelmeit, készségeit, a társadalmi megerősítést, a társadalmi normákat és a helyek jellemzőit, úgy mint a jogi-, politikai-, gazdasági és kulturális környezetet, és médiaüzeneteket³⁴. Jelen felmérések eredményei alátámasztják ezt az érvelést, a magyarországi felmérésekben többen a gazdasági szempontokat emelték ki, mint az egyén magatartás változtatását erősen korlátozó tényezőt. A kommunikációs stratégiának figyelembe kell vennie ezeket a kereteket, hogy célba érjen.

A HBM4EU projektben résztvevő nemzeti és európai uniós kutatási és kormányzati intézmények felismerték a tájékoztatás és a hatékonyabb kommunikáció szükségességét.

A HBM4EU ezért számos információs anyagot készített a HBM-ről és a vegyi anyagoknak való kitétségről, például videókat és egyéb tájékoztató anyagokat, amelyeket a honlapján és az érdekeltek hálózatán keresztül oszt meg¹⁸. Mind a fókuszcsoportnak, mind a kérdőíves felmérésnek egyértelmű üzenete, hogy a lakosság a vegyi anyag expozícióra vonatkozó hiteles információkat a tudomány művelőitől várja, és egyben ezeken kell alapuljon a szakpolitikák kialakítása. Ehhez szükség van az érdekelt felek bevonására és együttműködésére. A tudománynak tehát képesnek kell lennie arra, hogy befolyásolja a szakpolitikák kialakítását és végrehajtását, valamint arra, hogy a megfelelő időben eljuttassa a szükséges információt az érdekelt felek részére.

Bár a HBM-mel kapcsolatos fókuszcsoportos beszélgetések és az online kérdőíves felmérések sok hasznos információt szolgáltattak a jövőbeli HBM vizsgálatok végzéséhez, kétségtelen, hogy számos korlátjuk is volt. Ezek közül elsődleges, hogy egyik felmérés sem tekinthető reprezentatívnak, mivel nem álltak rendelkezésre külön források egy reprezentatív felmérés elvégzéséhez, a fókuszcsoport esetében pedig a járvány okozta korlátozások és bizonytalanságok akadályozták a kiválasztást.

A felmérésekben felülreprezentáltak voltak a nagyvárosban élő felsőfokú végzettségű nők. Egy reprezentatív lakossági felmérés elvégzéséhez a résztvevők kor, nem, lakóhely, iskolai végzettség, szociális háttér stb. szerinti heterogén összetételre lenne szükség, amihez az online kérdőív és fókuszcsoportos részvételre való meghívás szélesebb körű terjesztésére irányuló stratégiára és forrásokra lenne szükség.

Mivel korábbi tanulmányok arról számoltak be, hogy a környezeti kérdésekkel, például a levegőtisztasággal kapcsolatos megítélést befolyásolja az iskolai végzettség, az életkor és a nem, további kutatásokra van szükség az alacsonyabb társadalmi-gazdasági csoportok aggodalmainak és hozzáállásának megértéséhez^{17,18,35,36,37}.

Ugyanakkor ezek a felmérések kiindulási alapként szolgálhatnak a további kutatásokhoz és megalapozhatják a szakpolitikai intézkedéseket a humán biomonitoring területén, amelyekre egyértelműen szükség van.

A válaszolók támogatják a rendszeres humán biomonitoring vizsgálatok végzését a jövőben nemzeti szinten, de még inkább célszerű lenne azokat európai szinten koordinálni és harmonizálni. A kutatási eredmény alapján további tevékenységeket javasolt végezni. Ezeknek a tevékenységeknek a fő irányai a lakosság tudatosságának növelésére, a szakpolitikai intézkedések végrehajtására, valamint a vegyi expozícióval és a humán biomonitorozással kapcsolatos témáknak az oktatási rendszerbe való beépítésére kell összpontosítaniuk.

Kulcsüzenetek

Bár a résztvevők körében nem ismert a HBM fogalma, mind a fókuszcsoport résztvevői (n=11), mind a lakossági felmérés válaszadói (n=510) érdeklődést mutatnak a téma iránt, és támogatták a jövőbeni rendszeres HBM-vizsgálatok végzését.

- A résztvevők többsége szerint sokkal nagyobb hangsúlyt kell fektetni a veszélyes vegyi anyagok okozta szennyezés csökkentésére és a szennyezéssel összefüggő betegségek megelőzésére.
- A fókuszcsoport résztvevői számos elvárást fogalmaztak meg (pl. a termékek címkézése, szigorúbb szabályozás bevezetése, alternatív termékek elérhetősége, több figyelemfelkeltő kampány) a különböző kulcsfontosságú érdekeltekkel szemben.
- A lakossági felmérés során az emberek az ipari kibocsátást/szennyezést, a közúti közlekedést és a környezetbe kerülő növényvédő szereket jelölték meg, mint a három, számukra legaggasztóbb vegyi anyag-forrást.
- Jelezték, hogy a világjárvány idején megnőtt az egyes vegyi anyagoknak való kitétség, elsősorban a fertőtlenítő és tisztító szerek, valamint az egyszer használatos fogyasztási termékek növekvő mennyisége miatt. Ugyanakkor többen feltételezték, hogy a környezeti elemekből származó vegyi anyagoknak való kitétség csökkent.
- A polgárok az egészségkárosító hatású vegyi anyagoknak való kitétség csökkentésének módját a vegyi anyagokkal kapcsolatos tudás és az ebből fakadó tudatosság növelése mellett az élelmiszerbiztonság és az ipari tevékenységek terén hozott hatékonyabb ellenőrző intézkedésekben látják.
- A résztvevők kiemelték, hogy a politikai döntéshozóknak a környezet- és egészségpolitikák kialakításakor el kellene fogadniuk a tudósok megállapításait, és azokat be kellene építeniük a vonatkozó jogszabályokba.
- A fókuszcsoport majdnem minden résztvevője arról számolt be, hogy hajlandóak lennének valamilyen mértékben megváltoztatni meglévő szokásaikat, ha több információt kapnának a vegyi anyagoknak való kitétség szintjéről, az egészségesebb termékek elérhetőségéről stb. Ugyanakkor úgy gondolják, hogy a lakosság nagy részének szokásaiban nagyon nehezen lehet változásokat elérni.
- Minél inkább részt tud venni a közösség a kutatási folyamatban, annál nagyobb az elkötelezettsége, ami viszont képessé teheti őket arra, hogy nyomást gyakoroljanak a politikusokra, hogy az ártalmas vegyi anyagok okozta expozíció csökkentésére hatékony intézkedéseket hozzanak.

Anyagi támogatás

A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült. A fókuszcsoportos interjú, valamint az online felmérés a 2017-ben indított és az Európai Unió Horizont 2020 programjának keretében társfinanszírozott HBM4EU, azaz az európai humán biomonitöring program keretében valósult meg.

Szerzők hozzájárulása

K.SZ.: szakirodalom elemzése, átirat elkészítése és elemzése, kézirat elkészítése; Sz.T.: fókuszcsoport moderálása, a kézirat áttekintése

Érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek a tartalmat érintő érdekeltségeik.

Nyilatkozatok

A szerzők nyilatkoznak arról, hogy a közlemény más folyóiratban korábban nem jelent meg, és máshová beküldésre nem került. A szerzők nyilatkoznak arról is, hogy a cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Nemzeti Népegészségügyi Központ Kommunikációs Főosztály munkatársainak az online kérdőíves felmérés népszerűsítését és külön köszönet Gál Veronikának a kézirat áttekintéséért és tanácsaiért.

Irodalomjegyzék

- Fuller, R., Landrigan, P.J., Balakrishnan, K., et al.: Pollution and health: a progress update. *The Lancet Planetary Health*, 2022, [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0)
- Matisane, L.; Knudsen, L.E.; Lobo Vicente, J., et al: Citizens' Perception and Concerns on Chemical Exposures and Human Biomonitoring—Results from a Harmonized Qualitative Study in Seven European Countries. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, 19, 6414. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116414>
- European Commission: Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment. 2020, <https://ec.europa.eu/environment/pdf/chemicals/2020/10/Strategy.pdf>
- Bopp, S.K., Barouki, R., Brack, W., et al.: Current EU research activities on combined exposure to multiple chemicals. *Environ Int.*, 2018; 120:544-562. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.037>
- David, M.; Schwedler, G.; Reiber, L.; et al.: Learning from previous work and finding synergies in the domains of public and environmental health: EU-funded projects BRIDGE Health and HBM4EU. *Arch. Public Heal.* 2020, 78, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13690-020-00460-9>
- Ribeiro, C.M., Beserra, B.T.S., Silva, N.G., et al.: Exposure to endocrine-disrupting chemicals and anthropometric measures of obesity: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 2020, 10:e033509. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-033509>
- Heindela, J.J., Howarda, S., Agay-Shayb, K., et al.: Obesity II: Establishing causal links between chemical exposures and obesity. *Biochemical Pharmacology*, 2022, Vol: 199 115015 <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2022.115015>
- Wang, Z., Walker, G., Muir, D. C. G., Nagatani-Yoshida, K.: Toward a Global Understanding of Chemical Pollution: A First Comprehensive Analysis of National and Regional Chemical Inventories. *Environ. Sci. Technol.*, 2020, 54, 5, 2575-2584 <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06379>
- Liew Z., Guo P.: Human health effects of chemical mixtures. *Science*, 2022. Vol 375, Issue 6582 pp. 720-721 <https://doi.org/10.1126/science.abn9080>
- ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; ET AL: A SAFE OPERATING SPACE FOR HUMANITY. *NATURE*, 2009, 461, 472- 475, <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; et al: Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 2015, 347, 1259855, <https://doi.org/10.1126/science.1259855> doi:
- Diamond, M.L., de Wit, C.A., Molander, S., et al: Exploring the planetary boundary for chemical pollution. *Environ Int.*, 2015; 78:8-15. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.02.001>
- Persson, L., Bethanie M. Carney Almroth, Christopher D. Collins et al.: Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environmental Science & Technology*, 2022, 56 (3), 1510-1521 DOI: [10.1021/acs.est.1c04158](https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158)
- Gilles, L.; Govarts, E.; Rambaud, L.; et al: HBM4EU Combines and Harmonises Human Biomonitoring Data across the EU, Building on Existing Capacity—The HBM4EU Survey. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2021, 237, 113809 doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113809

15. Ganzleben, C.; Antignac, J.P.; Barouki, R.; et al: Human Biomonitoring as a Tool to Support Chemicals Regulation in the European Union. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2017, 220, 94–97 <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.01.007>
16. HBM4EU. <https://www.hbm4eu.eu/about-us/>
17. Schneider, M., Medgyesi, M.: Környezettel és környezetvédelemmel kapcsolatos lakossági attitűdök változása Magyarországon. In.: Társadalmi Riport 2020, https://www.tarki.hu/sites/default/files/2020-10/500_521_Schneider_web.pdf
18. Uhl, M.; Santos, R.R.; Costa, J.; et al: Chemical Exposure: European Citizens' Perspectives, Trust, and Concerns on Human Biomonitoring Initiatives, Information Needs, and Scientific Results. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, 18, 1532. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041532>
19. Eurostat, Eurobarometer: Attitudes of Europeans towards the Environment - Factsheets Hungary, 2020 <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2257>
20. Exley, K.; Cano, N.; Aerts, D.; et al: Communication in a Human Biomonitoring Study: Focus Group Work, Public Engagement and Lessons Learnt in 17 European Countries. *Environ. Res.*, 2015, 141, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.003>
21. Balázs, B., Marián, A., Oblath, M. Síklaki, I.: Bevezetés a kvalitatív kutatás módszereibe. Online tananyag a Matáv Média Intézet számára. 2002, http://mmi.elte.hu/szabadbolcseszlet/mmi.elte.hu/szabadbolcseszlet/indexda19.html?option=com_tanelem&task=all&id_tananyag=53
22. European Environmental Agency. Air Pollution Goes down as Europe Takes Hard Measures to Combat Corona-virus. Available online: <https://www.eea.europa.eu/highlights/air-pollution-goes-down-as>
23. Venter, Z.S., Anan, K., Chowdhury, S., et al.: COVID-19 lockdowns cause global air pollution declines. *PNAS*, 2020, | vol. 117 | no. 32 18984-18990 <https://doi.org/10.1073/pnas.2006853117>
24. Zambrano-Monserrate, M.A.; Ruano, M.A.; Sanchez-Alcalde, L.: Indirect Effects of COVID-19 on the Environment. *Sci. Total Environ.*, 2020, 728, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138813>
25. Burnard, P.; Gill, P.; Stewart, K.; et al.: Analysing and Presenting Qualitative Data. *Br. Dent. J.*, 2008, 204, <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.292>.
26. Sallay, V., Martos, T.: A Grounded Theory (GT) módszertana. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 2018, 73. 1/2. 11–28 <https://doi.org/10.1556/0016.2018.73.1.2>
27. KSH Magyarország helységnévtára. <https://www.ksh.hu/apps/hntr.main>
28. Medián Közvélemény és Piackutató Intézet: A közvélemény a szintetikus anyagok egészségügyi hatásairól. 2009 https://www.levego.hu/sites/default/files/kapcsolodo/vegianyag-median_0907.pdf
29. Jansen, T.; Claassen, L.; van Kamp, I.; et al.: 'All chemical substances are harmful.' public appraisal of uncertain risks of food additives and contaminants. *Food Chem. Toxicol.*, 2020, 136, 110959. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110959>
30. Málovics, É., Veres, Z., Kuba, P.: Miért fontos a kockázat-kommunikáció az egészségügyben? *Egészségügyi Gazdasági Szemle*, 2007/2. (37-43) <https://weborvos.hu/adat/egsz/2007maj/37-43.pdf>
31. Champion, V. L., Skinner, C. S.: The health belief model. In K. Glanz, B. K. Rimer, & K. Viswanath (Eds.), *Health behavior and health education: Theory, research, and practice* 2008, pp. 45–65, Jossey-Bass San Francisco,
32. Ferrer, R., Klein, W.M.: Risk perceptions and health behavior. *Curr Opin Psychol.* 2015 Oct 1;5:85-89. <https://doi.org/10.1016/j.copsy.2015.03.012>
33. European Commission, Directorate-General for Communication, Special Eurobarometer 456: 'Chemical safety', version v1.00, 2017, accessed 2022-08-05, http://data.europa.eu/88u/dataset/S2111_86_3_456_ENG
34. Maibach, E.W., Roser-Renouf, C., Leiserowitz, A.: Communication and marketing as climate change-intervention assets a public health perspective. *Am J Prev Med.*, 2008, 35(5):488-500. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.016>
35. Maione, M., Mocca, E., Einfeld, K., et al.: Public perception of air pollution sources across Europe. *Ambio.*, 2021, 50(6):1150-1158. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01450-5>
36. McCright, A.M.; Xiao, C.: Gender and Environmental Concern: Insights from Recent Work and for Future Research. *Soc. Nat. Resour.*, 2014, 27, 1109–1113. <https://doi.org/10.1080/08941920.2014.918235>
37. de Silva, D.G., Pownall, R.A.J.: Going Green: Does It Depend on Education, Gender or Income? *Appl. Econ.*, 2014, 46, 573–586. <https://doi.org/10.1080/00036846.2013.857003>

Málnási Tibor, Mácsik Annamária, Páldy Anna

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Budapest / National Center for Public Health and Pharmacy, Budapest

DOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2022.3-4.44-65>

Hogyan alkalmazkodik a munkaképes magyar lakosság a klímaváltozás hatásaihoz – a 2017. évi Országos Gyermekek Légúti Felmérés (OGYELF) kérdései alapján

How the working-age Hungarian population is adapting to the effects of climate change - based on the questions of the 2017 National Children's Respiratory Survey (OGYELF)

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedben tovább nőtt az üvegházhatású gázok globális kibocsátása, ami többek között a nem fenntartható energiafelhasználásból, az életmódból, a fogyasztási szokásokból ered. Öröndetes azonban, hogy egyre szélesedik az alkalmazkodási stratégiák és intézkedések köre, és már néhány válaszról bebizonyosodott, hogy hatékonyan csökkenti az éghajlati kockázatokat és azok egészségvonzatait. Ezek a tények számos ágazatban alátámasztják és segítik a beavatkozások tervezését, elindítását, többek között a lakhatás és az épületek korszerűsítése terén. Hazánkban is számos program indult el a 2000-es évek végétől a lakóépületek energetikai korszerűsítésére, illetve a lakossági alkalmazkodás egyéb formáinak támogatására.

A Nemzeti Népegészségügyi Központ 2017-ben harmadszor szervezte meg a 3. osztályos tanulók körében az Országos Gyermekek Légúti Felmérést (OGYELF), amit kibővítettek a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásra vonatkozó kérdésekkel. A jelen közleményben vizsgálták a lakás/épületkorszerűsítések, valamint a beltéri hőmérséklet csökkentésére alkalmas klímaberendezések előfordulási arányát, működtetési sajátosságait a területi és társadalmi-gazdasági eltérések figyelembe vételével.

A kérdőívet a gyermekek szülei, gondviselői töltötték ki. A KSH adatai szerint a nappali rendszerű általános iskolai oktatásban a 3. évfolyamos tanulók száma 2017-ben 92 220 fő volt, a beérkezett kérdőívek száma 61 428, a válaszadási arány 67%. Az adatbázisból a klímaváltozás lehetséges hatásaihoz való alkalmazkodás szempontjából fontos kérdéseket értékelték leíró statisztikai módszerekkel.

A felmérésben részt vevők lakásainak közel fele (45%-a) hőszigetelt és a lakások közel 80%-ában az ablakok jól szigeteltek. Azon lakások aránya, amelyek hőszigeteltek és az ablakok is megfelelően záródnak 41%. Azon lakások aránya, amelyek hőszigeteltek és az ablakok 15 évnél újabbak 38%.

A lakások közel 20%-ában van légkondicionáló berendezés, 15%-át 2 éven belül szerelték be, míg 9%-a 10 évnél régebbi.

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás vizsgált tényezői szorosan összefüggnek a szociális helyzettel, kisebb mértékben a településtípussal, ebből a szempontból leginkább rossz helyzetben a kistelepüléseken élő, kedvezőtlen szociális helyzetben lévő családok vannak.

A következő évtized végére kitűzött energiatakarékosági célok eléréséhez a meglévők mellett további

szakpolitikai intézkedések bevezetése szükséges, a lakosság részéről pedig a lakásállomány korszerűsítése. Az OGYELF felmérések segítségével nyomon követhető a folyamat, illetve az eredmények segítik a célcsoportokra irányuló felvilágosító tevékenységet.

Kulcsszavak: ablakcsere, hőszigetelés, légkondicionáló berendezés, Országos Gyermekek Légúti Felmérés

Abstract

Over the past decade, global greenhouse gas emissions have continued to rise, due to unsustainable energy use, lifestyles and consumption patterns, among other factors. However, it is encouraging that the scope of adaptation policies and measures has also increased and that some responses can already be shown to be effective in reducing climate risks and their health impacts. This evidence underpins and supports the design and implementation of interventions in a number of sectors, including housing and building retrofitting. In our country, too, a number of programmes have been launched since the late 2000s to support energy efficiency upgrading of residential buildings and other forms of adaptation.

In 2017, the National Public Health Centre organised for the third time the National Children's Respiratory Tract Survey (OGYELF) among 3rd grade pupils, which was extended to include questions on adaptation to climate change. In the present communication, the prevalence and operating characteristics of air conditioning systems for housing/building retrofits and indoor temperature reduction were investigated, taking into account regional and socio-economic differences.

The questionnaire was filled in by parents or guardians of the children. 61,428 out of the 92,220 questionnaires were completed with a response rate of 67%. From the database, questions relevant to adaptation to the potential effects of climate change were evaluated using descriptive statistical methods.

Nearly half (45%) of the homes surveyed were insulated and nearly 80% of homes had well insulated windows. The proportion of dwellings insulated with well sealed windows was 41%. The proportion of dwellings insulated with windows less than 15 years old was 38%. Nearly 20% of homes had air conditioning, out of which 15% were installed within 2 years and 9% were more than 10 years old.

The factors of adaptation to climate change were found to be closely linked to socio-economic status and, to a lesser extent, to the type of settlement, with families in small settlements with a poor social situation being the worst affected.

Achieving the energy saving targets by the end of the next decade will require the introduction of additional policy measures to those already in place, and the modernisation of the housing stock by the population. The OGYELF surveys will help to monitor progress and the results will support awareness-raising activities targeted at special groups.

Key words: new window installation, external insulation, air conditioning devices

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

2022;66(3-4): 44-65

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2023. január 24.

Submitted: 24 January 2023

Elfogadva: 2023. február 10.

Accepted: 10 February 2023

Levelezési cím/Correspondence:

Málnási Tibor

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti
Központ

E-mail: malnasi.tibor@nnk.gov.hu

Bevezetés

Az IPCC 6. Értékelő Jelentése¹ szerint az emberi tevékenységből származó üvegházhatású gázok kibocsátása egyértelműen felmelegítette az éghajlatot. A globális felszíni hőmérséklet 2011-2020 között 1,1°C-kal haladta meg az 1850-1900-as szintet. Az üvegházhatású gázok globális kibocsátása az elmúlt évtizedben tovább nőtt, ami a nem fenntartható energiafelhasználásból, a földhasználatból és a földhasználat változásából, az életmódból, a fogyasztási szokásokból és a termelésből ered. Öröndetes azonban, hogy az alkalmazkodási stratégiák és intézkedések alkalmazási köre is nőtt az előző jelentés óta, és már kimutatható, hogy néhány válasz hatékonyan csökkenti az éghajlati kockázatokat.

Az éghajlatváltozás hatásai különösen az infrastruktúrát és az épületeket érintik, tekintettel hosszú élettartamukra és magas kezdeti költségeikre. Az éghajlatváltozással kapcsolatos intézkedéseknek, akcióknak köszönhetően számos bizonyíték támasztja alá az egészséggel kapcsolatos járulékos előnyöket². Ezek a tények számos ágazatban segítik a beavatkozások tervezését, elindítását többek között a lakhatás és az épületek korszerűsítése területén³.

Mindezek a „kényszerítő erők” hozzájárultak ahhoz, hogy az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kiotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény (Éhvt.) és annak végrehajtásáról szóló 323/2007. (XII. 11.) Korm. rendelet alapján kialakították a Zöld Beruházási Rendszert (továbbiakban: ZBR). Ezek értelmében számos program indult el a 2000-es évek végén a lakóépületek energetikai korszerűsítésére a ZBR keretében.

A Nemzeti Népegészségügyi Központ 2005-től rendszeresen monitorozza a környezeti expozíciók hatását a gyermekek egészségi állapotára. 2017-ben harmadszor szerveztük meg a 3. osztályos tanulók körében az Országos Gyermekek Légúti Felmérést, amit kibővítettünk a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásra vonatkozó kérdésekkel. A jelen közleményben vizsgáltuk a lakás/épületkorszerűsítések, valamint a beltéri hőmérséklet csökkentésére alkalmas klímaberendezések előfordulási arányát, működtetési sajátosságait a területi és társadalmi-gazdasági eltérések figyelembe vételével; illetve néhány esetben alkalom nyílt a korábbi, 2005-ös felmérés eredményeivel való összevetésre.

Anyag és módszer

A 2017. évi III. Országos Gyermekek Légúti Felmérésben a magyarországi 3. osztályos általános iskolás gyermekek légzőszervi betegségeit, valamint a gyermekek és családjuk lakókörnyezetét és egyéb környezeti tényezőit mértük fel önkitöltős (a gyermekek szülei, gondviselői által kitöltött) kérdőíves felmérésben. A KSH adatai szerint⁴ a nappali rendszerű általános iskolai oktatásban a 3. évfolyamos tanulók száma 2017-ben 92 220 fő volt (a sajátos nevelési igényű, külön csoportban, nem integráltan tanuló gyermekek kivételével), a beérkezett és értékelhető kérdőívek száma 61 428, a válaszadási arány 67%. A felmérés adatbázisából azokat a tényezőket választottuk ki, amelyek a klímaváltozás lehetséges hatásaihoz való alkalmazkodás szempontjából fontosak lehetnek.

A következő kérdésekre adott válaszokat elemeztük:

Kérdés	Válaszadási arány
Van-e a lakás külső falán hőszigetelés? Ha igen, milyen anyagú?	97,4%
Hogyan szellőztetnek a lakásban?	98,8%
Milyen az ablakok szigetelése?	96,8%
Kicserélték-e az ablakokat az utóbbi 15 évben (vagy az épület 15 évnél nem régebben épült)?	97,8%
Van-e a lakásban légkondicionáló berendezés? Használják-e? Ha igen, milyen gyakorisággal tisztítják?	98,9%
Van-e a gyermek szobájában légkondicionáló berendezés? Használják-e? Ha igen, milyen gyakorisággal tisztítják?	97,3%

Megvizsgáltuk az adatok megoszlását

- a lakóépületek típusa és kora,
- településtípusok,
- a települések népességszáma,
- a területi (vármegyei) eloszlás, valamint
- a családok szociális helyzete* szerint.

*A családok szociális helyzetére és lakáskörülményeire három kérdés vonatkozott közvetlenül:

Hogyan ítéli meg a család megélhetési körülményeit? Részesül-e a család állami, önkormányzati juttatásban a családi pótlékon, adókedvezményen kívül? Milyennek tartja a lakáskörülményeit?

A három kérdés alapján – amennyiben mindhárom kérdésre válaszolt a kérdőív kitöltője – egy összetett mutatót hoztunk létre, amely 7 fokozatú skálán mutatja be a család szubjektív módon értékelt szociális helyzetét (1-es érték a legkedvezőbb, 7-es érték a legkedvezőtlenebb).

Az adatokat leíró statisztikai módszerrel elemeztük Microsoft Excel 2010 program segítségével.

Eredmények

Hőszigetelés

Országos átlagban a lakások közel fele, 45%-a hőszigetelt, a hőszigetelés anyaga a legtöbb esetben (89%) hungarocell, 4%-ban üvegyapot, 7%-ban pedig egyéb anyag (1. ábra). Azon lakások aránya, amelyek hőszigeteltek és az ablakok is megfelelően záródnak: 41%. Azon lakások aránya, amelyek hőszigeteltek és az ablakok 15 évnél újabbak (ablakcsere történt, vagy új az épület): 38%.

A hőszigetelt lakások aránya a falvakban az országos átlag alatt van (a kisebb falvakban 35%, a nagyközségekben sem éri el a 40%-ot), a városokban az országos átlagnak megfelelő, legmagasabb az arány a megyei jogú városokban (60% felett), ennél alacsonyabb, de országos átlag feletti (közel 50%) a fővárosban (2. ábra).

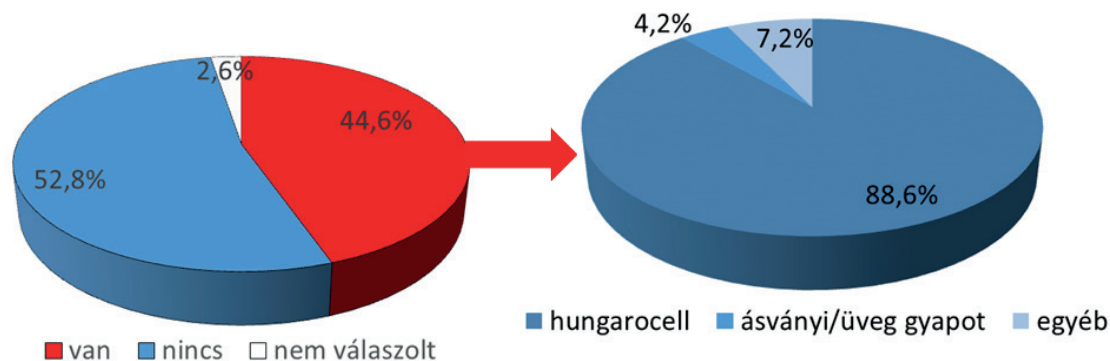
Hasonló megoszlást mutat a hőszigetelt lakások aránya a települések népességszáma szerint, a legkisebb népességszámú településeken országos átlag alatti, az 5000 és 50 000 fős településeken az országos átlagot kis mértékben meghaladja, legmagasabb az arány az 50 000 és 100 000 fős településeken és ettől valamivel alacsonyabb a legnagyobb népességű városokban (3. ábra).

Épülettípusonként nem mutat lényeges eltérést a hőszigetelési arány, az épületek nagy többségét jelentő családi házakban az országos átlagot megközelítő az arány, a társasházakban és panel épületekben kismértékben magasabb (4. ábra).

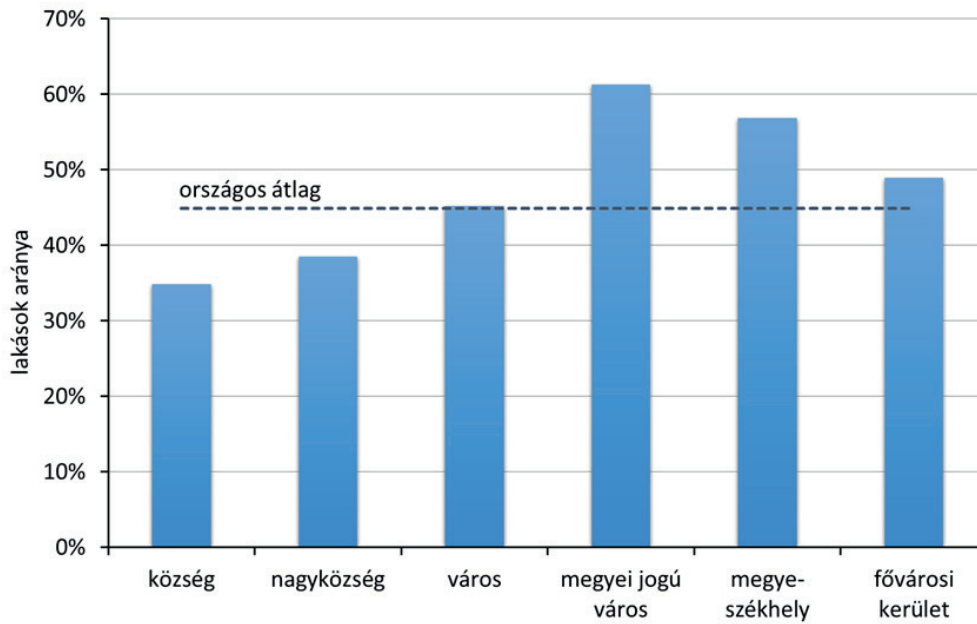
Az épületek korával jelentős mértékben összefügg a hőszigetelés aránya, a legújabb épületek közel 90%-a szigetelt, az 1970. előtti épületekben az arány mindössze 28% (5. ábra).

A hőszigetelt lakások aránya nagyon jelentősen összefügg a családok szociális helyzetével is, a legkedvezőbb helyzetű családoknál az arány közel 60%-os, míg a legkedvezőtlenebb helyzetűeknél mindössze 6,5% (6. ábra).

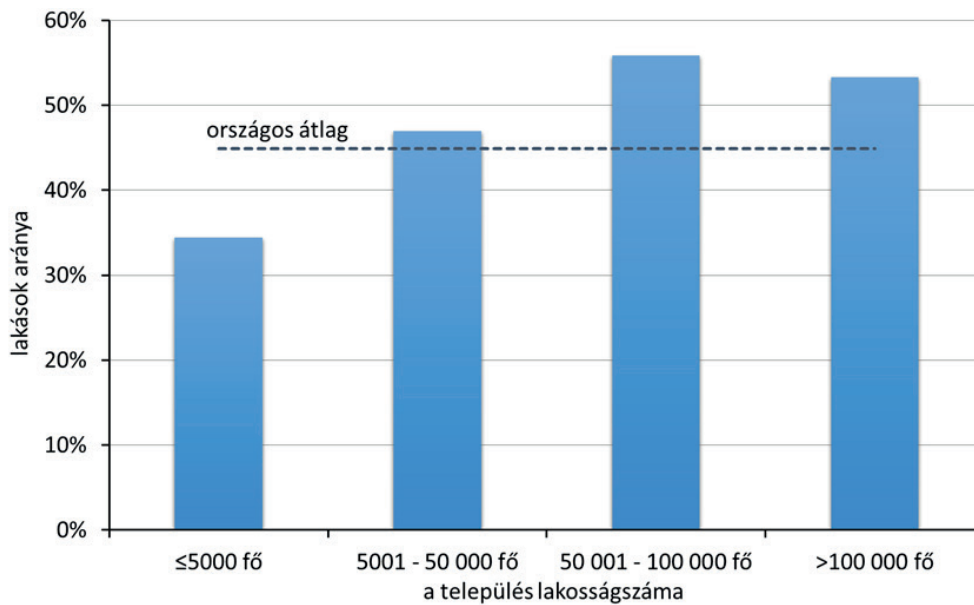
A területi eltéréseket tekintve az észak-nyugati vármegyékben, Pest vármegyében és Budapesten található a legnagyobb arányban hőszigetelt lakások, míg Nógrád, Jász-Nagykun-Szolnok és Békés vármegyében a legalacsonyabb arányban (7. ábra).



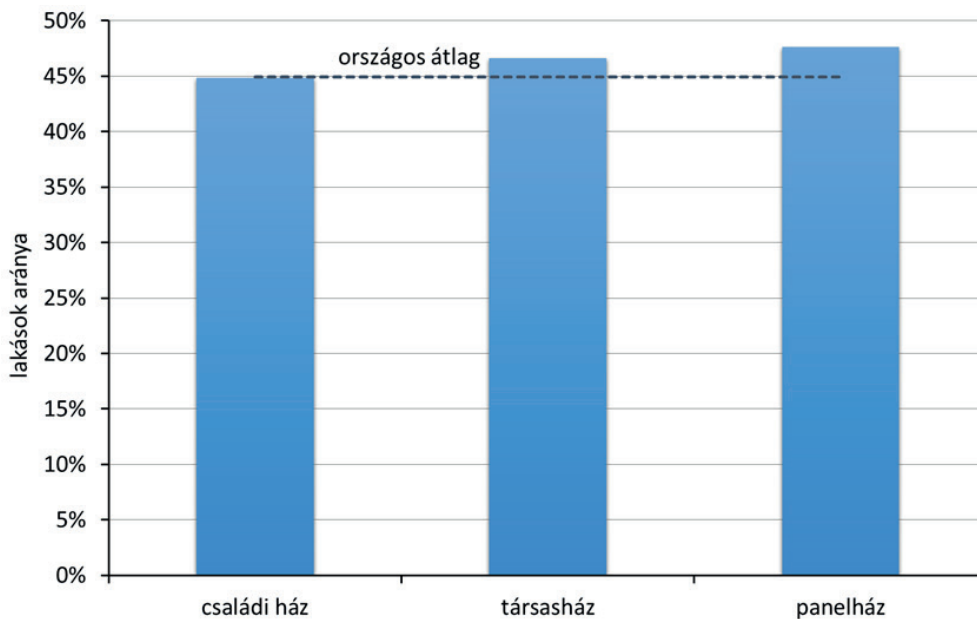
1. ábra: Hőszigetelt lakások aránya és a hőszigetelés anyaga az OGYELF 2017. évi felmérésben



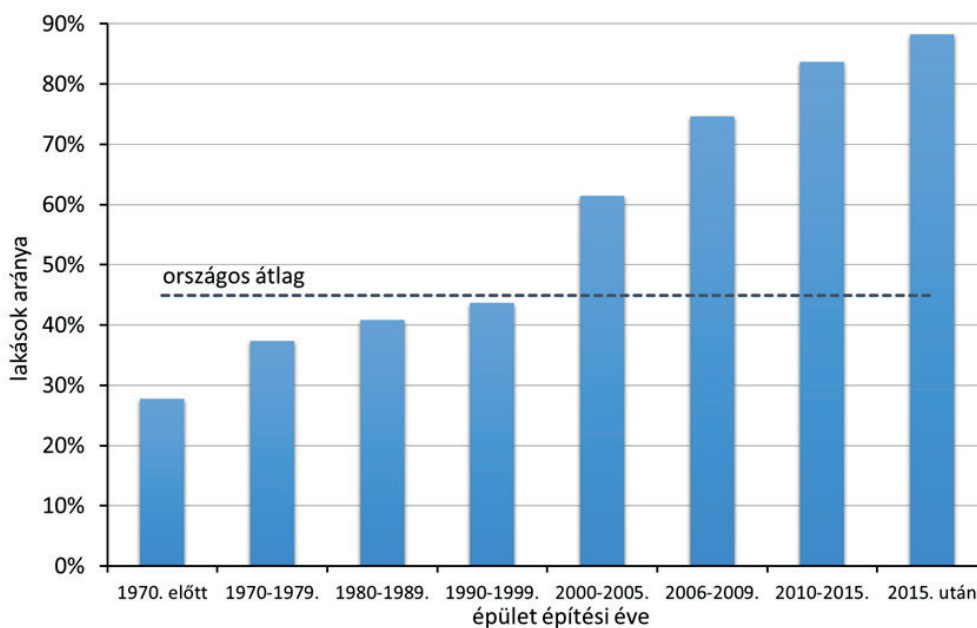
2. ábra: Hőszigetelt lakások aránya településtípusonként az OGYELF 2017. évi felmérésben



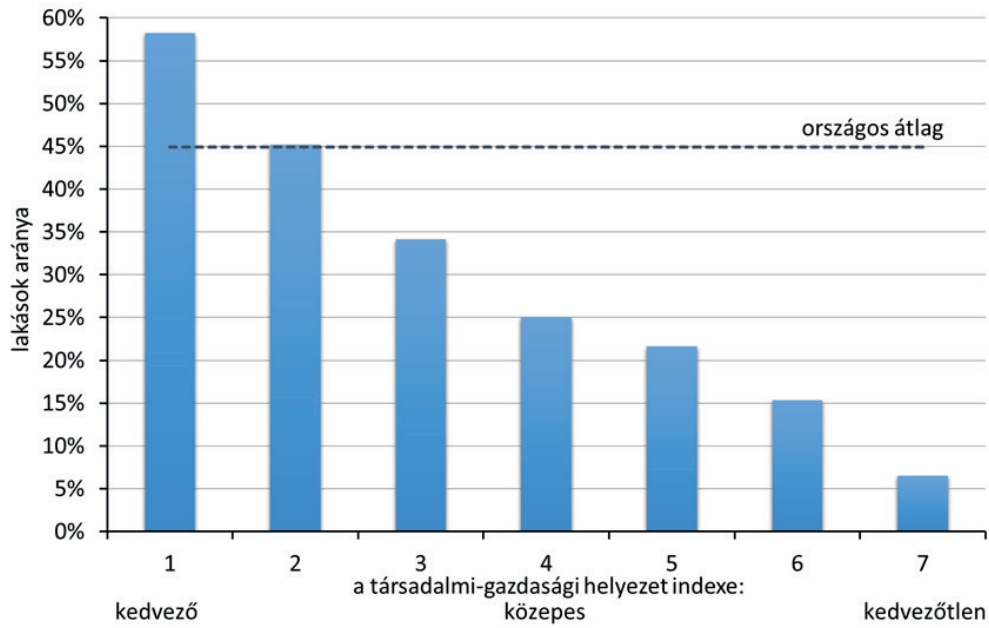
3. ábra: Hőszigetelt lakások aránya a települések lakosság száma szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



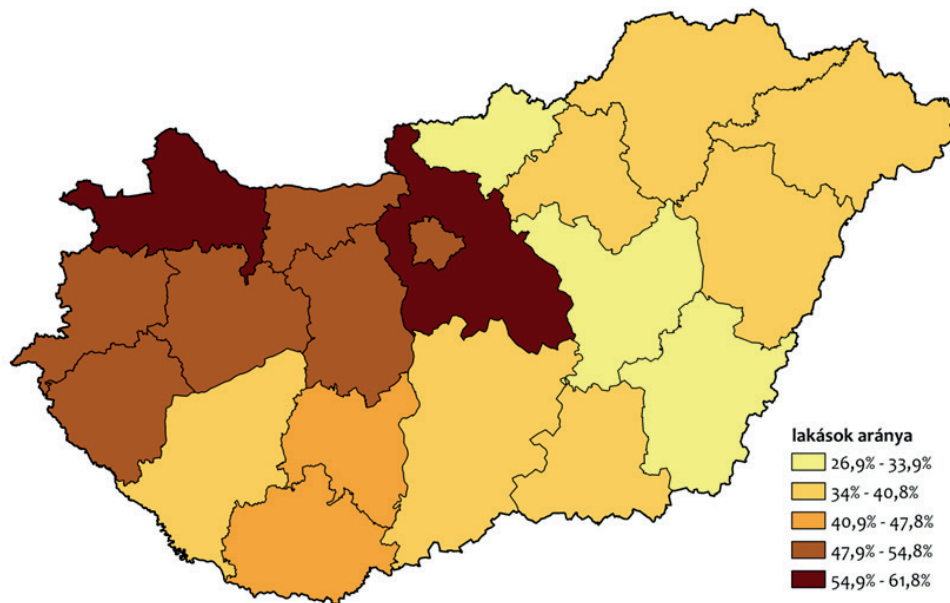
4. ábra: Hőszigetelt lakások aránya épülettípusonként az OGYELF 2017. évi felmérésben



5. ábra: Hőszigetelt lakások aránya az épületek kora szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



6. ábra: Hőszigetelt lakások aránya a családok szociális helyzete szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



7. ábra: Hőszigetelt lakások aránya vármegyénként az OGYELF 2017. évi felmérésben

Szellőtetés, ablakok szigetelése és cseréje

A válaszadók legnagyobb része, 98%-a ablaknyitással szellőztet, 7,2%-ban légkondicionáló berendezés segítségével, 5,7%-nál elszívás nélküli légbevezető réssel, 2,2%-ban elszívással együtt légbevezető réssel, mindössze 1,8%-ban van központi szellőztetőrendszer (sok esetben ezek kombinációja fordult elő).

Az ablakok mintegy 80%-ban jól szigeteltek, ezen belül 43,5%-ban nincs az ablakokon résszellőző (az ablak keretében vagy üvegében kialakított szellőző rés), 27,7%-ban van résszellőző és 8,5%-ban csak a konyhai ablakokon van résszellőző. 17,1% válaszolta azt, hogy rosszul szigeteltek az ablakok (9. ábra).

Településtípusonként viszonylag kis eltérés van az ablakok szigetelésében, a városokban és a fővárosban az országos átlag körüli a jól szigetelt ablakokkal rendelkező lakások aránya, a falvakban kismértékben alacsonyabb, míg a megyei jogú városokban és megyeszékhelyeken valamivel magasabb az arány (10. ábra).

A népesség szerint hasonló a különbség, 5000 fő alatti településeken az arány az országos szint alatt van, míg az 50 000 fő feletti településeken az országos szint felett (11. ábra).

Épülettípusonként nincs jelentős eltérés az ablakok szigetelésében (12. ábra).

Az épületek kora szerint a különbség jelentősebb, az 1970. előtt épült épületek lakásaiban 70%-ban vannak jól szigetelt ablakok, míg a 2006. után épült lakások több mint 90%-ában jól szigeteltek az ablakok (13. ábra).

A családok szociális helyzete szerint szintén jelentős a különbség, a legkedvezőbb helyzetű családoknál a jól szigetelt ablakkal rendelkező lakások aránya 90% felett van, míg a legkedvezőtlenebb helyzetűeknél az arány a 20%-ot sem éri el (14. ábra).

A területi megoszlást tekintve Pest és az észak-nyugati vármegyékben a legmagasabb a jól záródó ablakokkal rendelkező lakások aránya, a legalacsonyabb Nógrád, Borsod-Abaúj-Zemplén és Békés vármegyékben (15. ábra).

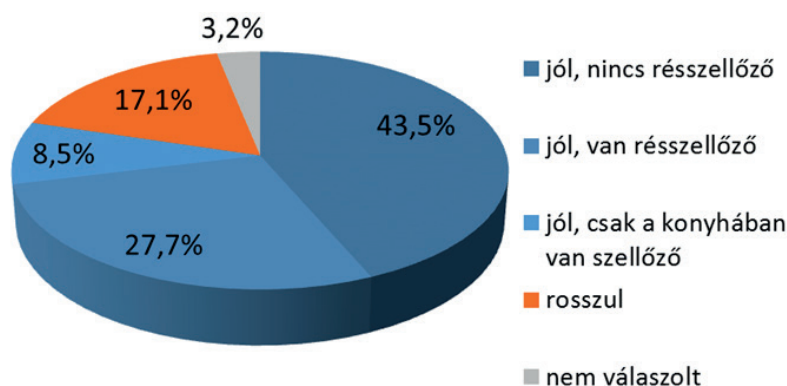
Az épületek csaknem felénél (47%) kicserélték az ablakokat a felmérés előtti 15 éven belül, a lakások további 23%-a pedig 15 évnél nem régebbi épületben található, tehát összességében a lakások 70%-ában újak az ablakok. Mivel az ablakok a lakások 80%-ában jól szigeteltek, feltételezhető, hogy átlagosan a lakások 10%-ában utólagosan szigetelték az ablakokat.

A településtípusonkénti és népességszám szerinti megoszlás hasonlóan alakul, mint azt az ablakok szigetelésénél megfigyelhettük (17., 18. ábra).

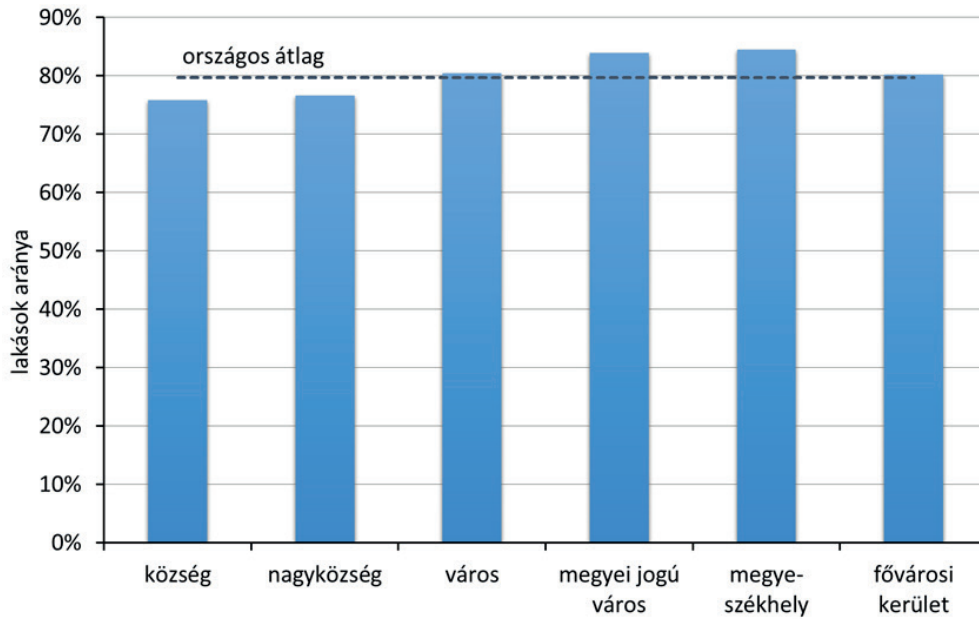
Az épülettípusonkénti megoszlásból látszik, hogy új építésű panel lakóépület alig fordult elő (valószínűleg nem új épületről, hanem felújított épületről van szó) és új építésű társasházi lakások nagyobb arányban voltak (19. ábra).

A kedvezőtlen szociális helyzetű családok nagyon kis arányban laknak új építésű épületekben és az ablakok cseréje is a legkisebb arányban fordult elő náluk (20. ábra).

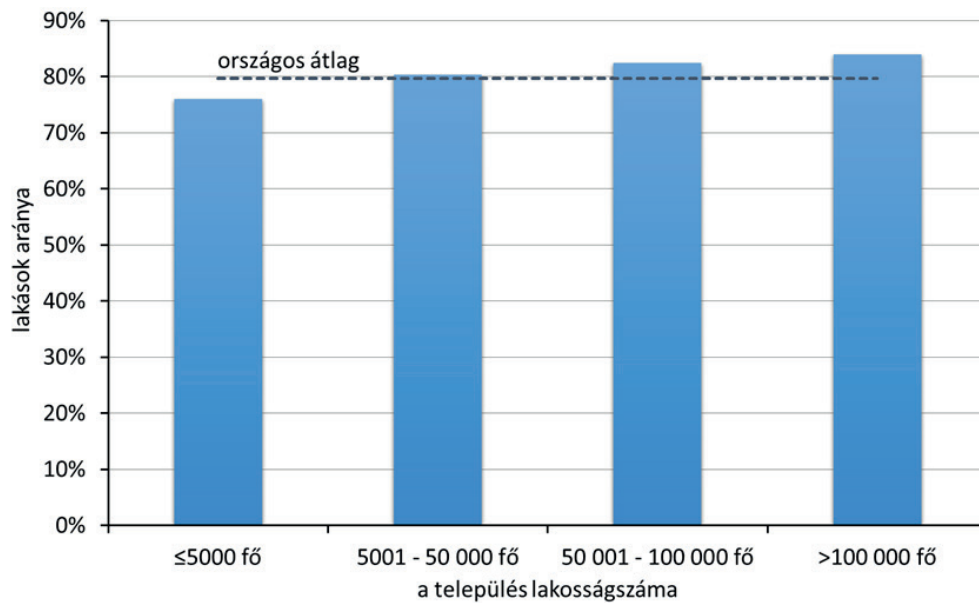
A területi különbségeket tekintve az észak-nyugati területen a legmagasabb az új ablakokkal rendelkező lakások aránya, a legkisebb Nógrád vármegyében és a keleti országrészben (21. ábra).



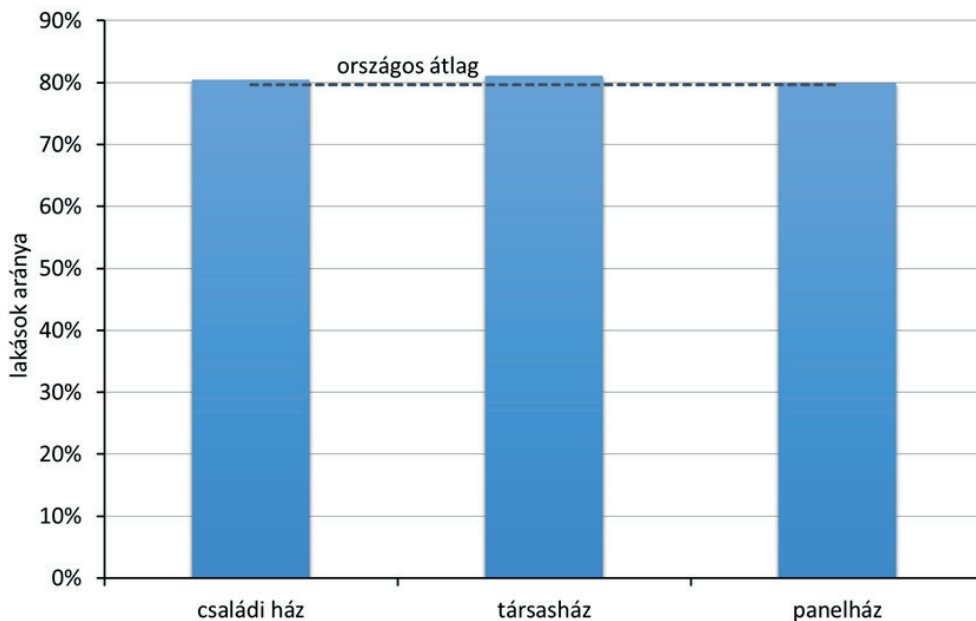
9. ábra: A lakások ablakainak szigetelése az OGYELF 2017. évi felmérésben



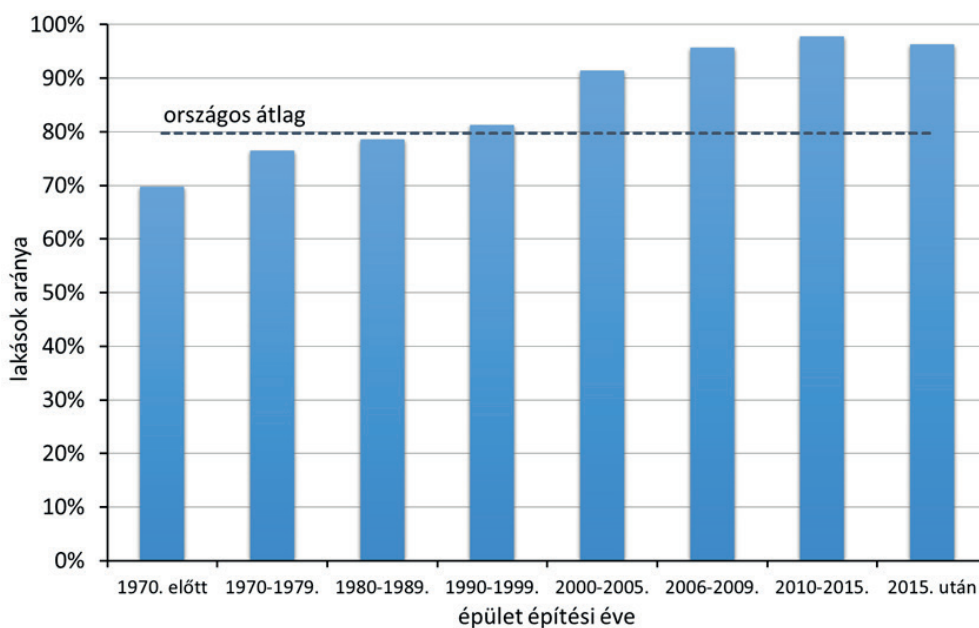
10. ábra: Jól szigetelt ablakkal rendelkező lakások aránya településtípusonként az OGYELF 2017. évi felmérésben



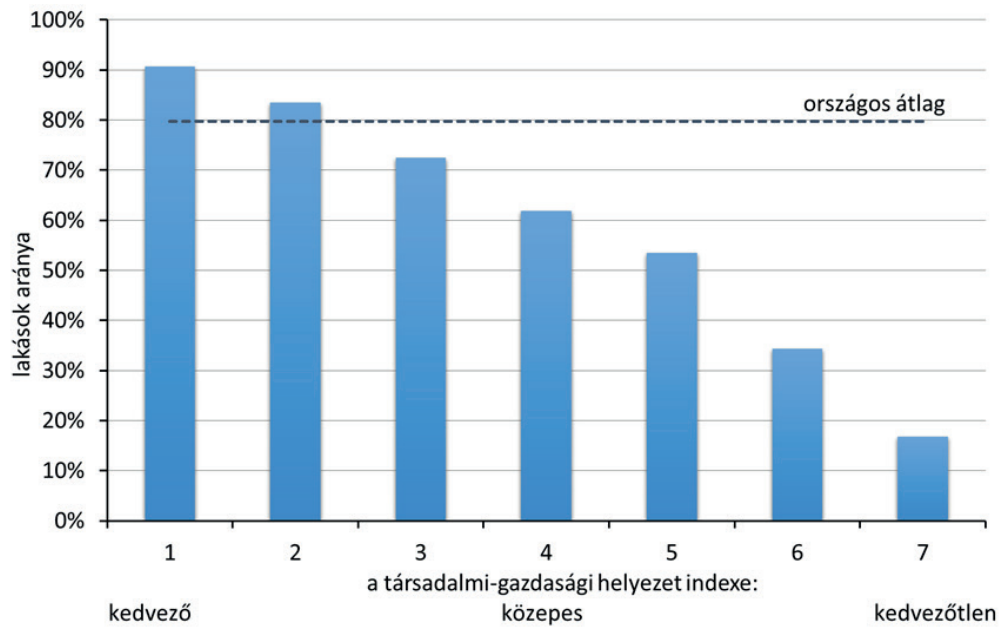
11. ábra: Jól szigetelt ablakkal rendelkező lakások aránya a település lakosság száma szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



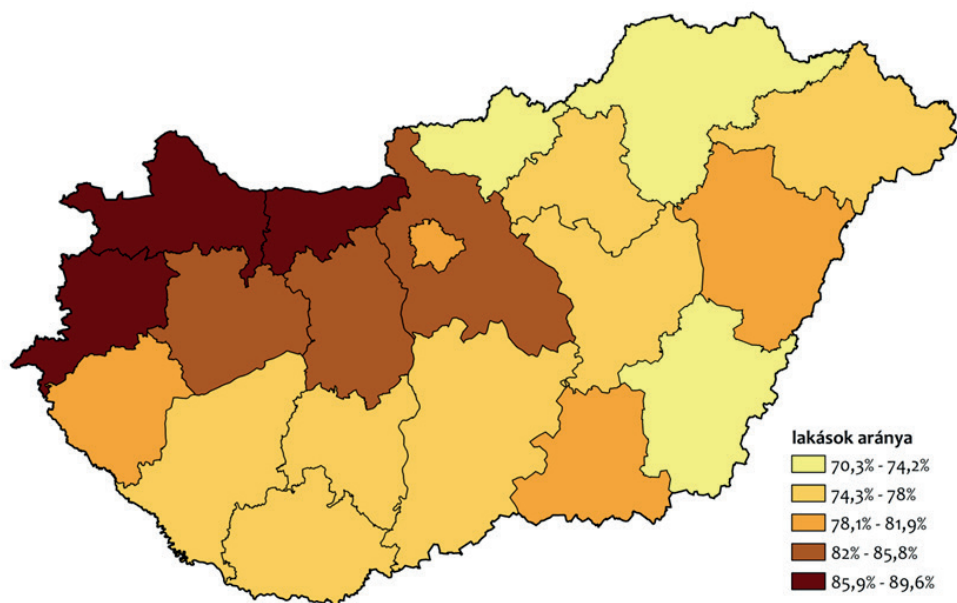
12. ábra: Jól szigetelt ablakokkal rendelkező lakások aránya épülettípusonként az OGYELF 2017. évi felmérésben



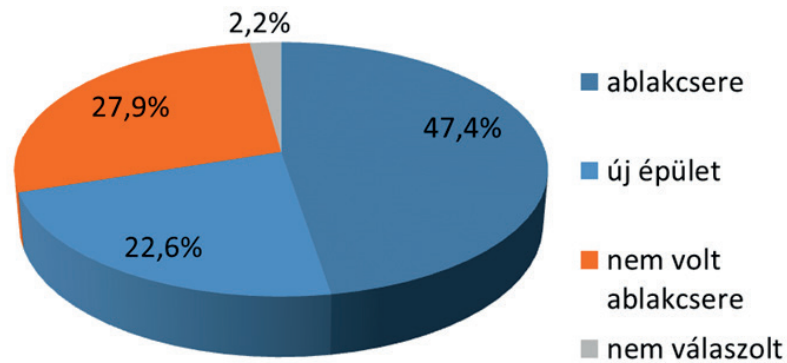
13. ábra: Jól szigetelt ablakokkal rendelkező lakások aránya az épület kora szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



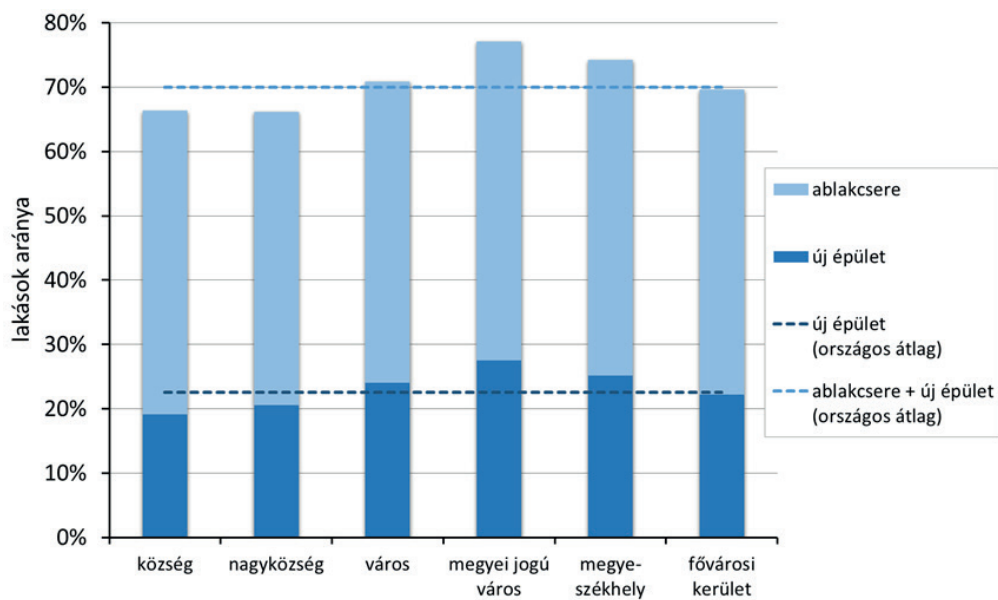
14. ábra: Jól szigetelt ablakokkal rendelkező lakások aránya a család szociális helyzete szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



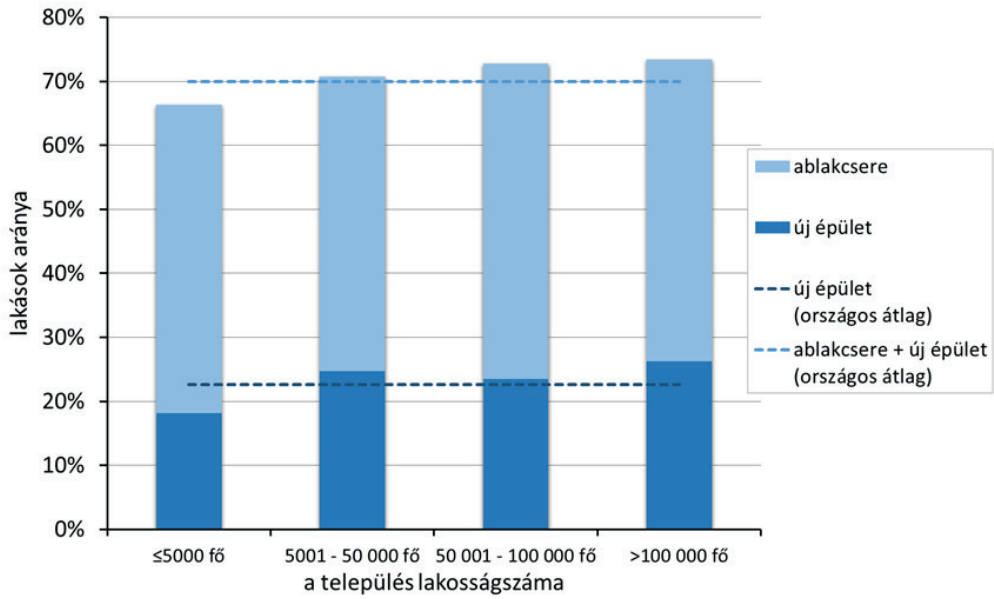
15. ábra: Jól szigetelt ablakokkal rendelkező lakások aránya vármegyénként az OGYELF 2017. évi felmérésben



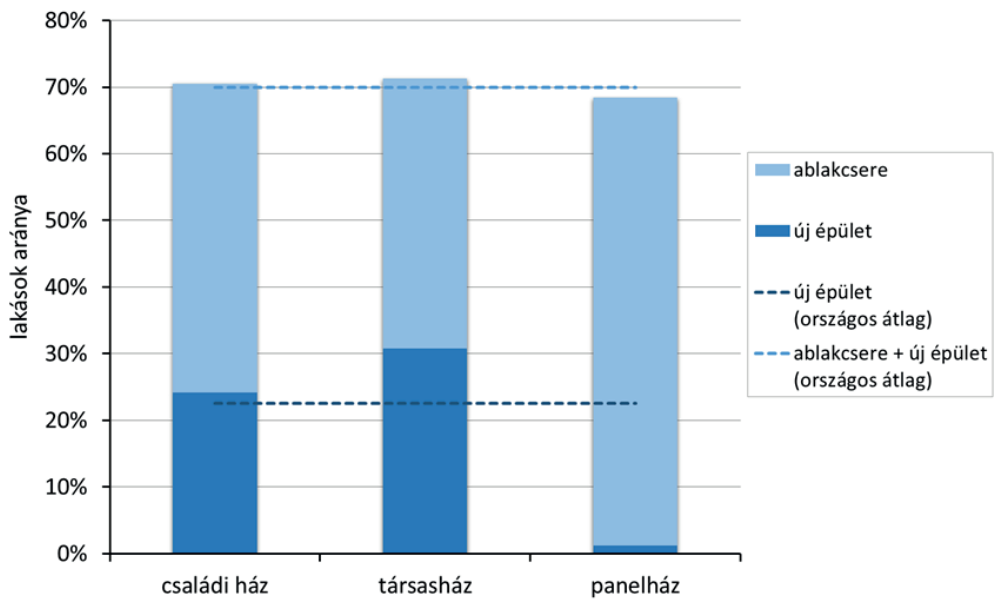
16. ábra: Új, illetve régi ablakokkal rendelkező lakások aránya az OGYELF 2017. évi felmérésben



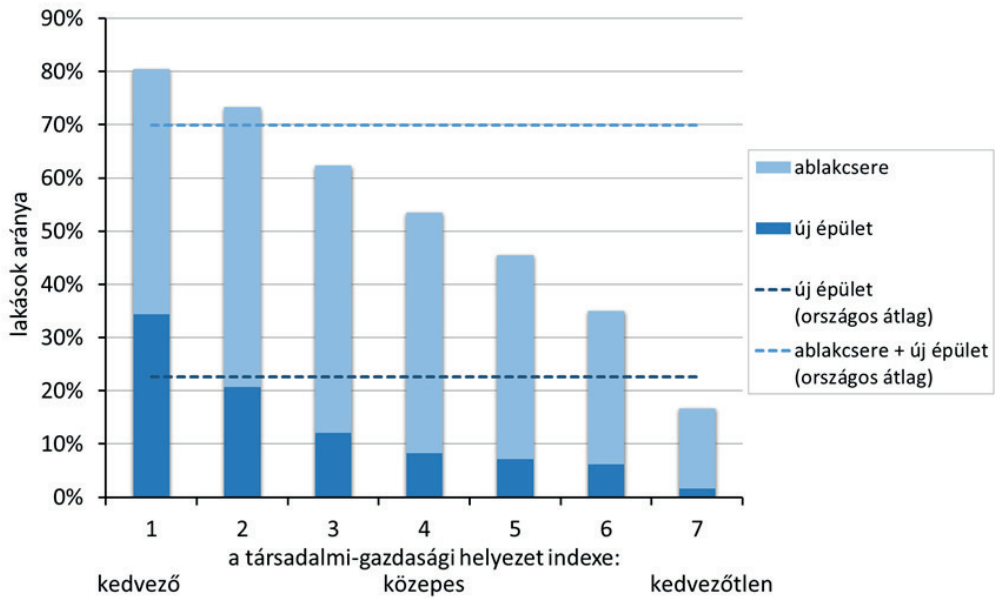
17. ábra: Azon lakások aránya, ahol ablakcsere történt, vagy 15 évnél nem régebbi az épület településtípusonként az OGYELF 2017. évi felmérésben



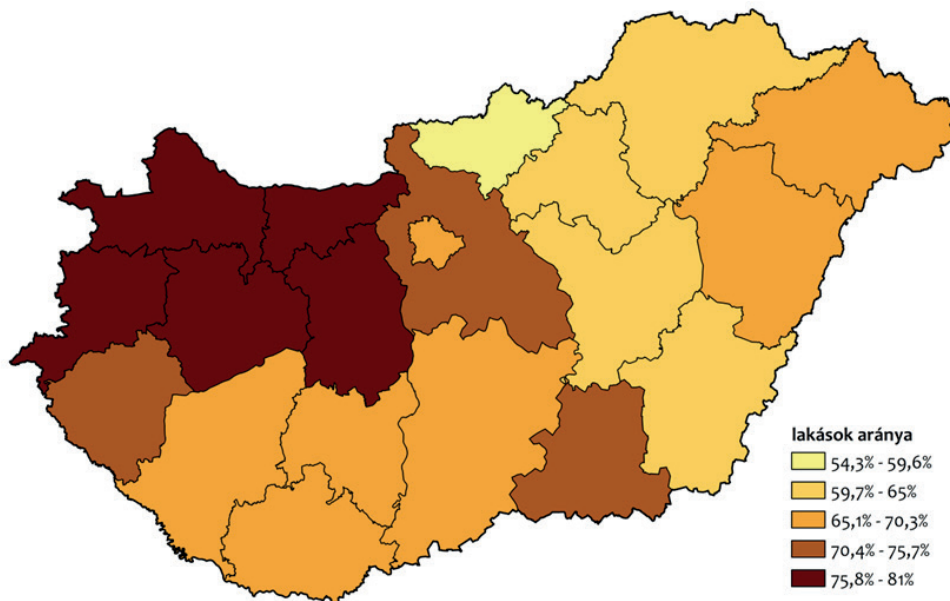
8. ábra: Azon lakások aránya, ahol ablakcsere történt, vagy 15 évnél nem régebbi az épület a település lakosság száma szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



19. ábra: Azon lakások aránya, ahol ablakcsere történt, vagy 15 évnél nem régebbi az épület épülettípusonként az OGYELF 2017. évi felmérésben



20. ábra: Azon lakások aránya, ahol ablakcsere történt, vagy 15 évnél nem régebbi az épület a család szociális helyzete szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



21. ábra: Azon lakások aránya, ahol ablakcsere történt, vagy 15 évnél nem régebbi az épület vármegyénként az OGYELF 2017. évi felmérésben

Légkondicionálás

A lakások közel 20%-ában van légkondicionáló berendezés, ami jelentősen növekedett a 2005. évi felmérés óta (akkor 6,2% volt, 22. ábra). A 2017-es felmérés eredményei szerint a berendezések 76%-át évente tisztítják, 9%-át ritkábban és csak kevesebb, mint 1%-át nem tisztítják soha. A berendezések mintegy 7%-át nem használják (23. ábra). A légkondicionáló berendezések 15%-át 2 éven belül szerelték be, 1/3-a 3-5 éves, közel fele 6-10 éves és 9%-a 10 évnél régebbi (24. ábra).

A gyermekszobákban csak a lakások 1,5%-ában fordult elő légkondicionáló berendezés a 2005. évi felmérésben, 2017-ben 4%-ban fordult elő. A 2017-es felmérés eredményei szerint a berendezések 74%-át évente tisztítják, 10%-át ritkábban és csak 1,3%-át nem tisztítják soha (23. ábra). A beszerelés ideje a lakásban található berendezésekhez hasonlóan alakult (24. ábra).

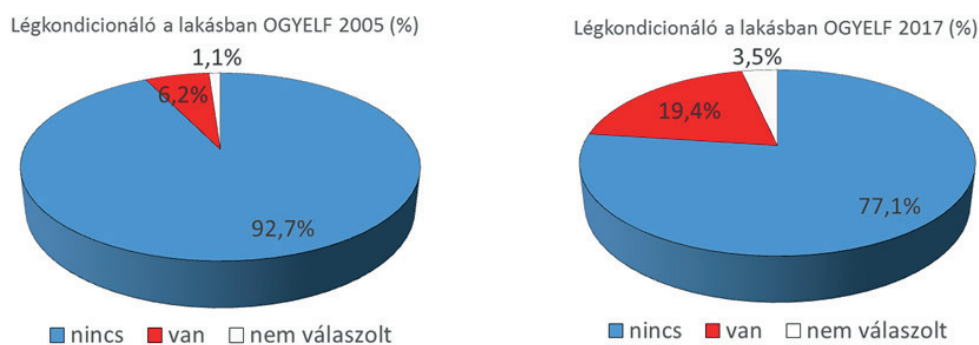
Településtípusok és népességszám szerint tekintve minél nagyobb a település népességszáma és minél magasabban helyezkedik el a települési hierarchiában, annál magasabb a légkondicionáló berendezéssel ellátott lakások aránya (26., 27. ábra).

A társasházakban mintegy 30%-ban, a panel lakásokban 20%-ban, míg a családi házakban közel 18%-ban van klímaberendezés (28. ábra).

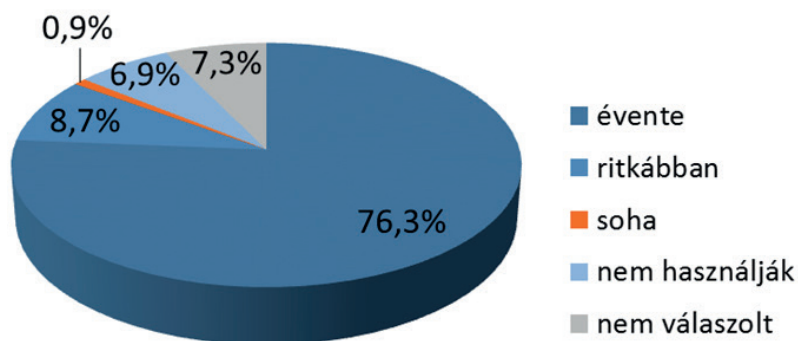
Legnagyobb arányban a 2000-2009. között épült lakásokban van légkondicionáló (29. ábra).

A legjobb szociális helyzetű családok több mint 30%-a, a legrosszabb helyzetű családok 1%-a rendelkezik légkondicionáló berendezéssel (30. ábra).

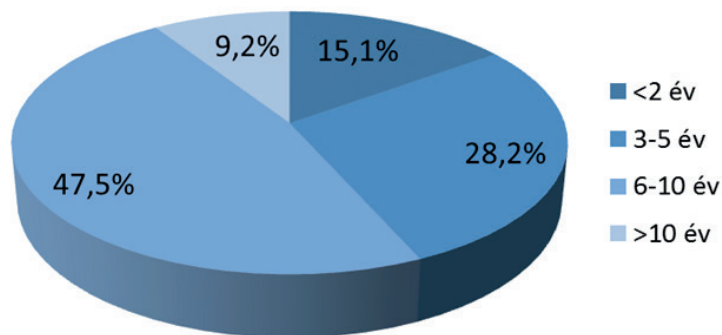
Területi szinten Budapesten, Csongrád-Csanád vármegyében és a középső országrészben vannak legnagyobb arányban klímaberendezéssel ellátott lakások, legalacsonyabb arányban pedig Nógrád, Borsod-Abaúj-Zemplén és Vas vármegyében (31. ábra).



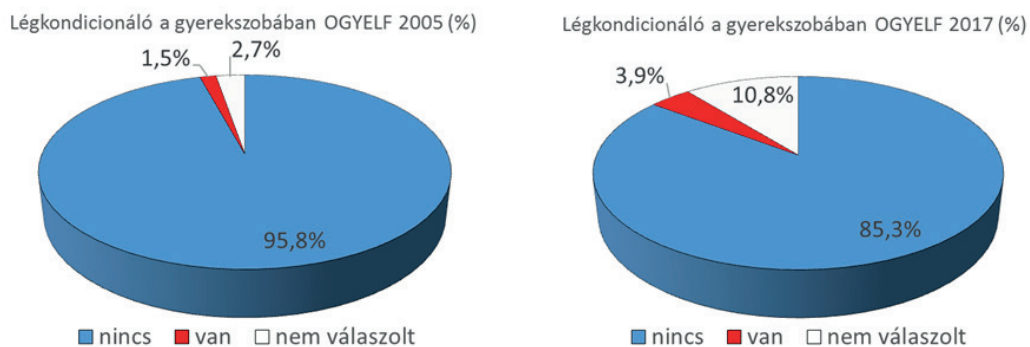
22. ábra: Légkondicionálóval rendelkező lakások aránya az OGYELF 2005. és 2017. évi felmérésben



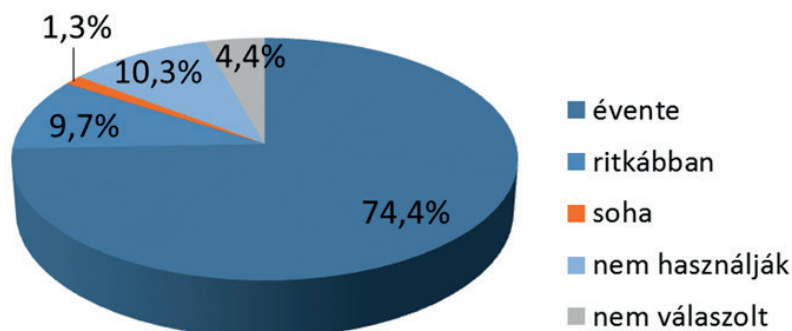
23. ábra: A lakásban található légkondicionáló berendezések tisztításának gyakorisága az OGYELF 2017. évi felmérésben



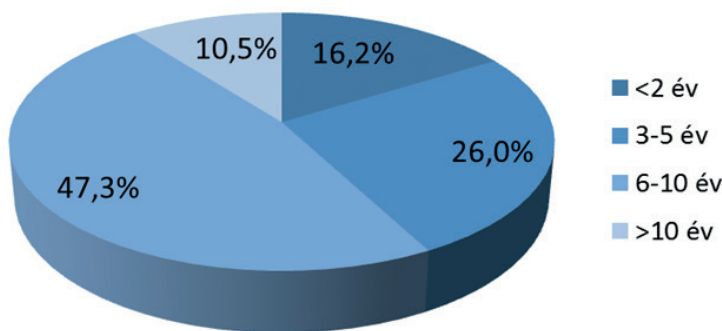
24. ábra: Mióta van légkondicionáló berendezés a lakásban?



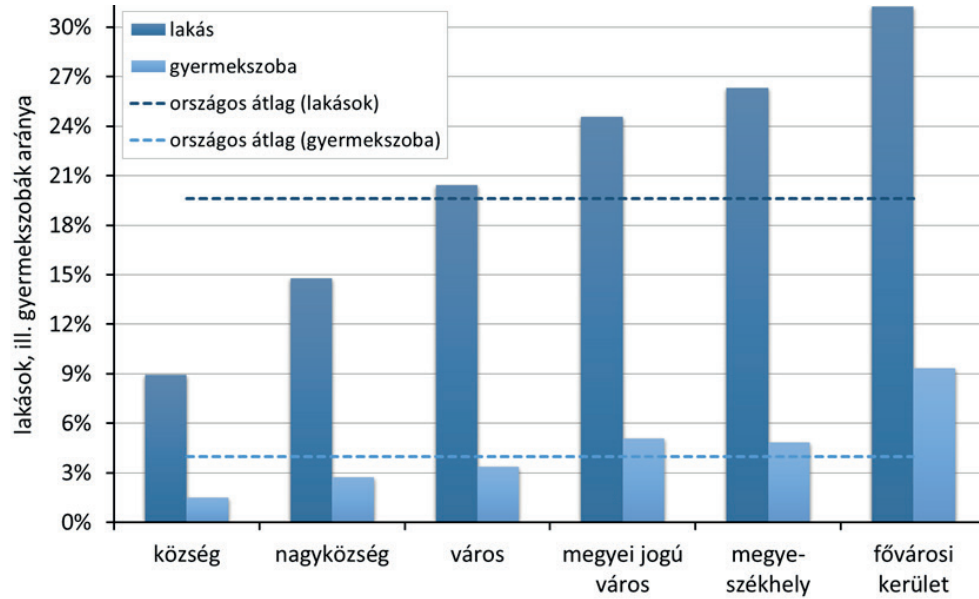
24. ábra: Légkondicionálóval rendelkező gyermekszobák aránya az OGYELF 2005. és 2017. évi felmérésben



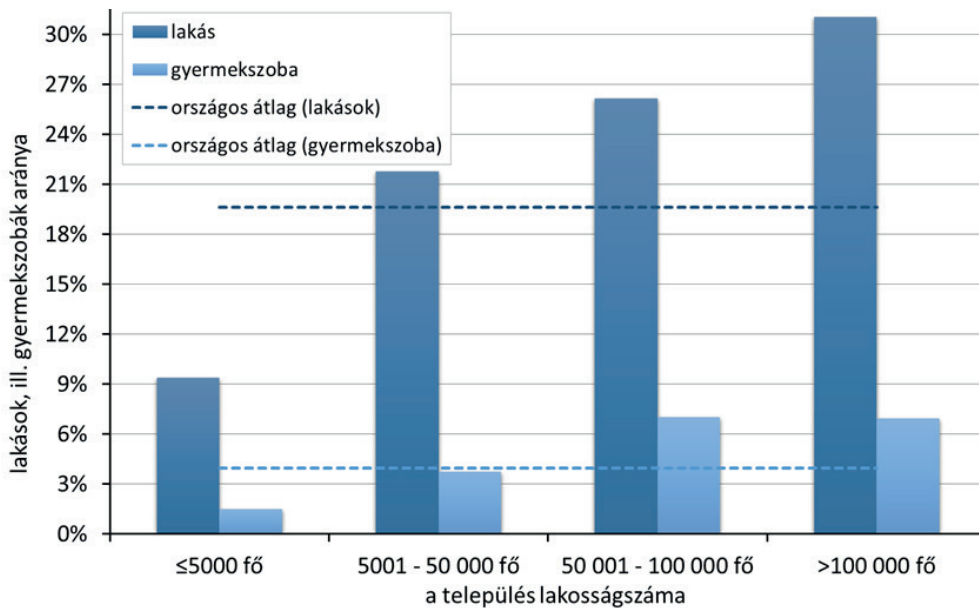
23. ábra: A gyermek szobájában található légkondicionáló berendezések tisztításának gyakorisága az OGYELF 2017. évi felmérésben



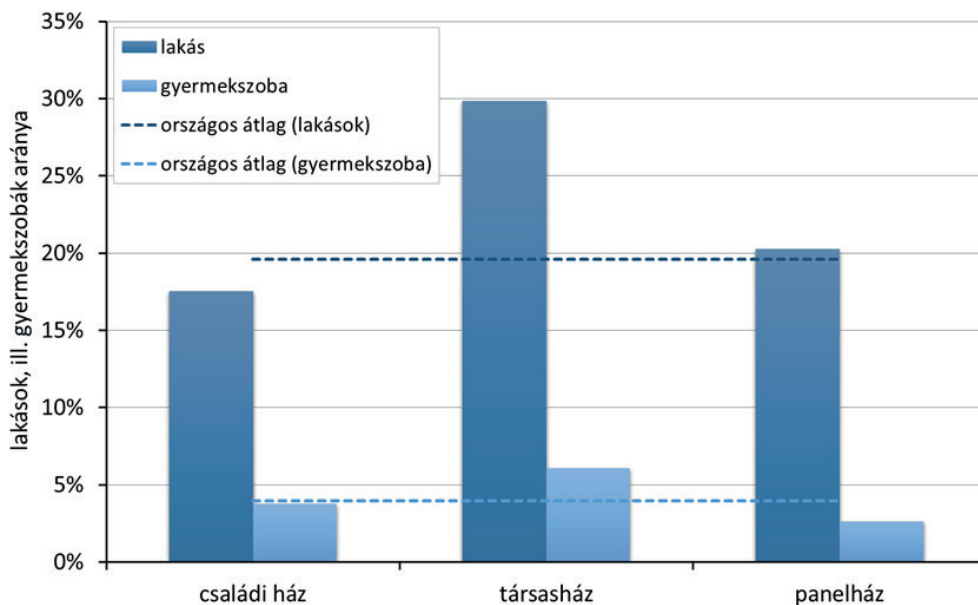
25. ábra: Mióta van légkondicionáló berendezés a gyermekszobában?



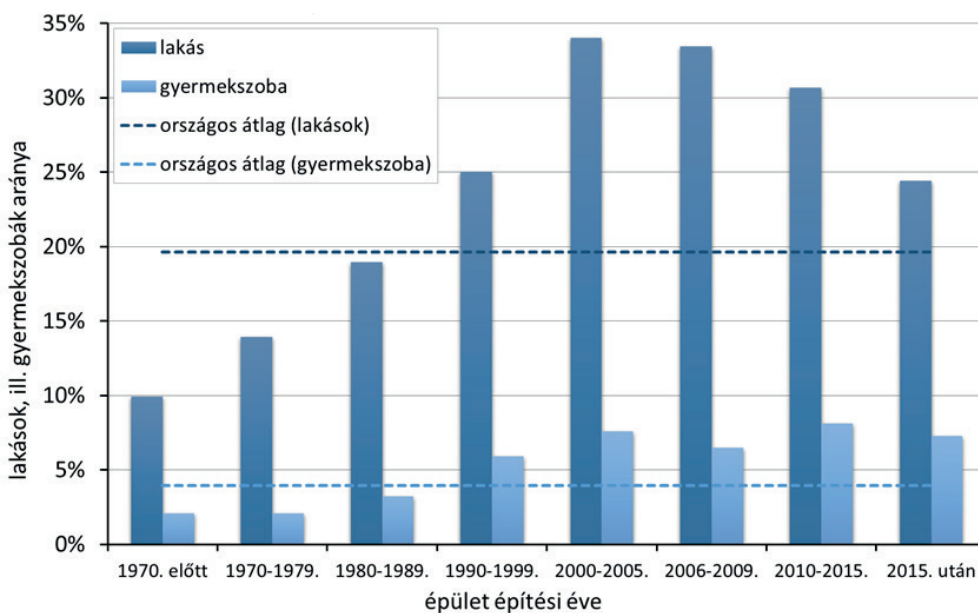
26. ábra: Légkondicionálóval rendelkező lakások és gyermekszobák aránya településtípusonként az OGYELF 2017. évi felmérésben



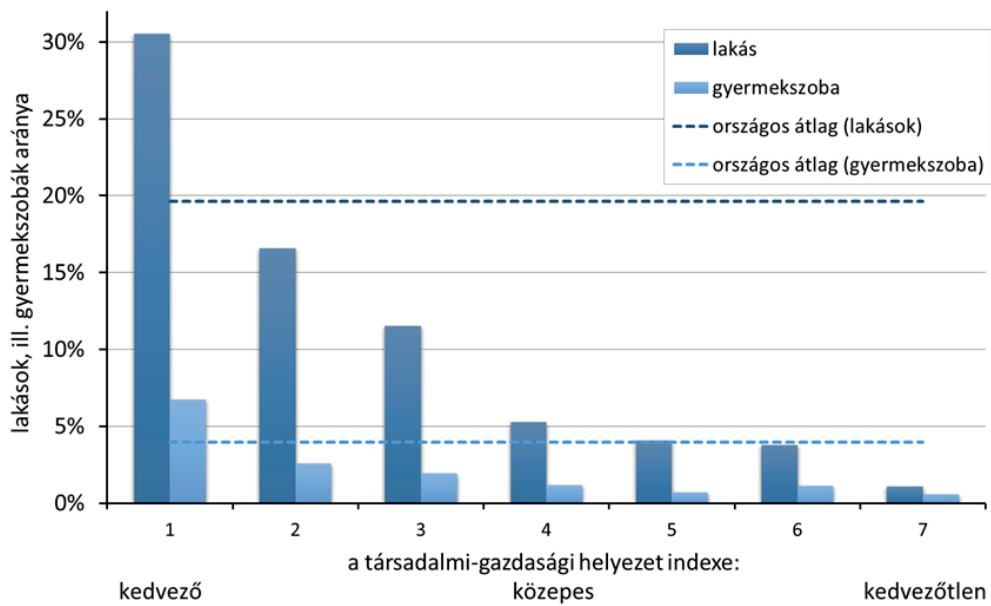
27. ábra: Légkondicionálóval rendelkező lakások és gyermekszobák aránya a település lakosság száma szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



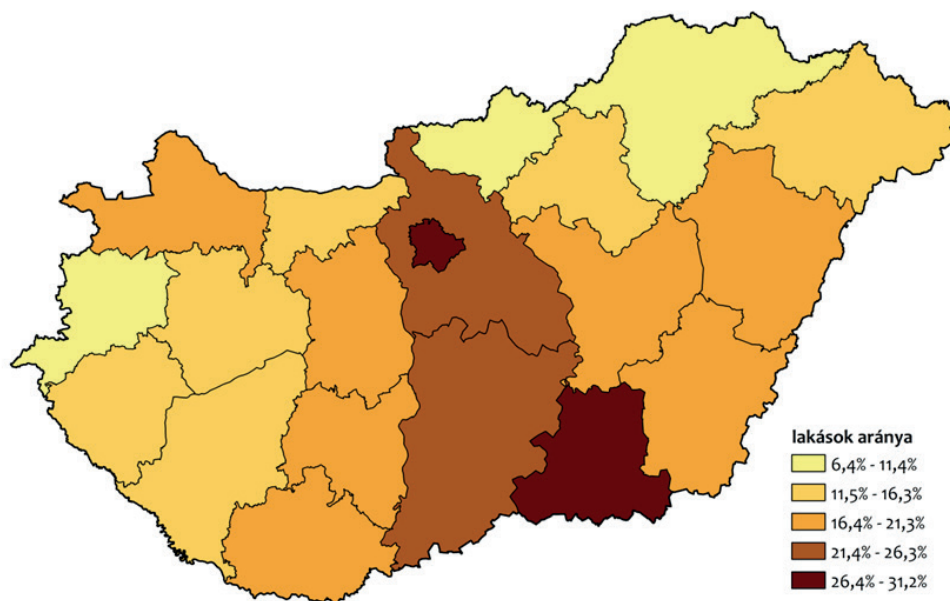
28. ábra: Légkondicionálással rendelkező lakások és gyermekszobák aránya az épület típusa szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



29. ábra: Légkondicionálással rendelkező lakások és gyermekszobák aránya az épület kora szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



30. ábra: Légkondicionálóval rendelkező lakások és gyermekszobák aránya a család szociális helyzete szerint az OGYELF 2017. évi felmérésben



31. ábra: Légkondicionálóval rendelkező lakások aránya vármegyénként az OGYELF 2017. évi felmérésben

Megbeszélés

Közleményünkben bemutattuk a 2017-ben végzett felmérés alapján Magyarország 3. osztályos tanulóinak a lakáskörülményeit az energiatakarékosság és a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásképesség szempontjából.

A 2011. évi népszámlálás⁵ szerint a magyar háztartások 66%-a családi házban, 14%-a panelben és 20%-a nem panel típusú lakóházban élt. Egy, 2009-2011. között elvégzett, 2000 fős reprezentatív felmérés szerint az épületek energia korszerűsítése nagyon alacsony arányban történt meg, az összes lakás 24%-a rendelkezett korszerű nyílászárókkal és 17%-a szigetelte a lakóépületek külső falát⁶.

A 2000-es évek végétől számos lehetőség nyílt⁷ a lakóépületek energetikai korszerűsítésére Zöld Beruházási Rendszer (ZBR) keretében:

- ZBR Klímabarát Otthon Panel Alprogram (ZBR-PANEL I. 2008, ZBR Panel II. 2009)
- ZBR Klímabarát Otthon Energiahatékonysági Alprogram (ZBR-EH-2009)
- Új Széchenyi Terv ZBR Mi Otthonunk Felújítási és Új Otthon Építési Alprogram (ÚSZT-ZBR-MO-2011)

A fenti lehetőségeket országos szinten korlátozott mértékben vették igénybe. A KSH „Miben élünk” című kutatása szerint 2015-ben a nyílászárók cseréje 26,5%-ban, míg a falak külső szigetelése 17,5%-ban történt meg⁸. A 2017-es OGYELF felmérés az országoshoz képest kedvezőbb arányokat mutatott. A vizsgálatban részt vevők lakásainak közel fele (45%-a) hőszigetelt és a lakások közel 80%-ában az ablakok jól szigeteltek (azaz cserélték a régieket vagy új építésűek a lakások). A lakások 41%-ában mindkét mutató korszerű. A bemutatott felmérés arányai kedvezőbbek, mint a KSH felmérés adatai, amelyek szerint a magyar lakásállomány 4,4 millió, ebből 2006 és 2015 között mintegy 1,5 millió ingatlanban cseréltek nyílászárót, a fűtési rendszert 670 ezer otthonban korszerűsítették, míg hőszigetelési munkákat hozzávetőleg 900 ezer ingatlanban végeztek el. A különbséget magyarázhatja az, hogy az OGYELF felmérés a 3. osztályos gyermekek családi és lakáskörülményeire vonatkozik, míg a KSH felmérés a teljes lakosságra.

Egy 2020-as felmérés⁹ további javuló tendenciáról számolt be, ekkor már a válaszadók 57%-a számolt be valamilyen épületenergetikai beruházásról.

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás fenti vizsgált tényezői összefüggnek kisebb mértékben a településtípussal, a legkedvezőbb arányt (55%) az 50-100000 lakosú településeken találtuk. Ebből a szempontból leginkább rossz helyzetben a kistelepüléseken élő, kedvezőtlen szociális helyzetben lévő családok vannak, ahol a szigetelt ablakok aránya a 20%-ot sem éri el, szemben a legkedvezőbb helyzetű családokkal, ahol ez az arány 90% felett van.

A megkérdezettek 80%-ban jónak tartják az ablakok szigeteltségét, viszont kiemelendő, hogy a lakások majdnem felében nincsen résszellőző az ablakokon, ami a szellőzés nem kielégítő voltára, mint egészségkockázatra utal. Az épületek kora szerint döntő többségben jól szigeteltek az ablakok a 2006. után épült épületekben.

Jelentősen növekedett a légkondicionáló berendezésekkel felszerelt lakások száma, a 2005-ös I. OGYELF felmérés 6,2%-áról 20%-ra. Ezzel szemben a KSH felmérés szerint országos szinten csak a lakások 10%-ában van klímaberendezés. A lakóházak típusa szerint a társasházak 30%-ában, míg a panelek 20%-ban működött ilyen eszköz. A KSH felmérés szerint a klímaberendezéssel ellátott lakások 51%-a egy- vagy többszintes családi házban, 21%-a lakótelepi épületben található – hasonlóan az OGYELF felméréshez. Ez utóbbi arány azért érdemel kiemelés, mert a hőhullámok során a nagyon magas beltéri hőmérséklet miatti legtöbb panasz a panelekben élőkől származik. Erre adnak magyarázatot a KSH felmérésben résztvevők, akik 34%-ban jelezték, hogy szükségük lenne a légkondicionálókra, de nem engedhetik meg maguknak. A légkondicionáló berendezések szociális helyzetből adódó különbségeit az OGYELF felmérés is bemutatta: 30% ill. 1% az ellátottság a legjobb és legkedvezőtlenebb helyzetben élők között. Ha a területi különbségeket vesszük figyelembe, a légkondicionálók legnagyobb arányban Budapesten és Csongrád-Csanád vármegyében fordultak elő, ahol a városi hősziget hatás igen kifejezett¹⁰

Bár tudjuk, hogy a légkondicionáló berendezések alkalmazása fosszilis energia felhasználás esetén hozzájárul a kibocsátáshoz és növeli a külső hőmérsékletet, számos bizonyíték támasztja alá az egészségnyereséget a teljes lakosságra nézve, különösen a 65 év feletiek körében^{11,12,13}. Mindazonáltal hosszú távon és egyéb környezetbarát megoldásokat kell előtérbe helyezni, mint például az épületek tervezése, szigetelése, védő növényzet telepítése az alkalmazkodás lehetőségei közül. Meg kell jegyezni, hogy a légkondicionáló beren-

dezek tisztításának és karbantartásának elhanyagolása komoly egészségkockázatot jelent – a válaszadók mindössze alig 1%-a jelezte, hogy soha nem tisztítják a berendezést. Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy a gyermekszobák csupán 1,5%-ban volt légkondicionáló készülék. Érdeemes lenne felmérni, hogy mi ennek a fő indoka.

A 2017-es III. Országos Gyermekek Légúti Felmérés számos információval egészítette ki a hazai szakirodalomban megjelent felmérések adatait. A vizsgálat előnye a nagy elemszám, az országos lefedettség és a sokirányú kérdéshalmaz. Az eredmények alapján így képet kapunk a fiatal gyermekek lakáskörülményeiről és szüleiknek a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodással kapcsolatos lehetőségeikről és körülményeik változtatásáról. Ugyanakkor arra is fény derült, hogy a kérdőívet kitöltő szülők, gondviselők nem elhanyagolható hányadának nincsenek megfelelő ismeretei a szigetelésből, klímaberendezésekből származó egészségkockázatokról.

A felmérésünk korlátaként kell megemlíteni azt, hogy csak egy viszonylag szűkebb lakosságcsoporthoz végeztük a felmérést, ami nem tükrözi a teljes populáció alkalmazkodási szokásait, lehetőségeit. A kérdőív önbevalláson alapult, ami jelenthet torzítást a válaszadásban.

Az adatgyűjtés több mint öt éve készült. A jelenlegi helyzet valószínűleg kedvezőbb, hiszen 2014-ben az Innovációs és Technológiai Minisztérium elindította az „Otthon melege” programot a háztartások energia hatékonyságának javítására és a megújuló energiát hasznosító rendszerek kialakításának támogatására.

Következtetés

Az energiahatékonyság javulása Európa-szerte elmarad a gazdasági-társadalmi szempontból kívánatos mértéktől, a gazdaságosan kiaknázható potenciál ellenére. Az Európai Unió ezért a klímaváltozás elleni fellépés és az energiapolitikai célok egyidejű elérésnek egyik leginkább hatásos eszközeként tekint az energiahatékonyságra. A vonatkozó uniós előírások sarokköve az energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU irányelv¹⁴ (EED), amelynek 2018. évi módosítása 32,5 százalékos energiahatékonyság-javulást írt elő 2030-ig az Európai Unió tagállamai számára. Az EED módosított 7. cikke szerint a tagállamoknak 2021-től 2030-ig az éves végsőenergia-fogyasztás 0,8%-ának megfelelő

új halmozott végfelhasználási energiamegtakarítást kell évente elérniük a 2016-2018-as időszak átlagához mérve. A következő évtized végére kitűzött célok eléréséhez a meglévők mellett további szakpolitikai intézkedések bevezetése vált szükségessé. Magyarország Kormánya 2020-ban elfogadta a Nemzeti Energia és Klímatervet¹⁵, amely az energiahatékonysági célok elérése érdekében energiahatékonyság kötelezettségi rendszer bevezetését rögzítette 2021-től.

Az Európai Tanács 2020 decemberében megállapodott arról, hogy az EU-ban a kibocsátást 2030-ig legalább 55 százalékkal kell csökkenteni az 1990-es szinthez képest. A cél eléréséhez az Európai Uniónak 60%-kal kell csökkentenie az épületek üvegházhatásúgáz-kibocsátását, 14%-kal az energiafogyasztását, 18%-kal pedig a fűtéssel és hűtéssel kapcsolatos energiafogyasztást. Az épületeket leginkább érintő szabályozási intézkedések (az Energiahatékonysági irányelv, az Épületenergetikai irányelv, a kibocsátáskereskedelmi rendszer kiterjesztése az épületekre), határozott kötelezettségvállalást igényelnek a tagállamoktól. Az Európai Bizottság 2021. február 24-én fogadta el az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló új uniós stratégiáját¹⁶.

A felsorolt Európai Unió és nemzeti kötelezettségvállalások teljesítéséhez a kormány részéről szükség van a támogatások, ösztönzők kidolgozására, a lakosság részéről az alkalmazkodás lehetőségeinek ismeretetésére, felvilágosításra, az elkötelezettség növelésére a célok elérése érdekében. A népegészségügyi prevenció részeként az energiatakarékosság és a klímaváltozás egészségkockázatainak, valamint a helyes alkalmazkodás egészségnyereségének ismertetése kiemelt feladat. Az alkalmazkodás előrehaladásának nyomonkövetésére szolgál a rendszeres monitorozás, amelynek egyik fontos eszköze az Országos Gyermekek Légúti Felmérés.

Anyagi támogatás

A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzők hozzájárulása

MT: adatbázis elemzése, adatok vizualizációja, kézirat elkészítése; MA: adatbázis elemzése, adatok vizualizációja, kézirat elkészítése; PA.: kérdőív módosítása, a feldolgozás koncepciójának kidolgozása, szakirodalom elemzése, kézirat írása

Érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek a tartalmat érintő érdekelt-ségeik.

Nyilatkozatok

A szerzők nyilatkoznak arról, hogy a közlemény más folyóiratban korábban nem jelent meg, és máshová beküldésre nem került. A szerzők nyilatkoznak arról is, hogy a cikk végleges változatát valamennyi szer-ző elolvasta és jóváhagyta.

Etikai engedély

A vizsgálat az NNK és jogelőd intézményének alap-feladata, ezért nem etikai engedély köteles.

Irodalomjegyzék

- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L.Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K.Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- Gao J, Kovats S, Vardoulakis S, Wilkinson P, Woodward A, Li J, Gu S, Liu X, Wu H, Wang J, Song X, Zhai Y, Zhao J, Liu Q. Public health co-benefits of greenhouse gas emissions reduction: A systematic review. *Sci Total Environ.* 2018 Jun 15;627:388-402. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.193>.
- COP26 special report on climate change and health: the health argument for climate action. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240036727>.
- Központi Statisztikai Hivatal, Tájékoztatási adatbázis, Iskolarendszerű oktatás - köznevelés, szakképzés <https://www.ksh.hu/>
- Népszámlálás 2011 <https://mek.oszk.hu/11500/11517/11517.pdf>
- <https://energiaklub.hu/tanulmany/negajoule2020-a-magyar-lakoepuletekben-rejlo-energia-megtakaritasi-lehetosegek-2954>
- MAGYARORSZÁG ÖSSZEFOGLALÓ JELENTÉSE A 2012/27/EU IRÁNYELV 4. CIKKE SZERINTI ÉPÜLET-SZEKTOR HOSSZÚ TÁVÚ FELÚJÍTÁSI STRATÉGIÁRÓL 2017 https://energy.ec.europa.eu/system/files/2019-03/hu_building_renov_2017_hu_updated_2018_0.pdf
- Miben élünk? – A 2015. évi lakásfelmérés főbb eredményei. https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/miben_elunk15.pdf
- Hazai felújítási hullám 2021. https://mehi.hu/wp-content/uploads/2021/03/mehi_hazai_felujitasi_hullam_tanulmany_2021_v3_0.pdf
- Molnár Gergely, Gyöngyösi András Zénó, Gál Tamás A városi hősziget vizsgálata meteorológiai modell segítségével Szegeden. *L É G K Ö R 61. Évfolyam* (2017) 130-135.
- Richard L, Kosatsky T, Renouf A. Correlates of hot day air-conditioning use among middle-aged and older adults with chronic heart and lung diseases: the role of health beliefs and cues to action. *Health Educ Res.* 2011 Feb;26(1):77-88. <https://doi.org/10.1093/her/cyq072>.
- Cardoza JE, Gronlund CJ, Schott J, Ziegler T, Stone B, O'Neill MS. Heat-Related Illness Is Associated with Lack of Air Conditioning and Pre-Existing Health Problems in Detroit, Michigan, USA: A Community-Based Participatory Co-Analysis of Survey Data. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Aug 7;17(16):5704. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165704>
- Lee YH, Bae S, Hwang SS, Kim JH, Kim KN, Lim YH, Kim M, Jung S, Kwon HJ. Association Between Air Conditioning Use and Self-reported Symptoms During the 2018 Heat Wave in Korea. *J Prev Med Public Health.* 2020 Jan;53(1):15-25. <https://doi.org/10.3961/jpmph.19.171>
- Az Európai Parlament és a Tanács 2012/27/EU irányelve (2012. október 25.) az energiahatékonyságról, a 2009/125/EK és a 2010/30/EU irányelv módosításáról, valamint a 2004/8/EK és a 2006/32/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről EGT-vonatkozású szöveg <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/27/2021-01-01>
- Nemzeti Energia és Klímaterv https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/hu_final_necp_main_hu_0.pdf
- A BIZOTTSÁG KÖZLEMÉNYE AZ EURÓPAI PARLAMENTNEK, A TANÁCSNAK, AZ EURÓPAI GAZDASÁGI ÉS SZOCIÁLIS BIZOTTSÁGNAK ÉS A RÉGIÓK BIZOTTSÁGÁNAK Az éghajlatváltozás hatásaival szemben reziliens Unió létrehozása – Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó új uniós stratégia {SEC(2021) 89 final} - {SWD(2021) 25 final} - {SWD(2021) 26 final}

Kemenczei Ágnes^{1,2}, Szilvássy Blanka³, Páldy Anna^{1,4}

¹Semmelweis Egyetem Patológiai Tudományok Doktori iskola, Budapest/*Schools of PhD Studies Semmelweis University Pathological Sciences, Budapest*

²Agrárminisztérium Élelmiszerlánc-felügyeleti Főosztály, Budapest/*Ministry of Agriculture Department of Food Chain Inspection, Budapest*

³Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Budapest/*National Food Chain Safety Office, Budapest*

⁴Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Budapest/*National Center for Public Health and Pharmacy, Budapest*

DOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2022.3-4.66-76>

Az élelmiszer-csomagolóanyagokból eredő humán endokrin diszruptor kockázat

Health risks originating from food contact materials

Összefoglalás

A humán homeosztázis fenntartásában szerepet játszó endokrin rendszer működését számos, a környezetünkből bekerülő anyag befolyásolja. Az endokrin rendszerrel kölcsönhatásba lépő, annak működését megzavaró anyagokat összefoglaló néven endokrin diszruptoroknak nevezzük. Az endokrin diszruptorként azonosított vegyületeket két fő csoportra oszthatjuk: természetes vegyületek (pl.: fitoösztrogének, egyes mikotoxinok) és a mesterséges körülmények között szintetizált vegyületek (pl.: ipari oldószerek, műanyagok, lágyítók, peszticidek, fungicidek, számos gyógyszerhatóanyag).

Az élelmiszerrel érintkező (FCM) anyagok közül az elmúlt évtizedben számos, eddig biztonságosnak ismert kémiai anyagról derült ki, hogy károsan befolyásolja a szervezet hormonális egyensúlyát. Ezek közé tartozik a biszfenol-A, a ftalátok, a benzofenon és származékai, valamint az ön szerves vegyületei, amelyek az FCM-ből az élelmiszerekbe vándorolnak. A biszfenol-A kölcsönhatásba lép az ösztrogénreceptorokkal, ezért szerepet játszik számos endokrin rendellenesség patogenezisében (meddőség, korai pubertás, hormonfüggő daganatok, anyagcsere zavarok, policisztás petefészekszindróma). A ftalát vegyületeket a fokozott elhízással és inzulinrezisztenciával, a nemi hormonok szintjének csökkenésével, valamint az emberi reproduktív rendszerre gyakorolt egyéb következményekkel hozzák összefüggésbe. A benzofenon befolyásolhatja a gonádok fejlődését. A papírból és kartonból készült élelmiszer-csomagolóanyagokban használt polifluoralkil-anyagok endokrinkárosító potenciállal rendelkeznek, és mind a pajzsmirigy-, mind a szteroidhormon-rendszerbe beavatkoznak.

Az endokrin diszruptorok jelentős egészségkárosító hatással rendelkeznek, így kiemelten fontos az általuk okozott expozíció folyamatos becslése és a szükséges kockázatcsökkentő intézkedések meghozatala. Ezt a célt szolgálja például a HBM4EU projekt. Ezen felül az Európai Unió tagállamainak illetékes hatóságai folyamatosan monitorozzák az FCM anyagokat és az esetleges kioldódásokat. Amennyiben az ellenőrzéseik során egészségre káros vegyi anyag kioldódást állapítanak meg, haladéktalanul jelentik az Európai Unió élelmiszer- és takarmánybiztonsági riasztási rendszerén (RASFF) keresztül. A fogyasztók FCM-ek káros vegyi anyagaival szembeni védelmének elősegítése a közegészségügy fontos feladata.

Kulcsszavak: endokrin diszruptorok, élelmiszerrel érintkező anyagok, biszfenol-A, ftalátok, policisztás ovárium szindróma

Abstract

The functioning of the endocrine system, which plays a role in maintaining human homeostasis, is influenced by a number of substances from our environment. Substances that interact with the endocrine system to disrupt its function are collectively known as endocrine disruptors. Compounds identified as endocrine disruptors can be divided into two main groups: natural compounds (e.g. phytoestrogens, some mycotoxins) and artificially synthesised compounds (e.g. industrial solvents, plastics, plasticisers, pesticides, fungicides, many pharmaceuticals).

Over the past decade, a number of food contact materials (FCMs), which had been recognised as safe before, were found to have adverse effects on the body's hormonal balance. These include bisphenol-A, phthalates, benzophenone and its derivatives, and organic compounds of tin that migrate from FCM into food. Bisphenol-A interacts with oestrogen receptors and therefore plays a role in the pathogenesis of many endocrine disorders (infertility, precocious puberty, hormone-dependent tumours, metabolic disorders, polycystic ovary syndrome). Phthalate compounds have been associated with increased obesity and insulin resistance, reduced levels of sex hormones and other consequences for the human reproductive system. Benzophenone can affect gonadal development. Polyfluoroalkyl substances used in paper and cardboard food packaging have endocrine disrupting potential and interfere with both the thyroid and steroid hormone systems.

Endocrine disruptors have significant adverse health effects, so it is of paramount importance to continuously assess their exposure and take the necessary risk reduction measures. This is the aim of the HBM4EU project. In addition, the competent authorities in the EU Member States continuously monitor FCM substances and possible leaching. If a release of a chemical that is harmful to health is detected during their inspections, it is immediately reported through the European Union's Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF). It is clear that promoting consumer protection from harmful chemicals in FCMs must be in the interest of public health.

Keywords: endocrine disruptors, food contact materials, bisphenol-A, phthalates, polycystic ovarian syndrome

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

2022;66(3-4): 66-76

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2022.december 30.

Submitted: 30 December 2022

Elfogadva: 2023. február 28.

Accepted: 28 February 2023

Levelezési cím/Correspondence:

Kemenczei Ágnes

Semmelweis Egyetem Patológiai Tudományok

Doktori iskola, Budapest;

Agrárminisztérium Élelmiszerlánc-felügyeleti

Főosztály, Budapest

E-mail: kemenczei.agnes@gmail.com

Rövidítések: IPCS = Nemzetközi Kémiai Biztonsági Program; FCM-ek = Élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagok; BPA = biszefenol-A; PCB-k = poliklórozott bifenilek; PBB-k = polibrómozott bifenilek; PAH = policiklikus aromás szénhidrogén; PFAS = polifluoralkil-anyagok; PCDD = Poliklór-dibenzodioxin; TCDD = tetraklór-dibenzo-p-dioxin; PCDF = poliklórozott dibenzofurán; PPAR = preoxiszóma proliferátor aktiváló receptor; PPAR α = alfa preoxiszóma proliferátor aktiváló receptor; PPAR γ = gamma preoxiszóma proliferátor aktiváló receptor; PCOS = policisztás ovárium szindróma; DDT = diklór-difenil-triklórétán; NIAS = Non-intentionally added substances, azaz nem szándékosan hozzáadott anyagok, bomlás- vagy reakciótermékek; DEP = diethyl phthalate ; DBP = di(n-butyl) phthalate; BBP = butyl benzyl phthalate ; DEHP = bis(2-ethylhexyl) phthalate; PAP-ok = polifluorozott alkilfoszfát-észterek; PFCA = perfluor-karboxil savak

Bevezetés

Az endokrin rendszer kritikus szerepet játszik az emberi homeosztázis fenntartásában, azaz a belső környezet állandóságát biztosítja, alkalmazkodva a külső és belső változó körülményekhez. A fiziológiás külső ingereken kívül működésében kisebb-nagyobb elváltozást okozhatnak a környezetünkből - levegőből, ivóvízből, élelmiszerekből, élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagokból, gyógyszerekből, növényvédőszer maradványokból - bekerülő szennyező vegyületek. Az elmúlt évtizedekben természetes és mesterséges vegyületek, illetve keverékek széles köre került azonosításra, mint az endokrin rendszerrel kölcsönhatásba lépő anyag. Amennyiben ezek az exogén anyagok endokrin rendszerrel történő kölcsönhatása egészségkárosító hatást eredményez az emberi vagy állati szervezetben, annak utódaiban, vagy egy populáció részében, endokrin diszruptornak nevezzük őket (ED-k)¹.

Az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagokat és tárgyakat (azaz a Food Contact Materials elnevezésből fakadóan az FCM-eket) sokan még mindig nem tekintik olyan jelentős veszélyforrásnak, mint pl. a peszticideket, az állatgyógyászati készítményeket, a nehézfémeket vagy mikotoxinokat, amelyek jól ismert, a mezőgazdasági gyakorlatból, a környezetből vagy a helytelen élelmiszer-tárolásból származó élelmiszer-szennyezők. Azonban egyre több bizonyíték van arra nézve, hogy az FCM-ek jelentősen hozzájárulnak az emberi xenobiotikum-expozícióhoz. Ezen változásokhoz nagyban hozzájárult a biszfenol-A endokrin rendszerre gyakorolt hatásáról szóló világméretű vita². E tanulmányban az eddigieken túl szeretnénk felhívni a figyelmet ezekre az anyagokra is, mint a hormonrendszer potenciális veszélyforrásaira.

Az endokrin diszruptorok csoportosítása

Az endokrin diszruptor meghatározást 2002-ben írta le az Egészségügyi Világszervezettel (WHO) szorosan együttműködő Nemzetközi Kémiai Biztonsági Program (IPCS)¹. Nincs egységes osztályozásuk, kémiai anyagok, vegyületek és keverékek széles köre nevezhető endokrin diszruptornak. A legáltalánosabb megközelítés alapján két fő kategóriába sorolhatók³.

Az emberi és az állati táplálékban is megtalálható természetes vegyületek (pl. fitoösztrogének: genistein és coumestrol) és a mesterséges körülmények között szintetizált vegyületek, melyekből további alcsoportok képezhetők⁴:

1. Ipari oldószerként vagy kenőanyagként használt szintetikus vegyszerek és melléktermékeik (pl.: poliklórozott bifenilek (PCB-k), polibrómozott bifenilek (PBB-k), dioxinok);
2. Műanyagok (pl.: biszfenol - A (BPA));
3. Lágyítók;
4. Peszticidek (rovarirtó szerek);
5. Fungicidek (gombaölő szerek pl.: vinklozolin);
6. Számos gyógyszer hatóanyag (pl.: dietil-stilbösztrol)

Más megközelítések szerint az endokrin diszruptorok származásuk szerint is csoportosíthatók⁵

1. Természetes és mesterséges hormonok (pl. Fitoösztrogének, 3-omega zsírsavak, fogamzásgátló tabletták és pajzsmirigy-gyógyszerek).
2. Hormonális mellékhatásokkal rendelkező gyógyszerek (pl. Naproxen, metoprololand klobifrátt).
3. Ipari és háztartási vegyszerek (pl. Ftalátok, alkil-fenol-oxilát-detergensek, tűzgátlók, plasztik-csillapítók, oldószerek, 1,4-diklór-benzol és PCB-k).
4. Ipari és háztartási folyamatok melléktermékei (pl.: policiklikus aromás szénhidrogének (PAH), dioxinok, pentaklór-benzol).

Az elmúlt évtizedekben széles körben elterjedt a különféle műanyag származékok élelmiszer csomagolóanyagként történő felhasználása. Gyorsan, viszonylag alacsony költségvonzattal nagy mennyiségben előállíthatók, felhasználásuk egyszerű és praktikus mind az ipar, mind a lakosság számára. A tömeges mindennapi felhasználás során azonban megfigyelhető különböző vegyületek fizikai, kémiai hatásra történő kioldódása ezen termékekből, melyek az élelmiszerekkel együtt bekerülnek az emberi szervezetbe. Ezen megfigyelés következményeként az endokrin diszruptorok újabb kategóriájaként megjelent az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagok csoportja⁶.

A mindennapi életünkben számos endokrin rendszert károsító vegyi anyag vesz körül bennünket. Jelen vannak ivóvizünkben, a levegőben, a talajban és az élelmiszerekben. Az élővilágban bekövetkezett változások egy része is endokrin diszruptorokra vezethető vissza. A környezeti expozícióbecslés azonban nehéz feladat, tekintve, hogy egyes endokrin diszruptor vegyületek tartósan nem maradnak fenn, más endokrin diszruptorok viszont perzisztálnak a táplálékban és a környezetben. Ezen felül sohasem egyféle, hanem az endokrin rendszert károsító anyagok komplex keverékével kell számolnunk³.

Expozíciós lehetőségek:

Az endokrin diszruptorok több ponton keresztül is bejuthatnak az emberi szervezetbe.

Orális expozíció élelmiszer és víz közvetítésével. A peszticidekben található, valamint az élelmiszerrel érintkező anyagokból kioldódó endokrin diszruptorok elsősorban a szennyezett táplálékkal, valamint ivóvízzel jutnak be a szervezetbe.

Inhaláció útján, valamint bőrön keresztül. A mezőgazdaságban felhasznált növényvédő szerek az élelmiszerek mellett belélegzés útján, valamint bőrrel érintkezve is bekerülhetnek az emberi szervezetbe. A háztartási bútorokban általánosan használt égésgátlók (brómozott égésgátlók), valamint a kozmetikumokban, testápolási szerekben megtalálható vegyi anyagok szintén a bőrön át szívódhatnak fel.

Placentán és az anyatejen keresztül: Terhesség alatt, vagy azt megelőzően történt expozíció esetén az endokrin rendszert károsító anyagok az anya szervezetéből a méhlepényen keresztül, vagy anyatej közvetítésével bejuthatnak a magzat vagy az újszülött szervezetébe³.

Hatásmechanizmus:

Az endokrin rendszer felelős a szervezetben lejátszódó számos folyamat szabályozásáért, amelyek a sejtdifferenciálódás kezdetétől egészen a felnőttkori szöveti és szervi funkciók szabályozásáig tartanak. A rendszer hormonok közvetítésével fejti ki hatását, amelyek a vér útján, távoli sejtekre és szövetekre integrált, összetett, kölcsönhatásban lévő jelátviteli utakon keresztül, hormonreceptorok segítségével fejti ki hatásukat. Az emberben számos (száznál is több) különböző hormon és hormonokkal kapcsolatos molekula (citokinek és neurotranszmitterek) van, amelyek a normális funkciókat szabályozzák a szövetekben és szervekben⁷. Az endokrin diszruptorok egy része a hormonokkal megegyező, vagy nagyon hasonló tulajdonságokat mutat, így egyesek hormonreceptorok működésére hatnak, míg mások bizonyos jelátviteli utak molekuláihoz kapcsolódva, vagy epigenetikai módosításokkal befolyásolják a hormonok termelését, szállítását, valamint a hormon-célszerv működését.

Az endokrin rendszert károsító anyagok hatásmechanizmusát több tényező befolyásolja. Az egyik legfontosabb szempont, hogy az expozíció a fejlődés mely szakaszában, illetve milyen hormonális státuszban éri az adott egyént. Az endokrin rendszert károsító anyagok eltérő hatást válthatnak ki felnőttek, illetve fejlődő magzatok, csecsemők, és gyermekek esetében. A

magzati korban jelentkező expozíció során fejlődési zavarok léphetnek fel, illetve olyan elváltozások, melyek a későbbi életszakaszokban akár betegségek kialakulásához vezethetnek. Több kutatás is kimutatta, hogy az endokrin diszruptorok káros hatásai átöröklődhetnek a következő generációkra a DNS-szekvencia megváltoztatása nélkül is, a génfunkció megváltoztatásával³ (epigenetikai elváltozások). Az endokrin diszruptorok okozta megbetegedésekre általában jellemző a hosszú, évekig is eltartó lappangási idő, mely megnehezíti az adott tényező és a betegség közötti kapcsolat igazolását. Mivel a különböző endokrin diszruptorok számos formában egyszerre vannak jelen a környezetünkben, az általuk okozott hatás is összetett. Egyes endokrin diszruptorok egymásra gyakorolt hatása az emberi szervezetben additív, vagy szinergisztikus is lehet.

Az endokrin diszruptorok fő célszervei

Az endokrin diszruptorok támadáspontja más és más, és ezzel együtt az általuk okozott megbetegedések, klinikai kórképek is eltérőek, a szervezet fiziológiás hormonális folyamatainak számtalan ponton történő módosítása által. A módosítások érinthetik számos szerv magzatkori, csecsemő- és kisdedkori fejlődését, és későbbi funkcióit, így elváltozásokat okozhatnak az idegrendszer, az immunrendszer, a reprodukciós rendszer működésében és az anyagcsere folyamatokban⁸.

Pajzsmirigy: Számos olyan endokrin rendszert károsító anyag létezik, amely megzavarhatja a pajzsmirigy élettani működését. Ide tartoznak a műanyagok és élelmiszer csomagolóanyagok adalékanyagaként használt vegyületek (PCB-k, biszfenol-A, perklorát), gyomirtószerek alapanyagai (tetraklór-dibenzo-p-dioxin - TCDD, poliklórozott dibenzofurán - PCDF), peszticidek és fertőtlenítőszer vegyületei (pentaklórfenol, triklozán), égésgátlók (polibrómozott-difenil-éterek - PBDE és tetrabromozott difenil-éterek), valamint egyes természetesen előforduló anyagok is, mint például a szója izoflavonok, a keresztvirágú zöldegekben (pl. fejeskáposzta) található tiocianát stb³. A pajzsmirigyműködésre ily módon ható vegyületek a jódfelvétel, a pajzsmirigyhormon-termelés, a pajzsmirigy hormonreceptorok aktivitásának, valamint a hormon lebontásának és eliminációjának összetett rendszerét zavarhatják meg több ponton is.

Anyagcsere folyamatokra kifejtett hatások: Egyes ED vegyületek a glükokortikoid hormonális funkcióra hatást gyakorolva megváltoztathatják a cukor- és lipidanyagcsere bizonyos folyamatait, ezáltal más

hajlamosító, illetve környezeti tényezőkkel együtt hozzájárulhatnak egyes anyagcsere elváltozások kialakulásához (például cukorbetegség, elhízás, porfíria). A peroxiszóma proliferátor aktiváló receptorok (PPAR) melyek fontos szerepet játszanak a sejtdifferenciálódás szabályozásában, valamint a lipid- és szénhidrát-anyagcsere transzkripciós szabályozásában⁹, endokrin diszruptor vegyületekkel társulva szintén anyagcsere-elváltozásokat okozhatnak.

A hormonális visszacsatolási mechanizmusok és a neuroendokrin sejtek zavarása: A központi idegrendszer és a perifériás endokrin rendszer közötti összekötő kapocsként működő neuroendokrin rendszer szabályozza a homeosztatikus folyamatokat, beleértve a reprodukciót, a növekedést, az anyagcserét, az energiaegyensúlyt és a stresszre adott választ. Több endokrin diszruptor vegyület is képes kismértékben változtatni a perifériás hormonok fiziológiás működésén oly módon, hogy a hormonokat stimuláló vagy gátló hipotalamusz- és hipofízis-hormonok szintjét változtatják meg³.

Idegrendszerre gyakorolt hatás: Egyes endokrin vegyületek többféle támadásponton keresztül kisebb-nagyobb mértékben befolyásolhatják az idegrendszer magzatkori, csecsemőkori és kisdedkori fejlődését, ezáltal egyes hajlamosító tényezőkkel, illetve egyéb környezeti tényezőkkel együtt hozzájárulhatnak autizmus spektrum zavar, figyelemzavar, hiperaktivitás, egyéb viselkedési zavarok vagy tanulási nehézség kialakulásához. Egyes időskori degeneratív idegrendszeri betegségek kialakulásához is hozzájárulhatnak³.

Reprodukciós képességre gyakorolt hatás: Az endokrin diszruptorok különböző zavarokat okozhatnak a férfiaknál és a nőknél, ahol ösztrogén és/vagy androgén agonistaként illetve antagonistaként hathatnak⁴. Az endokrin diszruptorokkal összefüggésbe hozható női reprodukciós megbetegedések közé tartozik a korai pubertás, a policisztás ovárium szindróma (PCOS) és a korai petefészkek-elégtelenség. A betegséget anovuláció és hiperandrogenizmus jellemzi, elhízás, az inzulinrezisztencia és a metabolikus rendellenességek gyakran társulnak a kórképhez¹⁰. Nők esetében felléphet ezen túlmenően a méhnyálkahártya fokozott növekedése, valamint bizonyos típusú mellrák kockázata is emelkedhet.

Biotranszformáció

Az endokrin diszruptorok biotranszformációjáról (szervezetben való átalakulásáról, lebomlásáról) még hiányosak ismereteink. Egyes vegyi anyagok metabolitjai akár erősebb endokrin diszruptor tulajdonságokkal is

rendelkezhetnek, mint az alapvegyületek, és akár tartósabban is felhalmozódnak a szövetekben³. Kiválasztásuk nagymértékben függ a kémiai anyag jellegétől. A nem perzisztens vegyületek általában a májban metabolizálódnak, és a széklettel, illetve a vizelettel ürülnek ki a szervezetből. A perzisztens endokrin diszruptorok elsősorban a zsírszövetben halmozódnak fel, ahonnan nagyon lassan ürülnek ki. Ezen zsírban felhalmozódó vegyületek kiválasztásának egyik módja az anyatejfel történő kiválasztás³.

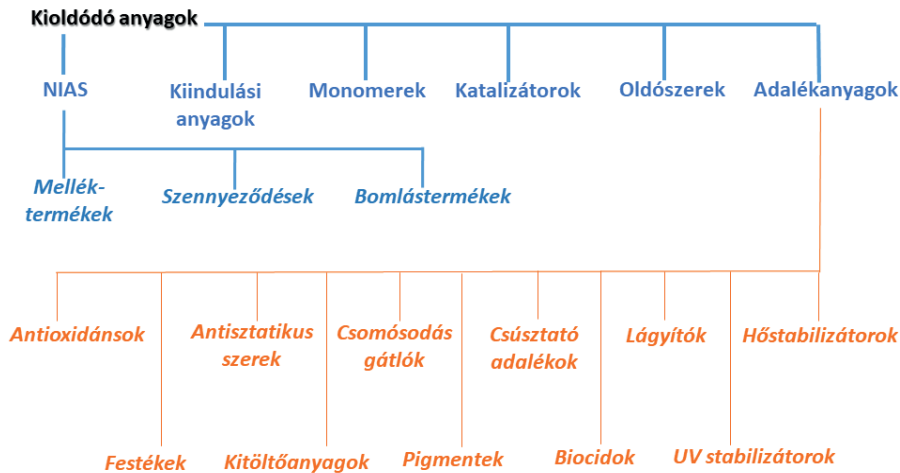
FCM-ek mint endokrin diszruptorok

Az FCM anyagok közül az elmúlt évtizedben számos, eddig biztonságosnak ismert kémiai anyagról derült ki, hogy károsan befolyásolja a szervezet hormonális egyensúlyát. Ezek közé tartoznak a BPA, a ftalátok, a benzofenon és származékai¹¹, valamint az ón szerves vegyületei¹², amelyek az FCM-ből az élelmiszerekbe vándorolnak. Muncke¹³ 50 olyan vegyi anyagot sorolt fel, amelyek az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagokban engedélyezettek, és amelyek ismert vagy potenciális endokrin károsítók.

Az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagok nagyon sokfélék, mely abból adódik, hogy számos funkcióra tervezték őket. Ez a problémák sokféleségét is eredményezi annak értékelésében, hogy egy adott anyag biztonságosan használható-e és milyen körülmények között érintkezhet az élelmiszerekkel, illetve, hogy mikor válik egy adott kockázat már elfogadhatatlanná, azaz az emberi egészséget veszélyeztetővé. Az élelmiszerek csomagolásának egyik fő célja a megfelelő védelem biztosítása olyan külső tényezőkkel szemben, mint a kémiai és biológiai szennyeződések, a légköri oxigén, a fény, az italok gázvesztése, a nedvesség és az aroma elvesztése vagy elnyelése stb. elleni védelem. Bizonyos esetekben azonban maga a csomagolóanyag is hátrányosan befolyásolhatja a csomagolt termék biztonságát².

Az élelmiszerek kölcsönhatásba léphetnek a csomagolás belső felületével, így a csomagolóanyagban lévő összetevők élelmiszerekbe való migrációja várható. A migráló anyagok közé tartozhatnak a monomerek, polimerizációs iniciátorok, katalizátorok és számos más kémiai összetevő, valamint a polimer bomlástermékek és más, a gyártás és az élelmiszer-feldolgozás során szándékosan hozzáadott anyagok². Az anyagok sokféleségéről az 1. ábra nyújt szemléletes képet. Fontos megemlíteni, hogy az anyagok élelmiszerbe történő migrációja nem kizárólag a folyékony állagú termé-

kekben valósulhat meg, hiszen, számos olyan illékony vegyület van a csomagolóanyagokban, melyek a száraz áruk belsejébe is képesek behatolni és szennyezni őket. Néhány példát kiemeltünk az FCM-ek előállításához használt, és így potenciálisan kioldódó vegyületek közül.



1. ábra: Az élelmiszer csomagolóanyagokból lehetségesen kioldódó vegyületek csoportosítása (NIAS: Non-intentionally added substances, azaz nem szándékosan hozzáadott anyagok, bomlás- vagy reakciótermékek) ábra alapja¹⁴

A **biszfenol-A (BPA)** a világszerte nagy mennyiségben előállított vegyi anyagok közé tartozik. Általában monomerként használják a polikarbonát szintézisben, lágyítószer az epoxigyanták gyártásában, valamint adalékanyag a polivinil-klorid (PVC) gyártása során. A BPA-t nem csak a műanyag csomagolások és konyhai eszközök, hanem egyes konzervdobozok és a befőttesüvegek kupakjainak belső bevonatában is felhasználják. A BPA-nak való kitettség fő forrásai közé tartoznak az élelmiszercsomagolások, de ugyanúgy veszélyforrások egyes fogászati anyagok és egészségügyi berendezések, a régebben gyártott hőpapírok, egyes gyermekek és csecsemők számára készült (nem Európában gyártott) műanyag játékok és egyéb használati cikkek is.

A BPA a májban metabolizálódik biszfenol-A-glükuroniddá és főként ebben a formában ürül ki a vizelettel. Fenolos szerkezetének köszönhetően a BPA kölcsönhatásba lép az ösztrogénreceptorokkal és agonistaként vagy antagonistaként hat az ösztrogénreceptor (ER) függő jelátviteli utakon keresztül. A BPA-

ról kimutatták, hogy szerepet játszik számos endokrin rendellenesség patogenezisében, beleértve az agy fejlődésére és funkcionalitására kifejtett káros hatását, a női és férfi meddőséget, a korai pubertást, hormonfüggő daganatokat, mint például az emlő- és prosztatadaganatokat, valamint számos anyagcserezavart, beleértve a policisztás petefészek szindrómát is (PCOS)¹⁵.

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) 2012-ben felkérte az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagok, enzimek, aromaanyagok és technológiai segédanyagok tudományos testületét, hogy készítsen új tudományos szakvéleményt az élelmiszerben előforduló BPA közegészségügyi kockázatairól. Az új tudományos értékelés¹⁶ eredményeképpen született meg 2018-ban a 2018/213/EU rendelet a BPA-nak az élelmiszerekkel rendeltetésszerűen érintkezésbe kerülő lakkokban és bevonatokban való felhasználásáról, valamint a 10/2011/EU rendeletnek a szóban forgó anyagnak az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő műanyagokban való használata tekintetében történő módosításáról. A rendelet a specifikus kioldódási határértéket

0,05 mg/kg BPA koncentrációban állapította meg az azt megelőző 0,6 mg/kg határérték helyett. Emellett, az elővigyázatosság elvét követve, továbbra is tilos a BPA-t csecsemőknek szánt polikarbonát cumisüvegek gyártásához felhasználni^{17,18}.

A BPA fejlődési immunotoxicitásáról szóló két új tanulmány tekintetében az EFSA megállapította, hogy az említett tanulmányokban bemutatott új bizonyítékok tovább erősítik a BPA fejlődési immunotoxicitásának kockázatait. Felhívta a figyelmet, hogy a tudományos bizonytalanság mértékét és a lehetséges káros hatásokat, különösen a fejlődésre gyakorolt hatások jellegét figyelembe véve, további óvintézkedésekre van szükség a lakosság veszélyeztetettebb csoportjai, különösen a csecsemők és kisgyermekek tekintetében, mivel a BPA visszafordíthatatlan, egész életre szóló hatást gyakorolhat a fejlődésükre.

A „**ftalátok**” kifejezés az 1,2-benzol-dikarbonsav, ismertebb nevén a ftalinsav diésztereit jelenti. A ftalátokat általában lágyítószerként használják a műanyagok hajlékonyságának és rugalmasságának növelésére. Széles körben használják kozmetikumokban, testápolási termékekben, élelmiszer-csomagolásokban és gyógyászati termékekben. Az évi 6,0 millió tonnás termelés mellett a ftalátokat kimutatták a vízben, levegőben, üledékekben, talajban, élelmiszerekben, emberi vérplazmában, anyatejben, vizeletben és így tovább¹⁹.

Egyre több szakirodalom hoz összefüggésbe ftalát vegyületeket számos káros hatással, beleértve a fokozott elhízást és inzulinrezisztenciát, a fiú csecsemők anogenitális távolságának csökkenését, a nemi hormonok szintjének csökkenését, valamint az emberi reprodukív rendszerre gyakorolt egyéb következményeket mind a nők, mind a férfiak esetében, mint például a csökkent heresúlyt és a herecsatornácskák atrófiáját, vagy akár fokozott DNS-károsodások létrejöttét a férfi spermiumokban, illetve korai mellfejlődést a lányoknál és koraszülést. A csecsemők és a gyermekek különösen érzékenyek lehetnek a ftalátok toxikus hatásaira²⁰.

Ezek a reprodukciós rendellenességek valószínűleg egyes ftalátok ösztrogénbontó hatásából erednek. Bár végeztek vizsgálatokat a különböző ftalátok ösztrogén endokrin rendszert károsító hatásának értékelésére, és egyes ftalátok, például a DEP, DBP, BBP és DEHP in vitro ösztrogén hatásának bizonyultak, azonban egyes ftalátok és ftalátkeverékek toxicitása és ösztrogén endokrin rendszert károsító hatása in vivo rendszerekben még mindig nem tisztázott¹⁹.

Ausztráliában, Kanadában, az Európai Unióban és az Egyesült Államokban már vannak hatályos jogsza-

bályok a ftalátok fogyasztási cikkekben való felhasználásának korlátozásáról vagy betiltásáról²¹. Az Európai Unióban az élelmiszerekkel rendeltetésszerűen érintkezésbe kerülő műanyagokról és műanyag tárgyokról szóló, a Bizottság 10/2011/EK rendelete tartalmazza a műanyagokban felhasználható vegyületek, így a ftalátokra vonatkozó specifikus kioldódási határértékeket 1 kg élelmiszerben található anyag milligrammjában kifejezve (mg/kg). A rendelet értelmében az olyan anyagok esetében, amelyekre vonatkozóan a rendelet melléklete nem ír elő specifikus kioldódási határértéket vagy más korlátozást, az általános 60 mg/kg specifikus kioldódási határértéket kell alkalmazni. A rendelet ezen felül meghatározza az összkiválasztási határértéket, mely értelmében a műanyagok és műanyag tárgyak összes összetevőiből az élelmiszer-utánzó modellanyagokba átkerülő mennyiség nem haladhatja meg a 10 milligrammot az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő felszín egy négyzetdeciméterére számítva (mg/dm²)¹⁸.

A ftalátok a nem megfelelően tárolt, napsugárzásnak vagy hőhatásnak kitett PET palackokból is kioldódhatnak²⁰. A ftalátokkal kapcsolatos aggodalmakat támasztja alá, hogy az Európai Unió döntéshozatali szervei, valamint az EFSA ismét vizsgálják ezen anyagokat és várható, hogy a közeljövőben szigorúbb határértékek bevezetésére kerül sor.

A **benzofenont** nyomdafestékek adalékanyagaként használják. A benzofenon és származékainak hormonutánzó potenciáljára irányuló toxikológiai vizsgálatok nem egyértelműek, de az MCF7 sejteken (hormonreceptort tartalmazó daganatsejtek) végzett proliferációs vizsgálatokban megerősítették az ösztrogénhatást. Azt is megállapították, hogy a benzofenon-1 szinte teljesen blokkolta a 17 β -hidroxi-szteroid-dehidrogenáz enzim aktivitását, amely a tesztoszteron szintéziséért felelős a Leydig sejtekben. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a benzofenon befolyásolhatja a gonádok fejlődését².

Az egyes élelmiszerekben található benzofenonból eredő potenciális egészségkockázatok értékelésében Muncke¹³ hangsúlyozta, hogy e vegyület jelenlétét igazolták a többrétegű kartoncsomagolásban tartott élelmiszerekben. Benzofenont találtak az olasz kiskereskedelemről származó összes vizsgált italmintában, ahol valamennyi minta csomagolása többrétegű laminált kartonpapír volt. A kartonpapír nyomdafestékekben használt benzofenon-származékok élelmiszerbe történő átjutását különböző élelmiszerek esetében vizsgálták, a legmagasabb szinteket a süteményekben mutatták ki, majd a kenyér, a reggeli gabonafélék és

a rizs következett. Tésztában volt a legalacsonyabb a megfigyelt benzofenon-szennyeződés²².

A papírból és kartonból készült élelmiszer-csomagolóanyagokban használt vegyi anyagok közé tartoznak a **polifluoralkil-anyagok (PFAS)**. Ezeket a bevonatokhoz vagy az enyvezőanyagokhoz használt technológiai keverékekhez adják, hogy víz- és zsírállóságot kölcsönözzenek az anyagnak. A PFAS-ok egyik csoportját a polifluorozott alkilfoszfát-észterek (PAP-ok) alkotják, amelyek technológiai keverékekben, élelmiszercsomagolásokban és élelmiszerekben is megtalálhatóak, de más PFAS-okat tartalmazó technológiai keverékek is kaphatóak a piacon. A sok technológiai keverékben található PFAS-ok specifikus szerkezete még nem teljesen feltárt, ami kihívást jelent a toxicitás, az expozíció, és az emberre gyakorolt kockázatuk értékelése szempontjából²³. A papír és karton élelmiszercsomagolás nem tartozik külön szabályozás hatálya alá Európában, azonban létezik egy általános szabályozás, amely kimondja, hogy egyik vegyület sem kerülhet olyan mennyiségben az élelmiszerbe, amely károsan befolyásolhatja az emberi egészséget²⁴. Érdekes, hogy a papírban és kartonban használt néhány PFAS pl. az Egyesült Államokban és Németországban rendelet hatálya alá tartozik^{25,26}. Egyes PFAS-okról azt jelentették, hogy endokrin károsító potenciállal rendelkeznek, és mind a pajzsmirigy-, mind a szteroidhormon-rendszerbe beavatkoznak²⁷. A szteroid hormonokra gyakorolt hatások közé tartozik a 17 β -ösztadiolszint emelkedése a vérben és a tesztoszteronszint csökkenése egyes perfluor-karboxil savaknak (PFCA) való in vivo kitettséget követően. Továbbá, számos PFCA zavarja a peroxiszóma proliferátor aktivált receptor (PPAR α) aktivitását, amely mechanizmus a májban, a hasnyálmirigyben és a herékben kialakuló daganatokkal hozható összefüggésbe. A PFCA-k aktiválják továbbá a PPAR γ -t, ami ennek befolyásolásán keresztül részt vehet az elhízás kialakulásában. Fontos megemlíteni, hogy a fent említett tanulmányok jellemzően a hosszú láncú PFAS-okat vizsgálták, míg a rövid láncú PFAS-ok továbbra is kevésbé jellemzettek a hormonrendszerbe való beavatkozási képességük tekintetében. Ez azért különösen aggasztó, mert az ipar a hosszú láncú vegyületekről áttért a rövidláncúakra, ami azt jelenti, hogy az emberek egyre inkább ki lesznek téve a rövidláncú PFAS-oknak²³.

Megbeszélés

Mint láthatjuk, az endokrin diszruptorok komoly hatást gyakorolnak az emberi szervezetre. Rengeteg

endokrin diszruptor vegyület van jelen a környezetünkben, melyek száma az ipari folyamatoknak köszönhetően folyamatosan növekszik. Egyetlen szteroid hormon egyszerre több sejtre is hatást gyakorolhat, így az endokrin diszruptorok komplex, bonyolult hatást válthatnak ki a szervezetben. Mivel egy-egy receptorhoz egyszerre több endokrin diszruptor vegyület képes kapcsolódni, a hatásuk kombinálódhat²⁸.

Tekintettel arra, hogy az endokrin diszruptorok jelentős és tartós egészségkárosító hatással rendelkeznek, kiemelten fontos az általuk okozott expozíció folyamatos becslése, és a szükséges kockázatsökkentő intézkedések meghozatala. Ezt a célt szolgálja a Német Környezetvédelmi Ügynökség által koordinált HBM4EU projekt is. A konzorcium a humán biomonitorozás terén vezető európai szakértőket tömöríti az Európai Unió 24 tagállamából, valamint Norvégiából, Izlandról, Izraelből és Svájcban, valamint az Európai Környezetvédelmi Ügynökség is partner a konzorciumban. Magyarország részéről a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyászati Központ (NNGYK) konzorciumi partnerként vesz részt a projektben²⁹. A projekt célja, hogy adatokat gyűjtsön az Európai Unió lakosainak vegyi anyagokkal történő expozíciójáról, azáltal, hogy méri ezeknek a kémiai anyagoknak, illetve anyagcseretermékeinek, vagy reakciótermékeiknek (expozíciós biomarkerek) koncentrációját a különböző humán biológiai mintákban (vér, vizelet, anyatej) továbbá szintén adatokat gyűjt az egyes expozíciók lehetséges egészségügyi hatásairól a szakpolitikai döntések támogatása érdekében. A fő cél az expozíciós-, illetve emellett a hatás-biomarkerek jegyzékének létrehozása^{30,31}.

Ahogy a fenti példákban is látszik, az endokrin diszruptorokkal történő számos expozíciós lehetőség közül nem elhanyagolhatók az élelmiszerek FCM-ekből kioldódó anyagokkal történő szennyeződése. Az Európai Unió tagállamainak illetékes hatóságai folyamatosan monitorozzák azokat az FCM anyagokat és az esetleges kioldódásokat, melyekre Uniós jogszabályi határértékek rendelkezésre állnak. Amennyiben az ellenőrzéseik során egészségre káros vegyi anyag kioldódást állapítanak meg olyan FCM anyag tekintetében, melyet a nyomonkövetési adatok alapján más Európai Uniós tagországban is forgalomba hoztak, haladéktalanul jelentik az Európai Unió élelmiszer- és takarmánybiztonsági riasztási rendszerén (Rapid Alert System for Food and Feed, **RASFF**) keresztül. A RASFF rendszer 1979-ben jött létre, célja az élelmiszer és takarmánybiztonsággal kapcsolatos információk gyors és hatékony megosztása a tagjai (EU-tagállala-

mok nemzeti élelmiszer-biztonsági hatóságai, Európai Bizottság, EFSA, ESA, Norvégia, Liechtenstein, Izland és Svájc) között. A rendszer tagjai 0-24 órás ügyeletet látnak el az információk hatékony megosztása, és a globális, több országra kiterjedő élelmiszerlánc-események megelőzése érdekében. Magyarországon a RASFF rendszer nemzeti kapcsolattartó pontja a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (Nébih)³². 2020-ban összesen 90, 2021-ben pedig 178 esetben érkezett FCM anyaggal kapcsolatos bejelentés a RASFF rendszeren keresztül³³.

2020-ban a legtöbb bejelentést Németország (23 db) és Belgium (17) tette. 2021-ben a belga hatóság tárta fel és jelentette a legtöbb FCM-el kapcsolatos nem megfelelőséget (34 esetben), de Lengyelország (24), Finnország (22), Németország (21) és Spanyolország (21) is nagy számban jelentett eseteket³³.

Más államok által tett bejelentések között 2020-ban 6 esetben, 2021-ben 19 esetben érkezett a kifogásolt termékből Magyarországra. Ezeket az eseteket a magyar hatóságok haladéktalanul kivizsgálták, és megtették a szükséges intézkedéseket. A már értékesített termékeket visszahívták a fogyasztóktól, a még készleten lévő mennyiséggel kapcsolatban forgalomból kivonást rendeltek el. Az esetek döntő többségében a kifogásolt FCM anyagok harmadik országból származtak³³.

Következtetés

Természetesen a fenti példák nem merítik ki az FCM-ekben lévő, endokrin rendszert károsító vegyi anyagok kérdését. Egyértelműen látszik azonban, hogy a fogyasztók az FCM-ek káros vegyi anyagaival szembeni védelmének elősegítése a közegészségügy érdekében kell, hogy álljon. Éppen ezért kiemelt jelentőségű feladatként kell kezelni az FCM-ekből kioldódó vegyületek vizsgálatát, ami Magyarországon még mindig gyerekcipőben jár, miközben egyre nagyobb mértékű a hormonális problémákból adódó férfi és női meddőség, melynek hátterében sok esetben pont az előzőekben említett hormonális elváltozások állnak, mint pl. az inzulin rezisztencia vagy a PCOS, melyek szinte már népbetegségnek számítanak. Kiemelten fontos ezen túlmenően a lakosság megfelelő tájékoztatása, a tudatos fogyasztói attitűd kialakítása annak érdekében, hogy vásárlásaik során megfelelő döntést hozhassanak és tudatosan kerülhessék az endokrin diszruptor hatással rendelkező összetevőket tartalmazó élelmiszer-csomagolóanyagokat.

Anyagi támogatás

A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzők hozzájárulása

KÁ és SzB irodalmazás, kézirat elkészítése, PA a kézirat koncepciójának elkészítése

Érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek a tartalmat érintő érdekelt-ségeik.

A cikk végleges változatát valamennyi szerző elol-vasta és jóváhagyta.

Irodalomjegyzék

1. EFSA Scientific Committee. Scientific Opinion on the hazard assessment of endocrine disruptors: Scientific criteria for identification of endocrine disruptors and appropriateness of existing test methods for assessing effects mediated by these substances on human health and the environment. EFSA J;11. Epub ahead of print 0 2013. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3132>
2. Cwiek-Ludwicka K, Ludwicki JK. Endocrine disruptors in food contact materials; is there a health threat? Roczn Panstw Zakl Hig 2014;65:169-177.
3. Kabir ER, Rahman MS, Rahman I. A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. Environ Toxicol Pharmacol 2015;40:241-258. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.06.009>
4. Diamanti-Kandarakis E, Bourguignon J-P, Giudice LC, et al. Endocrine-Disrupting Chemicals: An Endocrine Society Scientific Statement. Endocr Rev 2009;30:293-342. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0002>
5. Caliman FA, Gavrilescu M. Pharmaceuticals, Personal Care Products and Endocrine Disrupting Agents in the Environment - A Review. CLEAN - Soil Air Water 2009;37:277-303. <https://doi.org/10.1002/clean.200900038>
6. Gore AC, Crews D, Doan LL, et al. INTRODUCTION TO ENDOCRINE DISRUPTING CHEMICALS (EDCs). 76.

7. Bergman Ake, United Nations Environment Programme, World Health Organization. State of the science of endocrine disrupting chemicals - 2012 an assessment of the state of the science of endocrine disruptors. Geneva: WHO: UNEP Available from: <http://www.who.int/ceh/publications/endocrine/en/index.html>. 2013. Accessed April 24, 2022.
8. Preda C, Ungureanu MC, Vulpoi C. ENDOCRINE DISRUPTORS IN THE ENVIRONMENT AND THEIR IMPACT ON HUMAN HEALTH. *Environ Eng Manag J* 2012;11:1697–1706. <https://doi.org/10.30638/eej.2012.210>
9. Casals-Casas C, Feige JN, Desvergne B. Interference of pollutants with PPARs: endocrine disruption meets metabolism. *Int J Obes* 2008;32:S53–S61. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.207>
10. Costa EMF, Spritzer PM, Hohl A, et al. Effects of endocrine disruptors in the development of the female reproductive tract. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2014;58:153–161. <https://doi.org/10.1590/0004-2730000003031>
11. Anderson W a. C, Castle L. Benzophenone in cartonboard packaging materials and the factors that influence its migration into food. *Food Addit Contam* 2003;20:607–618. <https://doi.org/10.1080/0265203031000109486>
12. Nakanishi T, Hiromori Y, Yokoyama H, et al. Organotin compounds enhance 17beta-hydroxysteroid dehydrogenase type I activity in human choriocarcinoma JAr cells: potential promotion of 17beta-estradiol biosynthesis in human placenta. *Biochem Pharmacol* 2006;71:1349–1357. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2006.01.014>
13. Muncke J. Endocrine disrupting chemicals and other substances of concern in food contact materials: an updated review of exposure, effect and risk assessment. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2011;127:118–127. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2010.10.004>
14. Muncke J. Exposure to endocrine disrupting compounds via the food chain: Is packaging a relevant source? *Sci Total Environ* 2009;407:4549–4559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.05.006>
15. Konieczna A, Rutkowska A, Rachoń D. Health risk of exposure to Bisphenol A (BPA). *Rocz Panstw Zakl Hig* 2015;66:5–11.
16. EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. *EFSA J* 2015;13:3978.
17. Commission Regulation (EU) 2018/213 of 12 February 2018 on the use of bisphenol A in varnishes and coatings intended to come into contact with food and amending Regulation (EU) No 10/2011 as regards the use of that substance in plastic food contact materials (Text with EEA relevance.) Available from: <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/213/oj/eng>. 2018. Accessed February 27, 2023.
18. Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food Text with EEA relevance Available from: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/10/oj/eng>. 2011. Accessed February 27, 2023.
19. Chen X, Xu S, Tan T, et al. Toxicity and Estrogenic Endocrine Disrupting Activity of Phthalates and Their Mixtures. *Int J Environ Res Public Health* 2014;11:3156–3168. <https://doi.org/10.3390/ijer-ph110303156>
20. Sax L. Polyethylene Terephthalate May Yield Endocrine Disruptors. *Environ Health Perspect* 2010;118:445–448. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901253>
21. Government of Canada PS and PC. Information archivée dans le Web Available from: https://publications.gc.ca/site/archivee-archived.html?url=https://publications.gc.ca/collections/collection_2009/canadagazette/SP2-1-143-25.pdf. Accessed August 22, 2022.
22. Rodríguez-Bernaldo de Quirós A, Paseiro-Cerato R, Pastorelli S, et al. Migration of photoinitiators by gas phase into dry foods. *J Agric Food Chem* 2009;57:10211–10215. <https://doi.org/10.1021/jf9026603>
23. Rosenmai AK, Taxvig C, Svingen T, et al. Fluorinated alkyl substances and technical mixtures used in food paper-packaging exhibit endocrine-related activity in vitro. *Andrology* 2016;4:662–672. <https://doi.org/10.1111/andr.12190>
24. Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC Available from: <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/1935/oj/eng>. 2004. Accessed August 22, 2022.
25. 362-english.pdf Available from: <https://bfr.ble.de/kse/faces/resources/pdf/362-english.pdf>. Accessed August 22, 2022.

26. Indirect Food Additives: Paper and Paperboard Components. Federal Register Available from: <https://www.federalregister.gov/documents/2016/01/04/2015-33026/indirect-food-additives-paper-and-paperboard-components>. 2016. Accessed August 22, 2022.
27. Lau C. Perfluorinated Compounds. In: Luch A (ed) Molecular, Clinical and Environmental Toxicology: Volume 3: Environmental Toxicology. Basel: Springer:47–86. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_3
28. Csaba G. The crisis of the hormonal system: the health-effects of endocrine disruptors [A hormonális rendszer válsága: az endokrin diszruptorok egészségügyi hatásai.] Orv Hetil. 2017;158:1443–1451. <https://doi.org/10.1556/650.2017.30855>
29. About us. HBM4EU Available from: <https://www.hbm4eu.eu/about-us/>. Accessed September 1, 2022.
30. Gundacker C, Forsthuber M, Szigeti T, et al. Lead (Pb) and neurodevelopment: A review on exposure and biomarkers of effect (BDNF, HDL) and susceptibility. Int J Hyg Environ Health 2021;238:113855. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113855>
31. Gilles L, Govarts E, Rodriguez Martin L, et al. Harmonization of Human Biomonitoring Studies in Europe: Characteristics of the HBM4EU-Aligned Studies Participants. Int J Environ Res Public Health 2022;19:6787. <https://doi.org/10.3390/ijer-ph19116787>
32. RASFF - food and feed safety alerts Available from: https://food.ec.europa.eu/safety/rasff-food-and-feed-safety-alerts_en. Accessed August 22, 2022.
33. RASFF Window - Search Available from: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search>. Accessed August 22, 2022.

Varga CsabaPécsi Tudományegyetem, ÁOK Orvosi Népegészségtani Intézet, Környezetegészségtani Tanszék, Pécs /
University of Pécs, Medical School, Department of Public Health Medicine, PécsDOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2022.3-4.77-118>

Új környezettoxikológia – megalapozó javaslatok¹

New environmental toxicology – underlying proposals

Összefoglalás

Célunk egy koncepciójában új környezettoxikológiát – mint koherens, az ökológia fogalomrendszerét használó – szupraindividuális tudományt elméletileg megalapozni, és gyakorlati példákon keresztül igazolni ennek létjogosultságát és használhatóságát. Emberek populációi, és nem az egyének befolyásolják azt a fizikai környezetet és kulturális rendszert, amelyben élnek (és vice versa). Ebből következik, hogy az emberre veszélyes, valamilyen betegség, malformáció, vagy egyéb biológiai válasz kiváltására képes expozíciók vizsgálata is szupraindividuális megközelítést igényel, jelentősen hangsúlyozva a természeti és kulturális környezet kölcsönhatásait. A környezeti eredetű expozíciókra az egyes (szub)populációk által adott válaszok különbözősége azok eltérő sérülékenységből/érzékenységből (vulnerabilitás) ered. Az ember többes természetéből fakadóan az eltérések csak részben vezethetők vissza pusztán biológiai (genetikai, fiziológiai, stb.) okokra. Léteznek egyéb okok is, melyek azonban – elsősorban határterületi jellegük miatt – nem vagy még nem eléggé vizsgált determinánsai, modulánsai a környezeti expozícióra adott válasznak. Illetve az adott (szub)populáció számára fokozott expozíciós helyzetek éppen ezek miatt jöhetnek létre. E tényezőket emberi populációk esetében egyáltalán nem lehet figyelmen kívül hagyni, sőt operatív figyelembe kell venni a környezeti expozíciók kontrolljánál és a kockázatbecslésben. A populációkat rétegezhetjük biológiai (életkor, nem, fenotípus, stb.) vagy társadalmi-történelmi (osztály-, nemzetiségi, kulturális, képzettségi, foglalkozási, stb.) alapon, az expozíció kialakulása és következménye nagyban függ a vizsgált részpopuláció elhelyezkedésétől ebben a rendszerben. A dolgozatban idézett példák sorra veszik azokat a lehetséges okokat, melyek alapján az érintett közösség az átlagostól eltérően reagálhat bizonyos típusú expozícióra, vagy az expozíció eleve csak az adott közösségben jöhet létre. Magyarországi roma (beás, ill. oláh) populációk egyedi környezeti expozícióit, nemzeti kisebbségeket és szomszédos nemzeteket érő expozíciók társadalmi és történelmi gyökereit vizsgáljuk. Partikulumexpozíciók (azbesztrostok, szénnanocsövek) példáján bizonyítjuk, hogy csak populációs szintű vizsgálatokban deríthető fel a valós expozíciós út, a valóban exponált részpopuláció mérete és valós kockázata. A szénnanocsövekkel kapcsolatos vizsgálatok a nanotoxikológia első eredményeinek populációs szintű konzekvenciáit nyújtják. A Kárpát-medence ásvány- és gyógyvizeinek különböző célú felhasználása (balneoterápia, ásványvízfogyasztás) nem pontosan azonosítható, de méretében becsülhető népességet érint. A vizek mikroszennyező anyagainak, szerves összetevőinek genotoxicitása – mindamelllett, hogy antimutagén, protektív tulajdonságokat is találtunk – alkalmazásuk kockázatait is jelzi. A hazai gyógyiszapok (peloidok) ökotoxikológiai vizsgálata is fontos eleme ezeknek a balneotoxikológiai kutatásoknak. Speciális foglalkozási csoportokat (komplex ex-

¹A cikk az „Egy szupraindividuális környezettoxikológia koncepciója és alkalmazása ” c. akadémiai doktori értekezés tézisei alapján készült, melyet a szerző 2015-ben nyújtott be az MTA-hoz, majd 2018-ban visszavont

pozíciókat) is tudunk új fejlesztésű biomarker-vizsgálatainkkal egzakt módon követni, így az expozícióból fakadó kockázatukat is tudjuk csökkenteni. Egy olyan szupraindividuális szemléletű alaptudományról van tehát szó a környezettoxikológia esetében, amelyre bátran felépülhet egy környezet-egészségügyi cselekvési stratégia, a prevenció érdekében meghozott intézkedések összessége. Célunk eléréséhez – mint azt a dolgozat igyekszik reprezentálni – a modern tudomány minden lehetséges eszköze bevethető.

Kulcsszavak: szupraindividuális környezettoxikológia, expozíció, sérülékenység, érzékenység, azbeszt, balneológia, biomarker

Abstarct

Our aim is to give a theoretical basis to the new concept of environmental toxicology as a coherent supraindividual science using the conceptual framework of ecology, and to demonstrate its legitimacy and usability through practical examples. It is populations of people, not individuals, who influence the physical environment and cultural systems in which they live (and vice versa). Consequently the study of hazardous exposures to humans, capable of inducing disease, malformation or other biological responses, also requires a supraindividual approach, with a strong emphasis on the interaction between the natural and cultural environment. The differences in the responses of individual (sub)populations to environmental exposures result from their different vulnerability. due to the multiple nature of humans, differences can only partly be attributed to purely biological (genetic, physiological, etc.) causes. there are other causes, but these are not, or not yet sufficiently studied determinants or modifiers of the response to environmental exposure, mainly because of their interface nature. The described reasons and circumstances may lead to increased exposure situations for a given (sub)population. For human populations, these factors cannot be ignored at all and should be operationally taken into account in environmental exposure control and risk assessment. Populations can be stratified on biological (age, sex, phenotype, etc.) or socio-historical (class, ethnicity, culture, education, occupation, etc.) grounds, and the development and consequence of exposure depends largely on the location of the subpopulation under study in this system. The examples cited in the paper list the possible reasons why the community concerned may react differently from the average to certain types of exposure, or why the exposure may be unique to that community. The specific environmental exposures of Roma (Beas and Olah) populations in Hungary and the social and historical roots of exposures to national minorities and neighbouring nations are examined. Using the example of particulate exposures (asbestos fibres, carbon nanotubes), we demonstrate that only population-level studies can reveal the true exposure pathway, the size and the true risk of the subpopulation actually exposed. Studies on carbon nanotubes provide the first population-level implications of nanotoxicology. There are no exact assessments of the size of population using mineral and medicinal waters in the Carpathian Basin for various purposes (balneotherapy, mineral water consumption). The genotoxicity of the micropollutants and organic components of the waters, in addition to the antimutagenic and protective properties described, indicates the risks of their use. Ecotoxicological studies of indigenous medicinal sludges (peloids) are also important components of these balneotoxicological studies. We can also accurately track specific occupational groups (complex exposures) with our newly developed biomarker studies, so that we can reduce their risk from exposure. Environmental toxicology is therefore a basic science with a supra-individual approach on which an environmental health action strategy, a set of measures for prevention, can be built. To achieve our goal, as this thesis will try to show, all possible tools of modern science can be used.

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

2022;66(3-4): 77-118

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2023. március 16.

Submitted: 16 March 2023

Elfogadva: 2023. április 18.

Accepted: 18 April 2023

Levelezési cím/Correspondence:

Dr. Varga Csaba

Pécsi Tudományegyetem, ÁOK Orvosi
Népegészségtani Intézet, Környezetegészségtani
Tanszék

E-mail: drvargacsababt@gmail.com

**EGY SZUPRAINDIVIDUÁLIS KÖRNYET-
TOXIKOLÓGIA FILOZÓFIÁJA**

„A környezettudomány, a fizika, kémia, biológia csodálatos megoldásokkal szolgálhat azokra a kihívásokra, melyekkel az emberi népesség szembesül, de hogy ezek célt érnek-e, már a felfedezők tudását meghaladó tényezőkön múlik. ... Ha a szociális, gazdasági és/vagy kulturális tényezők már a kérdésselvetésnél hiányoznak, rengeteg kreativitás mehet veszendőbe. Nem egy új üzenet, mégis egyre fájdalmasabb újra és újra megtanulni.”

(a *Nature* 2015. évi első szerkesztőségi közleményéből)

Az ember egészsége és környezete – a szupraindividuális megközelítés

Napjainkban a humánbiológiai kutatások döntő többsége infraindividuális, azon belül is mindinkább molekuláris szinten zajlik. Ahogy azonban a fentiek is intenek, a szupraindividuális látásmódot és kutatási módszertant nem lehet negligálni, amely célt szeretné szolgálni ez a tanulmány is, az *emberi közösségek és környezeti expozíciók kölcsönhatásainak* feltérképezésével.

A *környezethigiéne* alapvetően prevenciós szemléletű. Elsődleges célja, hogy a nem megfelelő minőségű (környezeti) közegek *emberi* használatából fakadó

egészségkárosodásokat megelőzze. Például a higiénés *víztoxikológia* a *környezettokikológiának* az az ága, mely a különböző emberi felhasználásra szánt vizekre egészségügyi határértékeket határoz meg ökotoxikológiai és laboratóriumi állatkísérletek, valamint humán megfigyelések alapján, de ugyanígy fogalmazhatunk a higiénés *levegő-, talaj-, stb. toxikológia* esetében. A higiénés környezettokikológia tehát *ab ovo antropocentrikus*, az emberi egészség szempontjából vizsgálja a környezeti közegekre jellemző háttérváltozókat, vagyis nem az ökológiai értelemben vett minőséget, hanem a *bonitást*^{1,2}, a célunknak – emberi használat – való megfelelés szintjét.

A fentiek értelmében hogyan értelmezhetnénk ökológiai szemlélettel az emberközpontú, *higiénés környezetminőség* fogalmát? A *higiénés környezetminőség (mint a társadalmi és a biológiai/kémiai/fizikai környezetminőségek közös metszete): a környezeti médiumok emberi célra történő használhatósága anélkül, hogy az az emberi egészségre káros lenne, vagy a megengedettnél (társadalmilag elfogadottnál) nagyobb kockázatot jelentene.* A határértékeket toxikológiai és epidemiológiai adatoknak kell alátámasztaniuk. Elsődleges szelekciós elvként tehát ez esetben az emberi egészségre gyakorolt potenciált vesszük figyelembe³. Ez a lehetséges definíció az ún. *társadalmi környezetminőség* koncepcióján alapszik⁴, és tovább bontható a környezeti elemek szerinti *higiénés víz-, levegő-, talaj-, stb. minőségekre.*

Aldous Huxley „*Szép, új világ*”-ának beteljesedése esetén a sok azonos módon létrehozott egypetéjű embergyed – mely pontosan azonos fizikai és pszichés környezeti tényezők között nevelkedett – azonos módon reagálna minden környezeti ártalomra: kémiai anyagra, xenobiotikumra, a víz- és légszennyezőkre vagy a farmakológiai hatású vegyületekre. Mivel azonban az utópia – szerencsére – nem vált valóra, így feladatunk lényegesen összetettebb. Heterogén emberpopulációkat találunk a valóságban a maguk *kollektív* és *emergens* tulajdonságaival, és amelyek heterogenitása számos tényezőtől függ. A környezeti hatásokra adott *átlagos válasz* lényegesen eltérhet a részpopulációk (szubpopulációk) akár jelentősen különböző reakcióitól. Ha részleteiben fel tudjuk táni azokat a legkülönbözőbb tényezőket, mely a válaszreakciókat befolyásolják, lényegesen közelebb kerülünk a megoldáshoz.

A továbbiakban ezeket a tényezőket vesszük számba, szeretnénk *egy koncepciójában új környezettokikológiát* – mint koherens, az ökológia fogalomrendszerét

használó – *szupraindividuális* tudományt elméletileg megalapozni és gyakorlati példákon keresztül igazolni ennek létjogosultságát és használhatóságát.

Célkitűzések

(i.) A dolgozat fő célkitűzése egy új *környezettoxikológia elméletének megalapozása*, a környezeti expozíciók kialakulásának mértéke és következményeinek kialakulására jellemző törvényszerűségek, valamint a populációkat és szubpopulációkat jellemző higiénés és társadalmi környezetminőség összefüggéseinek megállapítása. Más szóval: egy koherens elméleti konstrukció kidolgozása, mely a környezettoxikológiát szupraindividuális szinteken értelmezi, az ökológia fogalomrendszerének felhasználásával.

(ii.) Példákkal, esettanulmányokkal és saját publikációkkal igazolni a koncepció létjogosultságát, úgymint:

(a.) *Etnikai kisebbségeket érő szelektív expozíciók, és az azokra adott eltérő válaszok ismertetése*, amely példa lehet a környezeti igazságtalanság etnikai komponensére, az etnikai alapon kialakuló eltérő expozíciók kialakulására, ill. azok eltérő következményeire.

(b.) *Nemzeti kisebbségeket érő, ill. internacionális, határon átívelő környezeti egyenlőtlenségi helyzetek ismertetése történeti kontextusban*, mint példák az expozíciók létrejöttére, eltérő mértékére, vagy következményére.

(c.) Egy ubikviter környezetszennyező (azbeszt) ill. a partikulumexpozíciót elszennvedő népesség azonosítása. A célpopulációk eltérő expozíciós útjainak felderítése az azbesztek környezeti ciklusának feltérképezése, az állatkísérletekből és mechanizmus kutatások során nyert, ill. epidemiológiai adatok alapján.

(d.) Nanoméretű partikulumok, nanotermekek (szénnanocsövek) elterjedésének összefüggései az exponált populációkban kialakuló potenciális károsodással. A nanoméretű csövek és az azbesztrótok közötti hasonlóságok és különbségek kimutatása, és annak meghatározása, hogy populációs szinten milyen különbségek fedezhetők fel az expozíciókban és az azt elszennvedő csoportok vulnerabilitásában.

(e.) Különböző vízhasználatokból (ásvány- és gyógyvizek) fakadó környezeti expozíciók, a kitett populációk és az expozíció fajtáinak, mértékének meghatározása.

(f.) Speciális foglalkozási csoportok genotoxikus expozícióinak mérésére vizsgálati stratégia kidolgozása és alkalmazása kockázatuk becselésében.

Az emberi populációk sajátos viszonya a környezethez

Ha a környezettoxikológia (és tágabb értelemben a környezethigiéne) céljaként a környezeti médiumok emberi használatából fakadó egészségkárosodások megelőzését fogalmazzuk meg, akkor előbb tisztáznunk kell magának az emberi populáció(k) egészségének a fogalmát. A WHO definíciói – az ember *többes természetéből* következően – először hangsúlyozták a *biológiai*, a *pszichés* és a *szociális* létet⁵. 1984-es definíciója⁶ pedig már ökológiai perspektívát sugall, vagyis az egészség egy egyensúlyi helyzet az egyén (vagy még inkább *egy a fölötti szerveződési egység*) valamint az abiogén, a biogén és a társadalmi környezet között. Ez a modern (*ökológiai szemléletű*) egészségfogalom változást indukált a betegséget kiváltó mechanizmusok és megelőzésük kutatásában is. Ökológiai nézőpontból az egészségmegtartás kulcselemévé az *adaptáció* vált. Az ember esetében egy olyan folyamatról beszélünk melynek másik résztvevője a materiális és a szociokulturális környezet. Míg a biológiai adaptáció egyértelműen mérhető az adaptív tulajdonságokat hordozók túlélésével, ill. reprodukciós sikerével, a szociokulturális adaptáció nem mérhető ilyen egzakt módon.

Nyilvánvalóan *nem az egyének, hanem emberek populációi befolyásolják* azt a fizikai környezetet és kulturális rendszert, amelyben élnek (és *vice versa!*)⁷. Ebből következik, hogy pl. az emberre veszélyes, valamilyen betegség, malformáció, vagy egyéb biológiai válasz kiváltására képes kémiai, biológiai és fizikai expozíciók vizsgálata is *szupraindividuális* megközelítést igényel, jelentősen hangsúlyozva a természeti és kulturális környezet kölcsönhatásait⁸. A modern, urbanizált településeken létrejövő – később ismertetendő – toxikus expozíciók jól értelmezhető példát szolgáltatnak a szupraindividuális megközelítés szükségességére.

A környezeti expozíciókra adott válaszokat befolyásoló tényezők

A környezeti eredetű expozíciókra az egyes szubpopulációk által adott válaszok különbözősége azok eltérő sérülékenységből/érzékenységből (*vulnerabilitás*) ered. Az *ember többes természetéből* fakadóan az eltérések csak részben vezethetők vissza pusztán biológiai (genetikai, epigenetikai, fiziológiai, stb.) okokra. Léteznek egyéb okok is, melyek azonban – elsősorban

határterületi jellegük miatt – nem vagy még nem eléggé vizsgált determinánsai, modulánsai a környezeti expozícióra adott válasznak. Illetve ezek miatt az adott szubpopuláció számára fokozott expozíciós helyzetek is létrejöhettek. E tényezőket emberi populációk esetében egyáltalán nem lehet figyelmen kívül hagyni, sőt operatíván figyelembe kell venni a környezeti expozíciók kontrolljánál és a kockázatbecslésben.

Ha emberi közösségekben vizsgálódunk, a figyelembe veendő szubpopulációs szintű hátrányokat a szakirodalom két fő csoportra osztja:

- *inekvitás*: szociális jellegű esélyegyenlőtlenség, méltánytalanság (*inequity*) és
- *inekválitás*: biológiai jellegű egyenlőtlenség (*inequality*).

Ezek alapján dőlhet el, hogy a környezeti expozíció létrejön-e vagy sem; hogy milyen mértékű lesz, ha létrejön; illetve milyen következményes hatásokkal számolhatunk⁷. Ilyen tényezők pl.:

- kulturális különbségek következtében létrejövő expozíciók, vagy eltérő mértékük,
- gazdasági okokra visszavezethető expozíciók (szegénységben élők higiénés körülményei),
- történeti-politikai okokra visszavezethető expozíciók (nemzeti kisebbségek),
- etnikai okokra visszavezethető expozíciók (etnikai kisebbségek).

A kategóriák között nyilvánvaló átfedéseket is találunk. Az expozíciók létrejöhettek földrajzilag elkülönülten, vagy életkor szerint reagálunk rá eltérően, esetleg eltérő életvitel, stb. lehet a háttérben. Röviden: a populációt rétegezhetjük biológiai (életkor, nem, fenotípus, stb.) ill. társadalmi (osztály-, nemzetiségi, kulturális, foglalkozási, stb.) alapon, az expozíció *kialakulása* és *következménye* nagyban függ a vizsgált részpopuláció elhelyezkedésétől ebben a rendszerben.

Humán ökotoxikológia – populációs toxikológia

A humán környezettoxikológia, mint a környezethigiéne egyik területe *tradicionális* értelemben az egyénnek – mint organizmusnak – a környezet fizikai és kémiai szennyezettségének hatására létrejövő fiziológiai változásait, eltéréseit kutatja. Ez azonban egy túlhaladott, végletesen *redukcionista* értelmezésnek tekinthető. Ezen az alapon egyszerűen a fiziológia (vagy patofiziológia) egy részterületét is jelenthetné. Megközelítési módja így más nem is lehetne, mint *deskriptív*, hiszen szerencsére emberkísérletek nem végezhetők.

Ezzel ellentétben az ökotoxikológia *ab ovo kísérletes* tudomány: ökototoxicitási tesztek sokaságát végzik az illetékes hatósági laboratóriumok mindenütt a világban: segítségükkel vizsgálunk szennyezett környezeti mintát vagy törzskönyveznek új vegyületeket⁹. De az alapvető különbség máshol keresendő: az ökotoxikológia mikroorganizmusok, növények és állatok populációit vagy még magasabb organizációs szinteket vizsgál. Elvi értelemben még a *Salmonella*/Ames mutagenitásteszt – mely egy frappáns metafora szerint „a XXI. század sztetoszkópja” a toxikológiában és a prevencióban¹⁰ – sem más végső soron, mint egy baktériumpopuláción végzett *in vitro* ökototoxicitási teszt.

Míg a környezetepidemiológia csak *követni* tudja az eseteket, a populációs toxikológiának képesnek kell lennie *előzetesen* alapinformációkat gyűjteni a potenciális mérgekről és expozíciós útjaikról populációs szinten. A szupraindividuális megközelítés persze az epidemiológia egyes ágainak is lehet fontos attribútuma, de az epidemiológiai vizsgálatoknak az *empíria* (észlelések), a *kísérletek* és a *statisztikák* hármasa által előzetesen sugallt korrelációk megalapozott feltételezésén kell alapulnia. Minden preventív tevékenység végső célja a környezeti eredetű kockázat azonosítása, mértékének becslése, majd elkerülése vagy legalábbis csökkentése. Az analógia az ökotoxikológiával nyilvánvaló: csakhogy ott a preventív tevékenység (környezet- és természetvédelem) egyéb élőlényeket céloz meg. Minthogy azonban *az ember szintén integráns része az ökoszisztémáknak és a bioszférának*, ámde egyben *szociális* lény is, ez a helyzet speciális megfontolásokat igényel.

Mondhatjuk-e pl. a környezettoxikológia szupraindividuális megközelítésére, hogy ez az ökotoxikológia egyik speciális területe: *humán ökotoxikológia*? Talán igen, de a definíció csak komoly megszorításokkal használható. (Sokkal egzaktabb kifejezésnek látszik a „populációs toxikológia”, mert főleg a populáció szintjén megjelenő emergens tulajdonságokat vizsgáljuk, pl. mutációs ráta, daganatincidencia változásainak tendenciáit¹¹. Ha azonban az ökotoxikológiát szeretnénk átültetni humán körülmények közé, az ember többes természetéből fakadóan olyan immateriális környezeti tényezők sokaságával találjuk magunkat elkerülhetetlenül szemben, mint a társadalmi és történelmi determinánsok.

A szupraindividuális biológia fogalmainak értelmezése és alkalmazása a humán környezet-toxikológiai vizsgálatokban

A populáció érzékenységének (sérülékenységének) tényezői

Az *inequity* típusú – elkerülhető – egyenlőtlenségeken lehet változtatni, mert azok kulturális-gazdasági-történeti (azaz végső soron társadalmi) különbségekből erednek. Pozitív diszkriminációval, szociális gondozással, kisebbség- és egészségpolitikával, stb. befolyásolhatók. Az alapvetően a biológikumból fakadó *inequality* típusú egyenlőtlenségeken viszont ténylegesen nem lehet változtatni, szerepük csökkentésére vagy kiküszöbölésére a szóba jöhető egyetlen lehetőség a megelőzés, azon belül is annak leghatékonyabb formája: az elsődleges prevenció.

Genotípusok és fenotípusok, epigenetikai tényezők

A populáció adaptív erejét számos tényező befolyásolja. A modern populációgenetika, ill. humán vonatkozásban a genomikai epidemiológia sokat tárt már fel az adaptáció és a vulnerabilitás genetikai hátteréről. A humán populációk fiziológiai heterogenitásának és genetikai diverzitásának jelenlegi szintje a mesterségesen visszaszorított evolúciós nyomás következménye. Jellemezhető ez a természetes szelekció hiányával, sőt a magas színvonalú és folyamatosan fejlődő egészségügyi gondozás által okozott egyértelmű kontraszelekcióval. Gondoljunk a xenobiotikumok – környezeti kémiai szennyezők vagy gyógyszerek – metabolizmusának széleskörű individuális különbözőségére. A személyre szabott orvoslás új trendje objektív alapokat keres az egyéni különbségek feltárásához. Tradicionálisan ehhez csak a páciens családtörténetét, szociális körülményeit, környezetét és szokásait tudták figyelembe venni. Az valóban igaz, hogy a különböző „*omikák*” (genomika, epigenomika, proteomika, metabolomika, stb.) egyéni stratégiák kidolgozásával adnak lehetőséget a környezeti kockázatok elkerülésére, az egyéni prevencióra, de a *higiénés szemléletű környezettoxikológia elméletileg sem képes egyéni szinten működni*¹¹. Az állatkísérletek eredményeinek extrapolációja alapján nem tudunk egyéni expozíciós határértéket számolni, viszont az eltérő genetikai/metabolikus mintázattal rendelkező szubpopulációk sajátosságait modellezhetjük a laboratóriumi kísérletek során a megfelelő állattörzsek célzott kiválasztásával. Ezen az úton a környezeti és munkahigiénés toxikológiában

gyakori gondot okozó bizonytalanság (*uncertainty*) jelentősen csökkenthető lehetne, ha külön-külön határértékeket dolgoznánk ki az egyes szubpopulációkra. (Ez emlékeztet arra a farmakológiai felismerésre, hogy egyes gyógyszerek hatékonysága teljesen különböző lehet eltérő etnikai csoportokban, ill. rasszokban.) A túl nagy bizonytalanságú számítások alapján képzett egyénes higiénés expozíciós határértékek a tudomány mai színvonalán anakronisztikusnak tekinthetők, és sokáig már nem tarthatók.

A kultúra és a biológia kölcsönhatása, mint a sérülékenység lehetséges tényezője

A kulturális adaptáció azt jelenti, hogy az emberek jól definiálható csoportjai hogyan válaszolnak a társadalom kihívásaira. Egy társadalmon belül az egészséggel összefüggő számos szociális egyenlőtlenség az egészségkárosító expozíciók különbözőségéből fakadhat. Ezek az egészségi kockázatok, ha nyilvánvalóan biokémiai-patofiziológiai alapon hoznak is közvetlenül létre betegséget, mégis a szociokulturális folyamatokkal is kapcsolatban vannak. A társadalmilag hátrányos helyzetű csoportok *kulturális adaptációjukban* is gátoltak, és ezért nagyobb a sérülékenységük sok toxikus anyaggal szemben. *Lakóhelyük* miatt is aránytalanul nagyobb mértékben részesülhetnek a légszennyezésből, zajártalomból, vagy vannak kitéve mérgeknek pl. a veszélyeshulladék-lerakók közelsége miatt. Jó példa az egészségtelen helyeken felnövő gyermekek toxikus-fém-expozíciója¹².

A gyermekek sokkal érzékenyebbek az ólomexpozícióra, mint a felnőttek. A vérben mérhető magasabb ólomkoncentrációk együtt járnak az IQ alacsonyabb szintjével. Ez pedig a csökkent kognitív képességek forrása lehet, ami pedig társadalmi egyenlőtlenségeket generál. És ezzel a *circulus vitiosus* be is zárul: a szociális tényezők kulturálisan helytelen adaptációhoz vezetve kognitív diszfunkciók megjelenését okozzák, egyszerű biológiai (toxikológiai) mechanizmusokon keresztül¹⁷.

Az érintett szubpopulációk vagy nincsenek tudatában az expozíciókból fakadó környezeti ártalmaknak, vagy ha esetleg igen, akkor sem képesek a változtatásra¹³.

Környezeti „igazságosság”, illetve annak hiánya

A XXI. század környezet-egészségügyi kutatásainak eredményei hívták fel a figyelmet a társadalmi-gazdasági elmaradottság és a környezetszennyezések

közötti összefüggésekre. Egzakt módon leírható, hogy a környezeti forró pontok, azaz fokozottan veszélyes területek, objektumok (veszélyeshulladék-lerakók, veszélyes anyagokat emittáló üzemek, erőművek, stb.) hatványozottan nagyobb valószínűséggel találhatók szociálisan leszakadók, hátrányos helyzetűek lakóközeteinek közelében, mint pl. a középosztály lakóhelyei környékén. Vagyis a szociális helyzet a *környezeti tényezők alacsonyabb minőségét* is determinálja. A koncepciót eredetileg és elsődlegesen egy adott országon belül élő, hátrányos szocioökonómiai státuszú (SES) szubpopulációk által elérhető környezeti minőség analízisére dolgozták ki. 1983-ban, az USA délkeleti államaiban a veszélyeshulladék-tárolók tervezésekor a lehetséges helyszíneken a lakosság etnikai összetételét is megvizsgálták¹⁴. A négy létesítmény közül három így olyan helyre került, ahol döntően feketék laktak, akiknek ráadásul 26%-a a szegénységi küszöb alatt élt. Ezt a hozzáállást akkoriban *környezeti rasszizmusnak* nevezték el.

A környezetvédelmi és környezethigiénés kutatások azóta is folyamatosan felhívják a figyelmet a környezet-szennyezés és az alacsony társadalmi-gazdasági státusz közötti szoros összefüggésre. Sőt azonos helyen lakó fehérek és feketék vulnabilitása között is mutatnak ki jelentős eltéréseket pl. az – úgy gondolnánk mindenkit egyformán érintő – globális felmelegedés (hő-) hatásával szemben. Ennek alapja, hogy a krónikus betegségek gyakoriságában meglévő különbségek, a fizikai és kültéri munka aránytalan megoszlása, a légkondicionálás hozzáféréseben mutatkozó hátrány, ill. a társadalmi izoláció növelik a sérülékenységet¹⁵.

Érdekes lehetőséget vetnek fel a mikrobiológiai „quorum sensing”-kutatások¹⁶. Nevezetesen, univerzális-e a jelenség az egész élővilágban, vagy csak alacsonyabb rendű élőlények, mikroorganizmusok populációiban működik? Esetünkben lehet-e, létre jöhet-e az exponált emberpopulációnak akkora ereje, érdekérvényesítő képessége (küszöbdenzitása), hogy elérje a hátrányos expozíciós helyzet megszüntetését?

A „környezeti igazságosság” koncepciójának továbbfejlesztése és kiterjesztése a nemzeti kisebbségekre a történeti megközelítés eredménye^{12,13,17,18,19}.

A sérülékenység történelmi aspektusai

A környezet és az egészség összefüggéseinek kutatása során felmerül a dilemma, hogy egyes történelmi-politikai események hogyan hatnak az – ökológiai értelemben vett – környezeten, ill. annak változásain

keresztül a népesség egészségére. A recens környezeti szituációk kialakulásának hátterében milyen múltbeli történések lelhetők fel, melyek befolyásolják az országok és népek (humán populációk) mai viszonyát is? Pedig ezek a problémák gyakran a közös környezethez való mai viszonyban is tetten érhetők. A környezet és egészség összefüggéseinek történeti szempontú kutatása során mindjárt két alapvető kérdést tehetünk fel:

- *Hogyan befolyásolják, determinálhatják-e a történelem alakulását környezethigiénés tényezők?*
- *Milyen hatással vannak a környezethigiénés állapotokra a történelmi események?*

Nagy középkori és újkori járványok gyakran döntöttek el – vagy legalábbis döntően befolyásolták – háborúk, később forradalmak kimenetelét (pl. kolera, tífusz). Történelmi-politikai okból fellépő kémiai-fizikai expozíciókra pedig a múlt század történéseiből hozhatunk példákat. Gondoljunk csak a hidegháború idején végzett kísérleti nukleáris robbantásokra, azok háttérsgárgásra és a környező népesség morbiditási és mortalitási mutatóira gyakorolt hatásaira, a Balti-tengerbe süllyesztett német vegyi fegyverekre vagy az Aral-tó kiszáradásával szárazra került szovjet vegyifegyver-arszénál környezeti-egészségi hatásaira^{18,20,21}.

A környezeti igazságtalanság országok között is vagy országon belül, de nemzetiségi alapon is működhet. Számunkra legfontosabb példa a Kárpát-medence, de egész Kelet-Közép-Európát említhetjük, ahol mélyen gyökereznek a nemzeti szembenállások (lengyel-német, lengyel-litván, lengyel-orosz, balti-orosz, orosz-ukrán, cseh-német, magyar-kisantant, stb.) Az első világháborút követő „területrendezések” során nemzeti kisebbségek nagy tömegei kerültek idegen államok fennhatósága alá, másodrendű állampolgárként. Előbb a jobboldali nacionalista, fasisztoid kormányok, majd később a sovinszta-kommunista pártok tettek meg mindent az etnikai tömbök fellazításáért, a nemzeti kisebbségek lakta homogén területek megbontásáért. E területekre előszeretettel telepítettek környezetszennyező nehézipart, bányászatot, a többségi munkaerőtömegek ezzel együtt járó beáramlásával (pl. Szilézia, Erdély). A vízszennyezések, az árvizek kezelése az alvízi országokat (pl. Magyarország) sújtották és sújtják. A határokon átívelő szennyezések fokozódnak az *ökokolonializmus* előretörésével. A multinacionális cégek környezetszennyező technológiákat telepítenek a régióba, mert a fejlettebb országokban ezeket már betiltották. (Ilyenek eddig csak a harmadik világban voltak gyakoriak.) A Duna elterelésének vagy

a Tisza *cianid*szennyezésének ügye a mai napig sem nyert megnyugtató megoldást, pedig mindhárom érintett ország immár az EU tagja. Megfigyelhetjük azt is, hogy a fejlettebb régi tagországok a fejletlenebb újakba exportálják környezeti problémáikat (német szemét, Rába szennyezése, olcsó áram termeltetése Szlovákiával...) ^{12,19}.

Habitat és niche történelmi kontextusban

Először is tisztáznunk kell a *niche* és a *habitat* viszonyát az emberi populációk vonatkozásában, amihez a történelmi megközelítés is nagy segítséget nyújt. Biológiai értelemben, egy adott ökoszisztémában egy mikroorganizmus-, növény- vagy állatpopuláció a kizárólagos és egyedi reprezentánsa fájának. Az ember esetében a különbség abban áll a populációbiológiában megsokkottakhoz képest, hogy itt egy fajhoz (*Homo sapiens*) tartozó, együtt élő, de egymástól jól elkülöníthető populációk környezeti szükségletei ütköznek, kialakítva ezzel realizált *niche*-üket. Az emberi populációk, szociológiai szempontból: *társadalmak* – vagy nevezük akár történelmi-politikai aspektusból *nemzeteknek* – átfedő környezeti (gazdasági, földrajzi, ideológiai, stb.) igényekkel bírnak, és agresszivitásuk függvényében érvényesítik ezeket. A történelem folyamán az emberi populációk területeket foglalnak agresszió, háború vagy egyszerűen politikai mesterkedés útján, ezzel növelve *habitat*tjuket (gyarmatosítás, Lebensraum, neokolonializáció, stb.) ¹⁸. Míg a biológiában a politikai határok rendszerint nem választanak el sem növény-, sem állatpopulációkat, addig humán populációk tekintetében releváns barrierek tekinthetők.

A *niche realizációját* pedig azzal tudja befolyásolni egy népesség, hogy hogyan használja a megszerzett *habitat*et. Használja-e a másik (többi) koegzisztáló populáció kárára? Az együttélő humán populációk, pl. egy nemzeti kisebbség egy többségi tengerben, hogyan változtatják tér- és időbeli eloszlásukat? Az *enterior komplexum* meghatározó részét képező *millióspektrumot* ⁴ a természeti tényezők helyett ma már a társadalmi-politikai tényezők inkább befolyásolják (erőszakos kitelepítések, beolvasztás, ipartelepítéssel többségiek beáramlása, stb.). Így a *toleranciaspektrum* annak függvénye, hogy az adott népcsoport mennyire önmegettartóztató vagy kitartó, mennyire áll ellen a fellazítási szándéknak, mennyire fogékony a zaklatásra. A történelemben különböző népcsoportok ebben a helyzetben teljesen eltérően reagálnak, mely aztán elterjedtségüket, a populáció méretének változását vagy egyáltalán a túlélést determinálják. Számos pél-

dát szolgáltat a XX. századi Európa arra, hogyan alakultak ki nagy létszámú, másodrendű állampolgárként kezelt nemzeti kisebbségek a nagyhatalmak által támogatott területfoglalások és új államalakulatok létrejöttével. E kisebbségeknek a többség általi morális, kulturális (és néha fizikai) elnyomása csak a nacionalista vagy ultranacionalista politikai elit támogatásával történhet meg. Ezek a hátrányos helyzetű populációk gyakran a környezeti expozíciókból is nagyobb mértékben részesülnek ¹².

Egy populáció agresszivitása főleg – de nem csak – *habitatszerző* képességében nyilvánulhat meg. Azaz, a biológiai tényezők (reprodukciós sikeresség, adaptáció) mellett itt egy nem biológiai jellegű *adaptív viselkedés* is tetten érhető: pl. a nagyhatalmú szövetségek támogatásának megnyerése. Nevezhetjük ezeket a nemzeteket – a defenzív populációk ellentétéként – offenzív populációknak. Mint a XX. századi történelemből tudjuk, a megszerzett *habitat*et sokféleképpen lehet használni, pl. konszenzuálisan, de a másik együtt élő populáció kárára is. Vannak önfeláldozó, „flagelláns” nemzetek, melyek mások érzékenységét túlzottan figyelembe véve inkább saját igényeikről is lemondanak. És vannak ezzel ellentétesen viselkedők is, akik minden erkölcsi skrupulus nélkül szipolyozzák ki pl. az egymás területére átnyúló, közös olaj- és földgázmezőket, szennyeznek el az alvízi országok folyóit, termelik le az erdőket a vízgyűjtő területeken, árvizeket okozva a szomszéd országnak. Ez a *környezeti kultúrának* nem igazán nevezhető hozzáállás természetesen a politikai kultúrához igazodik.

A populációk és szubpopulációk sérülékenységének minden típusára nem térhetünk ki, hiszen az a szupraindividuális biológiától igen messze eső területekre vezetne. A gyakorlati példákat bemutató részletes részben definiáljuk és pontosan jellemezzük azokat a szupraindividuális szerveződési szinteket, melyeket a környezeti eredetű toxikus anyagok érinthetnek, ill. megnevezük azokat a preventív eszközöket, amelyekkel az expozíciók kiküszöbölhetők, csökkenthetők vagy akár megelőzhetők lehetnek.

Kísérlettervezés a humán szupraindividuális megközelítés alapján

Az embert érő expozíciók minél pontosabb modellezése kísérleti körülmények között mindig is alapvető célja volt a higiénés toxikológiának. A humán toxikológiai kockázatbecslés alapja állatkísérlet és epidemiológia. A *sztochasztikus* dózis–hatás–görbével rendelkező anyagoknál kockázati szint, a *determinisztikus*aknál NOAEL/LOAEL érték. A kísérletes környezettoxikológia toxicitásfogalma azonban inkább a vízminősítés *perniciozitas*-fogalmával²² harmonizál, tekintve hogy többnyire a vizsgált válasz *nem a letalítás*, hanem egyéb károsodás (fiziológiai diszfunkció, enzimgátlás, a mutációs ráta növekedése, reprodukтивitási anomáliák, daganatgyakorosság). A kísérletes toxikológiában ugyanis sokkal kisebb a letalítás, mint vizsgálati végpont szerepe (LD vagy LC), mint az ökotoxikológiai vizsgálatokban (nematoda-, Daphnia-, guppi-, stb. teszt). Ma már számos szelektált vagy genetikailag manipulált – a kísérlet speciális célja szerint megválasztott faj: nyúl, tengerimalac, kínai hörcsög, sertés, stb. – törzsei között választhatunk az *in vivo* vizsgálatokhoz, ide értve a transzgenikus állatokat is. Ha az exponált embercsoport ismert korösszetételű, akkor ekvivalens állatéletkorú kísérleti populáció választható. Ez ugyanígy igaz a fizikai-fiziológiai állapotra és a nemre is. Ezek már tradicionális elemei az állatkísérletek tervezésének. Az egészségi hatás vizsgálata már megbetegedett csoporton szintén rutin eljárásnak minősül, hiszen kardiovaszkuláris betegséget, cukorbeteg hordozó vagy pl. elhízott (obes) egér-, patkány- és más állattörzseket eddig is alkalmaztak. Elméletileg a humán genetikai polimorfizmusoknak (melyek gyakran rasszspecifikusak) megfelelő metabolikus mintázatot mutató állatok jelezhetik a xenobiotikumokra adott eltérő választ. (A genetikai polimorfizmus miatt eltérő metabolizmus gyakran a sérülékenységet leginkább befolyásoló biológiai tényező.) Akadályt képez a humán polimorfizmusok esetében az enzimaktivitások közötti túl kis különbség, mely a számítható kockázatok között is hibahatáron belüli különbségeket eredményez. Ezeket pedig már elfedheti a fajok közötti különbségekből fakadó bizonytalanság (*interspecies uncertainty*). Más végpontú polimorfizmusoknál (fibrinogén gének, DNS-reparáció, angiotenzin-konvertáz, stb.) a helyzet lényegesen biztatóbb²³. Tovább bonyolítja a képet a befolyásoló tényezőknek egy új csoportja, az *epigenetikai* faktorok szerepének felismerése.

Az nyilvánvaló, hogy infraindividuális kísérleti eredmények nélkül nem lehet szupraindividuális környezettoxikológiai kutatást sem végezni. Azonban ezen a területen kétféle stratégiát különíthetünk el. Egyrészt az infraindividuális kísérletek alapján derülhet ki, hogy *melyik expozíciós út* eredményezhet az egyedben károsodást, és milyen szövetek vagy sejtek lehetnek fokozottan érzékenyek: célszövetek, célsejtek. A hatásmechanizmusokból kiindulva választhatjuk ki a fokozott veszélyben lévő (szub)populációkat. A szupraindividuális szintű megfigyelések viszont felderíthetik, milyen *valós expozíciók* jöhetnek létre a környezetben, és konkrétan ezeknek *lehet-e károsító hatásuk egyedi szinten*. Természetesen a kétféle megközelítés kiegészíti egymást, és mindkettőre példákkal szolgál a részletes rész.

A dolgozatban a környezethigiéne területén belül részletesebben a *kémiai/fizikai expozíciókkal* foglalkozó *környezettoxikológia szupraindividuális aspektusait* tárgyaljuk. Áttekintjük az általunk vizsgált expozíciókat, melyek a népesség egy vagy több jól definiálható részét érintik. Amennyiben jellegzetes eltérések találhatók az expozíciók eltérő mértékében, ill. az arra adott válaszban a különböző részpopulációk között, kitérünk annak ismert vagy lehetséges – az előzőekben részletezett – okaira is. Mindezzel *egy szupraindividuális környezettoxikológia (és környezethigiéne) megalapozottságát, szükségességét és létjogosultságát* kívánjuk bizonyítani.

Esettanulmányok

Kisebbségeket érő expozíciók, határon átvéelő egészségkárosító hatások

Alapvető különbséget kell tennünk a nemzeti és az etnikai kisebbség definíciója között. Ezeket a fogalmakat a szakirodalomban is rendszerint keverik, elsősorban az amerikai szerzők Közép-/Kelet-Európáról írván²⁴.

Jelen munkánkban nemzeti kisebbségnek nevezük azokat a népcsoportokat, amelyek a többségi nemzethez képest eltérő az anyanyelvük, eltérő kulturális tradíciókkal rendelkeznek, esetleg eltérő a vallásuk is. Jelenlegi szálláshelyükön történelmi léptékben mérve is régen élnek, együtt a többségi nemzettel. Jelenlétüknek az adott országban tehát egyértelmű történelmi-politikai okai vannak. Azonosításukat megkönnyíti, ha van egy „anyaország”, melynek többségi nemzetével azonosíthatók. (Ez nem mindig egyértel-

mű, de többnyire konszenzus áll fenn e tekintetben: pl. góral-lengyel, ruszin[rutén]-ukrán, sokac-horvát, stb.).

Etnikai kisebbségnek más rasszhoz tartozó vagy csak eltérő genotípussal, és esetleg fenotípussal is rendelkező, kulturálisan, életmódban különböző, egyértelműen azonosítható anyaországgal általában nem rendelkező népeiséget jelölünk (pl. afroamerikaiak, latinok). A legnagyobb etnikai kisebbség Közép-/Kelet-Európában – a zsidó holokauszt után – a sokszorosán hátrányos helyzetű cigányság^{12,18,25}. A fentiek szerint nem tekinthető etnikainak pl. a hazai sváb, szlovák, horvát, stb. kisebbség, de az európai országokba betelepülő kínaiak, arabok igen. A nemzetközi irodalomban fellelhető publikációk sokszor egyáltalán nem látják át a helyzetet, kevervén a fenti kategóriákat.

Etnikai kisebbséget ért expozíciók Magyarországon

Kritizálnunk kell az olyan tanulmányokat²⁶, amelyeknek szerzői teljesen helytelen adatokat közölnek a hazai cigányságról, ráadásul WHO-tisztségviselőként. Ez az etnikum, mely egyébként sem egységes (beás, oláh, romungro, stb.) már legalább ötven-hatvan éve feladta tradicionális vándorló életmódját, a kommunista állam adminisztratív-karhatalmi nyomására. Már nem táborokban élnek szennyezett helyek közelében, ahogy a szerzők tévesen gondolják, hanem a vidékiek kolóniákban (telepeken) a falvak vagy kisvárosok szélén, míg a nagyvárosiak a szegénynegyedekben, sőt akár a belvárosokban is. 767 telepet találunk 530 magyarországi településen, mely települések összlétszáma mintegy 3 millió²⁷. Ennek mindösszesen 4,7%-a (138 000 fő) él cigánytelepeken. Sajnálatos módon az igen rossz higiénés körülményeiket és szennyezett környezetüket nagyrészt maguk teremtik meg, illetve újra.

A roma és nem roma népeiségekben eltérő morbiditási és mortalitási mutatók tapasztalhatók, melynek eredete genetikai is lehet, a környezeti-életmódbeli különbségek mellett. Egyes betegségek gyakorisága a roma populációkban feltehetően magas, a legtöbb vizsgálat ezekre, ill. a háttérben lévő génekre irányul: pl. galaktokináz-deficiencia, elsődleges veleszületett zöldhályog vagy az (autoszomális domináns) policisztás vesebetegség. Az érintett allélek nagyobb gyakorisága, a mutációk zárt közösségekben való eredményes terjedése magyarázhatja ezt. A betegségekkel szembeni egyéni érzékenységet befolyásoló gének polimorfizmusainak kutatása lenne még fontos, hiszen az egyes allélpolimorfizmusok által képviselt kis kockázatteljesítő populációs szinten már magas abszolút számot eredményezhet²³.

Adatok magyarországi oláh cigány populációban néhány metabolizáló enzim allélpolimorfizmusának relatív gyakoriságairól már vannak. Ilyenek pl. az N-acetiltranszferáz (NAT2), a glutation-S-transzferáz M1 és T1 (GSTM1, GSTT1), a citokróm-P450 1A1 (CYP 1A1) allélpolimorfizmusai, de vizsgálták a p53 tumorszuppresszorgént is. A GSTM1 és a p53 gének esetében az oláh cigány populáció alléloszlásai az irodalomban publikált indiai mintákkal egyeztek meg, míg a NAT2 esetében az indiai és a hazai nem roma populáció értékei között középen helyezkedtek el. Mindezek bizonyos daganatos megbetegedésekkel szemben érzékenyítik a roma populációt^{28,29}.

A roma és „nem roma” populációk összevetése Közép- és Kelet-Európában nem egyszerű, hiszen számos soknemzetiségű állam képződött a XX. században. Sok szerző nem vesz tudomást a nemzeti kisebbségekről, mely magában rejti a „kisebbségi csapda (minority pitfall)” nemrég általunk leírt veszélyét¹³. Soknemzetiségű országban roma és nem roma dichotómiáról beszélni értelmetlen. Szlovákiában vizsgálták pl. az alkoholfogyasztással kapcsolatos mortalitás regionális megoszlását, azonban teljesen figyelmen kívül hagyták a nemzetiségek jelenlétét. A szlovákiai magyarok (520-573 ezer közötti számban) két jól definiálható területen élnek többségben, amely tényt a szerzők³⁰ nagyvonalúan figyelmen kívül hagynak. Jelentős szocio-kulturális különbségek magyarázhatják az eltérő adatokat, melyek az életmód, táplálkozás és egyéb zavaró tényezőktől a genetikai eltérésekből fakadó metabolikus különbségekig terjedhetnek¹³. Minthogy a magyar kisebbség elég nagy távolságban van genetikailag a környező szláv, germán, latin népektől³¹, ezért semmi értelme őket szlovákként besorolni, ebből következően az így definiált szlovák vs. roma dichotómizálásnak sincs. (Sőt, igen károsnak és sajnálatosan a korábbi hivatalos homogenizálási politika és a nemzetállam-koncepció túlélésének tekinthető ez a jelenlegi tudományos kutatásban.)

A populáció genetikai struktúrája tehát a kérdés egyik oldala, a másik az expozíciók fellépésének szelektivitása és annak eltérő mértéke. Erre példa a hevesi ólomexpozíciós eset. 1995-ben illegális akkumulátorbontás miatt rendkívüli eseményként tömeges ólommérgezés következett be Heves városában a roma (oláh cigány) kisebbség körében. Májusban meghalt egy 15 hónapos roma kislány akut enkefalitiszes tünetek között. A laborvizsgálatok igazolták, hogy a hasonló tünetekkel megbetegedett két testvére is ólommérgezett, vérólomszintjük 1785, ill. 1968 µg/l volt^{12,32}.

Gyermekeknél a vérólomszint határértéke 100 µg/l, de már ilyen értéknél is léphetnek fel neurológiai károsodások. (Az encefalopátia mellett egyéb szimptomák is jelentkezhetnek: anémia, paresztéziák, hallás-, csont- és fogfejlődési károsodás, stb.³³. Az ólom felszívódási aránya a béltraktusból egyébként életkorfüggő: a gyerekeknél kb. 40, míg a felnőtteknél csak kb. 10%³².)

Ezt követően széleskörű ÁNTSZ vizsgálat tárta fel, hogy a város mintegy 1500 fős, egy tömbben élő, 98%-os munkanélküliséggel sújtott kisebbségének nagy része illegális akkumulátorbontást/ólomolvasztást végez saját házáinak telkén, a kinyert ólom eladása céljából. Szűrővizsgálatok indultak a roma lakosság körében, hogy felmérjék a potenciális ólomexpozíciót. 1241 személy cinkprotoporfirin-szintjét (ZPP) határozták meg, vérólomszintmérést 319 személynél rendelték el. A magas vérólomszint miatt 70 gyermek és 4 felnőtt kórházi kezelése vált szükségessé, 1997 júliusáig 55 háznál mintegy 255 m³ szennyezett talaj eltávolítása történt meg³⁴.

A kockázati tényezők részletes vizsgálatát Varró és mtsai³² végezték el. Az akkumulátorbontás és ólomolvasztás, mint elsődleges tényező mellett egyéb, az életmódból fakadó expozíció is létrejött: tüzelés akkumulátorhulladékkal, magas ólomtartalmú üledékes por, döngölt padló, mosdótálhasználat, körömrágás, stb. Azt is megállapították, hogy a ZPP nem megfelelő biomarkere az ólomexpozíciónak, így többen kimaradhettek a vérólomvizsgálatból, csökkentve a becsült esetszámot. Nyilvánvalóan a telepszerű életmód, a kisebbségi lét által nagyban determinált szociális (munkanélküliség) és környezeti viszonyok (vezetékes vízellátás hiánya) incidenciájának következménye egyrészt az expozíció megjelenése, másrészt annak átlagosnál is súlyosabb következményei.

Ismeretes ugyanis egy másik, korábban megtörtént, és potenciálisan az egész magyarországi népeiséget érintő ólomexpozíció 1994-ből³⁵. Ekkor a fűszerpaprikát hamisították miniummal (Pb₃O₄), majd a hamisított paprikát országosan terítették. Az ÁNTSZ létrehozása szükségességének meggyőző bizonyítéka volt, hogy – az akkor még az élelmiszer-biztonságért is felelős – Szolgálat a tömeges mértékű mérgezést hatékonyan meg tudta akadályozni³³.

Szintén etnikumspecifikusnak tekinthetjük az 1989-90. évi rinyaszentkirályi környezeti expozíciót és a veszületett rendellenességek halmozódását³⁶. Rinyaszentkirály dél-somogyi község, 456 fős beás cigány lakossággal. A jelzett két évben világra jött 15 újszülöttből 11 született rendellenességgel (73,3%), 6 ikerként

(40%), ráadásul 4 (26,7%!) Down-szindrómával (21-es triszómia) jött a világra. Ezek országos gyakorisága akkoriban rendre: 4,6%, 2% és 0,12% voltak. Kutatóintézetek és egyetemek országos összefogásával indult meg a vizsgálat, melynek során a talajminták kémiai elemzésétől a háziállatok ellésein át, egy közeli radarállomás sugárzásának méréséig minden számbajöhető ok elemzése történt meg. A rendellenességek oka sokkal banálisabb: hallopás, azaz – mint később kiderült – egy *szerves foszforsavészter: a triklórfon* nevű vegyület halgazdasági speciális, nem szabályszerű alkalmazása volt³⁷. A roma népesség élelmének nagy részét tette ki ugyanis a tenyésztőtavakból lopott hal. Nem tudhattak viszont az érintettek az új technológiáról, mely a halak tömény triklórfonos fürdetését írta elő betelepítés előtt, ektoparazita-mentesítés céljából. A kezeléstől kába halak órákig lebegtek a halastavak vizének felszínén, könnyű volt őket kosárszámra gyűjteni. Az így kifogott állatok nagy részét lefagyasztották, és egy éven keresztül fogyasztották, többek között a várandós kismamák is. A lefagyasztott halakban utólag meghatározott triklórfonmennyiség (átlagosan 25 mg/kg) az egészségügyi határértéknek 2500x-osa volt.

Az eset következtében került leírásra a triklórfon humán teratogén és genotoxikus (aneugén) hatása³⁷, melyet szokatlan módon csak utólag erősítettek meg állatkísérletek. A vegyszer hazai használatát ezután betiltották⁹. Rinyaszentkirályon pedig 1990-94 között 34-en születtek, mind egészségesen.

Ezek a végtelenül szomorú esetek a szegénység és tudatlanság történetei, melyek a hazai *roma kisebbséget* érintik, és igazolják az *etnikai kisebbség fokozott vulnerabilitását* a környezeti expozíciókkal szemben. Mindez a korábban leírtakat támasztja alá, azaz a társadalmilag hátrányos helyzetű csoportok kulturális adaptációjukban is gátoltak, és ezért nagyobb a sérülékenységük sok toxikus anyaggal szemben is. A gyermekek sokkal érzékenyebbek pl. az akut-, de a krónikus ólomexpozícióra is, mint a felnőttek. A vérben mérhető magasabb ólomkoncentrációk együtt járnak a csökkent kognitív képességekkel, további társadalmi egyenlőtlenségeket generálva. Vagyis, mint jelen esetben, a szociális tényezők kulturálisan helytelen adaptációhoz vezetve kognitív diszfunkciók megjelenését okozzák, a toxicitás következményeként⁷.

Az etnikai kisebbségekkel szemben *a nemzeti kisebbségeket* érő eltérő expozíciók létrejöttéhez általában nemzetállamoknak deklarált, valójában többnemzetiségű államok szükségesek. Ilyenek nagy számban alakultak ki Kelet/Közép-Európában, a XX. században²⁴.

Történelmi gyökerű vagy politikai szembenállásból fakadó expozíciók

A magyarországi népesség elkeserítő környezeti és egészségi állapotának okait csak részben kereshetjük önmagunkban, a nemzetkarakterben, az egymást követő rendszerek politikájában. Az okok közül nem hagyhatjuk ki az országot a XX. században ért külső – nagyhatalmak által determinált – hatásokat sem. A *Trianoi Békeszerződés* hosszú távú környezeti, ökológiai, környezet-egészségügyi vonatkozásairól is érdemes megemlékezni, mert szorosan kapcsolódik a *környezeti és ökológiai egyenlőtlenségek és igazságtalanságok* témájához. Ezek lényege a kiszolgáltatott, hátrányos helyzetű csoportok, etnikumok földrajzi-területi megoszlása és lakóhelyük környezeti állapota közötti korreláció vizsgálata. Minthogy régióinkban az országok területe kicsiny, a környezetszennyezés könnyen átlépheti az országhatárokat, amelyek többnyire mesterséges és nem földrajzi-vízrajzi (azaz természetes) határok¹². A szennyezés így szomszédos országok népességének egészségét befolyásolhatja. Az egyenlőtlenségek és igazságtalanságok tehát országok, népek, nemzeti kisebbségek között alakulnak ki, és többnyire a XX. század viharos történelmében gyökereznek. A nemzeti kisebbségek igen gyakran tárgyai, áldozatai a környezeti igazságtalanságoknak. Sajátos történelmük folytán az országhatárok a fejük fölött változtak meg, ők maguk pedig idegen ország másodrendű állampolgáraivá váltak³⁸.

Trianon késői környezeti hatásai a mai Magyarországon

A történelmi Magyarország több mint 20 milliós lakossággal rendelkezett, így Budapest, mint főváros, éppen megfelelő méretűnek bizonyult. Trianont követően, de elsősorban a szocializmus „jóléti” szakaszában sok minden történt, mely a vidék leszakadása, ill. a teljes egyközpontúság állapotának fenntartása, sőt fokozása érdekében hatott.

A túlcentralizált közlekedési struktúra is a főváros kiemelt helyzetéből fakad. A közúti és a vasúti hálózat szerkezetét a történelmi Magyarországtól örököltük. Mindkét rendszer sugaras, a keresztirányú összeköttetések hiányoznak. (A körvasutakat és a transzverzális főutakat a történelmi nagyvárosokkal együtt elcsatolták.) Ennek következtében a kelet–nyugati közlekedés és szállítás bajosan tudná elkerülni a fővárost, minthogy a Duna-kanyar és a déli határ között csak néhány kis kapacitású vagy a rácsatlakozás hiánya miatt lokális jelentőségű híd található. Ezek a tények is a főváros

szabályozatlan növekedését támogatják, és növelik a régiók közötti egyenlőtlenségeket. A bajok még koncentráltabban jelentkeznek az egyébként is haladó vasúti közlekedésben. Nonszensz, hogy a Dunántúlról a Dunán inneni országfél és *vice versa* gyakorlatilag csak budapesti átszállással közelíthető meg.

Nemzetközi becslések szerint a vasúton megtett egy utaskilométer halálozási kockázata $0,4 \cdot 10^{-9}$, vagyis 1000 km-enként $0,4 \mu R^{17,39}$. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy *pl. a Nyíregyháza–(Budapest)–Pécs útvonalon oda-vissza utazó 1 millió emberből 0,4 fő hal meg vasúti baleset következtében*. Nem egy vasúti viszonylaton a távolság viszont akár a többszörösére is növekedhetett a körvasutak elcsatolása után, a maradék centralizált hálózaton mérve. A vasúti statisztikák egzakt analizálásával kimutatható lenne történelmi léptékben is, hogy emberéletben mit is jelentett a hazai népesség számára csak a vasútvonalak elcsatolása.

Még fontosabb a közúti közlekedés szerepe, miután a vasúti szállítás az összes személyforgalomnak mindössze 7%-át, a teherforgalomnak 14%-át teszi ki. A közúton pedig minden kilométernyi fölösleges út még nagyobb kockázatot hordoz magában, mint vasúton. Például $1 \mu R$ halálozási kockázat 80 km-nyi autóbusszással, 65 km-nyi személyautózással vagy 3 km-nyi (!) motorozással „teljesíthető”. Már csak ezért is fontos, mekkora kerüléssel jutunk el úticélunkhoz, de az sem mindegy, milyen szintű utakon. Autópályán (osztott pályás utakon) a magasabb sebesség ellenére lényegesen kisebb a kockázat, mint alsóbbrendű úton. Nem beszélve a fölösleges kilométerek megtétele során emittált légszennyezőkről.

Ökokolonializmus a Kárpát-medencében

A fentebb vázolt problémák csak egy kicsiny, de meghatározó szeletét adják a jelenkori Magyarország népessége történelmi gyökerű környezeti és egészségi gondjainak. A legveszélyesebb tendenciának a kommunizmus összeomlása után az *ökokolonializmus* új hulláma látszik a régióban. Ide sorolhatók az intenzív és gátlástalan nyugati beruházások az atomerőművekbe, vízerőművekbe, a nemesfémbányászatba, stb. Talán az itt vázolt tények képesek azonban bajaink illusztrálására és a lehetséges megoldások megtalálására. Gondjaink nem csak a Balkán országai vagy a szovjet utódállamok problémáitól különböznek jelentősen, hanem a történelmi és földrajzi helyzet következtében a hasonló fejlettségű visegrádi országokétól is. A megoldás egyetlen lehetőségének – a kétoldalú kapcsolatok terheltsége okán is – a mihamarabbi EU

csatlakozás látszott. (Persze nem egyedül, hanem a szomszédokkal együtt.) Az EU-tagság kulcsfeltételei között azonban olyanok is szerepelnek, mint pl. a kockázatos atomerőművek bezárása vagy egy szigorú környezetvédelmi jogrendszer megalkotása és ellenőrzés működtetése. (Nem véletlenül tiltakozott az EU 2009 januárjában a bochunicei atomerőmű újraindítási terve ellen, amely válaszlépés lett volna a gázválságra.) Az európai integráció sok területen a jelenlegitől teljesen eltérő hozzáállást igényel, ide értve a környezeti és népegészségügyi kérdéseket csak úgy, mint a természetvédelmet, vagy a nemzetiségi-etnikai ügyeket.

2004-ben egyszerre csatlakozott Szlovákia és Magyarország, mégisincs előrehaladás a *Duna elterelésének* ügyében. A *cianidszennyezés* kártérítési eljárását sem gyorsította meg Románia csatlakozása. Ausztriával is vitában állunk a *Rába* folyamatos, börgyártáseregetű, szerves szennyezése miatt⁴⁰.

Az új tagállamok újabb kihívásokkal néznek szembe napjainkban is a határok spiritualizálódása következtében: illegális személimporttal a régi államok területéről, valamint élelmiszerbiztonsági botrányokkal. 2004-ben a magyar paprikát hamisították európai cégek, mégpedig úgy, hogy *aflatoxinnal* és *ochratoxinnal* szennyezett brazil paprikát keverték hozzá. Gyakori az élelmiszerek átcimkézése, meghamisítva a lejáratási időket. Néhány cég kizárólag abból a célból alakult, hogy átcimkézzék és nem biztonságos élelmiszerekkel kereskedjen az új tagállamokban, mely tevékenységet *új típusú bioterrorizmusnak* is nevezhetnénk. Mindez már az európai integráció negatív hozadékát képezi, melyet majd későbbi korok szakemberei tudnak elemezni, történelmi perspektívából^{12,18}.

Az alvízi helyzet hozadécai

Hogyan és mitől válhat sérülékennyé egy közép-európai populáció (nemzet) a környező államok felelőtlen környezeti politikája (pl. vízgazdálkodása) miatt? Van-e ennek a viselkedésnek történelmi okokkal magyarázható gyökerei? Illetve, mennyire befolyásolják a vízügyi, vízhygiénés – tehát alapvetően szakmai – döntéseket ezek az ellenséges attitűdök?

Határon átívelő vízszennyezések egészségi hatásai

A *Trianoi Szerződés*ig természetes országhatáraink a Kárpátok gerincén, a vízválasztón futottak. A Kárpát-medence egységének felbomlása katasztrofális következményekhez vezetett, különösen Magyarország számára. Folyóink vízgyűjtő területeinek döntő

része az új határokon kívülre került, ezért vizeink mennyisége és minősége döntően a felvízi országok vízügyi tevékenységének függvénye. A magyarországi folyókák által évente szállított 120 milliárd m³ víz 95%-a határainkon kívülről érkezik. A történelmi szembenállás sajnos a vízügyi együttműködés területein is érezteti hatását, gyakran meggátolva a kölcsönösen előnyös megoldások kidolgozását.

A megoldatlan közös gondokra eklatáns példa a dunai vízlépcsőrendszer Szlovákia és Magyarország közötti lezáratlan ügye. A közös határfolyó elterelésének kivitelezését az tette lehetővé, hogy a második világháborút lezáró békeszerződések során a győztesek még további területeket követeltek Magyarországtól. 1947-ben az ún. *Pozsonyi-hídfő* három falujának átadására kényszerítették Magyarországot (Oroszvár, Horvátjársfalva, Dunacsúny), ez pedig a Pozsony alatti szakaszon a Duna jobb partjának elvesztését is jelentette. Ennek kései következménye volt, hogy Magyarországnak a projektből történő kihátrálása után a Dunát még szlovák területen el tudták terelni a körtvélyesi tározón keresztül, a már megépült bőszi erőmű felé. (Az Öreg-Duna megkerülése a határfolyó jelleg megszűnéséhez, a vízkormányzás feletti egyoldalú kontroll *a Szigetköz kiszáradását* és a *felszín alatti vízbázis sérülését* vetítette előre^{41,42}.) A felek megegyezés hiányában végül a Hágai Nemzetközi Bírósághoz fordultak. Az eredmény ismert⁴³, a két elmarasztalt fél vízmegosztási tárgyalásai pedig megfeneklettek. Szlovákia továbbra is egyoldalúan határozza meg az átadott vízmennyiséget, sőt 2001 januárjában deklarálta, hogy sohasem lesz lehetőség a víztömeg 50%-ának átadására, mert az a C-variáns hidrológiai modelljének összeomlásához vezetne.

A projekt rövidtávú hatásait már ma is látjuk a Szigetközben, de hosszabb távú hatásaival is rövidesen szembesülnünk kell. Ki tehát az ügy nyertese és vesztese? Nyertesek azok az európai konzorciumok, akik a C-variáns megvalósítását lehetővé tették, és most olcsó – és számukra tiszta – áramban kapják a törlesztést. A vesztes a *magyar Szigetköz*, a felszín alatti *nagy ivóvízbázisunk*, és vesztes a *szlovákiai Csallóköz színmagyar lakossága* is. Ez utóbbiak elszigetelt helyzetének fokozódását szociológiai tanulmányok vizsgálják. A vízminőség romlását pedig majd az idősoros elemzések bizonyíthatják¹⁹.

Kétségtelen, hogy a Kárpát-medence legjelentősebb jelenkori környezeti katasztrófáját^{44,45} egy Nagybányán termelő ausztrál-román ércbányászati vegyesvállalat okozta. 2000 januárjában a bánya 100 ezer m³

tömény cianid-oldattal szennyezte el a Szamos vízgyűjtőjét, majd a Tisza magyarországi szakaszát. Az összes érkezett cianid 105-110 tonnára tehető és a szennyező hullám 70-100 t rezet is hozott. A szennyezés a Tisza és a Szamos planktonjának majdnem teljes kiirtását eredményezte. A legszembetűnőbb következmény azonban az 1241 tonnányi hal pusztulása volt⁴⁶. A vízi élőlények mellett a szárazföldi ökoszisztéma elemei is károsodtak, és néhány természetvédelmi szempontból fontos terület is érintett volt. Így a Hortobágyi Nemzeti Park részét képező Tisza-tó, mely Ramsari terület, és része az UNESCO Ember és Bioszféra programjának. A mérgezett halak elfogyasztása miatt madarak és emlősállatok is nagy számban pusztultak el. Szerencsére az ivóvíz célú vízkivételt időben leállították, így emberi mérgezésekről az érintett településeken nem tudunk. A Tisza vízből kapja például az ivóvízének jelentős részét Debrecen (230 000 fő), a Keleti-főcsatornán keresztül. A főcsatorna torkolatánál (Tiszalök magasságában) veszélyes cianidkoncentrációk voltak mérhetőek, de a zsilipet még a szennyezéshullám megjelenése előtt sikertült lezárni. Így a felszínvíz-tisztítómű a főcsatorna medrében lévő, elegendő mennyiségű szennyezetlen vízből még napokig tudott dolgozni, az újbóli zsilipnyitáig. A folyón lejjebb a Tisza-tó hígító hatása azonban már érvényesült. Ennek ellenére Szolnok felszínvíz-kivételi művének lezárására is szükség volt³.

Két hónap múlva Borsabánya felől egy második szennyezés érkezett, mely 2000. március 11-én érte el az országhatárt. Ekkor a tiszabecsi szelvényen kb. 15 t ólom, 20 t réz és 70 t cink haladt át. Ennek több mint kilenc-tizede lebegő anyaghoz kötött szennyező anyagot jelentett. Még egy – kisebb – szennyező hullám érkezett négy nap múlva. Az üledékelemzések szerint az alapértékekhez képest tízszeres koncentrációnövekedést jeleztek a nehézfémekre nézve. A táplálékhálózaton keresztül ezek felhalmozódásra képesek, hosszú távú biológiai hatásokat okozva⁴⁷, és az ivóvíz-előállítás során is szükség lesz a nyersvíz és a kezelt víz fokozott ellenőrzésre, elsősorban a vízműlaborokban, mert az ÁNTSZ-nél egyszerűen *nincsenek meg a mindennapos ellenőrzés feltételei*.

A cianidkatasztrófa és a nehézfémzennyezés esetében tehát egy *szomszéd ország külföldi tőke segítségével okozott ökológiai és gazdasági károkat*, valamint megengedhetetlen egészségi kockázatot a magyar népesség számára, miközben a gazdasági haszon máshol jelentkezett: az investíció arányában döntően a külföldi cégnél, de részben a román államnál is. Ez nem egyéb, mint a gyarmatosítás és „környe-

zeti igazságtalanság” egy különleges kombinációja: *ökolonializmus*. Egyes tőkés csoportok a posztkommunista országokat új prédának tekintik, és úgy tűnik, erre sajnos minden alapjuk meg is van.

Közben Romániában egy ügyészségi vizsgálat felmentette a jogutód vállalatot és az extrém időjárási viszonyokat tette felelőssé a bekövetkezett tragédiáért annak ellenére, hogy az EU vizsgálóbizottsága egyértelműen kijelentette: az ökológiai katasztrófáért minden felelősség a céget terheli⁴⁸.

A helytelen környezetgazdálkodás lehetséges egészségi kockázatai egy alvízi országban

A mai Magyarországon – a medence- és síkságjelleg miatt – az árvizek és belvizek nagy területeket érintenek. Európában nálunk a legnagyobb az árvizek ellen védett terület aránya. A századvégi adatok szerint területünk 15 %-a, 700 településen 2,5 millió ember lakhelye található az árvízszint alatt. A művelhető területek harmada, a vasutak 32%-a, a közutak 15 %-a található itt, és a GDP 30 %-át is itt termelik meg. Az államilag fenntartott védművek hossza 4220 km, melynek mintegy 60 %-a megfelelőnek tekinthető. Az érintett területek 97 %-át védik az árvizektől. Ez a védekezés igen költséges, ezért az ország erőteljesen érintett a szomszéd államok árvízi és vízügyi politikájától⁴⁹.

1970-ben Szatmárt mosta el a tiszai árhullám, csak mert a román hatóságok a védekezés legegyszerűbb módját választva a gátak átvágásával Magyarország felé terelték a hatalmas víztömeget. Évtizedekkel később, 1998 óta Magyarország újra egyre nagyobb áradásokkal kénytelen szembenézni. A sorozatos árvizek a *Keleti-Kárpátokból* erednek melyek aztán napi 100 millió Ft-ba kerülő készenléti állapotot okoznak, 10-15 ezer önkéntes és a hadsereg valamint a közegészségügy készülségével egyetemben. Például 2001 márciusában a Tisza 36 óra alatt több mint 7 métert emelkedett és az észak-kelet magyarországi szelvényben példa nélküli magasságot ért el a vízszint. A gyenge gátakat elmosta és kb. 1000 épületet öntött el 3 méter magasan, ukrain területen. Magyarországon is – a Tisza és a Túr árhulláma miatt – 20 faluból 11 200 lakos kellett evakuálni. A vészhelyzet ellenére az ukrán hatóságok – abszurd módon – jelentősen hátráltatták a segélyezést^{17,18}.

Az ismétlődő nagy árvizek hátterében több ok állhat. Az átlagos évi középhőmérséklet 1 °C-os emelkedése a Tisza árvízszintjét 1 m-rel emeli meg. Másik lehetséges magyarázat, hogy a Tisza vízgyűjtő területén a megnövekedett vegetáció miatt az üledék a folyó-

medrekben vastagszik. A meder fenékszintje, következésképp a víz szintje is emelkedik. Továbbá az utóbbi években a hóolvadás egyre gyorsabban, hirtelen zajlik le. 2001. március elején pl. mintegy 2 milliárd köbméter hó olvadt el néhány nap alatt. Ráadásul volt olyan nap eközben, amikor 55 mm eső is hullott a teljes vízgyűjtő területén¹⁹.

Az utóbbi évek szélsőséges meteorológiai-klimatológiai körülményei mellett a nagy árvizeknek más okai is vannak. A határon túli vízgyűjtő területek állapota magyarázhatja a sorozatos áradásokat, még ha az erdőirtások és az éghajlatváltozás szerepének számszerűsített aránya kérdésében nem is sikerült konszenzusra jutni a kutatóknak⁵⁰. A megoldás a Kárpátokban folyó erdőművelés hidrológiai és ökológiai hatásainak együttes tanulmányozása és előrejelzése lehetne. E téren olyan kezdeményezésekre van szükség, mint pl. a TRANS-TISA NETWORK program⁵¹.

2007–2008-ban újabb problémák jelentkeztek a Tisza vízgyűjtőjén. Elsősorban Ukrajnából, illegális szeméttlerakókból származó hulladék (elsősorban polietilén-tereftalát-, azaz PET-palackok) jelennek meg időnként nagy tömegben a Tiszán. A palackok ukrán nyelvű feliratai egyértelműen jelzik a forrást, ezt azonban az érintettek vonakodnak elismerni.

A környezeti csapdahelyzetből kivezető útnak sokáig – a kétoldalú kapcsolatok történelmi terheltsége okán is – a közös EU-csatlakozás látszott. Ma már tudjuk, hogy az EU-tagság sem pánacea, nem oldja meg az összes gondot automatikusan, sőt néha újakat generál.

Környezeti expozíciók szilárd részecskékkel: kik az exponáltak?

A humán toxikológiai kutatás során gyakran felmerülő kérdés a *populációs expozíció modellezhetősége*. Ennek eklatáns példáját jelentheti a környezeti partikulum- (különböző morfológiájú szilárdrészecske-) expozíció és genotoxikus ill. rákkeltő hatásainak tanulmányozása. Az ezredvég és az új évszázad kihívása a természetes és mesterséges szilárd részecskék (porok, rostok, műanyag mikroszemcsék, nanotechnológiai termékek) megjelenése, illetve feldúsulása az emberi környezetben. Hogy miben is áll e szilárdfázisú rendszerek genotoxikológiájának filozófiai – és az ebből következő – stratégiai különbségei a tradicionálissal szemben, azt a következőkben taglaljuk.

Először is kérdéses, hogy ez a fajta expozíció ténylegesen fizikai-e vagy inkább kémiai. A szilárd részecskék

viselkedése jelentősen eltér a genotoxikus gáz- vagy folyadékfázisú anyagokétól. Míg *mechanisztikus szinten* a primér genotoxicitás – mely a felületi tulajdonságok és még néhány kapcsolódó tulajdonság következménye – fagocitózisra képes tenyésztett sejteken (azaz *in vitro*) vizsgálható, a másodlagos genotoxicitás (pl. a reaktív oxigénformák [ROS] permanens keletkezése a gyulladásokból) *in vivo* vizsgálatot igényel⁵². A genotoxikus kémiai anyagok közvetlenül vagy közvetve hathatnak a DNS-re. A részecskék esetében viszont már a sejtbe jutás sem egyszerű. Míg a kémiai anyagok a klasszikus toxikokinetikát követik, ez a partikulumok esetében egyéb tényezőktől is függ (depozíció, clearance, telítődés, perzisztencia és hasonló). Talán a *hordozófunkciót* tekinthetjük a legfontosabbnak, mert a felületen megkötött és szállított kémiai anyagok jelentőségét nem lehet eléggé hangsúlyozni. A részecske-genotoxicitási vizsgálatok – stratégiaileg – négy csoportba sorolhatók: (i) kémiai-biokémiai, (ii) *in vitro* biológiai, (iii) állatkísérletes és (iv) humán biomarkervizsgálatok. A fájóan hiányzó „v.” csoport a populációs vizsgálatok szintje lenne. Az ilyen vizsgálatok célja a csak csoportszinten értelmezhető (aggregált, emergens) jellemzők, sztochasztikus hatások következményeinek kutatása.

Ma már többé-kevésbé ismerjük a szemcsés és rostos partikulumok primér genotoxicitásának lehetséges mechanizmusait. A belső kémiai tulajdonságok, a lehetséges szennyezők, a felületi sajátságok, a méreteloszlás és a kristályszerkezet a fő determinánsok, de néhány esetben az extrahálható kémiai anyagok jelentősen módosíthatják a várható hatást^{52,53}. Mint látni fogjuk, más-más mechanizmusok és tulajdonságok dominálnak a különböző expozíciókban, és ez *eltérő populációs szintű konzekvenciákhoz* vezet.

A humán populációt érő expozíció modellezése az azbesztrostok környezeti toxicitásának példáján

A témában közölt publikációinkban a következőket kívántuk bizonyítani: (i) A teljes humán populációt érő (környezeti) expozíciót más expozíciós úttal lehet jellemezni, mint a munkahelyi expozíciót. (ii) Ennek az expozíciós útnak a jelentősége populációs toxikológiai szempontból lényegesen nagyobb. (iii) Az eltérő expozíciós út miatt a következményes válaszreakció is eltérő. (iv) A rostok eltérő forrása más típusú adszorbeált anyagok transzportját jelenti, de annak mechanizmusa közös, és ezek a kémiai anyagok így koncentráltan jutnak el a célsejtekhez.

Inhaláció vs. lenyelt rostok. A részpopulációk eltérő expozíciós útjai

Az azbesztek hidratált szilikátokból felépülő ásványi rostok. Két osztályukat különítjük el. A *serpentinosz-tály* egyetlen képviselője a krizotil, vagy fehérzbeszt. Az *amfibolosztály* képviselői: az aktinolit, amozit, antofillit, tremolit és a krokidolit (kékzbeszt).

Az azbeszt minden felhasznált (kereskedelmi, ún. „kommerciális”) formája bizonyítottan karcinogén hatású belélegezve, emberben⁵⁴. A hatásmechanizmus tanulmányozása során azonban csak a bronchuskarcinóma volt egyszerűen magyarázható, mégpedig az *aerodinamikai átmérő* ma már általánosan használt fogalmának bevezetésével⁵³. Ez magyarázatot adott a hosszabb rostok alveoláris megjelenésére, azonban a mellhártya és főleg a hashártya mezoteliómájára (= mezotélisejtek malignus burjánzása) nem. Mivel az epidemiológiai vizsgálatok rámutattak a dohányzás–azbesztexpozíció–tüdőrák közötti szoros kapcsolatra, a felületen megkötött kémiai karcinogének kerültek a megfigyelések középpontjába. De továbbra sem volt magyarázható a daganatok – tüdőtől eltérő – sokféle egyéb lokalizációja.

A XX. század közepe óta környezeti szennyezést jelentő rostok azbesztrostok ismert inhalációs karcinogének, de *a rostok jelentős belégzésével járó helyzet csak munkahelyi expozíciók során* alakulhat ki. A laboratóriumi kísérletek során szinte kizárólag ún. UICC standard azbesztrostokat használnak. Ezek homogén eloszlású, nagyon rövid (respirábilis) rostok, a bányászott azbesztek őrlésével előállított kísérleti minták, melyek méreteloszlása jól definiált⁵⁵. Előállításukkal az volt a cél, hogy a laboratóriumi vizsgálatok során mindenütt ezeket használják, így az eredmények széles körben összehasonlíthatók legyenek. De hogyan jellemezhetjük *a valós emberi expozíciót*? Az emberek döntő többsége *természetesen nem azbesztmunkás*. Expozíciójuk más természetű: ha érintkezhetnek is a rostokkal, azok – több okból is – leginkább lenyelésre kerülnek. A környezeti expozíciót okozó azbesztrostok méreteloszlása jelentősen különbözik az UICC mintákra jellemzőtől. A „kommerciális méretű” rostok jellemzően nem respirábilisak, vagyis a belélegzett rostok sem jutnak el az alveolusokig, hanem az exponáltak felköhögik és lenyelik a felső légutak csillóshámjának működése miatt. Eközben a rostkötegek szét is eshetnek. Ez pedig tovább növeli a rostsámot. (Ilyen forrás pl. az azbesztcementből (eternit) készült tetőfedő palák, szigetelések, fékbetétek, stb. kopása, mállása⁵⁶.) Minthogy tehát az átlagos populációra leginkább a

rostok lenyelése jellemző, így *hipotézisünk szerint az orálist (pontosabban gasztrointesztinálist)* tekinthetjük fontosabb expozíciós útnak⁵⁷.

Membránszűréses levegő-mintavétellel, fáziskontrollált-mikroszkópos analízissel azbesztrostok kimutatását végeztük el több hazai helyszínen, különböző típusú mintavételi helyeken (főközlekedési út, csomópont, épületbelső, ipari övezet). Azbesztrostok mérhető mennyiségben mintavételi helyeink közül leginkább a 4. sz. főút nagyvárosi átvezető szakaszán voltak kimutathatók, és feltehetően a kelet-európai gyártmányú kamionok és buszok fékbetéteiből származtak. Az azbesztrostok felületükön adszorbeálhatják és dűsíthetik a rákkeltő légszennyezőket (pl. a közlekedési eredetű nitroaréneket), melyek így nagyobb dózisban juthatnak be az emberi szervezetbe.

Szociális helyzet determinálta a 2000-2002 közötti krokidolítexpozíciót egy kőbányai (Bp.) lakóterületen. Az 1999 karácsonyan leégett *Budapest Sportcsarnok* azbeszttel szennyezett törmeléke éveken keresztül szennyezte a lerakásra kijelölt MÁV-telep közeli leszakadó településrész levegőjét kiporzás következtében. A mintegy 150-200 m³ krokidolittartalmú törmeléket csak 2002-ben szállították el az aszódi veszélyeshulladék-tárolóba. A populációt ért expozíció hatásai csak sok évvel később fognak megmutatkozni, és ezek közül is csak a mezoteliómákat lehet majd igazoltan a krokidolítexpozíció számlájára írni. A többi daganatlokalizáció esetében az incidenciák emelkedése esetén sem lesz egzakt bizonyíték az azbeszt szerepére. Ez az eset is eklatáns példáját nyújtja *a szociális (lakóhely-) alapú környezeti igazságtalanságnak*¹². És mint azóta kiderült, a helyzet nem egyedi.

De állíthatjuk-e, hogy az orális expozíció elsődlegességét hangsúlyozó hipotézisünk általános érvényű, minden kulturális közegben és minden időben megállja a helyét? A belélegzett, majd a csillóshám által a garatba juttatott partikulumok nyállal történő lenyelése konvencionális a zsidó–keresztény kultúrkörben. (De ez sem volt mindig így. A „közízlés” fejlődésével eltűntek pl. még a hatvanas években, a közösségi terekben nálunk is elhelyezett köpöcsészék, vagy a köpködést tiltó feliratok.) Más társadalmakban *a köpet* a mai napig is *egy teljes mértékben tolerálható* emberi exkrétumnak számít (lásd pl. bételragás közben gyakori sárgásvörös köpet ürítését egyes ázsiai népeknél). Ezért az ásványirost-kutatásnak és különösen a humán toxikológiai kockázatbecslésnek figyelembe kell vennie a *populációk szociokulturális sajátosságait*, hogy elkerüljük az esetleges markáns tévedéseket *a valós expozíciós utakat* illetően.

A tényleges expozíciós út modellezése kísérletekben

A tényleges expozíciós utakat akkor is figyelembe kell venni, ha célunk a hatásmechanizmus vizsgálata kísérleti körülmények között, de különösen, ha deklarált végső célunk a populációs szintű kockázatbecslés. E terület kutatásainak jelentős része *in vitro* rendszereket, könnyen hozzáférhető sejttípusokat alkalmaz. Sajnos a leggyakrabban alkalmazott sejtek nem célsejtjei az azbeszt toxikus hatásának. Az *in vivo* rendszerekben a belégzési utat intratracheális kezeléssel modellezzük. A belégzés valóban lehetséges expozíciós út az azbesztmunkások és családtagjaik esetében, ez a tény azonban erősen korlátozná az exponáltak számát.

Elsődleges probléma a vizsgált rostok (rostkötegek) mérete. A laboratóriumi vizsgálatokban preparált, respirábilis UICC rostokat használnak, a környezeti expozíció pedig főként „kereskedelmi” méretű rostokat jelent. Egyrészt ez utóbbiak többnyire a jóval nagyobb méretű rostok és rostkötegek, továbbá az inhalált rostok később szintén lenyelésre kerülnek. Fő expozíciós útnak ezek alapján is az orális utat (lenyelés) tekinthetjük, mert ez a teljes populációt érinti. Így az ásványi rostok kutatása és különösen a kockázatbecslés során nem szabad figyelmen kívül hagyni ezt a megközelítést, mert az téves következtetésekre vezethet. A kérdéskör különböző aspektusait, és az állítás bizonyítását az alábbiakban foglaljuk össze⁵⁷.

Az irodalomra ma jellemző klasszikus megközelítés egyszerűen nem vesz tudomást az orális expozíció létezéséről, fontosságáról és veszélyeiről, azaz a populációs szintű toxikológiai gondolkodást teljességgel negligálja. A kutatások célja a toxikológiai kockázatbecslés, azonban *ad hoc* jellegű kísérletekre azt nem lehet alapozni.

Az azbesztrostok inhalációját általában tracheán keresztüli instillációval (fecskendős beporlasztás) szokták modellezni. Ez természetesen elég távol van a valós belégzéstől, de kétségtelenül a légutakba juttatja a rostokat⁵⁸. De hogyan modellezhető pl. a mezotelióma kialakulása és a valós expozíció egyben?

SCHÜRKES és mtsai⁵⁹ állatkísérletben a nagy csepleszt (*omentum maius*) vizsgálták kroidolit rostok ip. injektálását követően. Ilyen expozíció viszont a valóságban nem léphet fel. Ha viszont orális expozíciót alkalmazunk (gyomorszondában bejuttatva a rostokat),

a rostok a tápcsatornát elhagyva, a bélfalat penetrálva eljutnak a csepleszhez. Ez a folyamat régtől fogva ismert, elektronmikroszkópos vizsgálatok támasztják alá^{54,56,60}. Az omentum sejtjein elvégzett üstökös-elektrofotrézissal (comet assay) a DNS-károsodást pontosan ki lehet mutatni orális (gyomorszondás) kezelés után, ahogy azt tettük egy korábbi tanulmányunkban⁶¹.

Az azbesztrostok környezeti eredetű szennyezőanyagokat képesek a felületükön megkötni. A benz[*a*]pirén (BaP) a vizsgálatokhoz egy megfelelő modellvegyület lehet (lásd dohányfüst). Az adszorpciós kapacitásban azonban jelentős különbségek vannak az egyes azbesztfajták között^{62,63}. Fontos azonban, hogy nem egyszerűen kombinált expozícióról van szó ez esetben. Az eredmények csak akkor lehetnek validak, ha a roston végbement adszorpciót bizonyítjuk, analitikai (pl. hplc-) vizsgálatokkal. A két komponens szimultán adagolása ezt a helyzetet nem modellezi, és helytelen következtetésekre vezethet (lásd⁶⁴).

Egy másik probléma az UICC-rostokat alkalmazó laboratóriumi kísérletek és a biomonitor-vizsgálatok harmonizációja, mert a környezeti expozíciókban (és részben a munkahelyi expozíciókban is) a kommersz méretű rostok vesznek részt. A toxikológiai kockázatbecsléséhez ezt figyelembe kell vennünk. Nem véletlen, hogy olyan eredmények is születtek⁶⁵, melyeket a szerzők nem tudtak értelmezni: az exponált csoport perifériás limfocitáin vizsgált különböző genotoxikológiai és citogenetikai eltérések gyakorisága szoros korrelációt mutatott a munkahelyi azbesztexpozíció mértékével. (De a kőzetgyapot pl. negatívnak bizonyult ugyanebben a vizsgálatban.)

Jól ismert tény, hogy a limfociták nem célsejtjei az azbeszt biológiai hatásainak, tehát a lehetséges magyarázatot a rostok felületén megkötött, majd leoldódó anyagok adhatják meg. FASY⁶⁶ frappáns magyarázata szerint: a pontmutációkat kiváltó vegyület (pl. BaP) hatékonyságát szinergens módon növeli az elsősorban deléciókat okozó hordozó, az azbesztrost. Ezt a feltevést támasztják alá saját kísérleti eredményeink is.

Összefoglalva: a kommersz méretű azbesztrostok többnyire nem respirábilisak, és az elsődlegesen a légutakba jutott rostok a csillóshám működése következtében később lenyelésre kerülnek. A teljes populációt tehát ez az expozíciós út érinti, vagyis az orális

(tápcsatorna-) expozíció tekinthető elsődlegesnek. Ez pedig azzal jár, hogy *populációs szinten más jellegű következményekkel* kell számolnunk, mint az az irodalomban dogmaként megjelenik (bronchuskarcinóma, vagy a pleura mezoteliómája). Ennek alapja, hogy az eltérő expozíciós utak eltérő hatásokat válthatnak ki. Ezt bizonyítják alábbi vizsgálataink^{67,68}.

A környezeti karcinogén 1-nitropirén (1-NP) in vivo genotoxicitását és az azbesztek ezt potenciálisan módosító hatását vizsgáltuk patkányokban, 30 mmol/ttkg dózis egyszeri orális (p.o.) illetve intraperitoneális (i.p.) adagolása után. Az állatoktól gyűjtött vizelet mutagenitását *Salmonella typhimurium* TA 98 és 100-as törzseivel teszteltük. A vizelet mutagenitási mintázata teljesen eltért a kétféle expozíció esetében. Az első 24 órás vizeletmintákban kereteltolós mutagén(ek)et mutattunk ki, de csak a vizeletminták enzimatisus dekonjugációját követően. Bázispár-szubsztitúció típusú mutagenitást csak az i.p. kezelt csoport vizelete jelzett. Minthogy a környezeti azbesztexpozíció karcinogén hatását nagymértékben fokozzák a rostok felületén megkötött arénmolekulák, az ismertetett in vivo modell lehetőséget nyújt a rosthoz kötött nitroarének tanulmányozására is. Minthogy a „kereskedelmi méretű”, belégzett azbesztrostok döntő mértékben nem érik el az alveolusokat, végül lenyelésre kerülnek, és a rostok felületén policiklusos aromás molekulák nagy számban lehetnek jelen. Így mindkét anyagcsoport kockázatbecslésekor figyelembe kell venni az eltérő toxikokinetikát.

Fontos kérdés, *a különböző expozíciós utak és az exponált populációban fellépő daganatok* – a túlélési esély szempontjából döntő fontosságú – *lokalizációja* közötti összefüggés. Ha feltételezzük a rostok orális expozícióját, és ismert a penetráció jelensége a bél-falon át, akkor tápcsatorna-, ill. hasüregi daganatokra számíthatunk. Azonban, nem mindegy, hogy ehhez valóban el kell-e érni a rostoknak a célszövetet, vagy esetleg más, lényegesen bonyolultabb, esetleg egymásra épülő (kaszád-) mechanizmusok működnek a háttérben.

Mezoteliómát okozó rostok (pl. azbeszt) hatásmechanizmusának vizsgálatára dolgoztunk ki állatmodell⁶⁷. Patkányok nagy májleibenének *peritoneum*-borítékába keményszelatin-kapszulában különböző fajtájú, kémiailag tiszta, ill. *1-nitropirénnel* preparált azbesztrostokat ültettünk be. Egyéves (krónikus) kísérleteink végén boncolás, makroszkópos és szövettani

vizsgálatok történtek. Kísérleteink eredményei szerint, minthogy sem a szerpentin, sem az amfibolazbesztek nem okoztak mezoteliómát az egyéves expozíciós idő alatt, annak kialakulásában tehát nem a közvetlen fizikai kontaktust kell keresnünk a mezoteliósejtek és a rostok között, hanem egyéb, áttételesebb mechanizmusokat.

Azbesztrostok a vezetékes ivóvízben: egy speciális expozíció

Az 1970-80-as évektől a figyelem egy kis időre a lenyelt azbesztrostok felé fordult, mikor kiderült, hogy egyes azbeszttel szennyezett ivóvizet fogyasztó populációkban daganatincidencia-növekedés észlelhető, elsősorban Észak-Amerikában. A tumorok, melyeknek incidenciája és mortalitása – néhány tanulmányban, de *korántsem mindben* – összefüggést mutatott a vízvezetékben mérhető azbesztkoncentrációval, az *emésztőrendszer*, a *tüdőket*, a *hashártyát* (és a *retroperitoneumot*), a *pleurát*, a *prostatát*, a *veséket*, az *agyat* és a *pajzsmirigyet* érintették^{54,69}. Korábban már bizonyítottuk az azbesztrostok jelenlétét az ivóvízben Magyarországon is^{3,70}.

Hazai viszonyok között azonban kizárólag az azbesztcement (AC, „eternit”) csövek falából az *ivóvízbe mosódó rostok* jelenthetnek reális veszélyt. Ehhez azonban speciális kémiai körülmények kelljenek (lágú és savas pH-jú víz, ún. agresszív széndioxid jelenléte). Fontos megemlíteni, hogy ezeket a csöveket elsősorban éppen olyan helyeken használják, ahol az acél vagy vascsövek esetében korróziós problémák jelentkeztek az agresszív széndioxid jelenléte miatt⁶⁰.

Az ivóvízben jelenlévő azbesztrostok higiénés jelentősége még ma sem teljesen tisztázott^{57,71}, de mint ismert környezeti karcinogének, esetleges jelenlétük az ivóvízben mindenképpen figyelmet érdemel. Genotoxikus hatásuk nem bizonyított, viszont szinergens hatást fejthetnek ki a policiklusos aromás szénhidrogének, illetve az ivóvizek egyéb szerves szennyezői által kiváltott muta- és karcinogenezisben. Ennek számos módja képzelhető el, pl. a szerves anyagoknak a nagy fajlagos felület rostokon történő megkötődése és feldúsulása, a sejthártyára gyakorolt hatás, a membránon való átjutás elősegítése, vagy a vegyületek karcinogén anyagokká történő átalakításáért felelős enzimek indukciója⁷¹.

A tápcsatornába kerülő azbesztrostok az állatkísérletek szerint a vékonybél falán keresztül gyorsan penetrálnak, hamar megjelennek a nyirokban, a vérkeringésben, és sokáig kimutathatók különböző szer-

vekben és testfolyadékokban^{54,60}. Az emberi boncolások a cseplesz erős akkumulációs hajlamára hívják fel a figyelmet, a rostok tartós jelenléte pedig hashártyadaganatok kialakulásához vezethet. Az *állatkísérletek mégsem jeleznek daganatkeltő hatást* még folyamatos, nagydózisú azbesztetetés mellett sem^{54,57,71}.

A kutatások paradoxona, hogy míg az inhalált rostok karcinogenitásban nagy szerepet tulajdonítanak a környezetből (pl. dohányfüstből) adszorbeált anyagoknak, a tápcsatornába került rostok esetében rajtunk kívül senki nem vizsgálta a felületen megkötött szerves vegyületek lehetséges hatását. Ez azért lenne elengedhetetlen, mert köztudott, hogy a kezelt ivóvizek jelentős mennyiségben tartalmaznak szerves mikroszennyező vegyületeket, melyek közül számosan biológiailag aktívnak (genotoxikusnak, mutagénnek és/vagy állatban karcinogénnek) bizonyultak^{3,72,73,74}. Az ivóvíz eredetű azbesztexpozícióval foglalkozó epidemiológiai tanulmányok azonban nem szenteltek figyelmet a szerves mikroszennyezőknek, pedig a mennyiségükben és összetételükben rejlő különbségek magyarázattal szolgálhatnának az ellentmondó végeredményekre⁷¹.

Amennyiben hasonló adszorpciós hajlam áll fenn az azbesztrostok és az egyéb vízmikroszennyezők között, mint az ismert a *políciklusos szénhidrogének* esetében⁵⁴, akkor az analógia kézenfekvő. Ha nem is állnak rendelkezésre az ivóvíz eredetű azbeszt és klórozási melléktermékek együttes hatását vizsgáló epidemiológiai tanulmányok, az állatkísérletekben talált kogenotoxikus hatás más – az ivóvízben jellemzőbben, nagyobb koncentrációban vagy nagyobb biológiai aktivitással jelenlévő – vegyületek esetében ugyanígy felléphet a rostkoncentráció és az adszorpciós kapacitás függvényében. E tekintetben elsődleges fontosságot kell tulajdonítanunk a pl. a humusztartalmú természetes vizek fertőtlenítéskor keletkező *klórozott furanonszármazékoknak*, melyek között van *IARC 2B kategóriás karcinogén* is⁷⁴. E vegyületekkel kapcsolatban éppen ezért minél előbb kísérletes bizonyítékokhoz kell jutnunk. Habár mindössze néhány tíz ng/l-es nagyságrendben vannak jelen, jelentősen járulnak hozzá a csapvizek mutagenitásához. A huminanyagokkal terhelt felszíni és főleg mélységi vízből előállított ivóvíz földrajzilag behatárolható népeiségeket érint (pl. Finnországban, vagy az USA-ban^{75,76}). Magyarországon pedig a Dél-Alföld lehet érintett, mert ott a mélységi kutak huminsavas vizet szolgáltatnak, így a klórozáskor keletkezhetnek nagyobb mennyiségben furanonszármazékok is³.

Korábban egyszerű *hplc*-vizsgálatokkal már bizonyítottuk, hogy az amfibol rostok (antofillit és krokidolit) vizes közegből is képesek a políciklusos aromás szénhidrogén modellvegyület – a benz[*a*]pirén – megkötésére⁶², és bizonyítottuk az így kezelt rostok korai genotoxikus hatásait patkányok csontvelejében, gyomorszondával végzett (orális) expozíció során^{62,63}. A kémiailag tiszta, kezeletlen UICC rostok nem voltak hatásosak. A kezelt állatok szérumból és vizeletéből viszont nem tudunk mutagén hatást kimutatni Ames-tesztben^{77,78}. Ez pedig azt bizonyítja, hogy a rostokon szállított vegyületek áttételes hatásokon keresztül okozhatnak daganatot, mégpedig a *populációnak az arra metabolizmusa miatt érzékeny (fogékony) részében*.

Ha ma még nem is lehet közvetlen kockázatbecslést végezni a tápcsatornába került azbesztrostok daganatkeltő hatásával kapcsolatban, tekintélyes mennyiségű adat gyűlt össze mind a kísérletes kutatás, mind az epidemiológia területéről. Igaz, hogy az állatkísérletek nem bizonyították a tumorok kialakulását, az epidemiológiai vizsgálatok szerint az ivóvíz eredetű azbesztrostok fokozhatják a rákkockázatot. Napi 2 liter ivóvíz fogyasztását feltételezve Észak-Amerikában ez kb. 10 µR. Ha kísérletes eredményeinkből kiindulva és az azbeszt környezeti ciklusát figyelembe véve az *azbesztexpozíció szupraindividuális következményeit* akarjuk számba venni, akkor a következőket kell feltételeznünk.

Miután a környezeti expozíciót okozó rostok mérete azt valószínűsíti, hogy a *fő expozíciós út az orális* (lenyelés), így a rostok a tápcsatornába kerülnek. A fenti állítás *a teljes populációt* érő környezeti (nem munkahelyi) eredetű expozícióra igaz. A belélegzett, respirációs rostokkal ellentétben a közvetlen kontaktus a szövetek és a rostok között nem szükséges a daganatkeletkezéshez.

Ezért sokkal lényegesebb populációs toxikológiai szempontból *az azbesztrostok karrierfunkciója* (a felszínükön adszorbeált, feldúsított és elszállított anyagok). Emiatt valószínűleg *sokkal több, és különböző lokalizációjú tumor* lehet az expozíció következménye a populációban.

A környezeti azbesztexpozíció következményeinek *az alábbi részpopulációk* lehetnek fokozottan kitéve (hazai viszonyaink között):

1. Klórozási melléktermékeket tartalmazó, esetleg humuszos, AC csövekben vezetett lágy és enyhén savas pH-jú ivóvizet fogyasztók;
2. Nagy forgalmú, főközlekedési *utak mellett* élők;
3. Azbesztet tartalmazó épületek bontása és a törmelék *lerakóhelye környékén* élők.

A nanoméretű részecskék populációs toxikológiája a szénnanocsövek példáján

Az egyenlőtlen expozíció determinánsai

Ma még a termelés dinamikus bővüléséhez képest relatíve keveset tudunk a nanotechnológia kockázatairól és esetleges késői – környezeti és toxikológiai – hatásairól. Ez a nagyfokú bizonytalanság határozza meg a kormányok, a gyártók, a civil szervezetek és a köz viszonyulását a nanotechnológia szabályozási kérdéseire. Ez épp úgy igaz a fejlett, mint a fejlődő országokra.

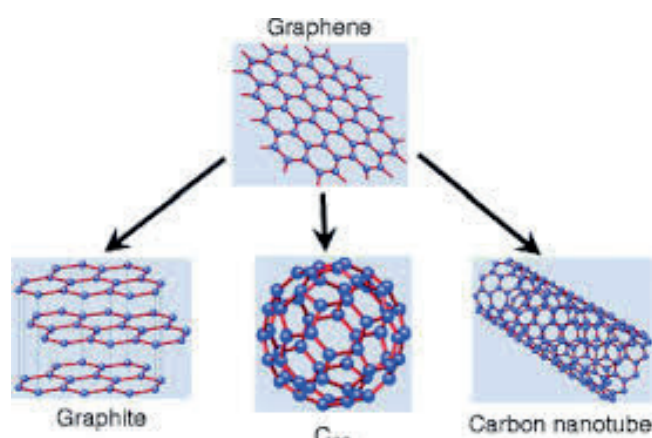
A környezet, ill. az emberi egészség hatékony védelme és a biztonságos munkavégzés a fejlődő országokban számos kedvezőtlen tényező kombinációja miatt szenved hiányt. Ez egyrészt a szabályozás engedékenységére, kijátszhatóságára, másrészt az emberi tényezőre vezethető vissza. Alulképzett alkalmazott ugyanis nem lehet tudatában a valós veszélyeknek (szociális tényező). Ebből is látható, hogy a nanotechnológia előnyei nem egyenlően oszlanak meg. Nemzetközi szinten a technológiai és gazdasági előnyök a fejlett országoknál jelentkeznek, míg a hátrányok leginkább a gyártásban résztvevő fejletlen vagy feltörekvő gazdaságokhoz kötődnek⁷⁹. Itt is tetten érhető tehát a környezeti igazságtalanság egy példája.

A nanorészecskék toxikológiája

A környezettóxicológia jelenlegi legnagyobb kihívását jelentik a nanotechnológiai termékek és nanoméretű részecskék, mert alapvetően más toxikológiai tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a klasszikus méretű porok.

Gyakorlatilag a toxikológia új fejezetét jelenti a nanotoxicológia³³. A mindössze 60 szénatomból álló fullerén előállítását után nem sokkal megkezdődhetett a szénnanocsövek, egyéb fémes és nemfémes elemek és oxidjaik gyártása⁷⁹. A nanoméretű partikulumok maximum néhány ezer molekulából vagy atomból állnak, méretük pedig legalább az egyik irányban 1 és 100 nanométer közé esik. Felszínükhöz viszonyított tömegük extrémén kicsi, azaz fajlagos felületük jelentékeny, akár 50 m²/g is lehet. Vízdékonyságuk többnyire rossz (kivéve néhány fénoxidot). A fullerének, a grafén és a belőlük származtatható szénnanocsövek (1. ábra) vízben kifejezetten rosszul oldódnak, viszont hetero- és homoaggregációs hajlamuk is erőteljes. Jól oldódnak ezzel szemben apoláros oldószerekben⁵². A nanoméretű szilárd részecskék többféle úton keletkezhetnek: természetes módon, célzott előállítással vagy melléktermékként. Széleskörű felhasználásuk

miatt sok embert érhet expozíció belégzéssel, bőrön át, vagy orálisan. A nanoanyagok esetében sokszor alapvető toxikológiai adatok is hiányoznak (pl. NOAEL), ez pedig döntő jelentőségű lenne a kockázatbecslés szempontjából. Minden szervrendszer érintett a reaktív oxigénformák keletkezésében, és ez pl. szív-érrendszeri kockázatonövelő tényező. A mutagenitásra és karcinogenitásra vonatkozó adatok azonban gyakran ellentmondásosak³³. A szénnanocsövek mérettartománya és alakja pl. nagyon hasonló a bronchuskarcinómát és mezoteliómát okozó azbesztrostokéhoz, ill. azok elemi fibrillumaihoz^{80,81}. Ilyen irányú hatást azonban – nem túl meggyőző módon – csak a tanulmányok egy része mutatott ki.



1. ábra A grafénből származtatható nanostruktúrák
A grafit egyedi síkrácsát nevezzük grafénnek. A fulleren 60 szénatomból álló gömbszerű struktúra, míg a nanocső lehet egyfalú (single-walled, SWCNT), vagy állhat több, növekvő átmérőjű csőből (multi-walled, MWCNT) (<http://link.springer.com/>)

A nanotechnológia számos ígérete ellenére természetesen a vele járó kockázati tényezőket is figyelembe kell tehát venni. Fontos lenne egyre nagyobb hangsúlyt helyezni a nanotermekek környezeti és egészségügyi nyomon követésére, hogy kontrollálni tudjuk az előrehaladott technika és az ezzel járó károsító tényezők egyensúlyát. Nem tudjuk még, mivel számolhatunk, ha a talaj, a levegő és az ivóvíz szennyeződik. A szénalapú nanotermekek jelentős környezeti perzisztenciája pl. a C–C kötések nagy energiája miatt (mely nagyobb, mint a gyémánt esetében) az azbesztnél is komolyabb környezeti problémát fog okozni⁷⁹.

A szénnanocsövek három ismert úton kerülhetnek be az állati és emberi szervezetbe: inhalációval, bőrön keresztül, és a tápcsatornán át. Veszélyt jelenthetnek

a mérettartományuk miatt, ill. igen nagy *felület*: *tömeg* arányuk miatt is. Némelyek képesek arra, hogy bekerülve az emberi testbe lerakódjanak különböző szervekben, penetráljanak egyes sejtekbe, és gyulladáshoz vezetnek, mint más, már ismert ultrafinom részecskék, melyekről tudjuk, hogy gyakran toxikusabbak, mint nagyobb méretű rokonaik^{33,82}. Hogy melyek lesznek a ténylegesen veszélyeztetett szubpopulációk, az a felhasználási területek függvénye lesz (gyógyszeripar, kozmetikumok, víztisztítás, élelmiszeripar, stb.).

Egyrészt már maga a mérettartomány is egy kockázati tényezőnek tekinthető, másrészt nagy felülettel rendelkeznek, melyre különböző toxikus anyagok kötődhetnek, ezáltal bekerülve az emberi szervezetbe. A fullerénekről pedig már tudjuk, hogy erősen lipofilek, ebből következően sejtmembránban dúsulnak, redox-aktívak, a keletkező reaktív oxigénradikálok lipid- és protein-peroxidációt okozhatnak⁸³. Némiképp ebben is hasonlítanak az azbesztrostokra⁸⁰.

Szénnanocső-expozíció: környezettoxikológiai adatok

Az egereken, patkányokon végzett állatkísérletek tanúsága szerint az egyfalú szénnanocsővek belégzése idegentest-reakcióra utaló multifokális granulómák alakulnak ki^{80,84}. A tüdő szénnanocső-expozíciója és az érrendszer oxidatív státusza közötti összefüggést is megvizsgálták. A szénnanocsővek tüdőexpozíciója az érrendszerben oxidatív és gyulladáshoz vezet, mely szerepet játszhat az atherogenezisben. Az in vivo és in vitro elvégzett kísérletek azt bizonyítják, hogy a szénnanocsővek tényleges direkt és indirekt oxidatív hatással rendelkeznek, amely feltehetőleg mintegy predisponáló tényezőként jelenik meg az atherogenezisben, mely aztán egyéb – akár letális – kardiovaszkuláris eseményekhez is vezethet⁸⁵. Fontos populációs szintű megfigyelés, hogy a fokozott atherotrombotikus kockázatot hordozó populációk nagyobb érzékenységet mutatnak a nanorészecskék kardiovaszkuláris károsító hatásával szemben⁸².

Habár az adatok többsége a fullerénekre vonatkozik, és a nanocsővekkel kapcsolatban kevesebb genotoxikológiai és karcinogénitási adattal rendelkezünk, e végpontok vizsgálata éppen az egyes specifikus tulajdonságokból következne. Az SWCNT ultrastrukturális és morfológiai elváltozásokat, a sejt integritásának elvesztését, apoptózist és oxidatív stresszt okozott, in vitro⁸⁶. A kapott adatok az sugallják, hogy az SWCNT-expozíció dermális és pulmonális toxicitást okozhat, és

az oxidatív stressz pedig az egyik legfontosabb sejtkárosító mechanizmus⁸². Ahol pedig felmerül az oxidatív stressz lehetősége, ott a genotoxicitás lehetőségét sem hagyhatjuk figyelmen kívül⁷⁹.

Fontos, hogy a klasszikus toxikológiai paraméterek mellett genotoxicitási vizsgálatokat is végezzünk, melyek egyben a karcinogénitáció szempontjából is fontosak lehetnek. Az oxidatív mutagének elsődleges DNS-károsításokat okoznak (szájtörést, oxidált nukleotidokat, DNS-adduktumokat, stb.), melyek aztán a következő osztódás során mutációk keletkezéséhez vezethetnek. Populációgenetikai szempontból a mutáns allélok megjelenése döntő lehet, ha a mutáció ivarsejtben történik. Szomatikus sejtben a mutációk daganatkeletkezéshez vezethetnek. Ha azonban ez reprodukcióban történik, az egyén utódnemző képességét is – több módon – befolyásolhatja, vagyis szintén populációbiológiai jelentőségűnek kell tekintenünk^{82,87,88}.

A szénnanocsővek potenciális genotoxicitása, mutagenitása és karcinogénitása

A nanopartikulumok genotoxicitása és ebből eredő karcinogénitásának egyik útja az ATP-szintézis gátlása, a másik az oxidatív stressz. Így a nanocsővek vagy DNS-szerkezeti/funkcionális eltéréseket hozhatnak létre, vagy a DNS-reparációban okoznak fennakadást⁸².

A genotoxicitási vizsgálatok első lépése jelen esetben is a *Salmonella*/Ames-teszt volt^{80,89}. A nem-konvencionális minták miatt a teszt több változatát is alkalmaztuk (klasszikus lemezinkorporációs, előinkubációs, ill. in vivo vizeletmutagenitás). A két in vitro rendszerben egyértelmű negatív eredményeket kaptunk. Az orálisan kezelt patkányok vizelete sem mutatott mutagenitást a vizsgált körülmények egyikében sem. Mindez igaz volt az SW és az MW típusú szénnanocsővekre is.

Miután a bakteriális tesztben a vizsgálati anyagaink nem bizonyultak mutagénnek, emberi sejteken folytattuk a kutatást. In vitro citogenetikai vizsgálatokat: mikronukleusz-tesztet (MN) és testvérkromatid-kicserélődési (SCE-) analízist végeztünk limfocitákon. Mivel a mikronukleuszok kromoszómális törvégekből vagy számfölötti kromoszómától származhatnak, negatív eredményeink alapján klasztogén és aneugén hatás sem igazolható a vizsgált magas (1 mg/ml) CNT koncentrációknál. Az MN-teszt ugyan negatív eredményre vezetett mindkét nanocsőtípusnál, azonban az SWCNT-kezelés határozott mitózisgátlással járt, amely jól definiálható markáns citotoxikus hatás. Ugyanezt

a hatást az SCE-analízis során is észleltük, ugyanis az osztódási kinetika vizsgálata M1 irányú eltolódást jelzett, mely olyan fokú volt, hogy az SCE-analízist lehetetlenné tette. Ehhez ugyanis M2, azaz második metafázisban lévő osztódó sejtek kellene. Az 1 mg/ml MWCNT-vel (mely nem mutatott citotoxicitást) végzett SCE-analízis pedig negatív eredménnyel zárult.

Igen fontos végpont lehet a karcinogenitás, nevezetesen a mezotelióma-indukció, minthogy a szénnanocsövek az azbesztrostokhoz alakban és méretben is hasonlítanak. Ma még csak annyit mondhatunk, hogy a CNT-expozíció *biztosan* kapcsolatban van a *tüdőfibrozissal* és *feltehetőleg az emelkedett rákkockázattal*⁸⁵. Ez az emelkedett daganatkockázat azonban nem feltétlenül mezoteliómák létrejöttéből adódik. Sajnos az irodalomban fellelhető kísérletek a legellentmondásosabb eredményekre vezettek⁸². Poland és mtsai⁸¹ 7-napos hasúri expozíciót követően, egerekben kialakuló granulómákat a mezotelióma korai biomarkerének tekintik, holott az emberi léptékben 30-40 év is kell a tumor megjelenéséhez. Másrészt a granulóma egyáltalán nem tekinthető a mezotelióma specifikus előjelének, számos por és xenobiotikum képes kiváltani. Csak azért, mert a granulómákat az azbesztrostok is kiváltják, nem vádolhatjuk a szénnanocsöveket is azbeszttel megegyező patológiával⁸². De az olyan kezelésekkal sem tudunk mit kezdeni környezettoxikológiai szempontból, ahol p53-génkiütött egerekben intraperitoneálisan MWCNT-vel indukáltak mezoteliómát⁹⁰. Ugyanis a p53 inaktivációja az azbesztrostok karcinogenitásban kulcslépés, így szerepük nem is kerülhető meg az in vivo kísérletek során sem. Sakamoto és mtsainak eredménye⁹¹ is meglehetősen, akik – beszámolójuk szerint – herezacskóba egyszer injektált (extrém méretű: 100 x 100-20 000 nm) MWCNT-vel 85,7%-ban (!) váltottak ki mezoteliómát F344 patkányokban, míg ugyanez krokidollal nem sikerült.

Ismert, hogy minél vékonyabbak és hosszabbak az i.p. adott MWCNT-k, annál erősebb az azbeszt által indukálthoz hasonló gyulladási reakció⁸¹. Minthogy a szénnanocsöveknél nincsenek olyan standardok, mint az azbeszteknél az UICC minták, így ez erősen befolyásolja az eredmények összehasonlíthatóságát.

Az irodalomban közölt tanulmányok számos hibáját saját, az azbeszteknél már ismert peritoneum-kontaktexpozíciós modellünk alkalmazásával kívántuk kiküszöbölni⁶⁷. F344 patkányokban a peritoneumból képzett zsebbe ebben az esetben SW- ill. MWCNT-t tartalmazó zselatinkapszulákat ültettünk, illetve 1-NP-vel előkezelt nanocsöveket is hasonlóan

vizsgáltunk meg. 12-hónapos krónikus kísérletünkben azt állapítottuk meg, hogy sem a kémiailag tiszta, sem pedig az 1-NP-vel előkezelt nanocsövek nem okoztak ilyen nagy dózisban, a peritoneum mezoteliómaival közvetlen, hosszú idejű kontaktus során sem mezoteliómát. Ezeknél az állatoknál az egyéves expozíció ekvivalens az embernél 35-40 évvel, amely időtartam az aránylag igen hosszú latenciaidő után kialakuló mezoteliómának is elegendő lenne.

Minthogy az *egészen extrém* vizsgálati körülmények között született eredmények az emberi expozíciók szempontjából *irrelevánsak*, lényeges tisztázni, hogy a lehetséges hatásmechanizmusok tanulmányozása mellett milyen tényleges expozíciós utakat érdemes figyelembe venni. A szénnanocsövek felületi töltésükből fakadó aggregációs hajlama miatt valószínűleg nanométeres nagyságrendjük ellenére a *nanocsövek is, miként az azbesztrostok, végül a tápcsatornába kerülnek*, belégzés után is. A nanocsövek egy része ekkor változatlan formában ürül a széklettel, mások a vékonybél epitelióma között átjutva elérik a keringést⁸². Még feltáratlan, hogy jelenlétük hogyan befolyásolja a bél immunvédelmi képességét, ill. a mikrobiótát. A bél mikrobaközössége – mely igen változatos geográfaiilag, életkor, és táplálkozási szokások szerint is – igen fontos immun- ill. biotranszformációs „szerv”, ezért ennek bármilyen megváltozása komoly megbetegedésekhez vezethet⁹². Hosszan tartó expozíció vagy sérült bőr esetén a CNT-k perkután is bejuthatnak a vérkeringésbe. A vese glomerulusain is átjuthatnak a túszerű nanostruktúrák, így a vizeletből is kimutathatók⁸².

Az orális expozíciót modelleztük következő állatkísérletünkben. Patkányok három különböző – vad típusú – törzséből származó csoportjait (Long-Evans, F344, Wistar) gyomorszondán keresztül, szénnanocsövekkel kezeltünk. Genotoxikológiai végpontként perifériás limfocitáikból sejtszintű *mikrogél-elektroforézissel* (üstökös-assay) az egy- és kétszálás töréseket, mint elsődleges DNS-károsodást vizsgáltuk. Eredményeink egyértelműen a genetikailag eltérő patkánytörzsek eltérő reakcióját mutatják a limfociták oxidatív károsodása (egyszálás és kétszálás DNS törések) szintjén. Korábban bizonyítottuk, hogy a patkánytörzsek között pl. az indukált ROS-termelésben különbségek vannak, úgy a velük szembeni védekezésben (pl. szuperoxid-dizmutáz emelkedett aktivitása) is lehetnek ilyenek⁹³. Ez pedig már jelentősen befolyásolhatja az állatok érzékenységét a szénnanocsövek indirekt genotoxikus hatásaira. Ennek *humán relevanciája* is lehet, nevezetesen az *eltérő genetikai összetételű populá-*

ciók fokozott vagy éppen csökkent sérülékenysége a környezeti nanorészecske-expozícióval szemben. Ennek hátterében enzimaktivitásbeli különbség, vagy eltérő DNS-reparációs kapacitás, de akár a bélfal eltérő átteresztőképessége is lehet.

Kísérletünk nyilvánvalóvá tette, hogy a nanocsövek orális expozíciót követően a bélből bekerülhetnek a keringésbe, vagy legalábbis gyomor-bélrendszerben jelenlévő anyag áttételesen hat a vér alakos elemeire. 24 órán belül már – megfelelően érzékeny módszerrel – hatásuk kimutatható a DNS-száltörések szintjén.

Környezet- és populációs toxikológiai megfontolások a nanocsövek esetében

Minél inertebb biológiailag egy nanoméretű részecske, annál biztonságosabbnak tekinthető populációs toxikológiai szempontból. A magas *antioxidáns* és *DNS-reparációs kapacitással* rendelkező populációk toleránsabbak a nanotoxicitással szemben. Ezek döntően a *fiziológiai állapottól*, ill. a *genetikai háttértől* függnnek. A *szociális tényezők* viszont jelentős szerepet kapnak a fiziológiai állapot szintjének meghatározásában. Az oxidatív károsodás mérésével (oxidált DNS, -lipidek) biomarkerekhez juthatunk az oxidatív stresszt okozó anyagokkal exponált populációkban (légszennyezők, lenyelt rostok, nanotermékek). Bőrirritációt írtak le gyulladáshoz vezető reakción és ROS-fel szabaduláson keresztül mindkét szénnanocső-alaptípus esetében⁸², így *emberi bőrön* nanocsövet tartalmazó termékek használata is erősen megfontolandó.

Mindezt összegezve mely részpopulációkat érhet nagyobb expozíció és melyek lehetnek erre fokozottan érzékenyek?

- A nanotechnológiai *termékek gyártói* belélegezve, ill. bőrön át exponálódhatnak. Megfelelő védőruházattal ez kiküszöbölhető, azonban ennek használata erősen függ a munkások percepciójától, értelmi szintjétől (iskolázottság = *szociális tényező!*). Végső soron valószínűleg elkerülhetetlen a szénnanocsövek belégzése, amely a légutakban az aggregáció miatt olyan méretűvé válik, melynek nagy része azután a csillóshám segítségével a garatba, majd a tápcsatornába kerül. Mindez függ a védőruházat használatától.
- A bőr expozíciója esetén a sérült, erodálódott bőrrétek dermális abszorpciója megnő, így a *dermális toxicitásra* is megnő az esély.
- Az abnormális, sérülékeny vagy megbomlott egyensúlyú *bélflórával* (mikrobiótával) rendelkezők tápcsatornájából megnő a nanostruktúrák keringésbe

jutásának esélye. A bélflóra mikroba-összetételének életkori, táplálkozási és földrajzi különbségei ismertek, laboratóriumi vizsgálatok alkalmazásával kiválaszthatók a fokozott kockázatú populációk. (Az előnyös mikrobiom ma már akár visszaállítható.)

- Az állatkísérletek szerint a genetikai háttér is nagyban befolyásolja a nanocsövek vérkeringésbe jutását, ill. a vizelettel történő ürítést. Emberi populációkban még várat magára (a GST-polimorfizmusokon kívül) az expozícióra *hátrányosan reagáló egyéb genotípusok* azonosítása. Az oxidatív DNS-károsodások reparációjának csökkent szintjét hordozó genetikai polimorfizmusok minden bizonnyal ilyenek lehetnek.
- Bizonyos táplálkozási szokások (antioxidánsok bevétele) nagyban befolyásolják az oxidatív károsodások létrejöttét. A táplálkozás minősége *gazdasági-szociális* tényező. A gazdaságilag leszakadó társadalmi csoportok „minőségi éhezése” csökkent antioxidáns-bevitellel is együtt jár.

Nem indokolt tehát a nanotoxikológiai kutatásoknak az a főcsoportja, mely szerint a belégzett és tüdőbe jutó nanorészecskék jelentenek a legfőbb expozíciót. Pedig a szénnanocsövek kutatása ma elsősorban az inhaláció hatásaival foglalkozik, mely tkp. az *azbeszt-kutatás dogmáinak továbbélését* jelenti. Így nem is meglepő, hogy elsődleges fontosságot tulajdonítanak a nanocsövek hosszúságának, és ezt a CNT-k kockázatának megállapításához is kizárólagosan akarják alkalmazni. Azonban a nanocsövek új felhasználási területe pl. a védőoltások hatékonyságának növelése, mely parenterális expozíciót jelent, ráadásul elsősorban gyermekek körében⁹⁴. Gyermekek expozíciója esetén pedig egy újabb 10-es bizonytalansági tényezőt kellene alkalmazni, vagyis 10-ed részére kell az eredetileg kalkulált egészségügyi határértéket csökkenteni⁹. A mai napig rajtunk kívül igen kevesen tanulmányozták a gyomor-bélrendszeri abszorpció hatásait. Pedig a 200 m²-es felületű nyálkahártya jelentős felszívódási esélyt jelent, tekintve, hogy a nanorészecskék jelen vannak az ételmiszerben (adalékként, vagy szennyezésként a csomagolóanyagokból, konyhai eszközökből), vízszennyezőként, gyógyszerekben, fogászati implantátumokban, stb.⁹⁵.

Konklúzióként azt is kijelenthetjük, hogy a szilárd-részecske- (partikulum-) expozíciók populációs hatásainak kísérletes vizsgálatánál kizárólag *a valós emberi expozíciós helyzeteket* kell figyelembe vennünk. Emellett a kapott eredmények etikus kezelése igen fontos. Poland és mtsai⁸¹ már említett 2008-as, mindössze

néhány napos vizsgálatuk eredményeit egy médiakampányra használták fel, mely mezoteliómák előidézésével vádolta meg a szénnanocsöveket⁵². Ez az állítás viszont a mai napig sem tekinthető bizonyítottnak.

Geológiai eredetű vizek, mint környezeti expozíciók

A következő fejezetben ásvány- és termálvizek (gyógyvizek) fogyasztása, ill. használata (fürdés) által közvetített toxikus expozíciókat vizsgálunk populációs szempontból.

Lehetséges toxikus expozíciók palackozott (ásvány-) vizek fogyasztásakor

A palackozott vizek populációs toxikológiai jelentősége abban áll, hogy ma már – feltételezésünk szerint, mert szociológiai kutatások nem állnak rendelkezésre – a legszegényebbek kivételével a népesség szinte minden rétege ezeket fogyasztja ivás céljából, nem pedig a csapvizet. Ez a tény pedig a víztoxikológiában is paradigmaváltást követel. Elterjedt, de téves nézet, hogy a palackozott vizek (Közép-Európában ez döntő többségében természetes ásványvizet jelent), biztonságosabbak és egészségesebbek a csapvíznél. A klór és egyéb fertőtlenítőszeres melléktermékképzése – az ivóvízkezelés során, ill. a hálózatban – jól ismert^{72,73,74}. A palackozott vizek esetében azonban hetekig-hónapok telhetnek el palackozásuk és elfogyasztásuk között. Ez alatt a különböző (kedvezőtlen, vagy akár extrém) tárolási körülmények jelentősen ronthatják a víz minőségét. Mikrobiológiai szempontból pedig – tekintve, hogy tartós fertőtlenítő hatású szer (pl. klór) alkalmazása a palackozott vizek esetében tilos^{96,97} – a palackozott víz *ab ovo* nem lehet jobb minőségű a korrekt módon fertőtlenített csapvíznél.

Az ásványvizek fogyasztásának ma konjunktúráját éljük. Magyarországon az 1970-es évek jelentéktelen ásványvíz-fogyasztását feltornászta a németországi-ausztriai 110 l/fő/év-es szintre. A statisztikák azonban *jelentősen torzíthatják a tényeket*: a népességen belüli megoszlásban nagy különbségek lehetnek, nevezetesen nyugaton a megoszlás feltehetően lényegesen homogénebb. A hazai szélsőséges SES-különbségek miatt ugyanis (a TÁRKI adatai szerint) *a fogyasztásukban depriváltak aránya 37%*. Valószínűsíthető, hogy ezek a háztartások ivóvízként *a sokkal olcsóbb csapvizet* fogyasztják, vagy még azt sem tudják megfizetni, és így nem biztonságos *kutak vizét* isszák. (Magyarországon

1 millió ember mélyszegénységben él, akik a közüzemi díjakat sem képesek fizetni!) Következésképp, a többiek viszont ásványvízből *a statisztikai átlagnál jóval többet* fogyaszthatnak.

A toxikológiai szempontból orális expozíciót (és gyomor-bélrendszeri abszorpciót) jelentő ásványvizekre is igaz lehet az, ami termálvizekre, hogy a szervesanyag-frakció jelenléte nagyban befolyásolhatja az oldódási, ill. felszívódási viszonyokat⁹⁸. Erre vonatkozóan igen kevés adat áll rendelkezésre. Fontos azonban megemlíteni, hogy legalább annyi káros (toxikus) mikroszennyező szerves anyag található az ásványvizekben, mint a vezetékes csapvízben³. Míg az utóbbiaknál a klórozási melléktermékek jelenléte aggályos, az ásványvizek esetében a mélységben – természetes szintézissel – keletkező és így autochtonnak tekinthető vegyületek (pl. az aromás, ún. BTEX-ek: benzol, toluol, etilbenzol és xilol) említendő⁹⁹.

Egy másik megfontolandó veszély a vizek palackozásánál lép fel. A különböző színű és méretű *PET (poli-etilén-tereftalát)* palackok szinte teljesen kiszorították a nemzetközi és a hazai piacról is elődeiket, az üveges vizeket, számos előnyük miatt. Kémiaileg ellenálló, nem vízáteresztők, könnyűek, vékonyak, mégis ütésálló, színtelenek, átlátszóak, de könnyen színezhető és újrahasznosíthatók is¹⁰⁰. Az ásványvízfogyasztás nagymértékű emelkedése magával vonta a műanyag-palackok gyártásának növekedését is: 2005-ben az összes palackozott ásványvíz mennyisége Magyarországon 700 millió palack volt, ez a szám már 890 millióra emelkedett 2009-ig¹⁰¹.

A forrásnál fogyasztott vizek hatása egyébként is jelentősen eltérhet sok tekintetben a palackozott, tárolt víztől, pl. anyagok oldódhatnak be a palackokból³. A hatályos hazai jogszabályok szerint megengedett ózonos oxidációval kezelt palackos vizekben pedig aldehidek és ketonok képződhetnek szerves prekursorokból^{96,97,102}.

A gyártás során használt, illetve a palackból lebomló anyagok bármelyike át- vagy beoldódhat az ásványvízbe, ezáltal a vizek potenciálisan egészségkárosítóak. Egyik lehetséges szennyezőanyag a *formaldehid*^{103,104,105}. Az IARC a formaldehidet genotoxikusnak, és 1. kategóriájú – azaz bizonyítottan – *humán karcinogénnek* nyilvánította¹⁰⁶. A káros termékek közé tartozhat az *acetaldehid* is¹⁰⁴, amely az IARC szerint *2B osztályú karcinogén*⁷³, valamint ismert *teratogenitása* is¹⁰⁷.

Az irodalom szerint a PET-palackokból adalékanyagok oldódhatnak a vízbe, például *ftálsav-észterek*¹⁰⁸,

amelyeket a palack tulajdonságainak (rugalmasság, hajlíthatóság) javítására használnak. Több ftalát toxikus hatását bizonyították állatkísérletesen: here- és májkárosítók, májrákot okozhatnak patkányokban, ezen kívül *teratogének* lehetnek¹⁰⁰. Emberekre vonatkozóan felvetették a ftalátok *endokrindiszruptor* szerepét¹⁰⁹, de hasonló hatású lehet az *antimonszennyezettség*, vagy a polikarbonátban tárolt vizek BPA- (*bisfenol-A*) tartalma is¹¹⁰. Nővéreknél¹¹¹ azt találták, hogy a BPA- és a ftalátexpozíció összefügghet a 2-es típusú cukorbetegség kialakulásának kockázatával, de csak a középkorú nők kohorszában. A különbséget a hormonális státusz magyarázhatja, de a magasabb értékek kormegoszlása a részpopulációk különböző belső dózisain keresztül eltérő kockázatokat jelez.

Populációk eltérő érzékenysége a beoldódó anyagokra

Calafat és mtsai¹¹² az Egyesült Államok népességében vizsgálták a *bisfenol-A*-expozíciót. Ez a vegyület, mely a műanyag csomagolóanyagokból, tárolóedényekből, bevonatokból, palackokból oldódik ki, nagy dózisban ösztrogénhatásúnak bizonyult kísérleti állatokban. A LOAEL értékeknél kisebb dózisokban pedig csökkent spermiumtermelést, nagyobb prosztataterfogatot, fejlődési rendellenességet, stb. okozott. Az eredmények azt sugallják, hogy jelentős különbségek vannak társadalmi és etnikai csoportok között a bisfenol-A-expozíciókban vagy az annak hatására kialakuló, és biológiailag monitorozható *belső dózisokban*. A *nembeli* különbségek a különböző mértékű expozícióból, de toxikokinetikai eltérésekből is fakadhatnak.

A jövedelemkülönbségek hatásai is az expozíciókülönbségekkel hozhatók összefüggésbe, az etnikumoknál és az életkori eltéréseknél toxikokinetikai tényezők, ill. gyermekeknél a testsúlyukhoz képest nagyobb relatív expozíció játszhat szerepet¹¹³. Mindez szintén jó példája az egyes részpopulációkat érő expozíciók jelentős különbségének, vagy az expozíciókra adott jelentősen eltérő válaszoknak.

A hazai vizek fogyasztásának toxikológiai kockázata

Eltekintve egy magyar kutatócsoport analitikai méréseitől, nincs tudomásunk hazai palackozott ásványvizek toxikológiai vizsgálatáról^{114,115}. Ezért az ásványvízfogyasztás populációs jelentőségére tekintettel kísérletsorozatot indítottunk, hogy információkat nyerjünk a hazai helyzetről. A Magyarországon palackozott ásványvizek ugyanis jelentősen különböznek az európai piac vezető márkáitól, mivel döntő többségük ösz-

szásványianyag-tartalma meghaladja az 500 mg/l-t, sőt a leginkább kedvelteké az 1000 mg/l-t is. Az európai piac az ún. *oligominerális* vizeket preferálja, melyek 50-500 mg/l közötti sótartalommal jellemezhetők.

Kísérleteinkben csak hazai ásványvizeket vizsgáltunk. *GC-technikával* követtük a palack anyagából kioldott ftalátvegyületek fajtáit és mennyiségeit, valamint *Salmonella/Ames-tesztben* vizsgáltuk a töményített víz esetleges genotoxicitását a palackok különböző tárolási paraméterei mellett: *fényben, sötétben, szobahőn és 37°C-on*³. A különböző körülmények vizsgálata azért fontos, mert a PET-palackok degradációjának mértéke változhat a környezeti paraméterekkel, ennek köszönhetően a nem megfelelően tárolt ásványvizek fokozott kockázatot jelenthetnek az egészségre. A követéses vizsgálat során a kezdeti 0. napos, frissen palackozott vizeket használtuk, önkontrollos kísérletben. Ugyanannak a márkának több esetben rendelkezésre állt a széndioxid-mentes és a különböző fokban széndioxiddal dúsított verziója is, valamint egyeseknél az üvegbe és PET-palackba töltött vizekkel is külön tudtunk dolgozni. Ezek mellett lehetőségünk nyílt ballonos vizet is vizsgálni. Ez utóbbi azért fontos, mert az ivóvíz-automaták terjedésével (iskolák, hivatalok, egyéb középületek) egyre nagyobb lesz az exponáltak száma is. Eredményeink szerint számos minta a tárolási idő és mód függvényében (főleg 1 hónap után) jelentős mennyiségű, háromféle ftalátot tartalmazott ill. mutagenitást mutatott. Mivel azonban a vizek 1000x-es koncentrátumából indultunk ki a kimutatható hatás elérése miatt, így a valós, mindennapos expozíciót jóval meghaladó koncentrációkat kellett alkalmaznunk. Mindazonáltal, tekintve, hogy a genotoxikus hatásoknak nincs küszöbdózisuk (sztochasztikus dózis-hatás-görbe!), egy ilyen általános, *nagyméretű populációt érintő expozíció* mindenképp figyelmet érdemel.

Régről ismert környezetszennyező anyagok, mint pl. DDT, a poliklórozott bifenilek, a policiklusos aromás szénhidrogének stb. feltételezetten ösztrogénszerű hatással is rendelkeznek (*endokrindiszruptorok*). Felmerült pl. a PET-palackoknál tárgyalt *ftalátok* kapcsán az összefüggés az anogenitális fejlődési rendellenességekkel¹¹⁶, az obezitással, illetve az inzulinrezisztenciával¹¹⁷, és a csökkent tesztoszteronszinttel¹¹⁸. Hauser és Calafat¹¹⁹ felveti a kapcsolatot a sperma minőségromlása, az emlőfejlődési zavar és a *ftálsavészter-expozíció* között. Ezeket a hatásokat azonban nemcsak a ftalátok okozhatják: oka lehet *antimonnal* való szennyezettség, vagy a vizek *bisfenol-A*- tartalma is¹¹⁰.

A nemi szerepek esetleges változása, a szexuális aktivitás csökkenése vagy a megtermékenyítő- és fogamzóképeség drasztikus hanyatlása pedig *populáciobiológiai* probléma. Jelentősen befolyásolja az *utódgenerációk egyedszámát és nemi megoszlását* is. Különösen igaz ez a természetes élőlénypopulációktól nagyban eltérő, *társadalmasodott emberi népességben*.

Fürdésre, rekreációra és balneoterápiára használt vizek populációs toxikológiája: balneotoxikológia és balneoprevenció

A *balneológiai* *prevenció* (*balneoprevenció*) viszonylag új fogalomnak tekinthető a szakirodalomban^{120,121}. Ez a diszciplína két eltérő kutatási irányt foglal magába. Egyrészt a balneoterápia *különböző betegségekkel szembeni profilaktikus* hatásának vizsgálatát jelenti, mely elsősorban (kísérletes) epidemiológiai módszerekkel kutatható^{13,122}. Ehhez a ponthoz sorolható még az ásványvizet fogyasztó populációk epidemiológiai vizsgálata is.

A balneoprevenció másrészt – és szempontunkból most ez a fontosabb – a gyógyvizek és gyógyiszapok kémiai (elsősorban szerves) anyagainak *toxikológiai* jellegű kutatását is jelenti, mely anyagok között geokémiai okokból mutagén, karcinogén vagy egyéb specifikus toxicitással rendelkező vegyületek lehetnek¹²³. Ez utóbbi kutatási irány csak nagyfelbontású analitikai műszerekkel, valamint *in vitro* és *in vivo* biológiai tesztekkel művelhető. Ennek az irányzatnak éppen az a célja, hogy a gyógyvizek és peloidok felhasználásának kockázatát csökkentse, ha valamely összetevőjükéről bebizonyosodik, hogy toxikus.

Nemcsak a gyógyvizek hatékonyságának tényezőiről, de toxikológiájukról sem tudunk sokat. A *balneotoxikológia* végső célja lenne az esetleges toxikus tulajdonságok valamint a vizek, iszapok egyes alkotói közötti összefüggés kimutatása. A legfontosabb haszon lehet a gyógyvíz, ásványvíz és gyógyiszapkincsünk ártalmatlanságáról vagy éppen specifikus toxikus hatásairól nyert alapvető és eddig teljesen hiányzó információk sokasága^{124,125}. Ezek segítik a használatból fakadó kockázat, ill. várható haszon elemzését, mind *prevenációs*, mind *terápiás* szempontból. Ilyen jellegű vizsgálatokat a nemzetközi irodalomból nem ismerünk. A pontos minőségi és mennyiségi kémiai analízis (beleértve a szerves anyagokét) képezi e vizsgálatok alfáját és ómegáját. Erre épül a toxikológiai vizsgálatok speciális szempontok szerint válogatott rendszere.

Az expozíció fajtái és az exponált csoportok

Fürdőzés és a balneoterápia során az orálistól eltérő felvételi utakon jöhet létre a vizek, iszapok anyagainak felszívódása. A szerves ionok jelentős mértékű (terápiás hatású) felszívódása nem bizonyított, néhány gáznemű alkotó kivételével⁹⁸. A szerves anyagokról pedig még igen kevés adat áll rendelkezésre^{3,13}. A leginkább frekvenciált felvételi módok az *inhaláció* (illékony vegyületek esetében) és a *dermális abszorpció* tekinthető^{126,127,128}. A dermális expozíció természetesen a vízben töltött idő függvénye, míg az inhaláció függ a víz- és léghőmérséklettől, a respiráció erősségétől (mozgás intenzitása), a víz turbulenciájától, a légtér szellőzésétől, stb.

Biológiai minták, pl. fürdővendégek vizeletének mutagenitás-vizsgálata a különböző vizekkel végzett fürdőkúra egészségi, higiénés-toxikológiai hatásainak vizsgálatára is igen fontos adatokat szolgáltatathatna, hiszen a vendégek többirányú (inhalációs, dermális, néha orális) és komplex expozíciója a fürdővíz nem csak illékony anyagaival, csak így lenne vizsgálható egzakt módon³. Ilyen adatok eddig még nem jelentek meg az irodalomban. A termálvizek esetében azt sem tudjuk pontosan, milyen szerves anyagokkal számolhatunk, de azok inhalációja és dermális expozíciója a fürdőzők/úszók esetében jelentős lehet. Ennek nagyságrendje az úszás gyakoriságának (fizikai aktivitás), a beltérben töltött időtartamnak, a légzési volumennek és -frekvenciának a függvénye.

A víz hőfoka nagyban hozzájárult a hatásokhoz, vagyis a termálvíz illékony anyagainak párolgásához. Ennek is betudható az a tény, hogy kb. 99 % az inhaláció és a dermális expozíció hozzájárulása az összes egészségi kockázathoz¹²⁹.

A gyógyhatású vizek hazai (és Kárpát-medencei) sűrű előfordulása kiaknázandó kincs a profilaxis szempontjából. A hatékony *prevenáció*hoz azonban az kellene, hogy pontosan a *magas kockázatú* csoportok eljuthassanak a gyógyfürdőkbe. Bizonyos, hogy morbiditásban és mortalitásban, valamint várható élettartamban is mérhető hatást tapasztalnánk. A fürdők hozzáférését a betegek számára az OEP adataiból tudhatjuk.

Az expozíció becslése

A *prevenációs* célú alkalmazás a társadalombiztosítás által nem támogatott tevékenység Magyarországon. Sőt ma már a gyógyfürdők *terápiás* célú igénybevéte-

le is csak korlátozottan támogatott, néhány alkalomra érvényes és bizonyos önrész megfizetését igényli. Ez pontosan a leginkább rászorultak esetében okozza a legnagyobb nehézséget. A terápiás célú használat mellett jelentős a közép- és tehetősebb rétegek wellness célú fürdőhasználatára is. Ez utóbbiról nincs adatunk, de a támogatott *gyógymedencés kezelések éves 3 millió körüli száma* önmagában *napi 8 ezres* betegszámot jelent Magyarország gyógyfürdőiben. Durva becsléssel így *évente 1,5-2 százalékos* páciens foglalkoztat magába az a főleg mozgásszervi betegségekben szenvedő részpopuláció, mely exponálódik a gyógy- és termálvizek számos szerves anyagával a korábban említett expozíciós utakon keresztül.

Az expozíció mértékét jelen esetben a termálvízből felvehető anyagok koncentrációjának és az expozícióban töltött időnek a szorzata adja meg^{87,121,123}. Ez pontosan sajnos nem számolható. A páciensek 15-30 alkalommal használhatják támogatással évente a gyógyfürdőt, alkalmanként *minimálisan 30 percig* kell vízben lenniük. Ennél azonban valószínűleg jóval hosszabb ideig fürdőznek, ill. a medence partján tartózkodva (főleg fedett fürdőknél) inhaláció útján folyamatosan tovább exponálódnak. Az egyéb gyógyvízes kezelések (pl. tangentor, vízi torna, súlyfürdő, stb.) még további expozíciót jelentenek.

A gyógyiszapkezelések a helyben rendelkezésre álló gyógyvízzel előkezelt iszappal történő – egésztest-, részleges vagy lokális – kezelést (pakolást, göngyölést) jelentik. Magyarországon évi 500 ezret meghaladó kezelés zajlik. Egy beteg 15 vagy 30 ízben kaphat 20-30 perces kezelést évente, vagyis 17-33 ezres lehet az exponált részpopuláció mérete.

Balneotoxikológiai vizsgálómódszerek

A toxikológiai vizsgálómódszerek közül legegyszerűbbek, de stratégiai szempontból talán legfontosabbak az ökotoxicitás-vizsgálatok. Ezek előnye, hogy a környezeti mátrix (gyógyvíz, iszap) közvetlenül vizsgálható az egyszerű élő rendszerekben (csíranövényteszt, *Eisenia* teszt). A közvetlen vizsgálat abszolút előnye, hogy a mintákat nem kell bonyolult extrakciós eljárásoknak kiténi, melyek során megváltozhatnak, elveszhetnek a hatásért felelős anyagok. Hátrányuk viszont, hogy alacsonyabbrendű organizmusokat használhatunk, így az emlőstoxicitási vizsgálatokhoz képest csak limitált és indirekt információt kaphatunk a valós emberi kockázatról^{130,131}.

A baktériumokon végzett mutagenitási teszt (Ames-teszt) gyakran alkalmazott módszer környezeti

minták esetében is. Vízből töményítés, iszap esetében különböző oldószeres kivonás szükséges. Ezek a módszerek pedig óhatatlanul veszteséggel, esetleg melléktermékképzéssel járnak együtt. Az Ames-teszt előnye azonban nagy érzékenysége, szelektivitása és specifitása. Közvetetten nem csak a mutagén, de egyéb genotoxikus, sőt karcinogén hatások kimutatására is alkalmas. A különböző előállított frakciók és a felhasználható legkülönbözőbb típusú toxicitásra érzékeny törzsek kombinálásával rejtett hatások is kimutathatók.

A gyógyvizek és peloidok (gyógyiszapok) kivonataival kezelt laboratóriumi kisemlősökön számos toxicitási és genotoxicitási végpontot vizsgálhatunk. *A modern analitika és toxikológia módszertanával*, kiterjedt munkával feltérképezhető lenne hazai vizeink és iszapjaink ártalmatlansága vagy hatékonyságáért felelős összetevőinek mibenléte. Kevés ország rendelkezik még ma is a hazaiakhoz mérhető lehetőségekkel a gyógyvizek és egyéb természetes gyógytényezők terén. A balneoprevenció kedvező lehetőségeit tehát a magyar lakosság legszélesebb köre számára hozzáférhetővé kell tenni ahhoz, hogy *valóban populációs szintű haszon* legyen mérhető. Ennek érdekében kezdtük el a hazai termál- és gyógyvizek balneoprevenációs célú kutatását is, mind populációs toxikológiai szemlélettel, analitikai és kísérletes toxikológiai módszerekkel. Ezek eddigi eredményeit ismertetjük a következő fejezetekben.

Szerveskémiai analitikai vizsgálatok hazai termálvizekkel

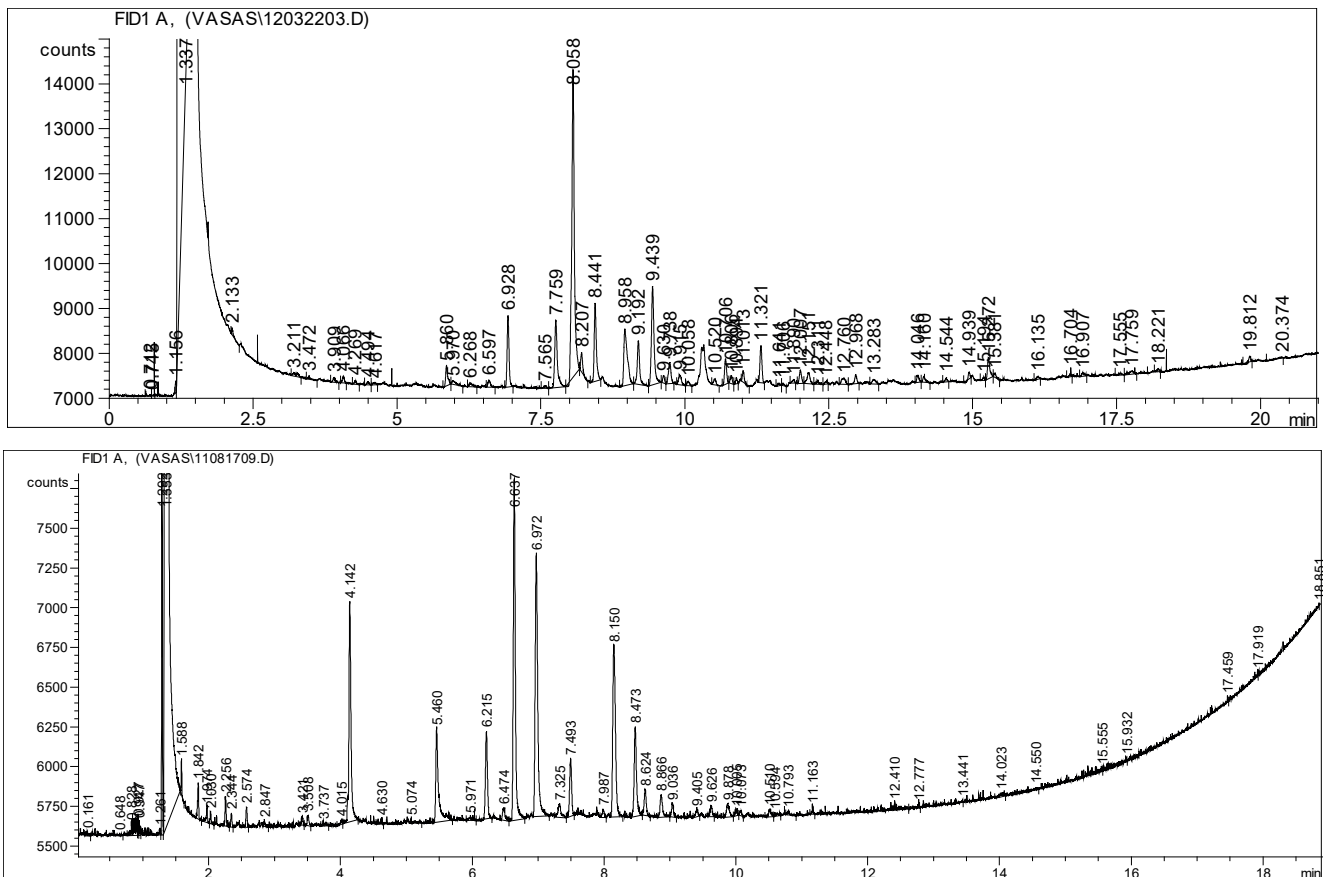
A Kárpát-medence országainak gyógyvíz-definíciója^{132,133} teljesen figyelmen kívül hagyja az oldott szerves, kolloid, szuszpendált, stb. frakciókat. A gyógyvizek azonban nem egyszerűen szerves sók és gázok oldatai, de szerves vegyületek ezreit, köztük biológiailag igen aktívakat tartalmazhatnak. Már pusztán elméleti alapon is, e vegyületek szerepe mind a gyógyhatásban, mind az esetleges toxicitásban fontos kell legyen. Ez a feltevés az ún. *szerveshipotézis*¹³³. Minden ismert ásvány-, ill. termálvíz tartalmaz ugyanis valamennyi szerves frakciót. A nagy érzékenységgel analitikai vizsgálatokkal a gyógyhatású vizekben számos, akár nyomnyi mennyiségben jelenlévő, biológiailag aktív szerves molekulát mutattak ki GC, hplc, valamint az ezeket kiegészítő tömegspektrometria (MS) segítségével. Ez fokozottan igaz a nagy mélységből feltörő termálvizekre, ahol az egyszerű alifás szénhidrogénektől az egyszerű aromásokon (BTEX) át a polikondenzált gyűrűs vegyületekig számos anyag mutatható

ki^{134,135,136,137}. A nemzetközi irodalom még a hazainál is szegényesebb: egy spanyolországi és egy olaszországi gyógyfürdőről vannak hozzáférhető műszeres analitikai adatok^{138,139}.

A fenti néhány adat kivételével azonban a termális vizekben található szerves vegyületeket, pontos biológiai aktivitásukat egyenként sem ismerjük, nemhogy lehetséges interakcióikat. Ráadásul a szerves molekulák még komplexeket is képeznek természetes talajösszetevőkkel, pl. huminanyagokkal. Ez a jelenség a felszívódást segítheti, és az oldódási viszonyokat is megváltoztathatja^{120,133}.

Ahhoz, hogy legalább tájékoztató adatokhoz jussunk a termális vizek szerves frakcióiról, el kellett kezdenünk módszeresen megvizsgálni a hozzáférhető hazai vízmintákat analitikai szempontból. A Kárpát-medence,

és különösen annak központi része: a Pannon-medence geotermikus gradiense kiemelkedően sok termálvíz jelenlétéért felelős a térségben, és vannak termálkarsztvíz-eredetű ill. oligocén-miocén korú vízáadó rétegekből táplálkozó kutak is, a mai Magyarországon >1300. Vizsgálataink során előbb az országos jelentőségű, gyógyvízzé minősített vízzel rendelkező fürdőket, illetve azokhoz földrajzilag közel eső, esetleg más geológiai eredetű forrásokat (kutakat) is mintáztunk.



2. ábra: Hajdúszoboszló (fent) és Kakasszék (lent) gyógyvizének gázkromatogramja³

Célunk alapvetően egy olyan ujjlenyomat elkészítése volt mindegyik vízmintáról, melynek alapján az adott termásvíz azonosítható. A továbbiakban pedig az analízis eredménye hatástani vizsgálatban és főképp toxicitási vizsgálatban lehet a segítségünkre, az aktivitással összefüggésben. Az eddigi vizsgálatok egyik tanulsága az volt, hogy az ujjlenyomatok különbözősége különböző hidrológiai eredetre utal, vagyis ez utóbbi szoros összefüggésben áll az adott termásvíz illékony szervesanyag-tartalmával. Másrészt a szerves anyagok minőségi különbségei és megoszlásuk nincs összefüggésben a szervetlenanyag-tartalommal. A szerves anyagok mennyisége pedig *inkább korrelál a vizek hőmérsékletével*. Két példát látunk a 2. ábrán sokféle és nagy mennyiségű szerves anyagot tartalmazó termásvízre. Kérdés, hogy az ujjlenyomatgázkromatogramoknak az egyedi vizek azonosíthatóságán kívül van-e toxikológiai relevanciájuk is. Vizsgálataink ennek az alapvető kérdésnek a megválaszolása irányában folytatódtak.

Toxicológiai vizsgálatok hazai gyógy- és termásvízzel

Feltételeztük, hogy a magas szervesanyag-tartalommal bíró vizek biológiai aktivitását az igen kis koncentrációkra is érzékeny, klasszikus Ames-tesztben könnyen tudjuk vizsgálni. Ezért az analitikai vizsgálatok során jelentős szervesanyag-diverzitást, ill. mennyiséget mutató vizeket – töményítés után – vizsgáltuk. A töményített minták csak a szerves frakciót tartalmazták, így minden kimutatott hatás *csakis szerves anyagokhoz* köthető.

Kakasszék, Gyula és Rábasömjén gyógyvizeinek etanolos, 1000 x-es koncentrátumait vizsgáltuk Ames-tesztben, klasszikus lemezöntéses eljárással. A TA 98-as törzsben nem volt egyik esetben sem eltérés a negatív kontrollhoz képest. A TA 100-as törzsben sikerült mérhető eltéréseket kimutatni Gyula (GLA) és Rábasömjén (RBS) vízkoncentrátumával. Mindkét esetben a metabolikus aktiválás nélküli (-S9) rendszerben a TA 100-as kontrolljához képest szignifikáns csökkenés, míg a metabolikusan aktivált rendszerben (+S9) szignifikáns *telepszám-emelkedés* volt detektálható ($p_{GLA}=0,002$; illetve $p_{RBS}=0,019$).

Ezek az eredmények akkor válnak értékelhetővé, ha összevetjük a (gázkromatogramokkal jellemezhető) illékony frakciók genotoxikológiai eredményeivel. Az illékony frakciók vizsgálatához azonban speciális körülményeket kellett kialakítanunk.

Kakasszék, Gyula és Rábasömjén gyógyvizeit illékony szerves anyagainak (geno)toxikológiai vizsgálatát az Ames-teszt illékony anyagokra fejlesztett verziójával³ tudtuk elvégezni. Ennek lényege, hogy 2 liternyi eredeti vízmintákat exsikkátor edények aljába mérjük, majd a baktériumtenyészeteket tartalmazó Petri-csészéket a közvetlenül a víz fölötti porcelán platformon helyezük el, több rétegben, de a Petri-csésze fedele nélkül. A vizet mágneses keverővel folyamatosan kevertetjük, ami elősegíti az illékony anyagok párolgását és permanens jelenlétét a belső légtérben. Az exsikkátort légmentesen zárjuk, és az edényt 37 fokos termosztátban tartjuk 48 órán keresztül. Így a baktériumokat – növekedésük közben – hosszasan exponáljuk a víz illékony anyagaival.

A *kakasszéki* víz esetében (amelyről már tudtuk, hogy szerves anyagban leggazdagabbnak bizonyult az összes vizsgált hazai vízminta között) a TA 100-as törzs telepszámai redukált revertánszámot (genotoxicitást *csökkentő* hatást?) jeleztek. Mind a metabolikus aktiválással, mind az a nélkül vizsgált lemezekben a háttérhez képest *felére* (!) csökkentek a telepszámok. Emellett még *Gyula* gyógyvize esetében is 40 %-os csökkenést tapasztaltunk, de ott csak metabolikus aktiválás nélkül. Ennél kisebb fokú csökkenést mutatott *Rábasömjén* vize.

Elmondhatjuk tehát, hogy a töményített vízmintákban kimutatható biológiailag aktív anyagok jelenléte. Ezek egy része – egyelőre ismeretlen mechanizmus alapján – a spontán mutációs frekvenciát *csökkentő hatással* rendelkezhet, mint azt a TA 100-as *Salmonella* törzsben kifejtett hatás alapján megállapíthatjuk. A *kakasszéki* magas illékony szervesanyag-koncentrációt tartalmazó víz esetében a hatás egyértelműen ezekhez az illékony anyagokhoz kötődött, míg pl. a rábasömjéni vízmintánál inkább a nem illékony frakciókhoz köthető ez, a genotoxicitást egyik vagy másik irányba befolyásoló effektus. A hatás az utóbbi esetekben egyértelműen *metabolizmusfüggő*. Miután az *in vitro* rendszerben modellezett metabolizmus fokozta a genotoxikus aktivitást, ebben az esetben vizsgálnunk kell a valós expozíciós helyzetet is, vagyis a fürdőzők bőrén lezajló folyamatokat, az egészséges és a beteg emberi bőr lehetséges metabolikus útjait. Ezek az információk emberi bőr eredetű sejteken (pl. keratinociták) vagy pl. *in vitro* bőrmoddellen végzett vizsgálatokból szerezhető meg, melyek a humán toxikológiai kockázatbecsléshez elengedhetetlenek.

Üstökös elektroforézissel, *HaCat* sejteken (emberi keratinocitákon) végeztünk vizsgálatokat három

gyógyvízkivonattal (1000x-es szervesanyag-koncentráttal). Az illékony anyagokat exszikkátor módszerünkkel ezekben a sejtenyészetekben nem tudtuk tanulmányozni, mert a tenyésztés speciális feltételeket igényel. Az elvégzett *in vitro* expozíciót követően negatív kontrollhoz képest egyik vízminta koncentrátuma sem mutatott szignifikáns genotoxikus (DNS-szállító) hatást a mikrogél-elektroforézis rendszerben. A vizsgált paraméter a „tail moment”, azaz a magban maradt DNS és az elvándorolt DNS-fragmentumok („csóva”) intenzitásbeli különbségének (lásd még 3-4. ábra) jelzőszáma volt. (A negatív kontrollt az oldószerrel, míg a pozitív kontrollt UV-besugárással kezeltük.)

A termálvizek szerves anyagainak protektív hatásai

Mint lehetséges biológiai aktivitást, az UV-sugárással szembeni szenibilizáló vagy éppen védő hatás lehetőségét vizsgáltuk öt különböző gyógyvíz kivonatával. Az ilyen típusú vizsgálatoknak a nemzetközi irodalomban nincs előzménye. A koncepciót két tényre alapoztuk:

(i) a balneoterápiával kapcsolt fényterápia hatékonyságára pl. pikkelysömör (psoriasis) kezelése esetében^{140,141}, illetve

(ii) az irodalomban közölt egyetlen gyógyiszap-fotobiológiai vizsgálat eredményére¹⁴².

Vizsgálatunkban az öt magyarországi gyógy/termálvíz szerveskoncentrátumaival, általunk módosított Ames-tesztben UVB/C-besugárást végeztünk a baktérium-tenyészeteken¹⁴³. Meghatároztuk a germicidlámpás besugárázás *letális dózisát*, majd ezzel a dózissal exponáltuk a vízkoncentrátumokkal kezelt, ill. előkezelt tenyészeteket. Az ötből négy vízminta esetében *jól mérhető túlélést detektáltunk* a TA 100-as baktériumoknál, mely hatást a metabolikus aktiválás jelentősen fokozott (> 60%-ig!). Azaz módszerünkkel biológiailag aktív, protektív anyag(ka)t találtunk a vizek szerves frakcióiban. A minták gázkromatogramjait elemezve pedig meglepő hasonlóságokra derült fény: a négy hatékony mintából három 2-2 azonos jellemző csúccsokkal rendelkezett. MS-sel sikerült is néhány jellegzetes vegyületet (fenolokat, krezolokat) azonosítani.

Amennyiben sikerül ezeket az igen fontos biológiai hatásokat emberi sejtek tenyészetében, állatmodellben és a gyógyvízfelhasználók körében elvégzett (akár molekuláris) epidemiológiai vizsgálatokban is megerősíteni, akkor elmondhatjuk, hogy

- egy jól körülírható, definiálható szubpopulációban (betegcsoportban!)

- jól definiálható környezeti (fotobiológiai) expozíció DNS-károsító hatását

- jól definiálható kezeléssel (gyógyfürdőzéssel) csökkenteni lehet,

- és ennek a jelenleg növekvő mértékű környezeti UV-expozíciónak a *populációs szintű következményeit* (bőrrák, melanóma gyakoriságát) befolyásolni tudjuk.

Partikulumexpozíciók a balneoterápia során: peloidok

Jól ismert, hogy az iszapok több ezer éves geológiai képződmények is lehetnek, amelyek kialakulásában fontos szerepet játszott a magas hőmérséklet és a nagy nyomás, amely nemcsak a terápiás szempontból hasznos alkotórészek, hanem a káros, esetlegesen toxikus alkotók képződéséhez is vezethetett. A gyógyiszapok (peloidok) a balneoterápiában is használatosak csakúgy, mint a gyógyvizek. Alkalmazásuk során gyakorlatilag egy durva diszperz rendszerrel van dolgunk, melynek vízfázisát a helyben rendelkezésre álló gyógyvíz, ha ez nincs, forró csapvíz alkotja.

Magyarországon öt törzskönyvezett gyógyiszap van forgalomban. Ezek közül a TB-támogatott kezelések során leggyakrabban alkalmazott kettőre: a *hévízi* és a *kolopi* iszap vizsgálatára volt lehetőségünk.

Ökotoxikológiai és ökogenotoxikológiai vizsgálatok a hévízi és a kolopi iszappal

A gyógyiszapokat (vagy peloidokat) a balneoterápiában és balneoprevenecióban betöltött szerepük alapján szerepeltetjük ebben a fejezetben, hiszen a szilárd, partikuláris expozícióknál is említhetjük volna. Mintánk közül a *hévízi iszap* a kevert peloidok csoportjába tartozik, mert jelentős mennyiségben (20-25%) tartalmaz szerves anyagot (tőzeg) a vulkanikus eredetű, szervesetlen komponensek mellett. A *kolopi iszap* a szervesetlen iszapok közé tartozik, szervesanyag-tartalma minimális.

A TB szerinti – évi ötszáz ezret is meghaladó – kezelésszám azt jelzi, hogy a gyógyfürdőket látogatók (páciensek) nagy számban exponálódnak a gyógyiszapokkal is. Nyilvánvaló, hogy az expozíciós út ebben az esetben kizárólag a dermális expozíció lehet, ezért elsősorban a bőrbe potenciálisan behatoló, bőrön át felszívódó anyagokra és viselkedésükre kell koncentrálnunk. Ezek pedig méretük miatt nyilvánvalóan nem a részecskék maguk, hanem a belőlük esetlegesen kioldódó, felületükről lemosódó ionok, ill. vegyületek lehetnek. Fontos kérdés az is, hogy magában a bőrben

milyen metabolikus folyamatok zajlanak, vagyis mekkora esély van az anyagok metabolikus átalakulására lokálisan. Miután azonban a gyógyiszapok esetében semmilyen toxikológiai adat nem áll rendelkezésre, ezért teljeskörű felmérésre van szükség az ökotoxicitástól a populációs humán genotoxicitásig, különböző tesztobjektumok felhasználásával. Így fogunk előbb-utóbb a környezetvédelemtől a humán toxikológiai kockázatbecslésig használható profilhoz jutni.

Ökotoxicitás-vizsgálatot végeztünk fehérmustár (*Sinapis alba*) magokkal. Peloidokból desztillált vízzel talajkivonatot készítettünk, és ebbe telepítettük a magokat, nem mutattunk ki eltérést a kontrolltól. Ha talajként teszteltük az iszapokat, akkor a hévízi minta esetében nem, de a kolopi peloidnál a kontrollhoz képest szignifikáns eltérést kaptunk^{144,145}. Az eredmények alapján arra következtethetünk, hogy a hévízi iszap több olyan vízdékony, biológiailag aktív anyagot tartalmaz, amely képes a gyökérbefolyásolást, a gyökerek fejlődését károsan befolyásolni.

A trágyagilisztát felhasználó *Eisenia fetida*-tesztben az állatokat 100%-os hévízi iszapba telepítettük, majd 3 végpontot követtünk figyelemmel hétről-hétre: a túlélést, a testtömegben bekövetkező változások mértékét, a szaporodás ütemét. A vizsgálat során letalitást nem észleltünk, de a giliszták testtömege a hévízi iszap esetében elmaradást mutatott, továbbá a betelepített állatok egyáltalán nem szaporodtak. A trágyagiliszták növekedését és szaporodását a vizsgálati edénybe telepített állatok populációjának nagysága és a rendelkezésre álló szerves anyagok minőségi és mennyiségi mutatói is befolyásolják^{146,147}.

Az iszapokat szerves trágyával egészítettük ki (40 m/m %), hogy a szaporodásban és a testtömeg-gyapodásban tapasztalt különbségek okát tisztázzuk. A 8 hétig tartó vizsgálat során letalitás nem történt, míg a giliszták reprodukciós képessége a kolopi iszapban jelentősen elmaradt a kontrollhoz képest, sőt a hévízi peloidhoz képest is^{131,144}. A kolopi peloid esetében tapasztalt különbség (fehér mustár gyökérnövekedési és *Eisenia*-teszt) nem magyarázható egyszerűen a tápanyag-ellátottság hiányával, hiszen a csírázáshoz, a gyökérnövekedéshez nincs szükség külső tápanyagokra, továbbá a giliszták szaporodásában tapasztalt különbséget sem az alacsony szervesanyag-tartalom okozza, mert akkor már a testtömegben is jelentős eltérést kellett volna tapasztalnunk. Ezért az eredményekből arra következtethetünk, hogy a kolopi iszap a tesztobjektum életfolyamataira toxikusan ható vegyületeket tartalmazhat.

Az iszapok genotoxikológiai minősítését is elvégeztük humán és patkány limfocitákon, valamint *Eisenia cölomasejteken*^{145,148}.

A DNS-károsodás vizsgálatára *in vivo* üstökös gélelektroforézist alkalmaztunk. A gilisztákat peloidban tartottuk, és a belőlük izolált cölomasejteken végeztük a tesztet. Az iszapok közül a hévízi genotoxicitását mutattuk ki (3-4. ábra). Hasonló eredményt kaptunk a humán limfociták *in vitro* vizsgálatából. (Ezzel szemben a patkány limfocitáknál sem a kolopi, sem a hévízi iszap nem okozott száltörést). A teszt eredményei alapján elmondhatjuk, hogy a hévízi peloidnak lehet DNS-károsító hatása. Természetesen két, egymástól minden szempontból különböző faj eredményei között nem vonhatunk párhuzamot. A giliszták jóval hosszabb idejű *in vivo* expozíciónak voltak kitéve (3 hét), mint a humán limfociták (*in vitro*, 1 óra), továbbá egész testfelületükön (sőt még a tápcsatornán keresztül is!) érintkeztek az iszapban lévő komponensekkel. A 3 sejttípus közötti különbség természetesen az eltérő genetikai háttérnek, a DNS-reparációs mechanizmusok különbözőségével, sebességével is magyarázható. Hertel-Aas és mtsai¹⁴⁹ kimutatták, hogy a különböző fajokban a reparációs mechanizmusok sebessége eltérő, ők az *Eisenia fetida* esetében azt találták, hogy ezeknek a javító folyamatoknak a beindulásához jóval hosszabb idő szükséges, mint a legtöbb emlős (humán, rágcsálók) és ízeltlábúak esetében.

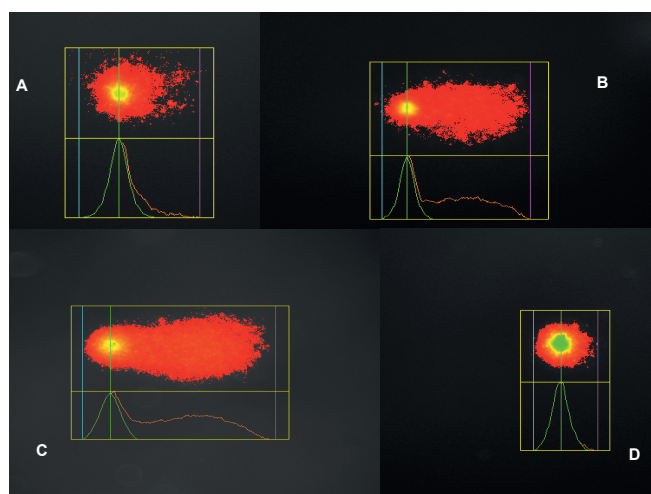
Természetesen az Ames mutagenitási teszt ez esetben sem hagyható el, így az iszapok vizsgálatára is adaptáltuk a módszert. Először az eredeti intakt állapot (*in toto*) vizsgálhatóságát próbáltuk ki, majd talajként kezelve a mintákat különböző talajkivonatokkal állítottunk elő.

Az egyébként igen érzékeny előinkubációs tesztben nem tudtunk sem a hévízi, sem a kolopi mintából mutagenitást kimutatni. Ennek lehetséges oka a túl kicsiny vizsgálható koncentráció^{3,150}. Ezután a klasszikus talajkivonat-vizsgálatokat alkalmaztuk¹⁵¹. Vizes, sósavas, metanolos és toluolos kivonatokot vizsgáltunk lemezinkorporációs módszerrel, majd megismételtük a sorozatot az iszapminták három hónapos tárolását követően. Mindkét peloidkivonatos kísérletben több, statisztikailag szignifikáns eltérést tapasztaltunk, amikor metabolikus aktivációt (+S9) alkalmaztunk (14 vs. 4). Tehát az indirekt mutagének jelenléte mindkét iszapmintában jelentős. Szervetlen oldószerek (desztillált víz, sósav) használata esetén kétszer több statisztikailag szignifikáns eredményt kaptunk (12 vs. 6), mint a szerves oldószereknél (metanol, toluol), mindkét ki-

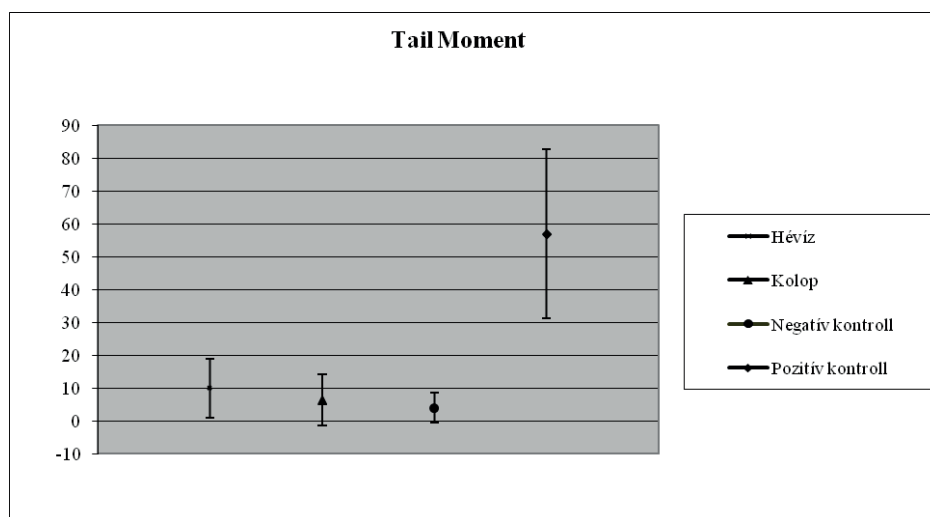
sérletben és peloidmintánál. (A szervesen oldódó szerves anyagokat is oldhatnak.)

A Hévízi-tóból származó gyógyiszap szerves-anyag-tartalma jelentős, ezért szerves kivonataikban magasabb mutagén aktivitást vártunk. A kolopi gyógyiszap a szervesen oldódó anyagok csoportjába tartozik, rendkívül kevés szerves anyagot tartalmaz. Ennek el-

lenére a szerves oldószerekkel készített kivonatok esetén tapasztaltunk mutagenitást. A TA100-as tenyésztésnél, metabolikus aktiváció után (+S9) több pozitív eredményt kaptunk mindkét peloidnál. Így feltételezzük, hogy a peloidminták főként bázispár-szubsztitúciót okozó indirekt mutagéneket tartalmazhatnak^{3,152}.



3. ábra: Az *Eisenia coli* sejteinek DNS-károsodása (fluoreszcenskép-analízis). Kolop (A), Hévíz (B), pozitív kontroll (C) és negatív kontroll (D). Mikrogél-elektroforézis során az üstökös csővéjét a száltöréskor keletkező DNS-fragmentumok alkotják³.



4. ábra: Peloidok hatása az *Eisenia coli* sejtekre: tail-moment átlagok (\pm SD). A tail-moment a csőve és a mag közötti intenzitáskülönbség³.

Magyarországon a hévízi gyógyiszap szerves-anyag-tartalma jelentős, de a többi hazai gyógyiszapra ez nem jellemző. Veniale és munkatársai bizonyították is, ami tapasztalatból tudható: a magas szerves-anyag-tartalmú iszapokban magas mikrobiológiai aktivitás várható. Az iszap kivonatos vizsgálataink ismételt eredményeiben *fluktuációt tapasztaltunk*, amit a *mikroorganizmusok* aktív jelenléte magyarázhat^{152,153}.

Az iszapokban előfordulhatnak potenciálisan veszélyes szervesetlen alkotók is (As, Hg, Cd, Pb, Se, stb.), valamint az esetenként jelen lévő radioaktivitás is további kérdéseket vehet fel. A gyógyiszapokból készült kozmetikai, illetve a gyógyászatban is *alkalmazott termékek otthoni felhasználása újabb problémákat generál*. A háztartásokban használatba kerülő eredeti peloidkészítmények – amelyek feltehetően nagyszámú mikroorganizmust tartalmaznak – a kezelést megelőzően, vízzel keverve lehetőséget biztosítanak a mikrobiológiai érési folyamatokhoz. E körülmények fontos szerepet játszhatnak a *toxicitás*ban is.

A kockázatbecslés szempontjából, mivel bakteriális rendszerben dolgoztunk, az így kapott eredmények humán viszonyokra közvetlenül nem extrapolálhatók. Ezen kívül peloidkivonatos kísérleteinkben, Ames-tesztben, a gyógyiszapok szerves és szervesetlen komponenseit magasabb koncentrációban alkalmaztuk, mint amennyivel az emberi szervezet érintkezhet egyszeri iszapkezelés alkalmával. A *metabolikus aktivitációval kapott eredményeink potenciális, indirekt kockázatot jeleznek*, mivel az emberi bőr metabolizmusban betöltött szerepe elhanyagolható a májenzimékhez képest. Azonban a felszívódó indirekt mutagének a szérumban oldódva már könnyen elérhetik a metabolizáló szerveket³.

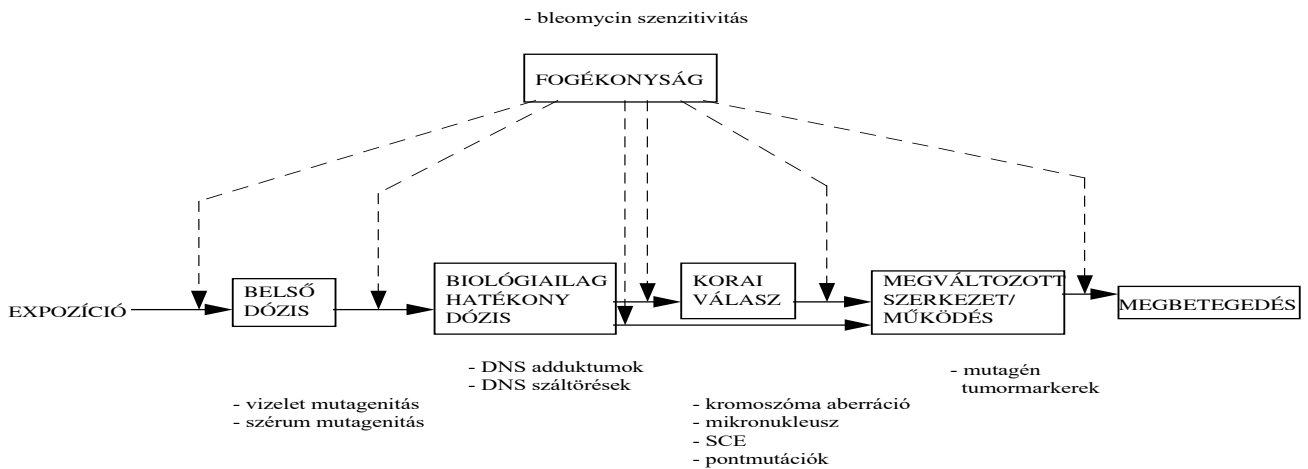
Az ökogenotoxikológiai vizsgálatok eredményei azért is fontosak, mert pl. a giliszták teljes testfelületükön, hosszú időn keresztül vették fel az iszapok anyagait, így expozíciójuk kifejezettebb volt, mint bármelyik másik, általunk vizsgált tesztben. Meglehetően, a cölomasejtek károsodása is az iszap (mikrobiális) érési folyamatainak a krónikus expozíció során a genotoxicitásban bekövetkező változásait jelzi vissza. Az említett körülmények tekintetében az iszapok frakcionált vizsgálata, a kapott mutagén frakciók további kémiai analízise, a komponensek elkülönítése és a toxikus összetevők azonosítása szükséges. A *gyógyiszapok otthoni használatát megelőző minőségi, aktuális toxicitást felmérő vizsgálatok, gyors tesztek alkalmazása (minőségbiztosítás!) alapvető fontosságú a toxikus mellékhatások elkerülése érdekében*. Ehhez az általunk kifejlesztett metodikák hasznos segítséget nyúj-

tanak. Az *Eisenia* cölomasejtek ökogenotoxikológiai vizsgálata pedig a *környezetvédelmi* (hulladékminősítési, hulladék-elhelyezési) tanulmányok használható, egzakt vizsgálómódszere is lehet.

Foglalkozási csoportokat érő expozíciók: vizsgálati stratégiák mutagén-karcinogén expozíciókban

A munkahelyi környezet – ahol egy-egy xenobiotikum legmagasabb környezeti koncentrációi mérhetőek – fokozott expozíciót jelent az ott dolgozó részpopulációknak. A foglalkozásszerűen exponált csoportok védelmét és a munkahelyi *kémiai biztonságot* civilizált országok törvényileg szabályozzák. Azonban számos *társadalmi tényező* (iskolázottság, értelmi szint, higiénés szokások, stb.) valamint *biológiai tényező* (metabolikus eltérések, DNS-reparációs kapacitás, stb.) is befolyásolja az expozíció következményeit. A genotoxikus expozíciók következtében potenciálisan keletkező mutációk hosszabb távon következményekkel járnak vagy *az egyén szintjén* (karcinogenezis) vagy *populációs szinten* (allélkombinációk, polimorfizmusok gyakoriságának megváltozása, genetikai betegségek megszorodása), attól függően, hogy a változás testi sejtet vagy ivarsejtet érintett. (Ez nem jelenti azt, hogy a testi sejtek mutációjának ne lehetne populációs szintű következménye, lásd előbb.)

A környezeti genotoxikus anyagok kimutatása gyors tesztekkel az *elsődleges megelőzést* szolgálja, mert a felismert mutagén-karcinogén anyagokat eltávolíthatjuk környezetből, illetve az exponált egyének védelmét biztosíthatjuk. Felfoghatjuk továbbá ezeket, mint a környezeti expozíció mérésére szolgáló vizsgálatokat, amennyiben mutagén-karcinogén expozícióról van szó. Ilyenkor a genotoxikus hatások és anyagok mérése környezeti mintákból (talaj, víz, levegő, stb.) történhet, amely tevékenység a *környezeti monitor* témakörébe tartozik. A vizsgálatok döntő többsége alacsonyabbrendű organizmusokon, sejttenyészeteken, kísérleti állatokon történik. A genotoxikológiai módszertan egyes részeit azonban expozíciós szituációkban *biológiai markerek* vizsgálatként is alkalmazhatjuk humán mintán végezve, *in vivo* körülmények között. Az expozíciótól a megbetegedésig vezető folyamat (5. ábra) fázisainak egyes biomarkereit genotoxikológiai tesztekben vizsgálható végpontokként jellemezhetjük.



5. ábra: Példák genotoxikológiai tesztben vizsgálható markerekre a környezeti eredetű megbetegedések kialakulásában

Alkalmazási lehetőségek valós expozíciókban

A genotoxikológiai módszerekkel nyert adatokból ma már csoportszintű következtetések levonására vagyunk képesek a direkt vagy indirekt genotoxikus anyagokkal ([pro]mutagénnel, [pro]karcinogénnel) exponáltak tekintetében. Nem egységes az álláspont ugyan az egyes vizsgált végpontok prediktív/preventív értékét illetően, de ezek kombinálásával hatékony rendszert állíthatunk fel egy-egy foglalkozási expozíció valós kockázatának becslésére. Hagyományosan a környezeti minitorozással ellenőrzött határértékek rendszere szabja meg, hogy mekkora expozíciók jöhetnek létre a munkahelyeken, de ezek nem vehetik figyelembe a csoportok eltérő érzékenységét. Ezért jön létre mégis a munkavállalók egy bizonyos százalékánál munkahelyi eredetű megbetegedés. Fontos tehát, hogy minél hamarabb felismerjük azt, hogy a munkavállalók

- melyik csoportja lehet fokozottan érzékeny az egészségügyi hatértéket egyébként nem meghaladó környezeti koncentrációkra, illetve annak felderítése, hogy
- kidolgozható-e ténylegesen biztonságos környezeti expozíciós határérték adott specifikus érzékenységű csoportokra a biomarkerek vizsgálata alapján.

A fentebb említett genotoxicitásvizsgálati lehetőségek közül válogatva kidolgoztunk egy olyan megelőző célú vizsgálati rendszert, mely operatív lehetőségeket nyújt a genotoxikus expozíciók hatásainak és következményeinek minimalizálásában^{154,155}. Célunk olyan szűrési stratégia megvalósítása volt, mely karcinogén-expozícióban dolgozó csoportok körében lehetővé teszi a kockázatbecslést. Az általunk kidolgozott protokoll a környezeti eredetű daganatos megbetegedés kialakulásának négy elemét, (i) a belső dózis, (ii) a biológiailag hatékony dózis, a (iii) korai válasz és (iv) a fogékonyság biomarkereit vizsgálja. Korábbi önkontrollos vizsgálatokban több foglalkozási csoport: citosztatikumokkal dolgozó nővérek, aszfaltútépítő, műanyagipari, dohánygyári és cipőgyári munkások vettek részt. Ezekben már kipróbáltuk a stratégia egyes elemeit. Kérdőíves módszerrel tájékozódunk az expozíciós és életviteli adatokról. A karcinogének belső dózisát a vizelet mutagenitásával jellemeztük. Az Ames-tesztben kapott nettó revertánszámokat a vizelet kreatinin koncentrációra standardizáltuk. A cipőgyári és a műanyagipari munkások, valamint az onkológiai osztályokon dolgozó vizelete szignifikánsan magasabb mutagénaktivitást mutatott, mint az útépítőké. Az emelkedett mutagenitás a dolgozók mintegy 20%-át érintette¹⁵⁵. Egy

bizonyos *adaptációs mechanizmust* is megfigyeltünk: hosszabb távollét után (pl. nyári szabadság) visszatérve, többeknél markánsan megemelkedett vizeletmutagenitást észleltünk. Ezt pedig a folyamatos munkavégzéssel párhuzamos hozzászokás magyarázhatja.

Pécsi egészségügyi intézményekben végzett legutóbbi vizsgálataink során – a fenti négy szintű biomarkervizsgálati stratégiát részben megvalósítva – az első és harmadik szintről vannak eredményeink^{156,157}. Ez vizeletmutagenitási és citogenetikai vizsgálatokat jelent. Mindazonáltal gyakorlati jelentőségű eredményeket így is produkáltunk ebben a foglalkozási csoportban. Be tudtuk azonosítani az elszennvedett magasabb expozíciókat, ill. egy magas mikronukleusz-gyakoriságot hordozó eset hátterét is sikerült feltárni rokonok bevonásával a citogenetikai vizsgálatba.

Nagyban befolyásolja a munkahelyi expozíciók kiemelését az exponáltak képzettsége. Ez a tényező az általunk, egészségügyi intézményekben végzett vizsgálatok során nem volt befolyásoló tényező. Az exponált személyzet (orvosok, fizikusok, asszisztensek, nővérek) ugyanis tisztában voltak szakmájuk biztonsági szabályaival, így *fegyelmezetlenségéből fakadó* többletexpozíciók kialakulásával nem kellett számolnunk. A vizsgálatok során kapott eredmények a normál munkavégzés során elszennvedett expozíciók következménye volt. Ugyanez nem feltétlenül mondható el más szakmák és expozíciók esetében, *ahol kevésbé kvalifikált embereket* találunk az exponáltak között (aszfaltútépítők, betanított gyári munkások, stb.).

Kitekintés

A környezettoxikológia (és -higiéne) itt vázolt *szupra-individuális attitűdje* persze nem jelentheti azt, hogy az emberi közösségek környezeti ártalmakkal szembeni megvédéséhez ne lenne szükség az *individuális* és *infra-individuális* szinteken bekövetkező változások alapos ismeretére. Más azonban a megközelítés, illetve más a paradigma is¹⁵⁸.

Egy olyan *szupra-individuális szemléletű alaptudományról* van tehát szó a környezettoxikológia esetében, amelyre bátran felépülhet egy környezet-egészségügyi *cselekvési stratégia*, a prevenció érdekében meghozott intézkedések összessége. Célunk eléréséhez a modern tudomány minden eszköze bevethető és minden területe felhasználható: a kísérletes ökológiától a környezetkémia és -toxikológián keresztül a különböző „omikákig” (*omics*), nem ignorálva közben

olyan tényezőket sem, melyek a populációk sérülékenységének vagy fokozott érzékenységének, fogékonyságának determinánsai.

Mert vannak ugyan naponta újabb felfedezések a biológiai tényezőket illetően is, de a determinánsok között már nagyon sok olyat is találunk, amely nem az ember biológikumából fakad, hanem a *szociológia*, a *társadalom-egészségtan* vagy a *történeti egészségtan* által feltárt összefüggésekkel magyarázható. És ez maximálisan visszaigazolja a bevezetésben idézett *Nature* szerkesztőit.

Az itt felvetett témákat alapvetően *szupra-individuális módon megközelítő biológus* gondolatainak visszajelzését örömmel érzékeli a kérdésben érintett társtudományok oldaláról, a legfrissebb orvosi, szociológiai, stb. szakirodalomból. Csak utalunk itt a *transzlációs* medicinára, az *Ecohealth* modellre, a *Conservation medicine* (Ecological health) nevű, relatíve új tudományterületre; de említhetjük az egyik legújabb „omikát” is: a teljes emberi élet során összegyűjtött expozíciókkal fogalkozó *expozomikát*.

Anyagi támogatás

PTE ÁOK Belső Pályázat, Jedlik Ányos pályázat

Érdekeltségek

A szerzőnek nincsenek a tartalmat érintő érdekeltiségei.

Nyilatkozatok

A szerző nyilatkozik arról, hogy a közlemény más folyóiratban korábban nem jelent meg, és máshová beküldésre nem került.

Irodalom

1. Dévai Gy, Juhász-Nagy P, Dévai I. A vízminőség fogalomrendszerének egy átfogó koncepciója. I. rész: A tudománytörténeti háttér és az elvi alapok. *Acta Biol Debr Oecol Hung*, 1992, 4: 13-28.
2. Dévai Gy, Juhász-Nagy P, Dévai I. A vízminőség fogalomrendszerének egy átfogó koncepciója. II. rész: A hidrobiológia és a biológiai vízminőség fogalmkörének értelmezése. *Acta Biol Debr Oecol Hung*, 1992, 4: 29-47.
3. Varga Cs. Vízhigiéne – víztoxikológia: Aktuális hazai kérdések és kutatási irányok (monográfia). *Acta Biol Debr Oecol Hung*, 2012, 29: 9-120.
4. Dévai Gy. A vízszennyezés ökológiai következményei. 43. Országos Biológus Napok, Révfülöp, 2000, 147-167.
5. WHO World Health Organization: Constitution. 1946
6. WHO Health promotion: A WHO discussion on the concept and principles. 1984 <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107835>
7. Varga C, Pikó B. Population toxicology – An example of super-individual approach to human studies. *World Environment*, 2012, 2(4), 56-61. <https://doi.org/10.5923/j.env.20120204.01>
8. Varga Cs. Környezet-egészségtan: Bevezetés. in: Népegészségügyi Orvostan (Ember I, Kiss I, Cseh K. szerk.) PTE ÁOK, 2013, p. 299.
9. Varga Cs. Kémiai biztonság I-II, Kémiai biztonsági kézikönyvek, Vol. 2. ÁNTSZ HBMI, Debrecen, 2002, pp 1-279.
10. Claxton LD, Umbuzeiro GA, DeMarini DM. The Salmonella mutagenicity assay: The stethoscope of genetic toxicology for the 21st century. *Environ Health Perspect*, 2010, 118: 1515-1522. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002336>
11. Varga Cs. Higiénés toxikológiai vizsgálatok. In: Népegészségügyi Orvostan (Ember I, Kiss I, Cseh K. szerk.) PTE ÁOK, 2013, 323-325.
12. Varga C, Kiss I, Ember I. The lack of environmental justice in Central and Eastern Europe. *Environmental Health Perspectives*, 2002, 110A: 662-663. <https://doi.org/10.1289/ehp.110-a662>
13. Varga C. Environmental injustices in Central and Eastern Europe: The minority pitfall. *World Environment*, 2012, 2 (3): 35-37. <https://doi.org/10.5923/j.env.20120203.03>
14. Nicole W. CAFOs and Environmental Justice: The Case of North Carolina. *Environ Health Perspect*, 2013, 121: A182-189. <https://doi.org/10.1289/ehp.121-a182>
15. Jesdale BM, Morello-Frosch R, Cushing L. The racial/ethnic distribution of heat risk-related land cover in relation to residential segregation. *Environ Health Perspect*. 2013, 121:811-817. <https://doi.org/10.1289/ehp.1205919>
16. Czárán T. Együttműködés, kommunikáció és csatlás a mikróbák világában, a Quorum Sensing és a kooperáció együttes evolúciója baktériumokban. *Magyar Tudomány*, 2010, 171 (4): 396-406.
17. Varga Cs. Határok és betegségek: betegség és egészség a nagypolitika erőterében. Környezeti egyenlőtlenségek és igazságtalanságok a Kárpát-medencében. Trianon hosszú távú hatásai. In: Történeti egészségtan (Ember I, Molnár FT, Varga Cs. szerk.) Dialóg-Campus Kiadó, 2010. pp. 159-171.
18. Varga C. A History-based Environmental Health: On The Frontiers Of Ecology, Public Health And History. *WebmedCentral ECOLOGY* 2011,2(3):WMC001701
19. Varga C, Ember I, Murányi E, Kiss I. Historical public health in Central Europe with special reference to Hungary. Long-term environmental effects of a historical cataclysm. *J Pub Health Res*, 2012, 1: 45-50. <https://doi.org/10.4081/jphr.2012.e9>
20. Kuzmits, B. Cross-bordering water management in Central Asia. ZEF Working Paper Series 2006, 66, Universität Bonn, pp 1-27.
21. MERCW Dumping of chemical warfare in the Baltic Sea after World War II., 2010, <http://mercw.org/>
22. Nagy S, Dévai Gy, Czégény I. Javaslat egy új mutató, a veszélyeztetettségi állapot (perniciozítás) bevezetésére a vízminősítésben és a halászatbiológiában. XXIV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2000, pp. 184-191.
23. Kiss I. Környezeti és genetikai tényezők kölcsönhatása. in: Népegészségügyi Orvostan (Ember I. szerk.) Dialóg-Campus Kiadó, 2007, pp 384-393.
24. Varga C, Ember I. Comments on The worst of both worlds: Poverty and politics on the Balkans. *Environmental Health Perspectives* 2000, 108A: 494. <https://doi.org/10.1289/ehp.108-a494a>
25. Varga Cs. Történeti egészségtan. A történelem, a környezethigiéne és az emberi egészség érintkezési pontjai. In: Történeti egészségtan (Ember I, Molnár FT, Varga Cs. szerk.) Dialóg-Campus Kiadó, 2010. pp. 30-33.
26. Martuzzi M, Mitis F, Forastiere F. Inequalities, inequalities, environmental justice in waste management and health. *Eur J Pub Health* 2010, 20: 21-26. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckp216>

27. Ungváry Gy, Odor A, Bényi M, Balogh S, Szakmáry É. Romatelepek Magyarországon – gyermekek egészségügyi ellátása, higiénés viszonyok. *Orv Hetil* 2005, 146(15): 691-699.
28. Kiss I, Béres J, Orsós Zs, Sándor J, Ember I. Daganatok iránti egyéni érzékenységet befolyásoló allépolimorfizmusok vizsgálata magyarországi roma populációban. *Magyar Epidemiológia* 2004, 1: 69-74.
29. Kiss I. Génexpressziók és allépolimorfizmusok, mint a daganatmegelőzés molekuláris epidemiológiai biomarkerei. MTA-doktori értekezés, Pécs-Budapest, 2013
30. Rosicova K, Geckova AM, Rosic M. et al. Socioeconomic factors, ethnicity and alcohol-related mortality in regions in Slovakia. What might a tree analysis add to our understanding? *Health and Place* 2011, 17:701-709. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2011.01.004>
31. Guglielmino CR, Béres J. Genetic structure in relation to the history of Hungarian ethnic groups. *Hum Biol* 1996, 68:335-355.
32. Varró MJ, Gombkötő Gy, Szeremi M. et al. Heves városban előfordult tömeges ólomexpozíció kockázati tényezői. *Egészségtudomány* 2001, 45: 167-180.
33. Varga Cs, Ember I. Kémiai biztonság és környezettoxikológia. in: Népegészségügyi Orvostan (Ember I, Kiss I, Cseh K. szerk.) PTE ÁOK, 2013, pp. 318-323.
34. Gombkötő Gy, Szeremi M. A Heves-megyei lakosság megbetegedési-halálozási viszonyainak elemzése nemzetközi és magyarországi összehasonlításban. Heves-megyei ÁNTSZ/NEKAP kiadványa, Eger, 1997, pp. 1-119.
35. Kertai, P. Megelőző orvostan, Medicina, Budapest, 1999, pp. 1-776.
36. Métneki J, Béres J, Czeizel E. Velezületett Rendelvények Országos Nyilvántartásának 50 éve. *Magyar Epidemiológia* 2012-13, 9-10: 11-27.
37. Czeizel AE, Elek C, Gundy S. et al. Environmental trichlorfon and cluster of congenital abnormalities. *Lancet* 1993, 341: 539-542. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(93\)90293-P](https://doi.org/10.1016/0140-6736(93)90293-P)
38. Varga Cs, Kiss I, Ember I. Egy nemzeti kataklizma kései következményei. *Trianoi Szemle* 2010, 2(2): 89-98.
39. Coggon D, Goldsmith J, Jedrychowski W. et al. Nemzeti Integrált Környezet-egészségügyi Programok a Kelet-közép Európai Országokban: Környezet-epidemiológiai módszerek (jegyzet). WHO Európai Területi Irodája, Környezet és egészség Európai Központ, Bilthoven, 1993.
40. Lakosi I. A 2008. évi Rába vízminőségi hossz-szelvény vizsgálat tapasztalatai, 2008. [http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/27/dolgozatok/01lakosi_ilona.htm]
41. Szabó IM. A nagymarosi vízlépcső lehetséges hatásai a Duna mikrobiológiai-biokémiai dinamikájára és a folyó vízminőségére. *Hidrol Közl*, 1991, 71:133-141.
42. Hankó Z. Néhány megjegyzés. *Hidrol Közl*, 1993, 73:389.
43. International Court of Justice, the Hague Case Concerning the Gabčíkovo-Nagymaros Project (Hungary vs. Slovakia). General List No. 92. 25 September 1997.
44. Kovac C. Cyanide spill threatens health in Hungary. *Brit Med J*, 2000, 320: 536. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7234.536>
45. Kovac C. Cyanide spill could have long term impact. *Brit Med J*, 2000, 320: 1294. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7234.536>
46. Standovár T, Primack RB. A természetvédelmi biológia alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2001
47. Ministry for Environment of the Republic of Hungary Preliminary evaluation of cyanide pollution in the rivers Szamos and Tisza. Report. published on 9 May 2000.
48. European Commission Report of the International Task Force for Assessing the Baia Mare Accident. Brussels: European Commission Environment, 2001. http://awsassets.panda.org/downloads/baia_mare_task_force_report_2000.pdf
49. Szalai Gy, Urbányi A. Waters. in: F. Németh (ed.) National Nature Policy Plan. Prospects of the environment and nature friendly regional planning 1996, IUCN Gland, Budapest, Hungary, pp. 87-93.
50. Szikura J, Kolozsvári I. Környezeti változások a Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjén. *Acta Biol Debr Oecol Hung*, 2012, 27: 187-194.
51. Dévai Gy, Fehér I, Grigorszky I. et al. Prologue to Trans-Tisza Network program. *Acta Biol Debr Oecol Hung*, 2012, 27: 7-14.
52. Varga C. Solid-phase environmental genotoxicity: In Vivo Veritas! *WebmedCentral TOXICOLOGY*, 2012, 3(1):WMC002932
53. Schins RPF. Mechanisms of genotoxicity of particles and fibers. *Inhalation Toxicol* 2002, 14, 57-78. <https://doi.org/10.1080/089583701753338631>
54. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Chemicals on Man. Vol 14.: Asbestos, IARC, Lyon, 1977, pp. 1-106

55. Timbrell V, Gilson JC, Webster I. UICC standard reference samples of asbestos. *Int. J. Cancer*, 1968, 3: 406-408. <https://doi.org/10.1002/ijc.2910030312>
56. Varga Cs. Az ivóvizeinkben jelenlévő azbesztrostokról. *Bp Közegészségügy*, 1993, 25: 156-158.
57. Varga C. Can one assess genotoxic and carcinogenic risk of asbestos without mentioning ingested fibres? *Mutat Res*, 2005, 572, 173-174. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.12.006>
58. Jäckel M. A különféle, iparban felhasznált azbeszt-pótló rostos porok légzőszervi hatásai. PhD értekezés, Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2005, 1-74.
59. Schürkes C, Brock W, Abel J. et al. Induction of 8-hydroxideoxyguanosine by man made vitreous fibres and crocidolite asbestos administered intraperitoneally in rats. *Mutation Res*, 2014, 553: 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.06.021>
60. Varga Cs. Az ivóvíz azbesztartalmának higiénés megítéléséről. *Hidrol. Közl.*, 1989, 69: 172-179.
61. Varga C, Horváth G, Timbrell V. On the mechanism of cogenotoxic action between ingested amphibole asbestos fibres and benzo(a)pyrene: II. Tissue specificity studies using comet assay. *Cancer Lett*, 1999, 139: 173-176. [https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(99\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(99)00032-4)
62. Varga Cs, Pocsai Z, Horváth G. et al. Studies on genotoxicity of orally administered crocidolite asbestos in rats: Implications for ingested asbestos induced carcinogenesis. *Anticancer Res*, 1996, 16: 811-814.
63. Varga C, Horváth G, Timbrell V. In vivo studies on genotoxicity and cogenotoxicity of ingested UICC anthophyllite asbestos. *Cancer Lett*. 1996, 105: 181-185. [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(96\)04278-4](https://doi.org/10.1016/0304-3835(96)04278-4)
64. Loli P, Topinka J, Georgiadis P. et al. Benzo[a]pyrene-enhanced mutagenesis by asbestos in the lung of I-lacI transgenic rats. *Mutation Res*. 2004, 553: 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.06.025>
65. Dusinska M, Collins A, Kazimirova A. et al. Genotoxic effects of asbestos in humans. *Mutation Res*. 2004, 553: 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.06.027>
66. Fasy TM. Asbestos fibers are mutagenic after all: new signs of orthodoxy for a paradoxical group of carcinogens. *Ann. NY Acad. Sci*. 1991, 643: 271-279. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1991.tb24471.x>
67. Varga C, Szendi K. Mesothelioma and environmental exposure. A newly developed animal model for fiber exposure. *Ann NY Acad Sci*. 2008, 1138: 73-76. <https://doi.org/10.1196/annals.1414.012>
68. Varga C, Szendi K, Ember I. An in vivo model for testing genotoxicity of environmental fibre-associated nitroarenes. *In Vivo* 2006, 20, 539-542.
69. Conforti PM, Kanarek MS, Jackson LA. et al. Asbestos in drinking water and cancer in the San Francisco Bay Area 1969-74. *J. Chronic. Dis.* 1981, 34: 211-224. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(81\)90065-5](https://doi.org/10.1016/0021-9681(81)90065-5)
70. Varga Cs. Azbesztrostok az ivóvízben: elektronmikroszkópos vizsgálatok. *Hidrol. Közl.* 1990, 70: 108-113.
71. Varga Cs. Asbestos fibres in drinking water: are they carcinogenic or not? *Med Hypotheses*, 2000, 55: 225-226. <https://doi.org/10.1054/mehy.2000.1049>
72. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 52.: Chlorinated drinking water, IARC, Lyon, 1991, pp. 1-359
73. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 71/3.: Re-evaluation of some organic chemicals, IARC, Lyon, 1999, pp. 931-1586
74. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 84.: Some drinking-water disinfectants and contaminants, including arsenic, IARC, Lyon, 2004, pp. 1-512
75. Vartiainen T, Liimatainen A, Kauranen P. et al. Relations between drinking water mutagenicity and water quality parameters. *Chemosphere*, 1988, 17: 189-202. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(88\)90056-2](https://doi.org/10.1016/0045-6535(88)90056-2)
76. Okun DA. Water quality management. In: Maxcy-Rosenau-Last Public Health and Preventive Medicine (Last JM, Wallace RB, eds.) 13th edition, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1992, pp 619-648
77. Varga Cs, Pocsai Zs, Kertai P. Urinary and serum mutagenicity studies with rats bearing experimental tumours. *Mutagenesis*, 1995, 10: 43-45. <https://doi.org/10.1093/mutage/10.1.43>
78. Varga C, Horváth G, Pocsai Z. et al. On the mechanism of cogenotoxic action between ingested amphibole asbestos fibres and benzo(a)pyrene: I. Urinary and serum mutagenicity studies with rats. *Cancer Lett*, 1998, 128: 165-169. [https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(98\)00063-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(98)00063-9)
79. Szendi K, Varga Cs. Nanotechnológia, egy új kihívás a környezeti higiéné számára: Szén nanocsövek. *Magyar Epidemiol* 2006, 3, 59-66.
80. Szendi K, Varga Cs. Előkísérletek a szén nanocsövek potenciális genotoxicitásának és mesothelioma-indukciójának vizsgálatára. *Egészségtudomány*, 2006, 50, 73-82.

81. Poland CA, Duffin R, Kinloch I. et al. Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. *Nature Nanotech*, 2008,3: 423-428. <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.111>
82. Zhang Y, Bai Y, Jia J. et al. Perturbation of physiological systems by nanoparticles. *Chem Soc Rev*, 2014, 43: 3762-3809. <https://doi.org/10.1039/C3CS60338E>
83. Oberdörster E. Manufactured nanomaterials (fullerenes, C₆₀) induce oxidative stress in the brain of juvenile largemouth bass. *Environ Health Perspect* 2004, 112: 1058-1062. <https://doi.org/10.1289/ehp.7021>
84. Lam CW, James JT, McCluskey et al. Pulmonary toxicity of Single-Wall Carbon Nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation. *Toxicol Sci*, 2004, 77: 126–134. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfg243>
85. Møller P, Christophersen DV, Jensen DM. Et al. Role of oxidative stress in carbon nanotube-generated health effects. *Arch Toxicol* 2014, DOI 10.1007/s00204-014-1356-x <https://doi.org/10.1007/s00204-014-1356-x>
86. Shvedova AA, Castranova V, Kisin ER. Exposure to carbon nanotube material: assessment of nanotube cytotoxicity using human keratinocyte cells. *J. Toxicol. Environ. Health A*, 2003, 66: 1909-1926. <https://doi.org/10.1080/713853956>
87. Varga Cs. Hygiénés toxikológiai vizsgálatok. in: Népegészségügyi Orvostan (Ember I. szerk.) Dialóg-Campus Kiadó, 2007. pp. 409-411.
88. Varga Cs. Higiénés genotoxikológiai vizsgálatok. in: Népegészségügyi Orvostan (Ember I, Kiss I, Cseh K. szerk.) PTE ÁOK, 2013, pp. 325-327.
89. Szendi K, Varga C. Lack of genotoxicity of carbon nanotubes in a pilot study *Anticancer Res*. 2008, 28: 349-352.
90. Takagi A, Hirose A, Nishimura T. et al. Induction of mesothelioma in p53+/- mouse by intraperitoneal application of multi-wall carbon nanotube. *J Toxicol Sci*, 2008, 33: 105-116. <https://doi.org/10.2131/jts.33.105>
91. Sakamoto Y, Nakae D, Fukumori N. et al. Induction of mesothelioma by a single intrascrotal administration of multi-walled carbon nanotube in intact male Fischer 344 rats. *J Toxicol Sci*, 2009,34: 65-76. <https://doi.org/10.2131/jts.34.65>
92. Yatsunenkeno T, Rey FE, Manary MJ. Et al. Human gut microbiome viewed across age and geography. *Nature*, 2012, 468: 222-227. <https://doi.org/10.1038/nature11053>
93. Szűcs S, Varga C, Ember I. et al. The separation of the granulocytes from different rat strains. A comparative study. *J Immunol Methods*, 1994, 167: 245-251. [https://doi.org/10.1016/0022-1759\(94\)90093-0](https://doi.org/10.1016/0022-1759(94)90093-0)
94. Boyles MSP, Stoehr LC, Schlinkert P. et al. The significance of carbon nanotube-induced inflammation. *Fiber*, 2014, 2: 45-74. <https://doi.org/10.3390/fib2010045>
95. Bussy C, Kostarelos K. Carbon nanotubes in medicine & biology – Safety and toxicology. *Adv Drug Delivery Rev*, 2013, 65: 2061-2062. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2013.11.001>
96. 65/2004 (IV.27.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendelet a természetes ásványvíz, a forrásvíz, az ivóvíz, az ásványi anyaggal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól.
97. 59/2006. (VIII. 14.) FVM-EÜM-SZMM együttes rendelet a természetes ásványvíz, a forrásvíz, az ivóvíz, az ásványi anyaggal dúsított ivóvíz és az ízesített víz palackozásának és forgalomba hozatalának szabályairól szóló 65/2004. (IV. 27.) FVM-ESZCSM-GKM együttes rendelet módosításáról.
98. Varga Cs. A gyógyvizek szerves anyagainak jelentősége a balneoterápiában. in: Balneoterápia és hidrotériapia (Bender T. szerk.) Medicina, 2014, pp 47-51.
99. Page BD, Conacher HB, Salminen J. et al. Survey of bottled drinking water sold in Canada. Part 2. Selected volatile organic compounds. *J AOAC Int*. 1993, 76(1): 26-31. <https://doi.org/10.1093/jaoac/76.1.26>
100. Ceretti E, Zani C, Zerbini I. et al. Comparative assessment of genotoxicity of mineral water packed in polyethylene terephthalate (PET) and glass bottles. *Water Res*. 2010, 44: 1462-1470. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.10.030>
101. Kiss I, Görgényi F, Kerkovits L. Ásványvízfogyasztás Magyarországon – kinek miért és miért ne javasoljuk? *Hypertonia és Nephrologia* 2009, 13: 259–269.
102. Varga Cs.) Genotoxicologic evaluation of ozonated/chlorinated drinking water: Cytogenetic effects of XAD-fractions on cultured human cells. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1991, 10: 1029-1035. <https://doi.org/10.1002/etc.5620100807>
103. Wegelin M, Canonica S, Alder AC. Et al. Does sunlight change the material and content of polyethylene terephthalate (PET) bottles? *J Water Supply: Research and Technology–AQUA*, 2001, 50 (3): 125–133. <https://doi.org/10.2166/aqua.2001.0012>
104. Nawrocki J, Dabrowska A, Borcz A. Investigation of carbonyl compounds in bottled waters from Poland. *Water Res.*, 2002, 36: 4893–4901. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00201-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00201-4)

105. Mutsuga M, Kawamura Y, Sugita-Konishi Y. et al. Migration of formaldehyde and acetaldehyde into mineral water in polyethylene terephthalate (PET) bottles. *Food Additives Contam*, 2006, 23: 212–218. <https://doi.org/10.1080/02652030500398361>
106. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 88.: Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol, IARC, Lyon, 2006, pp. 1-478
107. Lambert B, He SM. DNA and chromosome damage induced by acetaldehyde in human lymphocytes in vitro. *Ann NY Acad Sci*, 1988, 534: 369-376. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1988.tb30124.x>
108. Montuori P, Jover E, Morgantini M. et al. Assessing human exposure to phthalic acid and phthalate esters from mineral water stored in polyethylene terephthalate and glass bottles. *Food Additives Contam*, 2008, 25: 511–518. <https://doi.org/10.1080/02652030701551800>
109. Wagner M, Oehlmann J. Endocrine disruptors in bottled mineral water: estrogenic activity in the E-Screen. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2011, 127: 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2010.10.007>
110. Bach C, Dauchya X, Chagnon M. et al. Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: A source of controversy reviewed. *Water Res*, 2012, 46: 571-583. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.11.062>
111. Sun Q, Cornelis MC, Townsend MK. et al. Association of urinary concentrations of Bisphenol A and phthalate metabolites with risk of Type 2 Diabetes: A prospective investigation in the Nurses' Health Study (NHS) and NHSII cohorts. *Environ Health Perspect*. 2014, 122: 616-623. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307201>
112. Calafat AM, Ye X, Wong L-Y. et al. Exposure of the U.S. population to bisphenol A and 4-tertiary-octylphenol: 2003–2004. *Environ Health Perspect* 2008, 116: 39–44. <https://doi.org/10.1289/ehp.10753>
113. Calafat AM, Weuve J, Ye X. et al. Exposure to bisphenol A and other phenols in neonatal intensive care unit premature infants. *Environ Health Perspect* 2009, 117: 639–644. <https://doi.org/10.1289/ehp.0800265>
114. Keresztes S, Tatár E, Mihucz VG. Et al. Leaching of antimony from polyethylene terephthalate (PET) bottles into mineral water. *Sci Total Environ*, 2009, 407: 4731–4735. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.04.025>
115. Keresztes S, Tatár E, Czégény Z. et al. Study on the leaching of phthalates from polyethylene terephthalate bottles into mineral water. *Sci Total Environ*, 2013, 460: 451–458. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.056>
116. Swan SS, Main KM, Liu F. et al. Decrease in anogenital distance among male infants with prenatal phthalate exposure. *Environ Health Perspect*, 2005, 113:1056-1061. <https://doi.org/10.1289/ehp.8100>
117. Grün F, Blumberg B. Endocrine disruptors as obesogens. *Mol Cell Endocrinol*, 2009, 304:19-29. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2009.02.018>
118. Pan G, Hanaoka T, Yoshimura M. et al. Decreased serum free testosterone in workers exposed to high levels of di-n-butyl phthalate (DBP) and di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP): a cross-sectional study in China. *Environ Health Perspect*, 2006, 114: 1643–1648. <https://doi.org/10.1289/ehp.9016>
119. Hauser R, Calafat AM. Phthalates and human health. *Occup Environ Med* 2005, 62: 806-818. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.017590>
120. Varga Cs. A balneológia tudományos alapjairól. *Lege Artis Medicinae* 2006, 16: 391-392
121. Varga Cs. Balneoprevenció. in: Népegészségügyi Orvostan (Ember I. szerk.) Dialóg-Campus Kiadó, 2007, pp 502-503.
122. Varga Cs, Szuetta J. A balneológia prevenció aspektusairól. *Balneológia Gyógyf Gyógyid*, 2008, 27 (1-2): 87-92.
123. Varga C. Volatile organics in thermal spa waters: active ingredients or environmental toxicants? *Thermae & Spa Medicine*, 2012, 2: 1-8.
124. Varga C. The Balneology paradox. *Int J Biometeorol* 2011, 55:105–106. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0378-1>
125. Varga C. Balneoprevention: new approaches. *Int J Biometeorol*, 2012, 56:195–197. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0377-2>
126. McKone TE. Human exposure to volatile organic compounds in household tap water. The indoor inhalation pathway. *Environ Sci Technol.*, 1987, 12: 1194-1202. <https://doi.org/10.1021/es00165a006>
127. Jo WK, Weisel CP, Liou PJ. Routes of chloroform exposure and body burden from showering with chlorinated tap water. *Risk Analysis*, 1990, 10: 575-580. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1990.tb00541.x>
128. Jo WK, Weisel CP, Liou PJ. Chloroform exposure and health risk associated with multiple uses of chlorinated tap water. *Risk Analysis*, 1990, 10: 581-585. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1990.tb00542.x>

129. Hassanien MA, Dura Gy, Kárpáti Z (1999) Potential health effects of exposure to volatile organic compounds occurrence of natural origin in thermal water. *Centr. Eur. J. Occup. Environ. Med.* 1999, 5:160-172.
130. Gerencsér G, Varga Cs. Magyarországi gyógyiszapok ökotoxikológiai vizsgálata fehér mustár gyökér-növekedési teszttel. *Balneológia Gyógyf Gyógyid*, 2008, 27 (1-2): 43-47.
131. Gerencsér G, Varga Cs. Hévízi és kolopi gyógyiszapok ökotoxikológiai minősítése Eisenia-teszttel. *Balneológia Gyógyf Gyógyid*, 2008, 27(1-2): 48-56.
132. Domahidi J, Csiszér A, Buksa C. et al. Monitoring of mineral waters for the cure in Mures County. *Int J Hygiene Environ Health*, 2009, 59: 97-106.
133. Varga C. Problems with classification of spa waters used in balneology. *Health* 2010, 2: 1260-1263. <https://doi.org/10.4236/health.2010.211187>
134. Agyagási, D. Különböző típusú vízminták szerves komponenseinek vizsgálata. *Balneológia Gyógyf Gyógyid*, 1983, 4: 261-268.
135. Kárpáti Z, Sajgó C, Vető I. et al. Organic matter in thermal waters of the Pannonian Basin – a preliminary report on aromatic compounds. *Organic Geochem*, 1999, 30: 701-712. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(99\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(99)00006-6)
136. Sajgó C, Kovács K, Kárpáti Z. et al. Organic geochemical characterization of humic and fulvic acids of thermal waters in deep aquifers of the Pannonian Basin (SE Hungary). 23rd International Meeting on Organic Geochemistry Torquay, England. September 9th-14th, 2007, P93-MO pp. 225-226.
137. Sajgó C, Kárpáti Z, Horváth I. et al. Geochemical study on organic compounds of thermal waters in deep aquifers of the Pannonian Basin. 23rd International Meeting on Organic Geochemistry Torquay, England. September 9th-14th, 2007, P332-WE pp. 563-564.
138. DiGioia ML, Leggio A, LePera A. et al. Occurrence of organic compounds in the thermal sulphurous waters of Calabria, Italy. *Chromatographia* 2006, 63: 585-590. <https://doi.org/10.1365/s10337-006-0806-x>
139. Gonzales-Barreiro C, Cancho-Grande B, Araujo-Nespereira P. et al. Occurrence of soluble organic compounds in thermal waters by ion trap mass detection. *Chemosphere* 2009, 75: 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.067>
140. Abels DJ, Kattan BJ. Psoriasis treatment at the Dead Sea: a natural selective ultraviolet phototherapy. *J Am Acad Dermatol* 1985, 12: 639-643. [https://doi.org/10.1016/S0190-9622\(85\)70087-4](https://doi.org/10.1016/S0190-9622(85)70087-4)
141. Peroni A, Gisoni P, Zanoni M. et al. Balneotherapy for chronic plaque psoriasis at Comano spa in Trentino, Italy. *Dermatologic Therapy* 2008, 21: 31-38. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2008.00200.x>
142. Hincu M, Surdu O, Leon A. et al. Cellular and molecular alterations in skin submitted to ultraviolet radiations. *Romanian Biotechnol Lett.* 2010, 15 (3): 62-69.
143. Varga C, László M, Gerencsér G. et al. Natural UV-protective organic matter in thermal water. *J Photochem Photobiol-B*, 2015, 144: 8-10. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.01.007>
144. Gerencsér G, Szendi K, Murányi E. et al. Ecotoxicological studies on Hungarian peloids (medicinal muds). *Applied Clay Science*, 2010, 50, 47-50 <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.06.022>
145. Gerencsér G, Szendi K, Varga Cs. Gyógyiszapok ökogenotoxikológiai vizsgálata. *Magyar Epidemiol*, 2011, 8: 123-127.
146. Neuhauser EF, Hartenstein R, Kaplan DL. Growth of the earthworm, *Eisenia fetida* in relation to population density and food rotating. *Oikos*, 1980, 35: 93-98. <https://doi.org/10.2307/3544730>
147. Jaweria S, Aamer AK, Iftikhar H. et al. Growth and reproduction of earthworm (*Eisenia fetida*) in different organic media. *Pakistan Journal of Zoology*, 2005, 37: 211-214.
148. Gerencsér G, Szendi K, Berényi K. et al. Can the use of medical muds cause genotoxicity in eukaryotic cells? *Environmental Geochemistry and Health*, 2015, 37: 63-70. <https://doi.org/10.1007/s10653-014-9630-7>
149. Hertel-Aas T, Oughton DH, Jaworska A. et al. Induction and repair of DNA strand breaks and oxidised bases in somatic and spermatogenic cells from the earthworm *Eisenia fetida* after exposure to ionising radiation. *Mutagenesis*, 2011, 26: 783-793. <https://doi.org/10.1093/mutage/ger048>
150. Szendi K, Gerencsér G, Murányi E. et al. A balneoterápia lehetséges kockázatai: Peloidok mutagén aktivitásának vizsgálata bakteriális mutagenitási tesztben. *Magyar Epidemiol*, 2011, 8: 109-121.
151. Lassú L (1998) Környezetvédelmi vizsgálatok. Nemzeti Szakképzési Intézet, Budapest, 1998
152. Szendi K, Gerencsér G, Murányi E. et al. Mutagenic activity of peloids in the Salmonella Ames test. *Applied Clay Science* 2012, 55: 70-74. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2011.09.015>
153. Veniale F, Bettero A, Jobstraibizer PG. et al. Thermal muds: Perspectives of innovations. *Applied Clay Science* 2007, 36:141-147. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2006.04.013>

154. Varga C, Legoza J, Tatar-Kiss Z. et al. Mutagenicity studies on urine samples of workers potentially exposed to carcinogens (lecture). Alexander Hollaender Course, Cairo, Egypt, 1998, p.16.
155. Varga C, Legoza J, Tatar-Kiss Z. et al. Internal dose studies using urine samples of clinical personnel and industrial workers potentially exposed to carcinogens. (lecture) NATO-ASI Course, Antalya, Turkey, 1999.
157. Szendi K, Murányi E, Gerencsér G. et al. Biomarker-vizsgálatok ionizáló sugárzás- és citosztatikumexpozícióban – esettanulmány. Magyar Epidemiol, 2009, 6 (1): S105-106.
158. Varga Cs. Ökológiai alapfogalmak. In: Népegészségügyi Orvostan (Ember I, Kiss I, Cseh K. szerk.) PTE ÁOK, 2013, pp. 299-300.

Tisztelt Főszerkesztő Asszony!

Jelenthetnek-e veszélyt a modern hűtőházakban tárolt gyümölcsök és zöldségfélék?

Can the food stored in modern cold stores pose a health risk?

A Föld népesség számának ugrásszerű emelkedése és az ezzel együtt járó igények növekedése, továbbá az a tény, hogy a gyümölcsök és a zöldségek (a továbbiakban: termények) nagy részét - kivéve a melegházi terményeket -, még mindig a késő tavasztól a késői ősziig terjedő időszak alatt, azaz főleg a nyári évszakban tudják megtermelni, nagyon jelentősen megnövelte a megfelelő tárolás iránti igényt, hogy a teljes éves szükségletet egyenletesen ki lehessen elégíteni. A megfelelő tárolással szemben az a követelmény, hogy a termények megtartsák eredeti friss állapotukat, beltartalmi értékeiket; a romlási veszteség minimális legyen és a tárolás során történetek ne veszélyeztessék a fogyasztók egészségét. Ezek a feltételek csak az alábbi kritériumok betartásával biztosíthatók:

1. A raktározás előtt a termények tisztaságát ellenőrizni kell, és ha szükséges, lemosást kell alkalmazni, mely lehet sima vizes vagy vegyszeres.
2. Biztosítani kell a terménytől függő ideális tárolási hőmérsékletet, azaz a hűtést.
3. A termény páratartalmi igényét ismerni és biztosítani kell.
4. A légtér összetevői optimális koncentrációját biztosítani szükséges. Ez az ún. ellenőrzött atmoszféra technika, amelyet a tárolásoknál már több mint 50 éve alkalmaznak, és ami legtöbbször az O₂ tartalom csökkentését és a CO₂ tartalom emelését jelenti. Ezek mellett használhatják az ún. etilén inhibitorokat és a különböző gombaölő szereket is.
5. Biztosítani kell, hogy a paraméterek állandóak és egyformák legyenek az egész tárolótérben.
6. A gyümölcsök felületének gombaellenes kezelése a fajtától függően megtörténhet csak viaszolással, vagy viaszolással és a hatóság által engedélyezett vegyszeres kezeléssel, vagy csak vegyszeres beavatkozással.

Jelenleg az alábbi tartósítók vannak/lehetnek forgalomban:

1. Fenolszármazékok

Ortofenilfenol (OPP) E-231 és nátrium sója (SOPP) E-232

Ezek a vegyületek fehér vagy sárgás színű kristályos anyagok, melyek olvadáspontja 56°C, enyhén párolgó, jellegzetes szagú, 280-284°C-on forró, irritáló, korrozív vegyületek. Az OPP vízben alig oldódó, míg a SOPP vízben jól oldódó anyag. Mindkettő gomba- és baktériumölő tartósítószerként kerül felhasználásra, melyekkel elsősorban a banánt, a citrusfélét, az avokádót, a mangót stb. kezelik. A SOPP 1990 óta bizonyítottan karcinogén, az OPP-t egyelőre még nem sorolták a tumort okozó szerek közé. Mindkettő a mérgező hatását felületen (bőr, szem), belélegezve vagy elfogyasztva fejti ki. Víz élőlényekre kifejezetten veszélyesek.

Biphenyl, 2-Hydroxybiphenyl E-231

A *Biphenyl* szilárd, pehelyszerű, fehér-világossárga, jellegzetes szagú 68-70°C-on olvadó, 255-257°C-on forró, vízben alig oldódó, irritáló és allergizáló vegyület. Mérgező hatását felületen (bőr, szem), belélegezve vagy elfogyasztva fejti ki. Idegrendszeri hatása is lehet.

A *2-hidroxybiphenyl* E-232 szilárd, kristályos, fehér-barnás 56-57°C-on olvadó, 280-284°C-on forró, irritáló vegyület.

2. Imidazole származékok

Thiabendazol/TBZ 2-(4-Thiazolyl)benzimidazole EC Number: 205-725-8

A Thiabendazol színtelen, szagtalan, ízetlen, vízben oldódó por, mely 300°C-on olvad és 446°C-on forr. A

vegyületet nemcsak a mezőgazdaságban használják gombaölő permetező szerként, hanem élelmiszeripari adalékanyagként, féregirtó- és tisztítószerként, valamint fémek okozta mérgezések esetén antidotumként is alkalmazzák. A maximálisan bevihető napi mennyiség 0,2 mg/testsúlykg. Szemet irritáló, égést, esetleg szemkárosodást okozó, egyeseknél a bőrre kerülve allergias reakciót kiváltó és pajzsmirigy hormon háztartást befolyásoló anyag. Nagy dózisban karcinogén.

Imazalil/Enilconazol/IMZ 1-[2-(Allyloxy)-2-(2,4-dichlorophenyl) ethyl] imidazole EC Number: 252-615-0

Az Imazalil/IMZ az Imidazol szerek csoportjába tartozik, sárgás-barna, vízben oldódó, nem irritáló, szilárd olaj, mely 50°C-on olvad és 347°C-on forr. Kiterjedten használják, mint gombaölő szert, amely az emberek esetében káros hatású lehet, nemcsak pajzsmirigy-tumort eredményez patkányokban, hanem a máj működését is befolyásolja és kontakt dermatitist is okozhat. 1999 óta, mint potenciális tumort okozó szert tartják nyilván. A vízi-élőlények esetében rendkívül mérgező. Élelmiszerekkel és takarmánnyal együtt nem szállítható. A kezelt gyümölcs héjában rendkívül lassan, hetek alatt sem bomlik le. A kereskedelmi forgalomban árult készítmények fizikai és toxikológiai tulajdonságait nagy mértékben befolyásolják a vivőszerként alkalmazott oldószerek fajtái. A banánt és a citrusfélét majdnem mindig, az avokádót, valamint a mangót pedig gyakran kezelik pl. Orthofenilfenollal, Thiabendazollal vagy Imazalillal, ill. azok valamilyen keverékével.

Az Enilkonazol az állatgyógyászatban használják paraziták ellen vagy állatokat fertőtlenítenek vele.

A kezelés hőmérsékletének, a tartósítószer (IMZ és TBZ) koncentrációjának és a kezelés hosszának a hatását vizsgálták citrusfélék esetében kísérleti körülmények között. Ugyancsak tanulmányozták a szokásos un. „otthoni lemosás” után a maradékanyag mennyiségét a gyümölcsökön. Az IMZ esetében a kezelés hossza befolyásolta a felvett vegyület mennyiségét, míg a TBZ esetében nem. A felvett gombaölőszer mennyisége mind a két vegyület esetében nőtt a kezelés hőmérsékletének növelése eredményeképpen, az IMZ esetében kb. 8-szorosára, míg a TBZ esetében 2,5-szeresére. Nem volt szignifikáns különbség az IMZ koncentrációjában a tárolás során, akár egyedül, akár pedig közösen történt a kezelés. A felvett anyagmennyiség függött az egyes vegyületek fizikokémiai tulajdonságaitól és a készítmény gyári fajtájától. Az IMZ hosszú ideig perzisztált, akár egyedül, akár pedig közösen használták. A hatásos anyag több mint 83%-a jelen volt még 9 hetes

tárolás után is. A kezelés idejének 0,5 percről 3 percre növelése az IMZ héjban felvett mennyiségét növelte, míg a TBZ-ét nem. Az otthoni mosás kb. a felét távolította el az IMZ-nek, míg kb. 90 %-át a TBZ-nek.

A leírtak alapján megállapítható, nem mindegy, hogy milyen konzerváló-szert használnak és hogy a kezelést az előírt módon és mennyire gondosan végzik, mert az otthoni lemosás után a használt vegyület a típusától függően akár jelentős mennyiségben is maradék anyagként maradhat a héjban. Egyébként a héj eltávolításakor az abból kijutó nedv rákerül a gyümölcs felszínére is, nemcsak a tisztító személy kezére. És akkor még nem beszéltünk a magába a gyümölcs húsába esetleg bekerült vegyület mennyiségéről, mert az egyértelmű, hogy a termés fajtájától, a használt szer tulajdonságától és a kezelés módjától függően jelenthet a héja átjárhatatlan határt a konzerváló szerek számára.

Prochloraz (N-propil-N-[2-(2,4,6-triklórfenoxi)-etil]imidazol-1-karboxamid) EU number: 266-994-5

A Prochloráz az azolok csoportjába tartozó fungicid szer, mely sárga, viszkózus, édes vegyület, melynek a lobbanás pontja 123°C, vízzel emulziót képez. Vízi élőlényekre nagyon veszélyes. Az ember szervezetére káros. 2021. februárjában az EU-ban nullára csökkentették az alábbi élelmiszerekben a megengedett Prochloráz maradékanyag mennyiségét annak veszélyessége miatt: fokhagyma, apró hagyma, fejes saláta, saláta növények, porcsin, teák, ehető virágok, borsó, lenmag, napraforgómag, repcemag, árpa, zab, rizs, perjefű, búza, kávébab, virágok, levelek, gyógynövények és gyökerek tea forrázatai, fűszerek, cukorrépa, szarvasmarha zsír és vese, lózsír és szárnyas máj. De továbbra is megmaradt a korábbi érték a citrusfélék, a kivi-, a banán-, a mangó-, az ananász- és a szarvasmarha máj esetében.

Ezért nem meglepő, hogy a NÉBIH vizsgálatai is kimutatták a Prochloráz, a Chlorpyrifos és Chlorpyrifos-metil hatóanyagok jelenlétét citrusfélékben.

A TBZ-t, az IMZ-t és a **Prochlorázt** főleg a citrusfélék felszínén lévő gombák növekedése megelőzése céljából használják a szüret után mosás vagy viaszolás formájában. Az első kettő használata az EU országaiban – négyet kivéve, feltehetően a termelőkről van szó – tilos! Az egyes országokban ezeknek a szereknek az adott termésben lévő maradék anyag mennyiségére vonatkozóan eltérő határértékek léteznek.

A kezeléseket másik típusa a természetes viasszal végzett viaszolás. Ennek során a gyümölcs héjára egy vékony viaszréteg kerül, mely megakadályozza a fonyadást és a gombák bejutását a héj szövetébe. Ezt az

eljárást citrusféléknél, mangónál és almánál a gombaölőszeres kezeléssel együtt alkalmazzák, de lehet egyedül csak a viaszt használni. Banán esetében a viaszolást csak ritkán végzik.

3. Egyéb szerek

Chlorpyrifos és **Chlorpyrifos-methyl** (EU number: 2921-88-2) fehér vagy sárgás-barna színű por vagy kristályos anyag, melynek az olvadáspontja 40-46°C és vízben alig oldódik. A rovarölő szerek közé tartoznak, melyeket a gabonanövények védelmére használhattak. Emellett ezekkel kezelték a kicsépelés után tárolt gabonaszemeket és az üres raktereket is. Mind a két szer használatát 2020-ban megtiltották az EU-ban.

Mancozeb Manganese Zinc ethylenebis(dithiocarbamate) EU number: 8018-01-7

A Mancozeb a ditiokarbamat-származékok közé tartozó világos sárgás, selymes tapintású, jellegzetes szagú por. Az ebbe a csoportba tartozó egyik legkiterjedtebben és legnagyobb mennyiségben használt gombaölő permetezőszere neve Dithane M-45. Mivel megállapították, hogy a Mancozeb káros szaporodásbiológiai hatású és rákkeltő vegyszer, ezért az EU-ban 2021. július 4.-ével megtiltották a használatát.

4. Etilén inhibitorok

Az érést fokozó Etilén eltávolítása a tárolók légtéréből és annak blokkolása a terményekben mind a termények, mind pedig az ember egészsége szempontjából veszélytelen eljárás. Emellett a folyamat a gyümölcsök és a zöldségek káros maradékanyag tartalmát sem befolyásolja. Több eljárást is kidolgoztak, de mindegyik rendkívül költségigényes beruházást feltételez. A légköri Etilént össze lehet gyűjteni és el lehet égetni vagy oxidálni lehet ózonos eljárással, vagy káliumpermanganátos kezeléssel. Ezek mellett szóba jöhet a sugárral vagy az UV fénnel való inaktíválás is.

1-metil-ciklopropén/1MCP

Az 1-metil-ciklopropén/1MCP egy szintetikus növényvédő gáz, melyet széles körben használnak a mezőgazdaságban, mint növekedést szabályozó vegyületet, amely lehetővé teszi nemcsak a betakarított gyümölcsök - különösen az alma, a körte, kivi, banán, szilva - hanem a vágott virágok hosszú ideig tartó frissen tartását is. Az 1-MCP az Etilén gázanalógja. Az Etilén

receptorokhoz könnyebben kötődik, ezért tudja blokkolni az endogén és exogén Etilén érében játszott hatását. Az 1MCP tárolókban vagy szállító dobozokban használható. Az 1MCP módszer alkalmazását, amely meghosszabbítja a termények eltarthatóságát, az Európai Unió 2005-ben engedélyezte, mert laboratóriumi állatokon tesztelték az 1-MCP gáz hatását a vele kezelt termények etetésével és az eredmények alapján kijelenthető, hogy a szer ártalmatlan. Úgy tűnik, hogy az emberekre nézve sem mérgező, ha betartják az előírásokat és a gázt tartalmazó helységbe a teljes kiszellőztetés előtt nem mennek be, mert a gáz irritálhatja a szemet. Úgy tűnik, hogy a környezetre nézve is ártalmatlan, ezért 2015-től az 1MCP használatát már több mint 45 országban engedélyezték, többek között: Dél-Afrika, Argentína, Ausztrália, Brazília, Kanada, Chile, Kína, Costa Rica, Egyesült Államok, Guatemala, Izrael, Mexikó, Új-Zéland, Nicaragua, Svájc, Törökország és az Európai Unióban: Németország, Ausztria, Belgium, Spanyolország, Franciaország, Írország, Olaszország, Hollandia, Lengyelország és az Egyesült Királyság.

Megállapítható, hogy a felsorolt szerek mindegyike - kivéve az Etilén inhibitorokat - káros lehet az ember szervezetére. A helyzetet tovább súlyosbítja az a tény, hogy ezeket a vegyületeket általában kombinálva alkalmazzák és ezért a hatásuk még károsabb lehet. Gyakori kombináció a Tiabendazol és a Bifenil, valamint a Tiabendazol és az Ortofenilfenolát együttes használata, de más keverékek is ismertek.

A szomorú valóság az, hogy egy adott termény előzetes növényvédő szerrel, ill. tárolási tartósítószerrel történt kezeléséről általában semmi vagy nagyon kevés információ jut el a vásárlóhoz, pedig kötelező lenne a hálóban vagy egyéb módon előcsomagolt termékek esetében a kísérőcíkulán a kezelés tényét és a használt szer fajtáját feltüntetni. A lédígy terményeknél pedig a kitett cículán kellene ugyanazokat az adatokat láthatóan felírni.

Mi a jelenlegi helyzet hazánkban?

A 2022-ben készült, mostanra módosított alábbi levelet négy személynek küldtük el. Kettő nem is válaszolt. A harmadik jelezte, hogy a levél felolvasására nincs lehetőség a rendezvényen, de majd írásban kapunk választ, ami még máig sem érkezett meg. A negyedik az Egészségtudomány c. folyóirat főszerkesztője volt, aki azt írta, készítsük el a kéziratot és Ő le fogja közölni. Az alábbiakban olvasható a levél javított formában:

Az élelmiszer-egészségügyi problémákkal régóta fog-

lalkozom. Ez a magyarázata annak, hogy az alábbi megfigyeléseket tettem az elmúlt egy-két év alatt 2022 előtt. A kedvezőtlen tapasztalataimat a nagy áruda-láncokban árult narancs, banán és az utóbbi időben, sajnos a magyar alma vásárlása során szereztem. Mi elsősorban ezekben vásároljuk a szükséges termékeket, mert a vásárlás nagyobb és az árak általában kedvezőbbek. Nagyon örültünk, lévén nyugdíjasok vagyunk, amikor igen kedvező áron 300.- Ft alatt tudtuk az említett gyümölcsöket megvenni. Csak otthon a fogyasztáskor derült ki, hogy a gyümölcsök valószínűleg azért voltak ilyen olcsók, mert a tárolási romlás megakadályozása érdekében felhasznált vegyszer szaga nemcsak a narancs, az alma és a banán héján volt érezhető, hanem a húrukban is. A narancs esetében a szag és az íz többhetes állás után is érezhető volt. A banánt viszont egy alkalommal ki is kellett dobni, mert a húsa nem volt ehető a vegyszer íz miatt. Sajnos az utóbbi időben a hazai alma – pl.: a műanyag lemezen lévő mélyedésekben egyedi csomagolású, export jelzésű rekeszekben csodálatos nagyokról és szépekről, valamint a némileg kisebb, de szép lédíggel terményekről volt szó - esetében is megfigyelhető volt ez a jelenség. Sajnos azt a tényt, hogy történt-e kezelés, és ha igen, akkor mivel, nem tudjuk jelzés hiányában. Az elmúlt időszakban az a felirat, hogy „kezelve” csak a narancs esetében és egyszer volt olvasható az egyik nagy árudalánc egyik üzletében, minden részletezés nélkül – ez nem csoda, mert a kiírás alkalmazása üzleti szempontból káros. Mivel az egészségügy területén mint oktató és kutató dolgoztam, jól tudom, hogy a maradék anyagok az emberi szervezetbe jutva károsak lehetnek, különösen tartós fogyasztás esetén. Mivel az almát, a banánt és a citrusfélét előszeretettel adják csecsemőknek, gyermekeknek, betegeknek, valamint a felnőttek és az idősek is szívesen fogyasztják, ezért elsősorban az első három csoport tagjai számára a káros hatás még nagyobb fokú lehet. Az üzletpolitika pontos hátterét nem ismerjük, de vannak feltételezéseink. Így a magyar exportra szánt almát a külföldiek nem vették át a szertartalom miatt és valahogy el kellett adni. A narancsot pedig külföldön nem tudták értékesíteni ugyanolyan ok miatt. Az „ügyes” kereskedők olcsón megkapták és itthon sikeresen és eredményt hozóan sütötték el. Sajnálatos, hogy most már a hazai termelők is csatasorba álltak, pedig az emberek egészségében előidézhető kár mellett a tárolási veszteség értéke szóba sem jöhet.

Most jutott tudomásunkra két, az általunk említett problémával foglalkozó írás, melyek csak igazolják észrevételeink helyességét. Az egyik Buzás Anna tollából származik, aki „A citrusfélék gomba elleni vé-

delmének élelmiszer-egészségügyi vonatkozásai”-val foglalkozott és megtalálta a gomba ellenes szereket a gyümölcsökben. Szerinte „olyan növénytermelési rendszerek kialakítására van szükség, amelyek kevésbé függenek a szintetikus növényvédőszerektől. Ugyanakkor tudnunk kell, hogy sok esetben nem megoldható a peszticidektől mentes gyümölcs vásárlása, hiszen egyelőre olcsóbb, könnyebben kivitelezhető és megszokottabb is ez a módszer.... A tisztítási eljárások hatékonyságát vizsgáló kísérletekről elmondható, hogy maradéktalan tisztítást egyik sem biztosít...”

A másikat a NÉBIH bocsátotta ki. Felhívásuk 2022. január 10.-én kelt. „A negatív tapasztalatokra való tekintettel a NÉBIH mostantól még fokozottabban ellenőrzi az import citrusfélék növényvédőszer-maradék tartalmát a forgalmazóknál. Mindamellett az áruházláncok, forgalmazók felelősségét is fontos hangsúlyozni. Felhívjuk tehát az élelmiszer-vállalkozók figyelmét, hogy a vállalati önellenőrzés során kiemelten ellenőrizték a nem EU-s országból származó citrusféléket!”

A levelem kiegészített záró részében most az alábbi áll: a megfigyeléseink alapján kérjük, hogy az említett gyümölcsök és más esetleg kezelt termények esetében is – amelyekkel azért nem foglalkoztunk, mert azokat nem nagyon vesszük és így nincs tapasztalatumunk - meg kellene szigorítani az ellenőrzést és meg kellene tiltani a szennyezett termékek árusítását. „Továbbá minél előbb kötelezően be kellene vezetni az 1-metil-ciklopropén/1MCP szintetikus növényvédő gáz használatát és azt is, hogy csak ezzel a szerrel kezelt terményeket lehessen importálni!”

Megértő segítségükben bízva kívánom a legjobbakat!

Ralovich Béla M.D., Ph.D., D.M.S

Népjóléti Minisztérium (nyugdíjas), Budapest

Irodalom

1. Buzás Anna: A citrusfélék gomba elleni védelmének élelmiszer-egészségügyi vonatkozásai. Állatorvostudományi Egyetem Élelmiszer-higiéniai Tanszék, Budapest, 2019 (Diplomamunka)
2. EU Bizottság: Visszavonta a Chlorpyrifos és a Chlorpyrifos-metil hatóanyagok engedélyét. 2020. február 13. NÉBIH: https://portal.nebih.gov.hu/-/Az_EU_Bizottsaganak_2021/2246_vegrehajitasi_rendelete.
3. A citrusfélék fokozott vizsgálatát kéri a Nébih a forgalmazóktól. 2022. január 10.
4. Merck: Standard Materials. Internet

„A 85 éves Dr. Ralovich Béla munkássága”

The work of 85-year-old Dr. Béla Ralovich

A kiadvány a 85 éves Dr. Ralovich Béla gazdag életútját és munkásságát méltatja. A kiadvány alapját az az ünnepi ülés adja, amelyet 2022. április 21-én tartottak a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ és a Magyar Higiénikusok Társasága szervezésében, helyileg az MTA Könyvtárban. A kiadványt Dr. Páldy Anna, a Magyar Higiénikusok Társaságának elnöke állította össze. A kiadvány a maga nemében nem tudományos előadások/dolgozatok gyűjteménye, hanem Ralovich Béla tanár úr tudományos életének, szakmai-közéleti jelentőségének, a magyar higiéné kutatás, mikrobiológia és részben az orvosképzés és egészségügyi igazgatás egy-egy jellegzetes pillanatának bemutatása. A kiadvány gazdagon illusztrált korabeli fényképfelvételekkel. Így tehát a kiadványnak kortörténeti, orvostörténeti jelentőséget lehet tulajdonítani.

A bevezető gondolatokat Dr. Páldy Anna fogalmazta meg. Röviden vázolta Ralovich Béla szakmai életének főbb állomásait, amely a Pécsi Orvostudományi Egyetem Mikrobiológiai Intézetében kezdődött 1960-ban Prof. Dr. Rauss Károly irányításával. Rauss Károlyról a kiadvány több szerzője is szeretettel, tisztelettel emlékezik meg. (A sors érdekessége, hogy Rauss Károly e recenzió írójának anyai nagybátyja volt). Kandidátusi fokozatot, majd MTA Doktora címet szerzett. A Nottinghami Egyetemen tett tanulmányútját követően Ralovich Béla a POTE Közegészségtani és Járványtani Intézetében folytatta munkáját, ahol egyetemi docenssé nevezték ki. Az 1988-at követő 4 évben az Országos Húsipari Kutatóintézetben dolgozott, majd 1992-től a Népjóléti/Egészségügyi Minisztérium munkatársa volt főtanácsos, majd szakfőtanácsos munkakörben, egészen a 1999-ben kért nyugdíjazásáig. Ebben a funkciójában 9 szakmai kollégium tevékenységét gondozta, irányította, köztük a Laboratóriumi Vizsgálatok Szakmai Kollégiumának munkáját is, így abban az időben e recenzió készítőjének is napi kapcsolata volt Ralovich Bélával.

Dr. Monok István, az MTA Könyvtár és Információs Központ főigazgatója, majd Prof. Dr. Oláh Edit akadémikus, a rendezvény díszvendége, méltatták Ralovich Béla munkásságát.

A kiadvány egyik fő fejezete Prof. Dr. Emődy Levente emeritus egyetemi tanár visszaemlékezése „Út a múltból a jelenig: egy ötvenöt éves szakmai kapcsolat és barátság története” címmel. Emődy Levente – akinek Ralovich Béla mikrobiológiából gyakorlatvezetője volt és később Emődy doktor mellette dolgozott – a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Karának Orvosi Mikrobiológiai és Immunitástani Intézetét vezette, mint Rauss Károly majd az őt követő Kétyi Iván utódja. Emődy Levente kiemelte, hogy Ralovich Béla nemzetközi hírnevét a listeriosis kutatásával alapozta meg. A kórokozó kimutatására szelektív táptalajt dolgozott ki, és ő szervezhette 1972-ben, majd 1988-ban a listeriosissal foglalkozó világkongresszust Pécsen. Munkássága elismeréseként Ralovich Bélát 1974-ben beválasztották az „International Committee of Systemic Bacteriology” testületébe. Végezetül a szerző bemutat 21 olyan közleményt, amelyet Ralovich Bélával közösen írtak az 1969-et és 2019-t átívelő 50 évben.

Dr. Balogh Sándor emeritus professzor, a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Alapellátási Intézetének volt igazgatója meleg szavakkal emlékezik meg Ralovich Bélához fűződő szakmai kapcsolatáról és a sok-sok egyetemi és személyes emlékről. Dolgoztak együtt a Népjóléti Minisztériumban.

Dr. Barcs István mikrobiológus, Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kar Epidemiológiai Tanszékét irányította 2020-ig. Az orvosi mikrobiológiához kapcsolódó területeken dolgozott, először a Fővárosi László Kórházban, majd az Országos Bőr- és Nemikórtani Intézetben, az Országos Közegészségügyi Intézet Fágkutató Osztályán. A Központi Honvédkórház Mikrobiológiai Laboratóriumának, majd a Fővárosi Bajcsy-Zsilinszky Kórház Klinikai Mikrobiológiai Laboratóriumának megszervezője és első osztályvezetője volt. Köszöntő dolgozatában kiemeli Ralovich Béla tudományos munkásságának polihisztor jellegét. Érdekes tanulmánya megvallottan szubjektív jellegű és visszatükröződik belőle a pályatárs tisztelete, a megbecsülés, a történelmi távlatokban gondolkodó ember elismerése.

A kiadvány – Ralovich Béla köszönő szavait követően – addendummal végződik, amelyben felsorolják Ralo-

vich tanár úr 35 könyvét és jegyzetét, 258 közleményét, a munkájával foglalkozó recenziókat és hivatkozásokat.

Kinek ajánlható ezen ünnepi kiadvány elolvasása? Egyrészt mindenkinek, aki ismeri Dr. Ralovich Béla tudományos aktivitását, örökmozgó személyiségét, mert talán a mikéntekről is képet kapunk. Jó szívvel ajánlom mindazoknak, akik – bár nem ismerik Ralovich Bélát - bepillantást akarnak nyerni a 20. század második felének egyetemi világába, minisztériumi rejtelseibe és szeretnék megérteni azt, hogy a fejlett világhoz képest igen szerény anyagi eszközökkel, siralmas kutatási műszerparkkal miként alkothatott a magyar orvostudomány maradandó értékeit és miként adhatott nemzetközileg is meghatározó egyéniséget a világnak.

(A könyv elérhető: Lónyay Antikvárium, Budapest, tel.: 36-06-20-332-56-55).

Pécs, 2023. március 16.

Kovács L. Gábor
emeritus egyetemi tanár,
az MTA rendes tagja,
Pécsi Tudományegyetem

Dr. Ralovich Béla: Balatonnal kapcsolatos adatok és gondolatok egy orvos szemével

Data and thoughts on Lake Balaton through the eyes of a medical doctor

Dr. Ralovich Béla „**Balatonnal kapcsolatos adatok és gondolatok egy orvos szemével**” címmel jelentetett meg egy kiadványt a közelmúltban. A könyv hét fejezetben tárgyalja a Balaton-víz terhelésével kapcsolatos problémákat, végül a szerző javaslatokat is megfogalmaz.

A Balaton életének vizsgálatát csak komplex módon lehet megtenni, figyelembe kell venni a geológiai, hidrológiai, meteorológiai, ökológiai viszonyokat és az antropológiai hatásokat egyaránt. Minderre azért van szükség, mert gyorsul a tó eutrofizációja, amit szükséges lenne feltartóztatni.

A szerző részletezi az eutrofizáció okait, kezdve a Balaton rendezéstől, az ivóvíz biztosítás és szennyvíz-eltávolítás problémáin át a fürdőzők és a horgászok által jelentett vízterhelésig. A könyv áttekinti a Balaton használatának változásait, megismerhetjük a halpusztulások okait, a halállomány összetételének változását és annak ökológiai következményeit.

Bizonyára ismerik az olvasók a Balaton kritikus vízszint változásait – a szerző kifejti véleményét, hogy a tó optimális vízszintje 125 cm, számos érvet sorol fel az állandó magasabb vízállás előnyei mellett. A kémiai paraméterek alakulását is részletesen elemzi a szerző. Az eredmények szintén alátámasztják az eutrofizálódás folyamatát. Ezt a folyamatot a szerző részletesen vizsgálta a Balaton középső és nyugati medencéjében 1975-1985, viszont a további időszakban csak a Keszthelyi, Szigligeti és Szemesi medencére vonatkozóan tudta forrásokra hivatkozva alátámasztani a romló tendenciát. A Balaton üledékének vizsgálata is kimutatta a foszfor koncentráció emelkedését, aminek okai közül érdemes kiemelni a befolyó víz és talajvíz eredetű terhelés mellett a fürdőzők helytelen higiénés magatartása és a horgászok „beetető” tevékenységével kapcsolatos terhelést. Az 5. fejezet részletesen foglalkozik a terhelések eredetével, mértékével is részben irodalmi adatokkal, részben a korábbi saját méréseivel alátámasztva. Fontos szennyező forrás maga a fürdőző népesség. A szerző részletes számításokkal illusztrálja az emberi vizelet által okozott terhelés mértékét összetevőnként. Fontos üzenete mindenki számára a helyes fürdőhigiéné betartása és a

toilettek használata. Felhívja a figyelmet arra, hogy az utóbbi években megváltozott horgászási technikák, a különféle etető anyagok használata súlyosan terhelik a természetes állóvizeket.

A szerző a helyzet bemutatása, problémák azonosítása mellett a könyv záró fejezetében javaslatokat fogalmaz meg a Balaton vízminőségének javítása, megőrzése érdekében. Javasolja, hogy a maximális vízszint november és április között 115 cm, május és október között 120 cm legyen. A tó vizének szerves anyag tartalmát előnyösen befolyásolja a növényzet karbantartása, javasolja a kötelező, évenkénti nád-aratást és a rendszeres hínárirtást és eltávolítást, iszapcsapdák ürítését. A tó vizének ion összetétele utántöltéssel megoldható lenne. A kikotort iszapot fel kellene használni a mélyebben fekvő területek feltöltésére. Mérlegelni kell a Balaton látogatókkal való terhelhetőségének korlátait is. A horgászat során felhasználható etető anyagok mennyiségét jelentősen korlátozni kell. A szerző felhívja a figyelmet a halállományt csökkentő kárókatonák károsítására is. A szűnyogirtás Balaton szempontjából megfelelő módját is át kell gondolni. Lehetőséget kell teremteni a kultúrált, higiénés és járványügyi szempontoknak megfelelő strandok kialakítására. A szerző felveti a Kis-Balaton tározó szennyező anyag visszatartó funkciója rendszeres felülvizsgálatának szükségességét is. Végezetül felhívja a figyelmet arra, hogy nagy szükség van az üdülő területen megjelenő rókák, borzok, vaddisznók, kormoránok, őzek és a nagyon elszaporodott dolmányos varjak szakszerű vadászati ritkítására is.

A 33 oldalas könyv hasznos információkat, adatokat szolgáltat a Balaton állapotával kapcsolatban. A szerző elemzései, következtetései, ajánlásai megszívlelendők a mindannyiunk által szeretett Magyar Tenger ökológiai állapotának, turisztikai vonzerejének megtartása érdekében.

Az ajánlást készítette: dr. Páldy Anna
a Magyar Higiénikusok Társasága elnöke

Ralovich Béla

Gondolatok a mai hazai orvoscépzés alapjainak megszervezése centenáriumi évfordulóján – 86 évvel ezelőtt indult el a hazai modern közegészségügyi -, népegészségügyi- és falu-egészségügyi oktatás és kutatás

Reflections on the centenary of the organisation of the foundations of medical education in Hungary today - 86 years since the start of modern public health, public health and village health education and research in Hungary

Az 1922-23. tanév elejétől lépett életbe az az új szigorlati szabályzat, melyet Horthy Miklós 1922. szeptember 5-én hagyott jóvá. Ennek lényege az, hogy minden orvosjelöltnek 10 eredményesen lezárt félév után egy év kötelező orvosi gyakorlatot kellett sikeresen teljesíteni egyetemi klinikán vagy egy 3 évenkénti időtartamra alkalmasnak ítélt kijelölt kórházban – ez a jelenlegi szigorló év – ahhoz, hogy a diplomáját megkaphassa.

A diplomát elnyert minden frissen végzett orvos jogosult orvosi gyógyító és megelőző tevékenységet vagy orvosi diplomához kötött nem gyógyító munkát végezni, ha előtte a területileg illetékes Orvosi Kamara a tagjai közé fogadta.

Az orvos tevékenykedhetett, mint magán orvos vagy mint közszolgálati alkalmazott. Ahhoz, hogy minden orvos jogszerűen működhessen, ismerniük kellett azokat a kötelezettségeket és specifikus magatartási szabályokat, melyek rájuk nézve iránymutatók voltak. Ezek egy része adminisztratív jellegű volt, míg másik részük a gyógyító tevékenység végzését szabályozták.

A közszolgálatot teljesítő orvosok lehetnek nem hatósági – kórházi, biztosítási intézeti, és törvény alapján létesített egyéb intézeti orvos – vagy hatósági munkát végzők – tisztiorvos, városi- vagy községi- ill. körorvos. A hatósági orvosok működését az 1876. évi XIV. törvény szabályozta 1936-ig.

Az orvosok postgraduális képzése mindig is egy fontos, az orvosok tudását fejlesztő és az általuk végzett munka színvonalát emelő lehetőség volt, amelyre az alábbi formákban kerülhetett sor:

1. Lehetőség volt önkéntes klinikai vagy kórházi gyakorlat végzésére a nagyobb tudás megszerzése céljából.

2. 1936-ban szakorvos címet lehetett szerezni a jogszabályban előírt 18 klasszikus orvosi szakmában. A kandidálónak egy kijelölt intézményben le kellett tölteni a szakmától függően előírt hosszúságú gyakorlati időt és sikeresen kellett vizsgáznia az Országos Szakorvosképesítő Vizsgabizottság előtt.

3. Azoknak az orvosoknak, akik „gyakorlatra nem jogosított” minősítést kaptak egy kijelölt intézményben, további, maximum két év tanulási időt írtak elő.

4. Egy 1934-ben megszületett B.M. rendelet lehetőséget teremtett un. vármegyei orvosgyakornok állás betöltésére a tisztii főorvosi hivatalban, amely megfelelő hosszúságú gyakorlat után egyenértékű volt az 5 éves községi- ill. körorvosi működéssel.

5. 1933-tól vizsgálták a községi- ill. körorvosi továbbképzés lehetőségét, amit 1936-tól kötelezően előírtak minden hatósági orvosi állást betöltő számára.

Mivel az oktatott tananyag több komponensű, érdemes megvizsgálni, annak milyen összetevői vannak. Az oktatás gerincét nyilvánvalóan az általános klasszikus ismeretek és elvek teszik ki a legújabb felismerésekkel együtt. Ezek mellett jelentős befolyásoló hatása van az adott ország társadalmi és gazdasági állapotának, az egészségügyi, közegészségügyi ellátó rendszere fejlettségének, a közegészségügyi és a népegészségügyi viszonyoknak, a lakosság általános műveltségének és kulturáltságának is. Hazánk a múlt század első harmadában a különböző európai paraméterek vonatkozásában sok szempontból az utolsók között foglalt

helyet vagy a legutolsó volt – pl.: fertőző betegségek, csecsemő halandóság, ivóvíz problémák, csatornázatlanság, a vidék gyenge orvos és baba ellátottsága, az átlag életkor alacsony volta, a közegészségügyi ellátás gyengeségei stb. –Ezért ezek a tények döntően meghatározták az egyetemi és a postgraduális orvosképzés hangsúlyos irányait.

Orvosaink évszázadok óta végeztek közegészségügyi munkát – lásd a szerző könyveit. A közegészségügyi munka területén nagy előrelépést jelentett a már említett 1876. évi XIV-es közegészségügyi törvény, melynek korszerűségét az a tény igazolta, hogy hosszú évtizedeken keresztül érvényben volt. Szakemberink ennek megjelenését követően is a további fejlődést szorgalmazták, de mindig közbeszólt valami – az I. világháború, a forradalmak, a Trianoni békeszerződés, a gazdasági világválság stb. – Az 1925-ös év fordulópontot jelentett, mert akkor törvénybe iktatták a Rockefeller Alapítvány nagylelkűségét, amely lehetőséget biztosított a hazai közegészségügyi rendszer modernizálására, elsősorban a népegészségügyi gondok, azon belül is a falu-egészségügyi problémák felmérésére és a bajok orvoslásának megkezdésére. A Scholtz Kornél és Johan Béla által irányított több mint 10 éves előkészület után, melyet a mindenkori kormány erőteljesen támogatott – közben 1927-ben elkészült a közegészségügyi munka és oktatás központi intézménye, a Magyar Királyi Országos Közegészségügyi Intézet, és annak vidéki fiók-állomása is elkezdtek szervezni – a problémák nagyságának felmérése elvégzésére és az egyes beavatkozások sikerességének megítélése céljából ún. egészségügyi mintajárásokat alakítottak ki. 1936-ban jelent meg a IX. törvény, mely megújította a közegészségügyi szolgálat működését. Államosították a tiszti főorvosokat, valamint a tiszti orvosokat és modernizálták a képzésüket, amely egységesen 9 hónapos lett. Előírták, hogy tiszti orvos csak az lehetett, aki előtte legalább 5 évig városi vagy községi- ill. körorvosi állást töltött be. Tiszti főorvosnak pedig csak olyan tiszti orvos volt kinevezhető, aki előtte legalább 5 évig tiszti orvos volt. Meghatározták a tiszti orvosok feladatait. Megtiltották, hogy az illetők gyógyító munkát végezzenek.

Közben megindult az orvos-lakások, az egészségházak, a tüdőbeteggondozók, a napközi otthonok, az egészséges vizet adó kutak létesítése. Beindult a falusi iskolafogászat szervezése, és folyt a Zöldkeresztes Egészségügyi Szolgálat működésének segítése, kiteljesítése stb.

1936 után a községi- és körorvosokat a belügyminiszter nevezte ki a korábbi helyi választás helyett, melynek az eredménye az összefonódások miatt nem mindig szolgálta a település igazi érdekeit. Ugyanis a kötelező, de változó hosszúságú tanfolyam elvégzése után mindig azokat a frissen végzett orvosokat választották ki az illetékesek a községi- ill. körorvosi munkára, akik az egyetemi évek alatt, majd pedig a községi orvosi vizsga alkalmával a legjobb tanulmányi eredményt mutatták fel. Az idősebb orvosok közül pedig azok kerültek előnybe, akik a diploma megszerzése után kórházi gyakorlaton voltak és tovább képezték magukat, mivel Johan Béla felismerte, amivel mi is egyetértünk, hogy a falvakban mindig a legnagyobb, legszélesebb és legáltalánosabb tudású orvosokra van/lenne szükség. Ezért abban az időben a fiatal diplomások nagy része már arra törekedett, hogy a diploma megszerzése után egy megfelelő intézményben kapjon helyet a kellő tapasztalat vagy a szakorvosi cím elnyerése érdekében. A kialakult új rendszer eredményesen működött, amit az egészség-statisztikai adataink igazolnak, és működik modernizált formában még ma is.

A II. világhéges után döntő változások következtek be. Mindegyik Orvosi Kart kivették a klasszikus egyetemi struktúrából és önálló egyetemmé szervezték, mely az egészségügyi miniszter fennhatósága alá került. Az autonómiájukat megnyírbálták csakúgy, mint a szakorvos- és tudományos képzésben játszott szerepüket is. Az új rendszer egy pozitív döntésének az tartható, hogy az 1950-es és az 1960-as években nekünk már kötelezően előírták, hogy körzetbe csak az a frissen végzett orvos mehet, aki előtte kétéves kórházi gyakorlatot teljesített. *(Ezen döntés bölcs voltára csak utólag jöttem rá, mert a tartalékos tiszti tanfolyamon közvetlenül a végzés után kellett részt vennem. A gyógyítási gyakorlatomat a pécsi Honvéd Kórházban kellett teljesítenem, ahol nem mérlegeltek semmit és bedobtak a mély vízbe. Akkor jöttem rá, hogy mennyire kevés a tapasztalatom és mennyire zöldfülű vagyok, holott az évfolyam 13 legjobb végzőse közé tartoztam.)* Véleményünk szerint a házi orvosi tevékenység elkezdése engedélyezésekor is hasonló szempontokat kellene figyelembe venni, mert a kétéves kórházi munka során a pályázók kellő mértékben el tudnák sajátítani a mindennapos akut diagnosztikát. Ez a gyakorlat azért is szükséges, mert sok esetben, sajnos, a körzetekben nem is mindig a legalaposabb tudású diplomások óhajtanak állást kapni.

Az orvosképzés restaurációja is a rendszerváltozás után következett be. Visszaállt a klasszikus egyetemi kritériumoknak megfelelő intézmény-rendszer. A szakorvos- és a tudományos képzés, valamint fokozat adás is visszakerült az őket megillető helyre. Jelenleg a 2006-ban kiadott XCVII. sz. egészségügyi törvényben és az az alapján kiadott alacsonyabb rendű jogszabályokban előírtak a mérvadók. Fontos lépés volt, hogy megteremtették a rezidens képzés lehetőségét. Példaként említjük a megújult szakorvos képzéssel összefüggésben, hogy a Semmelweis Egyetemen a szakorvos képzéssel kapcsolatos jelenleg érvényes gyakorlati tudnivalók, melyeket 2014-ben Bereczki Dániel publikált, elérhetők a neten.

Irodalom

1. Johan Béla: Gyógyul a magyar falú. A M. Kir. Országos Közegészségügyi Intézet Közleményei 7. szám, 1939.
2. Tóth László: Az orvosi jogszabályok magyarázatos gyűjteménye. Novák Rudolf és Társa, Tudományos Könyvkiadóvállalat, Budapest, 1941.
3. Ralovich Béla: Adatok a mikrobiológiával kapcsolatos ismeretek oktatás- és kutatás-történetéhez. I., II. és III. kötet, TSR Kft., Keszthely, 2011, 2014, 2018.
4. Bereczki Dániel: A szakorvosképzés gyakorlati tudnivalói a Semmelweis Egyetemen, Budapest, 2014.:
5. https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0CAIQw7A-JahcKEwjI2KGuoISAAxUAAAAAHQAAAA-AQAw&url=https%3A%2F%2Fsemmelweis.hu%2Fak%2Ffiles%2F2012%2F03%2FRezidensi-t%25C3%25A1j%25C3%25A9koz-tat%25C3%25B3-2014_04_07.doc&psig=AOvVaw2kf4qWzIKDodizd9yqlkEI&ust=1689082385118498&opi=89978449
6. TÁJÉKOZTATÓ SZAKORVOSKÉPZÉS MEGKEZDÉSÉHEZ -2021
7. <https://semmelweis.hu/szak-es-tovabbkepzes/files/2021/02/T%C3%A1j%C3%A9koztat%C3%B3-szakorvosk%C3%A9pz%C3%A9s-megkezd%C3%A9s%C3%A9hez-2021.pdf>

ÚTMUTATÓ AZ EGÉSZSÉGTUDOMÁNY SZERZŐI SZÁMÁRA

A lap célja: hazai és külföldi eredeti tudományos munkák, összefoglalók, továbbképző közlemények, esetismertetések, a MHT életéről szóló hírek publikálása. Közli a Fodor József, Fenyvessy Béla és Szendei Ádám emlékéremmel díjazottak előadásainak szerkesztett szövegét, a Higiénikus Vándorgyűléseken elhangzott előadások összefoglalóit és egyes előadások teljes szövegét, a Fiatal Higiénikusok Vándorgyűléseire benyújtott előadások tartalmi kivonatát, illetve legjobb előadásait.

Közread továbbá beszámolókat az MHT történetéről, kiemelkedő tagjainak életéről, munkásságáról, folyóirat-referátumokat, könyvismertetéseket, beszámolókat, egészségügyi témájú híreket a nagyvilágból, a szerkesztőségnek írott leveleket, folyóiratszemléket, valamint tájékoztatót a népegészségügy fontos kérdéseiről.

A kéziratok elbírálásának és elfogadásának a joga a szerkesztőséget, illetve a szerkesztőbizottságot illeti. Ebben a munkában a szerkesztőséget felkért bírálók segítik.

A szerkesztőség fenntartja a jogot, hogy a kézirat szövegében a lap stílusához igazodva javításokat végezzen, ezek azonban nem érinthetik a munka tartalmát.

A kézirat benyújtásának feltétele, hogy

1. a dolgozatot korábban még nem publikálták (kivéve előadás-kivonat vagy PhD-tézis formájában),
2. a kéziratot valamennyi szerző jóváhagyta,
3. a dolgozat nem sérti a Helsinki Deklaráció (1975, revízió 2008) előírásait.

A szerzőket kérjük, hogy törekedjenek világos, tömör fogalmazásra. Ha valamely szakszóra megfelelő magyar kifejezés létezik, kérjük annak a használatát. A köznyelvben meghonosodott idegen szavak magyar helyesírás szerint is írhatók. Valamennyi gyógyszer esetén a nemzetközileg elfogadott kémiai nevet kell használni. Meg kell adni a kémiai összetételt és a gyártó nevét is.

A kéziratokat e-mailben a paldy.anna@nnk.gov.hu címre kérjük. A kéziratot Microsoft Word doc vagy docx formátumban kérjük. Amennyiben egyéb formátumot kíván a szerző használni, előzetesen kérjük érdeklődni a fent megadott e-mail címen.

Kérjük az alábbi információkat közölni magyar és angol nyelven:

- a közlemény címe, a szerzők teljes neve (tudományos fokozat feltüntetése nélkül), a szerzők munkahelye, városnévvel, több szerző esetén a munkahelyek jelölése,
- összefoglalás (*abstract*), 3-5 kulcsszó (*keywords*),
- a levelező szerző postai címe, telefonszáma, e-mail címe (elegendő magyar nyelven).

Az NLM MeSH-ben található kulcsszavakat kérjük alkalmazni, melyek az alábbi linken található kereső box-ba való beírással érhetőek el: <https://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html> (Az NLM MeSH használatáról bővebb információ itt található: <https://www.nlm.nih.gov/mesh/>)

Az irodalom összeállítása: A szövegben a számozás arab számokkal történjen és a felső indexben jelenjenek meg. Lehetőleg ne legyen több 25 hivatkozásnál, kivéve az összefoglaló közleményt.

A folyóiratok nevének rövidítésénél az NLM katalógus az irányadó, mely az alábbi URL alapján megtalálható: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>. A kereső box-ba beírva a rövidíteni kívánt folyóirat nevét, megkapjuk a helyes rövidítést.

A hivatkozásban: szerzők neve háromnál több esetén és tsai., illetve et al. kiegészítéssel. Ezt követi a cikk vagy a könyvfejezet címe, a folyóirat nemzetközi rövidítése, évszám, kötetszám, cikk első és utolsó oldalszáma. Könyv esetén a fejezet szerzője, a fejezet címe, a könyv címe, (szerk., illetve ed., a könyv szerzője), kiadója, városa, évszám, első-utolsó oldalszám szükséges.

Példa:

¹Bajusz, S.: Interaction of trypsin like enzymes with small inhibitors. In: Proteinase action. Ed.: Elődi, Pál. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1984, 277-298.

²Casolaro, M. A., Fells, G., Wewers, M., et al.: Augmentation of lung antineutrophil elastase capacity with recombinant human alpha-1-antitrypsin. J. Appl. Physiol., 1987, 63 (5), 2015-2023.

³Szabó, A.: Skeletal and extra-skeletal consequences of vitamin D deficiency. [A D-vitamin-hiány csontrendszeri és csontrendszeren kívüli következményei.] Orv. Hetil., 2011, 152 (33), 1312-1319. [Hungarian]

⁴Kaul, S., Diamond, G. A.: Good enough: a primer on the analysis and interpretation of noninferiority trials. Ann. Intern. Med., 2006, 145 (1), 6299. Available from: <http://www.annals.org/cgi/reprint/145/1/62.pdf>

A közleményekhez az aktív DOI számok is megadhatók, melyek lekérdezhetők a <https://doi.crossref.org/Simple-TextQuery> linken. Kérjük a régebbi közlemények DOI számát ezen a linken keresztül ellenőrizni.

Az ábrákat – képek, diagramok, grafikák, táblázatok stb. – a szöveg után, sorban kérjük beilleszteni. Kérjük, hogy a szerzők készítsék el olyan minőségben az ábrákat, ahogyan a nyomtatásban látni szeretnék. Amennyiben megoldható, erősen javasolt az ábrákat külön állományban is elküldeni, egyesével elkülönítve, a forrásdokumentum mellékelésével (pl. Microsoft Excelben készült diagramot xls vagy xlsx formátumban, CorelDraw rajzot CDR formátumban, stb.). Lehetőség van, igény szerint az ábrák, grafikák kép formátumban történő fogadására is, JPG, BMP formátumokban (ebben az esetben minimálisan 300 DPI felbontás javasolt), illetőleg Adobe Photoshop, illetve CorelDRAW állományok is küldhetők. Egyéb állományok esetén kérjük, hogy emailben előzetesen érdeklődjének. Kérjük a szövegben megjelölni az ábra kívánt helyét számozással. Az ábra/táblázat cím, magyarázat magyarul szükséges. A mellékelt ábrákat is fentieknek megfelelően, egyértelműen legyen megnevezve (pl. 1. ábra: <Az ábra címe>, 4. táblázat: <A táblázat címe>).

Fotók, képek, egyéb grafikák szkennelése is a fenti minimum 300 DPI felbontással történjen, lehetőleg az eredeti példány alkalmazásával.

Abban az esetben, ha a szerző nem saját ábrát szeretne közölni, kérjük a forrás és az engedély feltüntetését.

Humánbiológiai vagy állatkísérletes vizsgálatnak minősülő munka esetén kérjük mellékelni az illetékes szakmai etikai bizottság hozzájárulását, ez szerepeljen a módszertani részben.

Anyagi támogatás: Nyilatkozni akkor is szükséges, ha a közlemény megírása, illetve az ehhez kapcsolódó kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: Kérjük felsorolni, hogy melyik szerző milyen módon járult hozzá a kézirat elkészítéséhez, például hipotézisek kidolgozása, vizsgálat lefolytatása, statisztikai elemzések, kézirat megszövegezése stb. A felsorolásban elegendő a szerzők monogramjait feltüntetni. Kérünk továbbá, hogy nyilatkozzanak arról is, hogy a cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekeltségek: Kérjük, hogy a szerzők sorolják fel minden tényleges, illetve lehetséges érdekeltységüket (pénzügyi,

személyes vagy egyéb), amely a kézirat beérkezését megelőző három évben hatással lehetett a cikk megírására. Amennyiben a szerzők nem rendelkeznek érdekeltségekkel, akkor is szükséges a következő mondat feltüntetése: A szerző(k)nek nincsenek érdekeltségei(k).”

A szöveg szerkesztése nem szükséges, a végleges forma a technikai szerkesztés folyamán minták, sablonok alapján fog kialakulni.

A Szerző elfogadja, hogy a Kiadó a cikket oly módon teszi közzé, hogy a cikk felhasználási jogaira bármely harmadik fél számára az első közzétételt követően a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC-BY-NC 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) licenc feltételek az irányadók, továbbá, hogy a szerző nemzeti joga a magyar jog. „

A Magyar Higiénikusok Társaságának – a MOTESZ tagjának –
közegészségügyi-járványügyi és tudományos, továbbképző folyóirata és
hivatalos lapja

Szerkesztőség:

Felelős főszerkesztő: Dr. Páldy Anna, PhD
Örökös főszerkesztő: Prof. Dr. Dési Illés, PhD, DSc †
Olvasószerkesztő: Dr. Rudnai Péter
Tervezőszerkesztő: Novák Anikó
Webmester: Málnási Tibor
Szerkesztők: Dr. Kiss Zsuzsanna, Dr. Kovács Katalin, Dr. Legoza József
Dr. Szigeti Tamás

Szerkesztőbizottság:

Prof. Dr. Balázs Péter, PhD, Semmelweis Egyetem, Népegészségtani Intézet
Prof. Dr. med. habil. Cseh Károly, PhD, DSc, egyetemi tanár, Semmelweis
Egyetem, Népegészségtani Intézet
Prof. Dr. Kiss István, PhD, DSc, egyetemi tanár, intézetigazgató, Pécsi
Tudományegyetem, Orvosi Népegészségtani Intézet Pécsi
Dr. Muzsik Béla, igazgató, Állami Egészségügyi Ellátó Központ
Dr. Müller Cecília, országos tisztifőorvos, Nemzeti Népegészségügyi
és Gyógyszerészeti Központ
Dr. med. habil. Ongrádi József, PhD, egyetemi docens, Semmelweis
Egyetem, Orvosi Mikrobiológiai Intézet
Dr. Pándics Tamás, PhD, egyetemi docens, Semmelweis Egyetem,
Egészségtudományi Kar, Epidemiológiai Tanszék
Prof. Dr. Sándor János, PhD, egyetemi tanár, intézetvezető, Debreceni
Egyetem, Népegészségügyi Kar, Megelőző Orvostani Intézet
Dr. Vezér Tünde, PhD, egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem,
Népegészségtani Intézet

A szerkesztésért felel: Dr. Páldy Anna
Szerkesztőség: 1097 Budapest, Albert Flórián út 2-6., Tel.: 36-1-476-1380
E-mail: paldy.anna@nnk.gov.hu
Kiadja a Magyar Higiénikusok Társasága.
Elérhetőség: <http://egeszsegtudomany.higienikus.hu/>

ISSN: 0013-2268 (online)

DOI: 10.29179/ET-2022-3-4

A lapot az MTA MTMT indexeli, és a REAL, továbbá az Országos Széchényi
Könyvtár (OSZK) Elektronikus Periodika Adatbázisa és Archívuma (EPA)
archiválja.